



دانشگاه گمرک‌های ایران و منابع طبیعی گران

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیست و سوم، شماره سوم، ۱۳۹۵
<http://jwfst.gau.ac.ir>

اثر شیب طولی مسیر و تعداد تردد قاطر بر کوبیدگی خاک جنگل هنگام حمل چوب

*آیدین پارساخو^۱ و حسین یازرلو^۲

^۱استادیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
^۲دانشجوی کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۱۵

چکیده

سابقه و هدف: مسیرهای مالرو، مسیرهای حمل و نقل اولیه چوب از کنار کنده تا دپو می‌باشند که در اثر تردد حیوان بارکش به وجود می‌آیند. پرشیب بودن اراضی و عدم امکان ورود اسکیدرها، کمبود جاده‌های دسترسی، ناکافی بودن مسیرهای چوب‌کشی، کم بودن حجم برداشت در هکتار و فشارهای محیط‌زیستی ناشی از شیب زیاد و خاک ناپایدار، چوب‌کشی با قاطر را در برخی مناطق جنگلی شمال ایران متداول نموده است. هدف از اجرای این تحقیق بررسی اثر شیب طولی مسیرهای حمل چوب با قاطر و تعداد تردد بر کوبیدگی و درصد پوکی خاک و همچنین تعیین حد رطوبتی بهینه خاک برای زمان‌بندی ورود قاطر به جنگل و کاستن از صدمات وارد به رویشگاه بود.

مواد و روش‌ها: یک مسیر مالرو با جهت حمل چوب رو به پایین در طرح جنگل‌داری ناهارخوران گرگان انتخاب شد. مسیر موردنظر با توجه به شیب طولی به سه طبقه ۰-۱۰، ۱۰-۲۰ و ۲۰+ درصد و با توجه به تعداد تردد به طبقات ۲، ۴، ۸ و ۱۲ بار تردد تقسیم شد. در هر طبقه میزان وزن مخصوص ظاهری یا کوبیدگی، درصد پوکی و رطوبت وزنی خاک در محل ردسم‌ها از طریق نمونه‌برداری با استوانه فولادی و بررسی‌های آزمایشگاهی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. آزمایشات در قالب طرح فاکتوریل با دو عامل اصلی شامل طبقات تردد در چهار سطح و طبقات شیب طولی در سه سطح و در مجموع با ۱۲ تیمار در کنار تیمار شاهد در نرم‌افزار آماری SAS به اجرا درآمد.

*مسئول مکاتبه: Aidinparsakhoo@yahoo.com

یافته‌ها: نتایج نشان داد که با افزایش شیب طولی مسیر، وزن مخصوص ظاهری خاک افزایش و درصد پوکی کاهش یافت. هم‌چنین با افزایش تعداد تردد قاطر، وزن مخصوص ظاهری به‌طور فزاینده‌ای افزایش یافت. با رسیدن به مرز ۸ تردد، خاک به حداکثر وزن مخصوص ظاهری خود رسید و افزایش تعداد تردد دیگر تأثیر معنی‌داری بر کوبیدگی خاک نداشت. اثرات متقابل دو عامل شیب طولی مسیر و تعداد تردد قاطر بر رطوبت خاک در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار بود. مقادیر R^2 نشان داد که متغیرهای موجود در اکثر مدل‌های مربوط به رابطه وزن مخصوص ظاهری و رطوبت وزنی توانسته است بیش از ۸۰ درصد تغییرات را توجیه کند. مقدار رطوبت بهینه برای کاهش کوبیدگی خاک هنگام حمل چوب با قاطر حدود ۲۵ درصد به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: از آنجایی‌که در شیب‌های تند و تعداد تردهای بالا میزان کوبیده شدن خاک توسط سم قاطر بیشتر می‌باشد، لازم است پیش از آغاز عملیات خروج چوب در چنین شرایطی، با اطلاع از حد رطوبتی بهینه و نمونه‌برداری از خاک نسبت به تعیین زمان مناسب برای آغاز عملیات به منظور کاستن از آسیب‌های وارده به خاک اقدام شود.

واژه‌های کلیدی: حمل چوب با قاطر، وزن مخصوص ظاهری خاک، درصد پوکی، رطوبت بهینه، طرح جنگل‌داری ناهارخوران

مقدمه

جنگل به‌عنوان یک منبع تجدیدشونده نقش مؤثر و مهمی در فعالیتهای اقتصادی و اجتماعی جامعه دارد (۱۲). مشکل‌ترین و پرهزینه‌ترین بخش مربوط به عملیات بهره‌برداری جنگل، خارج کردن چوب از جنگل می‌باشد (۱۱). مکانیسم خروج چوب شامل دو روش صنعتی و سنتی می‌باشد. در روش سنتی نه‌تنها خروج چوب از جنگل توسط حیواناتی چون اسب (کشورهای اسکانندیناوی)، قاطر (قسمت‌هایی از اروپا، آمریکای جنوبی و سوئیس)، گاو نر (آمریکا، کانادا، مالایا، زامبیا و آمریکای لاتین) و فیل (جنوب شرق آسیا) انجام می‌پذیرد، بلکه ماهیت خروج هم فرق می‌کند (۲۱). در این روش درختان را به ابعادی تبدیل می‌کنند که هم قابل حمل توسط حیوانات بوده و هم موردنظر نجاران واقع شود مانند الوار، تراورس، کاتین، پلور، دونعل، قنذاق و غیره. در این شیوه ابزار قطع

می‌تواند سنتی نباشد، مثلاً ممکن است اره‌موتوری و یا سایر ماشین‌آلات مورد استفاده قرار گیرد (۲۳) و (۲۶). در گذشته حدود ۴۰۰ میلیون حیوان بارکش در جهان برای امور حمل و نقل و کشاورزی استفاده می‌شد، که ۳۷ میلیون آن‌ها اسب و قاطر بودند (۱۸). اسب از هوش و سرعت حرکت بالایی برخوردار بوده و در مناطق سردسیر و معتدل و اراضی نسبتاً هموار گزینه مناسبی است ولی در مناطق گرم و پرشیب قاطر دوام بهتری دارد (۲۲)، به همین دلیل و هم‌چنین شرایطی مانند پرشیب بودن اراضی و عدم امکان ورود اسکیدرها، کمبود جاده‌های دسترسی، ناکافی بودن مسیرهای چوب‌کشی، کم بودن حجم برداشت در هکتار و فشارهای زیست‌محیطی ناشی از شیب زیاد و خاک ناپایدار، چوب‌کشی با قاطر را در جنگل‌های کوهستانی شمال ایران متداول نموده است (۵ و ۸). ضمن آن‌که چوب‌کشی با حیوانات بارکش در بسیاری از نواحی جهان، حتی در کشورهای صنعتی راهکاری مناسب برای کاهش هزینه چوب‌کشی با ماشین‌آلات در نقاط صعب‌العبور و کاهش به‌هم‌خوردگی و کوبیدگی خاک و صدمه به توده باقی‌مانده است (۲). برای خروج مقطوعات توسط قاطر، تنه درختان باید به قطعات قابل حمل توسط حیوان برش داده شود (۱۷). یک قاطر می‌تواند باری به اندازه ۱۵۰ کیلوگرم و در دو قطعه به ابعاد $14 \times 32 \times 280$ سانتی‌متر در طرفین حیوان را حمل نماید. یک سمت این بار روی حیوان و سمت دیگر روی زمین قرار می‌گیرد (۱۵).

