فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۷، شماره ۲، صفحه ۱۸۲-۱۶۹، (۱۴۰۰)
DOI: 10.30466/jfrd.2021.121054
DOR: 20.1001.1.24763551.1400.7.2.1.4

مقالهٔ پژوهشی

بررسی ویژگی‌های فیزیکی خاک ۱۱ سال پس از ساخت جوی-پشته بر روی مسیرهای چوبکشی

مهسا هاشمی[۱]، مهرداد نیکوی*[۲]، علی صالحی[۳] و رامین نقدی[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. (mahsaa.hashemi@gmail.com)
۲- دانشیار، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. (nikooy@guilan.ac.ir)
۳- دانشیار، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. (asalehi70@hotmail.com)
۴- استاد، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. (naghdir@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۴/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۶/۳۰

چکیده

شناخت راهکارهایی برای بازیابی خاک مسیرهای چوبکشی ضروری است. یکی از فعالیت‌های مدیریتی برای اصلاح کوبیدگی و جلوگیری از فرسایش، احداث جوی‌پشته در مسیرهای چوبکشی است. بازیابی ویژگی‌های فیزیکی خاک ۱۱ سال پس از احداث جوی-پشته بر روی مسیرهای چوبکشی در قطعات ۴۰ مترمربعی در قالب دو طبقه شیب (کمتر از ۱۰ درصد و بیشتر از ۱۰ درصد) و سه طبقه ترافیک (کم، متوسط و شدید) در جنگل‌های سری ناو در غرب استان گیلان بررسی شد. متغیرهای موردبررسی شامل وزن مخصوص ظاهری، تخلخل، نفوذپذیری و عمق شیار بود. اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک با استفاده از پنترومتر جیبی، نمونه‌برداری مربوط به وزن مخصوص ظاهری با استفاده از سیلندر و اندازه‌گیری شیار با استفاده از شاخص ۵ متری انجام شد. شاخص‌های موردبررسی در هر تیمار، در سه تکرار مورد تحقیق قرار گرفتند. تأثیر تغییرات شیب و ترافیک بر روی ویژگی‌های فیزیکی خاک بر روی ۷۲ نمونه انجام شد. نتایج نشان داد که اثر شیب، ترافیک و اثر متقابل آن‌ها بر روی متغیرهای وزن مخصوص ظاهری، درصد تخلخل، نفوذپذیری و عمق شیار معنی‌دار است. مقدار وزن مخصوص ظاهری، تخلخل و نفوذپذیری در طبقه شیب کم و ترافیک کم بازیابی شده بود و بین این طبقه با طبقه‌های شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج پژوهش اثر مثبت ساخت جوی-پشته در بازیابی ویژگی‌های خاک در مسیرهای چوبکشی را مسیرهای با ترافیک و شیب کم نشان داد.

واژه‌های کلیدی: وزن مخصوص ظاهری، جوی پشته، ویژگی‌های فیزیکی خاک، عمق شیار، نفوذپذیری.