مسیرهای مال‌رو، مسیرهای حمل و نقل اولیه چوب از کنار کنده تا دپو می‌باشند که در اثر تکرار تردد حیوان بارکش در یک مسیر، به‌طور طبیعی به‌وجود می‌آیند. طرح هندسی به ویژه شیب طولی و رفت و آمد قاطر در یک مسیر مشخص جنگلی سبب فشردگی یا افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک و کاهش نرخ تخلخل و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک می‌گردد (۲۰). مجموعه این عوامل باعث کاهش رشد گیاهان و تجدیدحیات درختان و در نهایت فرسایش خاک خواهد شد. درجه و شدت کوبیدگی خاک جنگل در سیستم چوب‌کشی سنتی به ویژگی‌های خاک، شیب و توپوگرافی مسیر، تعداد تردد، مشخصات قاطر، تجربه و مهارت قاطرچی، فصل و روش بهره‌برداری بستگی دارد (۱۹). جورغلامی و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی خود با عنوان ارزیابی عملکرد قاطر برای حمل چوب در دو جهت حمل رو به بالا و پایین در بخش نم‌خانه جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود دریافتند که میزان چوب حمل شده به محل انباشت، برای حمل الوار در شیب‌های مثبت و منفی به ترتیب ۱/۱ و ۱/۳ مترمکعب در هر ساعت می‌باشد (۶). نتایج حاصل از بررسی‌های غفاریان و همکاران (۲۰۰۶) بر روی کوبیدگی خاک، نشان‌دهنده افزایش ۱۳/۸ درصدی تراکم خاک در اثر رفت و آمد قاطر بود (۳).

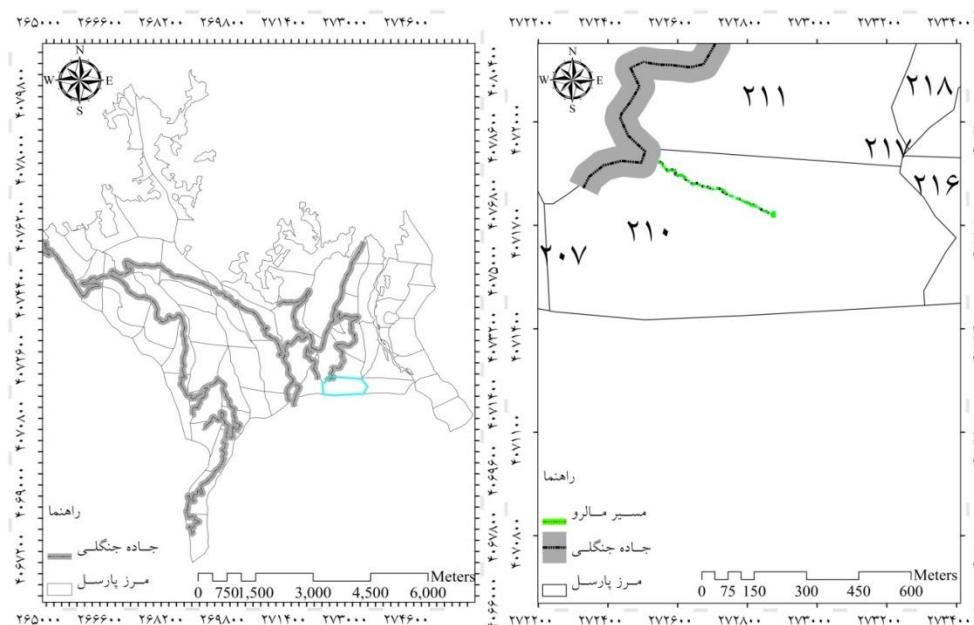
مرادمند جلالی (۲۰۰۸) نشان داد که میزان فشار وارد بر واحد سطح در روش چوب‌کشی با قاطر بیشتر از روش چوب‌کشی با اسکیدر بود. هم‌چنین در روش سنتی چوب‌کشی با قاطر، میزان افزایش فشردگی خاک در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری بیشتر از روش صنعتی (چوب‌کشی با اسکیدر) برآورد شد، در حالی که در عمق ۲۰-۱۰ سانتی‌متری این نتیجه برعکس به دست آمد (۱۲). صدماتی که هنگام عملیات قطع و چوب‌کشی به رویشگاه وارد می‌شود در درازمدت منجر به کاهش پایداری جنگل خواهد شد (۲۵). نیاز به توسعه پایدار جنگل و استمرار تولید چوب همگام با کاهش اثرات محیط‌زیستی بهره‌برداری از نیازهای مشروع جامعه در زمان حال و آینده می‌باشد که یکی از راه‌های پاسخ به این نیاز، کاهش اثرات مخرب بهره‌برداری و عملیات چوب‌کشی زمینی روی خاک و در نتیجه کمک به دوام حاصل‌خیزی خاک و رویشگاه برای نسل‌های آتی است که با شناسایی نقاط بحرانی و صدمه‌ساز طرح هندسی مسیرهای خروج چوب امکان‌پذیر خواهد بود. تحقیقات چندانی راجع به اثر توام شیب و تعداد تردد قاطر بر کوبیدگی خاک و تعیین حد بهینه رطوبتی خاک برای ورود قاطر به منطقه عملیاتی انجام نشده است. لذا هدف از اجرای این تحقیق بررسی اثر شیب طولی مسیرهای حمل چوب با قاطر در سه طبقه ۰-۱۰، ۱۰-۲۰ و >20 درصد و تعداد تردد در طبقات ۲، ۴، ۸ و ۱۲ بار عبور بر کوبیدگی و درصد پوکی خاک مسیر و مقایسه آن با نمونه خاک جنگلی دست‌نخورده (شاهد) بود. هم‌چنین شناسایی حد بهینه رطوبت خاک در زمان ورود قاطر به جنگل به منظور کاستن از مقدار کوبیدگی خاک از دیگر اهداف این پژوهش بود.

مواد و روش‌ها

سری دو طرح جنگل‌داری ناهارخوران با وسعتی برابر ۱۹۰۲ هکتار در حوزه آبخیز شماره ۸۵ و در جنوب شهر گرگان قرار گرفته است. ارتفاع آن از سطح دریا بین ۲۵۰ تا ۹۵۰ متر می‌باشد. منطقه مورد مطالعه بین ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه و ۹ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه و ۱۰ ثانیه عرض جغرافیایی شمالی و ۵۴ درجه و ۳۲ دقیقه و ۳ ثانیه تا ۵۴ درجه و ۲۹ دقیقه و ۳۵ ثانیه طول جغرافیایی شرقی قرار دارد. متوسط درجه حرارت و بارندگی سالانه به ترتیب ۱۶/۷۴ درجه سانتی‌گراد و ۴۵/۶ میلی‌متر برآورد شد. مساحت قابل بهره‌برداری سری ۴۰۱ هکتار و متوسط موجودی در هکتار درختان ۲۲۱/۵ مترمکعب می‌باشد. تحقیقات در قطعه ۲۱۰ سری یادشده به‌اجرا درآمد. مساحت این قطعه ۵۱/۵ هکتار و تیپ غالب رویشگاه ممرز- انجیلی و شیب کلی زمین کمتر از ۳۰ درصد است. سنگ مادر منطقه از نوع شیست و نفوذپذیری متوسط می‌باشد. بر اساس نتایج آزمایشات خاک‌شناسی، درصد توزیع اندازه

ذرات در عمق ۱۰-۰ سانتی متری متشکل از ۳۴/۸ درصد شن، ۶۰ درصد سیلت و ۵/۲ درصد رس و در عمق ۲۰-۱۰ سانتی متری شامل ۳۲/۸ درصد شن، ۵۸ درصد سیلت و ۹/۲ درصد رس می باشد. به طور کلی، بافت خاک در عمق های یاد شده لومی سیلتی است. در این جنگل به منظور انجام عملیات چوب کشی زمینی و خروج گرده بینه از اسکیدر چرخ لاستیکی و در مناطق صعب العبور و برای خروج الوار، تراورس و کاتین از قاطر استفاده شد.

روش تحقیق: در این تحقیق به صورت تصادفی یک مسیر مال رو با جهت کلی چوب رو به پایین در قطعه ۲۱۰ طرح جنگل داری نهارخوران گرگان انتخاب شد. طول این مسیر ۲۲۰ متر بود و ۱۷۳ متر مکعب محصولات چوبی توسط ۱۰ رأس قاطر با محدوده سنی ۴ تا ۳۰ سال از روی آن به طرف جاده جنگلی منتقل گردید. وزن این قاطرها ۲۰۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم بود. موقعیت این مسیرها با استفاده از GPS^۱ برداشت و نقشه آن در محیط GIS^۲ تهیه شد.



شکل ۱- موقعیت مسیر مالرو مورد مطالعه در پارسل شماره ۲۱۰ طرح جنگلداری سعدآباد.

Figure 1. Position of the study trail in compartment 210 in Saad Abad forestry plan.

- 1- Global Positioning System
- 2- Geographic Information System

مسیر موردنظر با توجه به تعداد تردد قاطر به چهار طبقه ۲، ۴، ۸ و ۱۲ بار تردد تقسیم شد. مسیر مالرو از نظر شیب طولی به سه طبقه ۰-۱۰، ۱۰-۲۰ و >۲۰ تقسیم شد (۱۶). در بخش صدمات وارده به خاک به بررسی کوبیدگی و درصد پوکی پرداخته شد. سپس رطوبت خاک به‌منظور تعیین زمان مناسب ورود قاطر به جنگل به‌منظور کاستن از مقدار کوبیدگی خاک مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

کوبیدگی خاک: ۱۵ نمونه خاک از هر طبقه شیب طولی در ترددهای مختلف توسط استوانه فولادی از عمق ۱۰ سانتی‌متری به‌منظور آماربرداری مقدماتی و اطلاع از وضعیت کوبیدگی، پوکی و رطوبت خاک برداشت شد (۸، ۱۶، ۲۴). تعداد ۱۵ نمونه نیز از جنگل به عنوان شاهد جمع‌آوری گردید. پس از انجام آماربرداری مقدماتی تعداد مناسب نمونه با در نظر گرفتن $t = 2$ و ۸ درصد $E_{95\%} = \pm$ از رابطه (۱) موسوم به فرمول کوکران محاسبه شد (۲۷):

$$n = \frac{t^2 \times (S_x \%)^2}{(E\%)^2} \quad \text{رابطه (۱)}$$

مقدار S_x یا انحراف معیار از آماربرداری اولیه به‌دست آمد. در مجموع ۱۹۵ نمونه خاک جهت بررسی جمع‌آوری شد. نمونه‌ها پس از اندازه‌گیری وزن مرطوب به آزمایشگاه منتقل شدند. وزن مخصوص ظاهری عبارت از وزن واحد حجم خاک خشک شده در کوره الکتریکی است و واحد آن معمولاً بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب بیان می‌شود. مراحل اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری نمونه‌های خاک در آزمایشگاه به‌صورت زیر بود (۱۰):

- ۱- جدا کردن سنگ و ریشه
- ۲- توزین خاک مرطوب
- ۳- توزین سنگ و ریشه
- ۴- اندازه‌گیری حجم سنگ و ریشه داخل استوانه مدرج با توجه به تغییر حجم آب
- ۵- توزین خاک خشک شده (در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد آون به مدت ۲۴ ساعت)
- ۶- اندازه‌گیری حجم استوانه با استفاده از رابطه (۲):

$$V = \frac{\pi}{4} d^2 h \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن d قطر استوانه به اندازه ۵ سانتی‌متر و h طول استوانه به اندازه ۱۰ سانتی‌متر بود.

۷- وزن مخصوص ظاهری خاک از رابطه (۳) به دست آمد:

رابطه (۳)

$$\text{وزن مخصوص ظاهری} = (\text{حجم سنگ و ریشه} - \text{حجم استوانه}) \div (\text{وزن سنگ و ریشه} - \text{وزن کل خاک خشک})$$

رطوبت وزنی خاک: رطوبت خاک نمونه‌های جمع‌آوری شده در مسیر مالرو اندازه‌گیری و به کمک

رابطه (۴) محاسبه شد:

$$\text{رابطه (۴)} \quad 100 \times [\text{وزن خاک خشک} \div (\text{وزن خاک مرطوب})] = \text{درصد رطوبت وزنی خاک}$$

درصد پوکی خاک: پوکی نسبت فضای حفره‌ای خاک است به فضای کلی آن. بنابراین پوکی عددی

است بین صفر تا یک که با ضرب کردن این میزان در ۱۰۰ می‌توان آن را به صورت درصد نیز بیان کرد

(رابطه ۵).

$$\text{رابطه (۵)} \quad 100 \times (\text{وزن مخصوص حقیقی} \div \text{وزن مخصوص ظاهری}) - 100 = \text{درصد پوکی خاک}$$

روش تجزیه و تحلیل: بعد از وارد کردن داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار SAS و با

روش کولموگروف-اسمیرنف از نرمال بودن توزیع داده‌های موجود در هر قسمت اطمینان حاصل

شد. آزمایشات در قالب طرح فاکتوریل با دو عامل اصلی شامل طبقات تردد در چهار سطح و طبقات

شیب طولی در سه سطح و در مجموع با ۱۲ تیمار در کنار تیمار شاهد در نرم‌افزار آماری SAS به اجرا

در آمد. در آنالیز رگرسیون به منظور اعتبارسنجی مدل‌های رگرسیونی، پس از محاسبه مقادیر برآورد و

باقی‌مانده با استفاده از دستور Proc reg و حذف داده‌های پرت، نمودار برازش مقادیر برآورد در برابر

باقی‌مانده‌ها بررسی گردید. سپس با استفاده از جدول اعداد تصادفی اقدام به حذف تعدادی از داده‌ها

شد. از آنجایی که ضرایب مدل پس از حذف داده‌ها ثابت باقی ماند، لذا مدل قابل قبول یا به عبارت

دیگر تأیید (Verify) شده است.