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۱۳۴۴۳۲۰۸۹۴

مقدمه

عملیات بهره‌برداری جنگل که با احداث مسیر چوبکشی و تردد ماشین‌آلات برای خروج محصولات جنگلی در این مسیرها همراه است، ممکن است به‌طور متوسط حدود ۱۶ تا ۲۵ درصد از کل منطقه را در برگیرد و سبب تغییر ویژگی‌های فیزیکی، کاستن از توان تولیدی آن و موجب تخریب خاک شود (Murphy, 2004). تخریب خاک به‌صورت کوبیدگی، افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک، افزایش مقاومت به نفوذ، جابه‌جایی لایه لاشبرگ، کاهش تهویه و نفوذپذیری آب‌وهوا در خاک، شیاری‌شدن مسیر، جابه‌جایی و هدررفت خاک سطحی، کاهش ریشه‌دوانی گیاهان، فرسایش و تغییرات هیدرولوژی عرصه و اختلال در تبادل گازها است. کوبیدگی، جابه‌جایی آب‌وهوا را در داخل خاک کاهش و میزان رواناب سطحی و فرسایش را افزایش می‌دهد (Williamson and Neilson, 2000). همچنین کوبیدگی خاک در درازمدت می‌تواند روی بهره‌وری خاک، توده جنگل و تغییرات هیدرولوژیکی تأثیر بگذارد (Ozturk, 2016; Kazemi et al., 2015). با گذشت زمان تخریب وارده به خاک در طی عملیات مدیریتی جنگل پدیده‌ای برگشت‌پذیر هستند که بسته به شرایط اقلیمی، توپوگرافی و فیزیوگرافی، سن توده، فعالیت فون و فلور خاک شدت و وسعت خسارات می‌تواند از یک سال در لایه‌های سطحی تا ۱۰۰ سال در لایه‌های عمیق‌تر خاک زمان ببرد (Greacen and Sand, 1980; Rab et al., 2005; Sylvia and James, 2006). در چند دهه اخیر، افزایش نگرانی‌ها درباره تأثیرات مدیریتی جنگل بر محیط زیست به‌ویژه کیفیت آب و خاک بالا رفته است. این افزایش حساسیت نسبت به مدیریت جنگل، از پژوهش‌های مرتبط با ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی عملیات بهره‌برداری جنگل منتج می‌شود (Grace et al., 2006). هدف مدیریتی در بهره‌برداری جنگل به حداقل رساندن تأثیرات وسایل نقلیه بر روی خاک است که تأثیرات منفی آن می‌تواند معنی‌دار و طولانی‌مدت باشد (Cambi et al., 2015). درحالی‌که علل و راه‌حل‌های احتمالی تراکم خاک در سیستم کشت زراعی مورد بررسی قرار گرفته است، اما دانش اثرهای عملیات چوبکشی بر اصلاح خاک‌های جنگلی هنوز ناقص است (Hamza and Anderson, 2005). طراحی دقیق و درست مسیر چوبکشی مهم‌ترین راه برای کاهش اثرهای زیست‌محیطی بهره‌برداری و نیز کاهش وسعت و شدت تخریب خاک است. متداول‌ترین شیوه‌های مدیریتی در این زمینه شامل طراحی قبل از برداشت، ساختارهای کنترل آب و پوشش خاک است. پژوهش‌ها نشان داده است که این روش‌ها در صورت اجرای درست می‌توانند ۹۴-۵۲ درصد از غلظت جریان رسوب بکاهند (Edwards and Williard, 2010). زهکش‌های عرضی یکی از روش‌های مدیریتی در کاهش تولید رسوب مسیرهای چوبکشی است که در پژوهش‌های مختلفی به نقش اصلاحی آن پرداخته شده است (Lotfalian *et al.*, 2018). عموماً زهکش‌های عرضی به‌تنهایی و یا به‌صورت تلفیق با بذر، مالچ‌های گیاهی، مازاد مقطوعات درختی (پهن‌برگ و سوزنی‌برگ) در مقادیر مختلف در کاهش تولید رواناب و رسوب مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Solgi et al., 2015). در زهکش‌های عرضی اغلب با استفاده از خاک یا چوب موانعی عرضی به‌صورت قائم و یا مورب در مسیر ایجاد کرده و سبب توقف و نفوذ آب به داخل مسیر و یا هدایت آن به اطراف مسیر چوبکشی می‌شوند (Imani et al., 2018، Jourgholami et al, 2018). مطابق با دستورالعمل سازمان جنگل، مراتع و آبخیزداری کشور حفاظت از مسیرهای چوبکشی با استفاده از روش جوی پشته در

فواصل مختلف از حدود یک دهه قبل در جنگل‌های شمال کشور شروع شده است و مسیرهای خروج چوب‌آلات پس از پایان عملیات چوبکشی توسط جوی پشته مورد حفاظت و نگهداری قرار گرفته‌اند. هدف از کاربرد این روش‌ها مدیریت، حفاظت از خاک مسیرهای چوبکشی و کمک و بررسی اندازه بازیابی ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند وزن مخصوص ظاهری، درصد تخلخل، مقاومت به نفوذ، عمق شیار و رطوبت خاک پس از یک دوره بلند مدت است. استفاده از تیمارهای حفاظتی در بهبود ویژگی‌های خاک مسیرهای چوبکشی این تیمارها کمتر مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است هر چند موارد مرتبط با تولید رسوب و رواناب و نقش تیمارهای حفاظتی در کاهش مقدار رواناب و رسوب بیشتر مورد توجه بوده است (Solgi et al, 2017; Parsakhoo et al., 2017; Jourgholami et al, 2018; Imani et al., 2018) ولی اثرهای ساخت این انحراف دهنده‌های آب بر ویژگی‌های خاک مسیرهای چوبکشی و روند بازیابی آن در ایران در طولانی‌مدت مورد پژوهش قرار نگرفته است، موضوعی که در این تحقیق مورد توجه قرارگرفته است.