نتایج و بحث

تحلیل تجزیه واریانس داده‌ها: مطابق نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثرات جداگانه شیب طولی مسیر و تعداد تردد قاطر در سطح احتمال ۹۹/۹ درصد بر وزن مخصوص ظاهری، درصد پوکی و رطوبت خاک معنی‌دار بود. اثرات متقابل دو عامل شیب طولی مسیر و تعداد تردد قاطر نیز بر وزن مخصوص ظاهری، درصد پوکی و رطوبت خاک در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار بود.

جدول ۱- تجزیه واریانس متغیرهای عامل بر وزن مخصوص ظاهری، درصد پوکی و درصد رطوبت خاک.

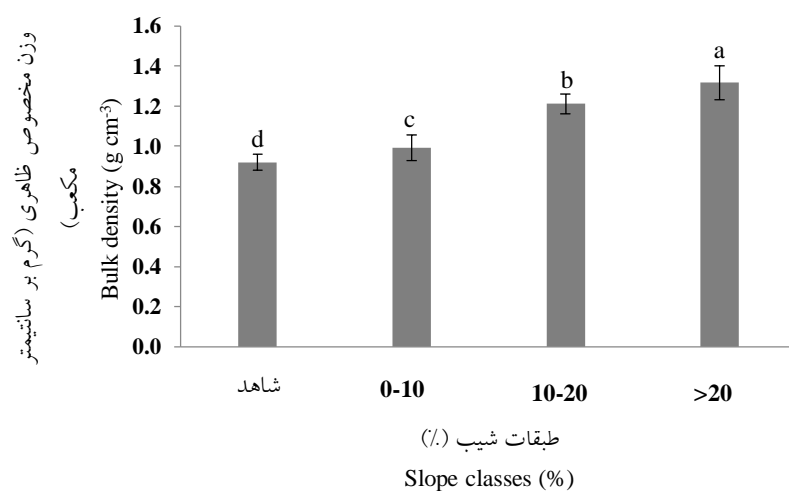
Table 1. Analysis of variance of effective factors on bulk density, porosity and moisture content.

F	میانگین مربعات Mean square	مجموع مربعات Sum of square	درجه آزادی df	متغیرها Variables
				شیب طولی مسیر (Longitudinal slope of trail)
58.10**	0.548	1.098	2	وزن مخصوص ظاهری خاک (soil bulk density)
58.54**	780.729	1561.458	2	درصد پوکی (Porosity percentage)
6.13**	99.110	198.220	2	رطوبت (Moisture content)
				تعداد تردد قاطر (Number of mule passes)
31.55**	0.298	0.893	3	وزن مخصوص ظاهری خاک (soil bulk density)
31.99**	426.616	1279.848	3	درصد پوکی (Porosity percentage)
18.71**	302.447	9.7.342	3	رطوبت (Moisture content)
				شیب طولی مسیر × تعداد تردد قاطر (Mule passes) × (Slope of trail)
5.75**	0.054	0.325	6	وزن مخصوص ظاهری خاک (soil bulk density)
5.81**	77.548	465.287	6	درصد پوکی (Porosity percentage)
8.79**	142.079	852.475	6	رطوبت (Moisture content)

**معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ درصد

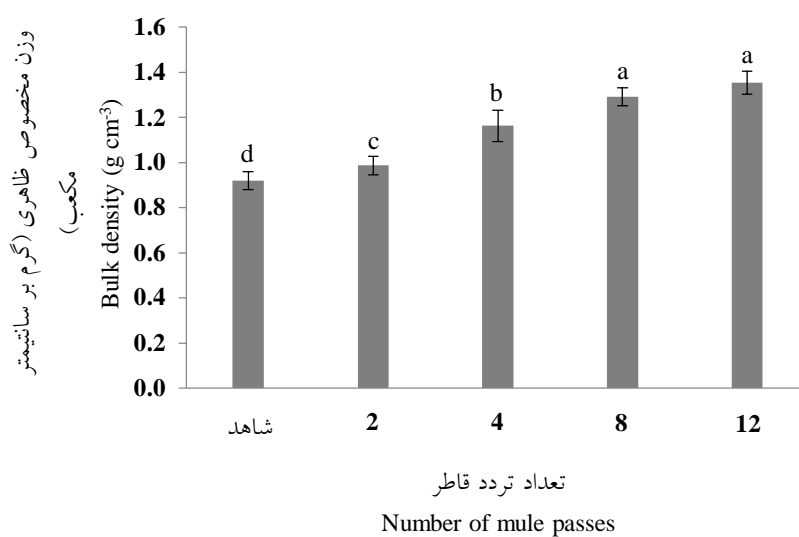
**Significant at probability level of 99%

تأثیر شیب طولی مسیر و تعداد تردد قاطر بر کوبیدگی خاک: نتایج نشان داد که با افزایش شیب طولی مسیر، وزن مخصوص ظاهری خاک افزایش یافت (شکل ۲). همچنین بین سه طبقه اول تردد قاطر (۲، ۴ و ۸ بار تردد) از نظر وزن مخصوص ظاهری خاک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود داشت (شکل ۳). ولی بین دو طبقه ۸ و ۱۲ بار تردد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده است، با افزایش تعداد تردد قاطر، مقدار وزن مخصوص ظاهری خاک یا به عبارتی کوبیدگی خاک به‌طور فزاینده‌ای افزایش یافت. این یافته با نتایج تحقیقات نجفی و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد. آن‌ها در تحقیقات خود در جنگل‌های امره استان مازندران دریافتند که با افزایش شیب و تعداد تردد اسکیدر میزان وزن مخصوص ظاهری خاک افزایش پیدا کرد (۱۶). تحقیق انجام شده در بخش نم‌خانه جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود نشان داد که دفعات عبور قاطر و شیب و اثر متقابل آن‌ها اثر معنی‌داری بر وزن مخصوص ظاهری خاک نداشت اما تفاوت معنی‌داری در مورد وزن مخصوص خاک مسیرهای حمل چوب قبل و بعد از تردد قاطر مشاهده شد (۷). جورغلامی و مجنونیان (۲۰۱۰) مشاهده کردند که حمل چوب با قاطر در جهت رو به پایین و در شیب‌های بالاتر، کوبیدگی بیشتری در خاک ایجاد می‌کند (۷). در تحقیق حاضر با رسیدن تعداد تردد قاطر به مرز ۸ تردد، بعد از آن می‌توان بیان کرد که خاک به حداکثر وزن مخصوص ظاهری خود رسیده و افزایش تعداد تردد دیگر تأثیر معنی‌داری بر کوبیدگی خاک نداشت (شکل ۴). بر اساس یافته‌های نقدی و سلگی (۲۰۱۴) افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک در اثر تردد در شیب‌های تند با سرعت بیشتری حادث شد که دلیل آن را کاهش سرعت ماشین و در نتیجه افزایش ارتعاش خاک‌دانه‌ها و آشفته‌گی خاک اشاره نمودند (۱۴). آمپورتر و همکاران (۲۰۰۷) در تردهای بالا افزایش معنی‌داری در مقدار وزن مخصوص ظاهری خاک مشاهده نکردند، زیرا خاک تقریباً به حداکثر تراکم خود رسیده و دیگر فضای خالی برای پر شدن توسط خاک وجود نداشت (۱).



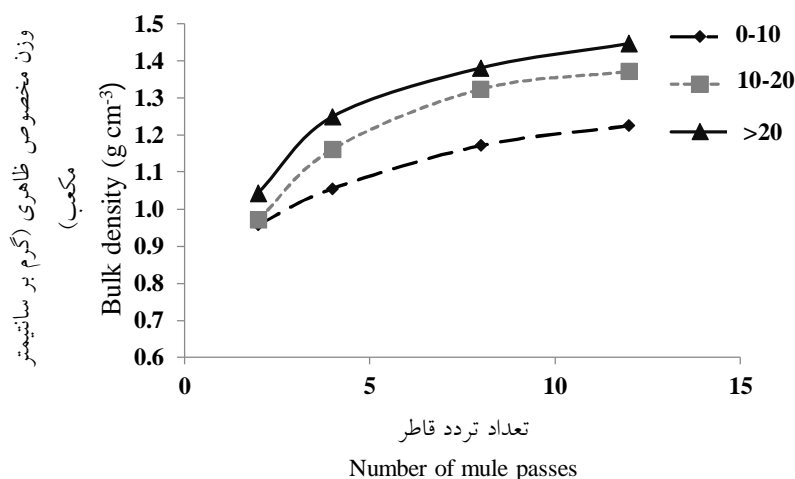
شکل ۲- تأثیر شیب طولی مسیر بر وزن مخصوص ظاهری خاک.

Figure 2. Effect of the longitudinal slope of trail on soil bulk density.



شکل ۳- تأثیر تعداد تردد قاطر بر وزن مخصوص ظاهری خاک.

Figure 3. Effect of the number of mule passes on soil bulk density.

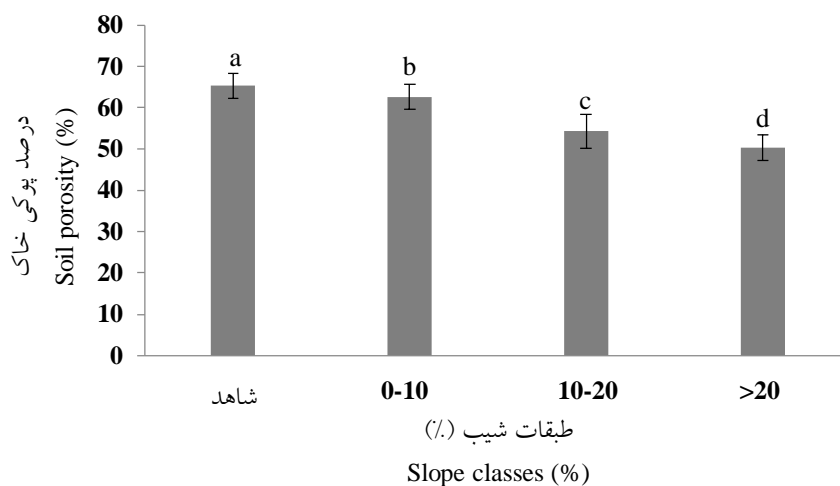


شکل ۴- اثر متقابل تعداد تردد قاطر و شیب طولی مسیر بر وزن مخصوص ظاهری خاک.

Figure 4. Interaction of the number of mule passes and longitudinal slope of trail on soil bulk density.

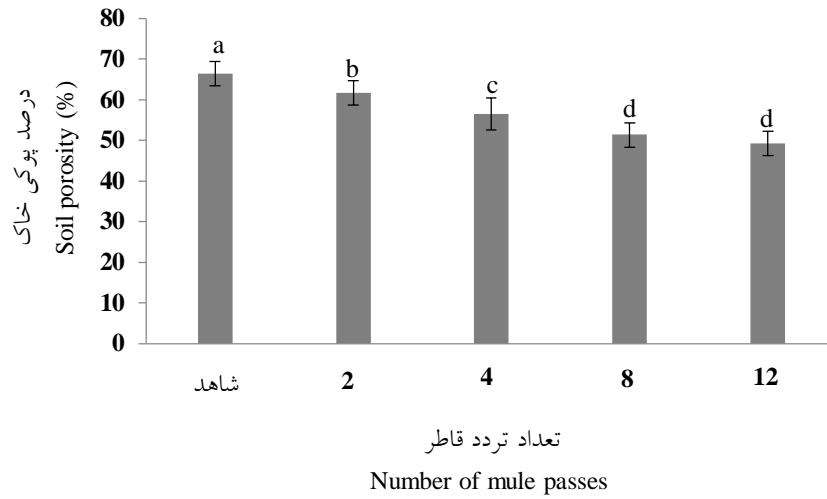
تأثیر شیب طولی مسیر و تعداد تردد قاطر بر پوکی خاک: نتایج نشان داد که با افزایش شیب طولی مسیر، درصد پوکی خاک کاهش یافت (شکل ۵). هم‌چنین بین سه طبقه اول تردد قاطر (۲، ۴ و ۸ بار تردد) از نظر درصد پوکی یا تخلخل خاک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود داشت. ولی بین دو طبقه ۸ و ۱۲ بار تردد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۶). همان‌طور که در شکل ۷ نشان داده شده است، با افزایش تعداد تردد قاطر، درصد پوکی خاک به‌طور فزاینده‌ای کاهش یافت. با رسیدن تعداد تردد قاطر به مرز ۸ تردد، بعد از آن می‌توان بیان کرد که مقدار خلل و فرج خاک به حداقل خود رسیده و افزایش تعداد تردد دیگر تأثیر معنی‌داری بر پوکی خاک نداشت. در جهت‌های چوب‌کشی رو به پایین، یک سمت یعنی پاهای جلو قاطر وزن و فشار بیشتری را تحمل می‌کند. ضمن آن‌که این وضعیت یعنی توزیع ناهمگن فشار توسط وزن مقطوعات چوبی تشدید می‌گردد. در نتیجه پاهای جلو فشار بیشتری به خاک وارد ساخته و در شیب‌های بالاتر این وضعیت سبب کوبیدگی بیشتر خاک و کاهش درصد پوکی در مقایسه با مسیرهای کم شیب و هموار می‌شود. این وضعیت در حرکت سربالایی برعکس است یعنی فشار وزن روی پاهای عقب متمرکز می‌گردد. به‌عنوان مثال یک قاطر به وزن ۲۰۰ کیلوگرم در شرایط ایستاده فشاری معادل ۵۰۰ نیوتن توسط هر سم خود به زمین وارد می‌کند (سطح تماس سم با زمین برابر سانتی‌متر مربع $63/75 = 8/5 \times 7/5$) اما در حین حرکت این فشار

به ۱۰۰۰ نیوتن در هر سم افزایش پیدا می‌کند زیرا به علت ساختار فیزیولوژیکی بدن، در حین راه رفتن فقط دو پا به طور هم‌زمان روی زمین قرار می‌گیرد (۱۳). در سرازیری چنانچه ۶۰ درصد وزن قاطر (۱۲۰ کیلوگرم) روی پاهای جلو متمرکز باشد، در حالت ایستاده یا سرخوردن مقدار فشار وارد بر خاک ۶۰۰ نیوتن در هر سم جلو خواهد بود، اما در هنگام حرکت این فشار به ۱۲۰۰ نیوتن در سم جلو افزایش می‌یابد. هدریل (۲۰۰۲) گزارش کرد که یک حیوان بارکش می‌تواند باری به اندازه یک‌سوم و حتی تا نیمی از وزن خود را طی چندین ساعت به‌طور ایمن حمل نماید. یعنی به ازای هر ۱۰۰ کیلوگرم وزن قاطر می‌توان باری به اندازه ۴۰ کیلوگرم به آن بست. در مناطق پرشیب و در شرایط کار طولانی روزانه حداقل این بار یعنی به اندازه یک سوم وزن قاطر مطلوب است (۴).