مواد و روش‌ها

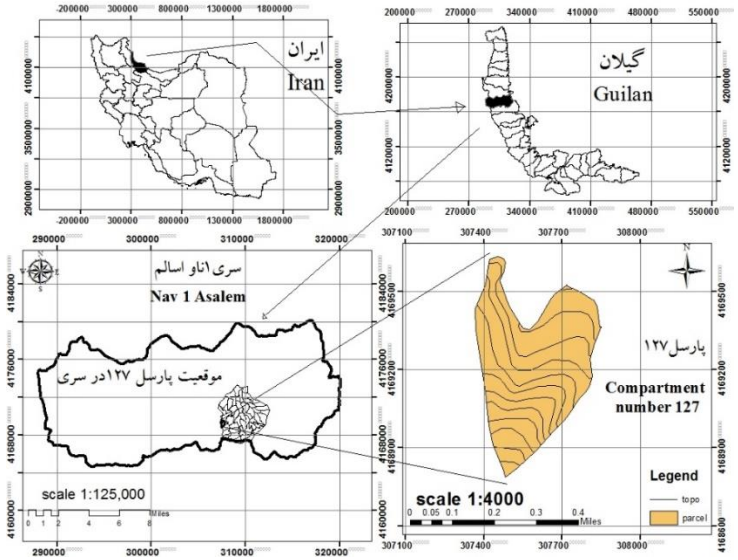
این پژوهش در پارسل بیست و هفت سری یک ناو اسالم واقع در حوزه هفت جنگل‌های شمال کشور انجام شد. این منطقه بین طول جغرافیایی ´´۵۱´۴۸°۴۸ تا ´´۲۷´۵۲°۴۸ و عرض جغرافیایی ´´۵۱´۳۷°۳۷ تا ´´۱۶´۴۱°۳۷ واقع شده است. متوسط بارش سالانه منطقه مورد پژوهش (با ارتفاع متوسط ۹۲۱ متر از سطح دریا)، حدود ۹۴۵ میلی‌متر و مقادیر بیشینه و کمینه آن به‌ترتیب برابر ۱۱۵۵ و ۷۴۶ میلی‌متر است. میانگین دمای سالانه منطقه برابر ۱۲/۴ °C و متوسط تعداد روزهای یخبندان منطقه، ۷۱ روز در سال است.

روش و شیوه جنگل‌شناسی در این سری روش دانه‌زاد ناهمسال و شیوه تک‌گزینی بود. تیپ پهن‌برگ آمیخته با حضور درختان راش، ممرز، بلوط و توسکا است. تعداد درختان در هکتار ۳۹۸ اصله، حجم در هکتار ۲۵۵ مترمکعب، جهت شمالی، مقدار تاج پوشش ۸۵-۹۵ درصد، میانگین شیب ۵۰-۲۰ درصد، حجم برداشت ۲۲۰ مترمکعب و طول مسیر چوبکشی ۲۲۵۰ متر بود. اسکیدر چوبکشی مورد استفاده در عملیات چوبکشی مسیر مورد بررسی در این پژوهش تیمبرجک 450C بود.