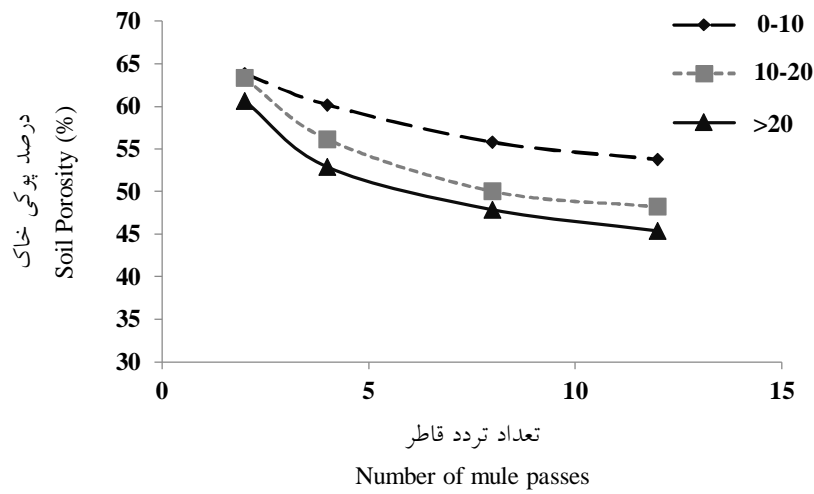
شکل ۵- تأثیر شیب طولی مسیر بر درصد پوکی خاک.

Figure 5. Effect of the longitudinal slope of trail on soil porosity.



شکل ۶- تأثیر تعداد تردد قاطر بر درصد پوکی خاک.

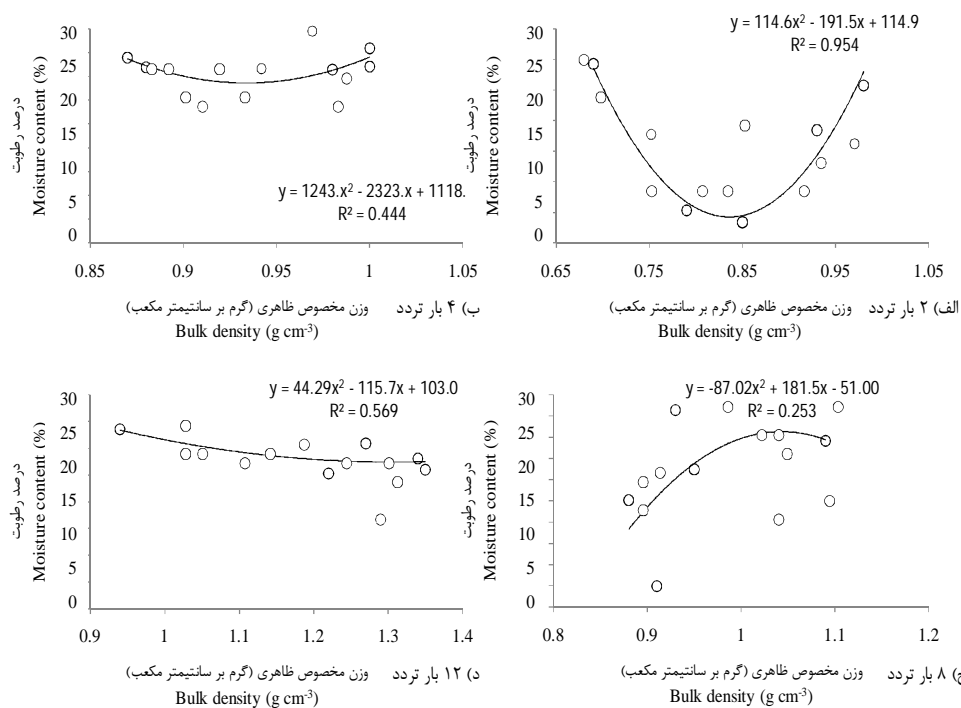
Figure 6. Effect of the number of mule passes on soil porosity.



شکل ۷- اثر متقابل تعداد تردد قاطر و شیب طولی مسیر بر درصد پوکی خاک.

Figure 7. Interaction of the number of mule passes and longitudinal slope of trail on soil porosity.

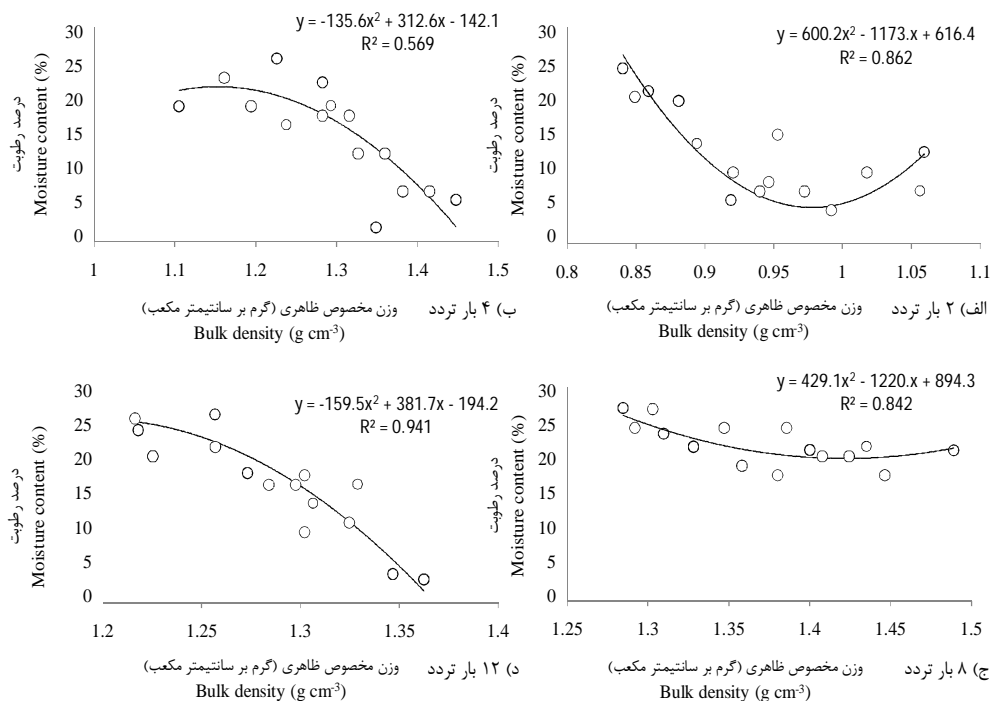
تعیین مقدار رطوبت بهینه خاک برای چوب‌کشی با قاطر: حداقل کوبیدگی خاک طی ۲ بار تردد در طبقه شیب ۱۰-۰ درصد زمانی حادث شد که مقدار رطوبت خاک حدود ۲۵ درصد بود. این رقم برای ۴ و ۸ بار تردد در طبقه شیب ۱۰-۰ درصد به ترتیب حدود ۲۷ درصد و ۱۳ درصد و برای ۱۲ بار تردد ۲۶ درصد به ثبت رسید (شکل ۸). نقدی و سلگی (۲۰۱۴) در تحقیقات خود در جنگل‌های سرخ‌کلا استان مازندران دریافتند که با افزایش تعداد تردد و شیب طولی مسیر، میزان کوبیدگی خاک افزایش پیدا می‌کند. ضمن آن‌که مقدار کوبیدگی خاک در شرایط رطوبتی ۳۲ درصد بیشتر از رطوبت ۱۸ درصد بود (۱۴).



شکل ۸- رابطه بین درصد رطوبت و وزن مخصوص ظاهری خاک در طبقه شیب ۱۰-۰ درصد.

Figure 8. Relation between moisture content and soil bulk density in slope class of 0-10%.

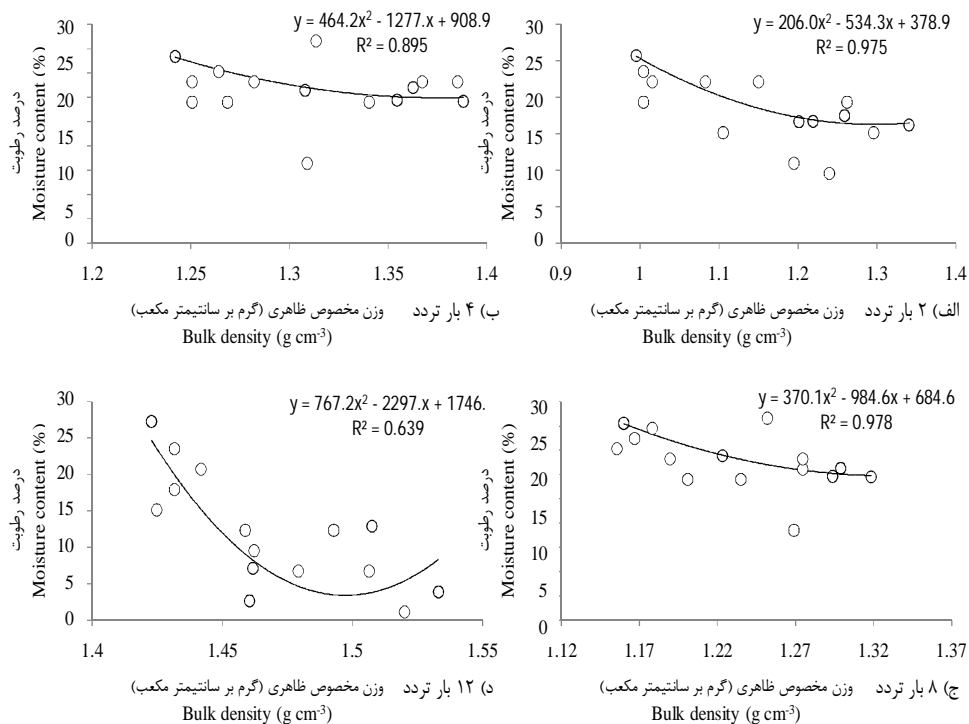
حداقل کوبیدگی خاک طی ۲ بار تردد در طبقه شیب ۱۰-۲۰ درصد زمانی حادث شد که مقدار رطوبت خاک حدود ۲۷ درصد بود. این رقم برای ۴ و ۸ بار تردد در طبقه شیب ۱۰-۲۰ درصد به ترتیب حدود ۲۲ و ۲۷ درصد و برای ۱۲ بار تردد ۲۶ درصد به ثبت رسید (شکل ۹).



شکل ۹- رابطه بین درصد رطوبت و وزن مخصوص ظاهری خاک در طبقه شیب ۲۰-۱۰ درصد.

Figure 9. Relation between moisture content and soil bulk density in slope class of 10-20%.

حداقل کوبیدگی خاک طی ۲ بار تردد در طبقه شیب >20 درصد زمانی حادث شد که مقدار رطوبت خاک حدود ۲۶ درصد بود. این رقم برای ۴ و ۸ بار تردد در طبقه شیب >20 درصد به ترتیب حدود ۲۷ درصد و ۲۵ درصد و برای ۱۲ بار تردد ۲۴ درصد به دست آمد. مقادیر R^2 نشان می‌دهد که متغیرهای موجود در اکثر مدل‌ها بیش از ۸۰ درصد تغییرات را توجیه می‌کنند (شکل ۱۰). میانگین این ارقام نشان می‌دهد که مقدار رطوبت بهینه برای کاهش کوبیدگی خاک هنگام ورود قاطر به جنگل جهت حمل چوب لازم است حدود ۲۵ درصد باشد. نتایج آزمایشات حدود آتربرج نشان داده است که متوسط حد خمیری و حد روانی خاک منطقه به ترتیب ۲۶ و ۴۰ درصد است (۹). بدین ترتیب رطوبت بهینه پایین‌تر از دامنه خمیری قرار گرفته و فاصله زیادی با حد روانی دارد. تحت این شرایط خاک خشک بوده و به شکل مطلوبی امکان بارگذاری و عبور دارد.



شکل ۱۰- رابطه بین درصد رطوبت و وزن مخصوص ظاهری خاک در طبقه شیب >۲۰ درصد.

Figure 10. Relation between moisture content and soil bulk density in slope class of >20%.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به موارد اشاره شده ضروری است تا پس از برداشت و مطالعه پلان و پروفیل طولی هر یک از مسیرهای مالرو و شناسایی نقاط بحرانی طرح هندسی از نظر صدمات وارده به خاک، نسبت به تغییر مسیر حرکت قاطر در این محل‌ها اقدام شود. هم‌چنین در صورتی که رطوبت وزنی خاک در حد مناسبی باشد، تخریب و به‌هم‌خوردگی به کمترین میزان می‌رسد. لذا برای کاهش تخریب خاک لازم است در تحقیقی جامع آستانه رطوبتی خاک برای ورود حیوانات بارکش تعیین شود. به‌طور کلی با صرف‌نظر از مسیرهای پرشیب و کنترل تعداد تردد می‌توان از میزان صدمات وارده به خاک جنگل کاست.

منابع

1. Ampoorter, E., Goris, R., Cornelis, W.M., and Verheyen, K. 2007: Impact of mechanized logging on compaction status of sandy forest soils. *Forest Ecology and Management*, 241: 162–174.
2. Beikverdi, M., Sobhani, H., and Majnonian, B. 2008. Investigation and determination of the threshold of soil moisture for harvesting machine usage in working trail using FOR-PRO software (Case study: Kheiroodkenar forest). *Iranian Journal of Natural Resources*, 61: 3. 615-624. (In Persian)
3. Ghaffariyan, M.R., Sobhani, H., and Marvi Mohajer, M.R. 2006. A study of site damage (soil and seedlings) by traditional logging method. *Iranian Journal of Natural Resources*, 58: 4.805-812. (In Persian)
4. Hadrill, D. 2002. *Horse healthcare. A manual for animal health workers and owners*. London: ITDG Publishing.
5. Jamshidi, R., Jaeger, D., Raafatnia, N., and Tabari, M. 2008. Influence of Two Ground-Based Skidding Systems on Soil Compaction under Different Slope and Gradient Conditions. *Journal of forest engineering*, 19: 1.9-16.
6. Jourgholami, M., Majnounian, B., Zobeiri, M., and Feghhi, J. 2008. Evaluation of production and costs of mule logging in down and up slopes (case study: Kheyrod Forest). *Iranian Journal of Natural Resources*, 61: 3.625–636. (In Persian)
7. Jourgholami, M., and Majnounian, B. 2010. Traditional logging method in hyrcanian forest, impacts to forest stand and soil (case study: Kheyrod forest). *Iranian Journal of Forest*, 2: 3.221-229. (In Persian)
8. Jourgholami, M., and Goleij, A. 2013. Environmental effects of skidding operation on soil disturbances and infiltration in Kheyrod forest. *Environment researches*, 4: 8.55-64.
9. Koopaei Kabiri, K. 1998. Determination of the soil mechanical properties in Shast kalateh educational and research forest and its application in forest road construction. M.Sc. thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 56p.
10. Lotfalian, M., and Parsakhoo, A. 2009. Investigation of forest soil disturbance caused by rubber-tired skidder traffic. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 3: 1.99-104.
11. Matangaran, J.R., and Kobayashi, H. 1999. The effect of tractor logging on forest soil compaction and growth of *Shorea selanica* seedlings in Indonesia. *Journal of Forest Research*, 4: 13-15.
12. Moradmand Jalali, A. 2008. Comparison of the effects of traditional and industrial logging on soil compaction (Case study: Shafarood). M.Sc. thesis, Mazandaran University, Faculty of Natural Resources, 99p. (In Persian)
13. Moradmand Jalali, A. 2010. Investigation of the hauling with traditional (mule) and industrial (Skidder) on forest soil. *Environmental Sciences and Technology Journal*, 12: 4.81-91. (In Persian)

14. Naghdi, R., and Solgi, A. 2014. Effects of skidder passes and slope on soil disturbance in two soil water contents. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 35: 1.73-80.
15. Naghdi, R., Lotfalian, M., Bagheri, I., and Moradmamand Jalali, A. 2009. Damages of skidder and animal logging to forest soils and natural regeneration. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 30: 2.141-149.
16. Najafi, A., Solgi, A., and Sadeghi, S.H. 2010. Effects of Skid Trail Slope and Ground Skidding on Soil Disturbance. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 8: 1.13-23.
17. 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. *Iranian Natural Ecosystem Journal*, 2: 83-92.
18. Oskarshamn, T.A. 1983. Extraction using draught animals. Technical field note 3. *Swedish Forestry Technique with Possible Applications in the Third World*. 16p.
19. 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. *Forest Ecology and Management*, 191: 1-3.329-340.
20. Salehi, A., Taheri Abkenar, K., and Basiri, R. 2012. Study of the recovery soil physical properties and establishment of natural regeneration in skid trails (case study: Nave Asalem forests). *Iranian Journal of Forest*, 3: 4.317-329. (In Persian)
21. Sakai, H., Nordfjell, T., Suadicani, K., Talbot, B., and Bøllehuus, E. 2008. Soil compaction on forest soils from different kinds of tires and tracks and possibility of accurate estimate. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 29: 1.15-27.
22. Sessions, J. 2007. *Harvesting Operations in the Tropics*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 165p.
23. Soleiman nejad, M. 2005. Investigating the Effect of industrial and traditional skidding on regeneration and comparison (Case study: Educational- research forest of Tehran university). M.Sc. thesis, Mazandaran University, Faculty of Natural Resources, 67p. (In Persian)
24. Solgi, A., and Najafi, A. 2014. The impacts of ground-based logging equipment on forest soil. *Journal of Forest science*, 60: 1.28-34.
25. Spinelli, R. 1999. The environmental impact of thinning, more good than bad? In proc IUFRO 3.09.00. *Harvesting and Economic of Thinning*, Ennis, Ireland, Pp: 136-143.
26. Wang, L. 1999. Environmental Sound timber extraction techniques for small tree harvesting, Presentation at the 1999 ASAE Annual International Meeting Sponsored by ASAE, Toronto, Canada, 7p.
27. Zobeiry, M. 2000. *Forest Inventory (Measurement of tree and stand)*. 1st Ed., Tehran University Publication, Iran, ISBN: 964-03-4524-5.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 23 (3), 2016
<http://jwfst.gau.ac.ir>

Effect of the longitudinal slope of trail and number of mule passes on forest soil compaction during wood transportation

***A. Parsakhoo¹ and H. Yazarlou²**

¹Assistant Prof., Dept., of Forestry, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²M.Sc. Student, Dept., of Forestry, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences

Received: 01/11/2016 ; Accepted: 05/04/2016

Abstract

Background and objectives: Animal trails are the primary wood hauling trails from stump location to the log depot. These trails are created by animal passes. Steep terrain and inability of skidders for passes from these areas, incomplete access forest roads, inadequate skid trails, low timber volume per hectare and environmental pressure in the unstable and steep terrain cause to use mule logging system in some regions of northern forests of Iran. The aim of this research was to investigate the effects of the longitudinal slope of trail used by mule for wood extraction and number of mule passes on soil compaction and porosity. In addition, the optimum soil moisture was determined for scheduling mule logging in forest to reduce site damage.

Materials and methods: A mule trail with downward direction was selected in Saad Abad forestry plan. Trail was classified into 0-10, 10-20 and >20% with respect to longitudinal slope and classified into 2, 4, 8 and 12 passes with respect to the number of mule passes. In each class the soil bulk density or compaction, porosity percentage and soil moisture at mule spoor were sampled using metal cylinder and then laboratory measurements. Experiments were done based on factorial design with two main factors of mule passes in four levels and longitudinal slope in three levels. Totally, 12 treatments plus control treatment was performed in SAS software.

Results: Findings showed that soil bulk density increased and soil porosity decreased with increasing the longitudinal slope of trail. Moreover, soil bulk density increase rapidly with increasing mule passes. In 8th pass soil reach to its maximum bulk density and then increasing passes hadn't significant effect of soil

*Corresponding author: Aidinparsakhoo@yahoo.com

compaction. Interaction effects of passes and longitudinal slopes on soil moisture were significant at the probability level of 99%. R2 values showed that variations in most models could describe more than 80% of variation in relationship of soil bulk density and soil moisture. The value of optimum moisture for reducing soil compaction by mule was 35-40%.

Conclusion: It was concluded that in steep slopes and high number of passes, the rate of soil compaction was more. Therefore, before wood extraction in such conditions it is necessary to determine the optimum moisture of soil to schedule logging operation and reduce damage to soil.

Keywords: Wood transport by mule, Soil bulk density, Porosity percentage, Optimum moisture, Saad Abad forestry plan