روش پژوهش

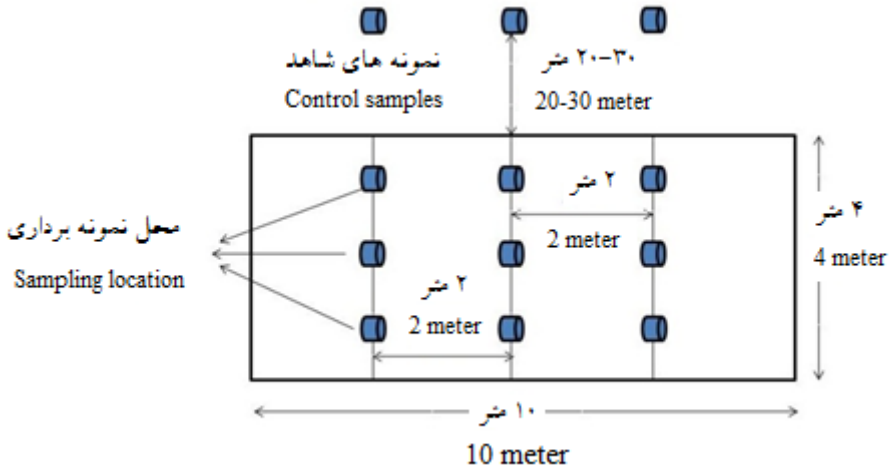
در این پژوهش ضمن جنگل‌گردشی دقیق و بررسی شیب و ترافیک مسیرهای چوبکشی بر اساس فاصله از دپو و مسیرهای فرعی یک مسیر چوبکشی انتخاب شد که ۱۱ سال بعد از چوبکشی و احداث جوی پشته بود. این مسیر بر اساس شیب طولی و شدت ترافیک طبقه‌بندی شد. در این مسیر سه شدت ترافیک بر اساس فاصله از دپو (کم، متوسط، زیاد) شناسایی و بر اساس شیب طولی در هر طبقه ترافیک، دو طبقه شیب (۱۰-۰ درصد و ۲۰-۱۰ درصد) جدا شد (Ezzati et al., 2012، Jourgholami et al., 2018). شیب طولی در مسیر چوبکشی به‌وسیله شیب‌سنج سونتو اندازه‌گیری شد. در هر طبقه ترافیک، با توجه به تأثیر دو طبقه شیب شش قطعه‌نمونه با ابعاد ۱۰×۴ متر پیاده شد (Ezzati et al., 2012). در هر قطعه‌نمونه پنج خط با فاصله ۲ متر از همدیگر طراحی و سه خط به‌صورت تصادفی انتخاب شد (Suvinon, 2007). روی هرکدام از خطوط انتخاب‌شده، دو نمونه در مرکز شیار سمت راست و چپ و نمونه‌ی دیگر در مرکز شیار وسط چرخ‌ها برداشت شد. همچنین سه قطعه‌نمونه شاهد در فاصله ۲۰-۳۰ متری و شرایط همگن با تیمارهای مورد بررسی

در نظر گرفته شد. بنابراین در هر پلات ۱۲ نمونه و در مجموع ۷۲ نمونه برداشت شد (شکل ۲).



شکل ۱- نقشه منطقه مورد بررسی واقع در حوزه هفت جنگل‌های شمال ایران

Figure 1. Map of the study area located in the watershed number 7 in North forests of Iran



شکل ۲- روش نمونه‌برداری در پلات‌های مستقر بر روی مسیر چوبکشی

Figure 2. Sampling method in located plots on skid trail

در ادامه تحقیق شاخص‌های تخریب خاک شامل وزن مخصوص ظاهری، عمق شیار، درصد تخلخل خاک و میزان نفوذپذیری خاک مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند، تا با مقایسه این شاخص‌ها با ناحیه شاهد میزان بازیابی ویژگی‌های فیزیکی خاک در مسیرهای چوبکشی مورد بررسی قرار گیرند (Froehlich et al., 1985). وزن مخصوص ظاهری خاک با استفاده از روش نمونه‌برداری با سیلندر از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متر به‌دلیل تأثیرپذیری زیاد این افق خاک از عملیات چوبکشی (Fernández et al., 2002) تعیین شد. نمونه‌های خاک در داخل پلاستیک به‌منظور توزین وزن مرطوب به آزمایشگاه منتقل شد. پس از تعیین وزن

مرطوب، نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک و دوباره وزن شد (Demir et al., 2007). سپس سه ویژگی فیزیکی خاک شامل وزن مخصوص ظاهری، درصد رطوبت و مجموع تخلخل مطابق رابطه ۱ ۲ و ۳ محاسبه شدند (Tan et al., 2005).

$$BD = \frac{m}{v}$$ رابطهٔ (۱)

$$\mathrm{TP\%} = 100 - (\frac{\mathrm{BD}}{\mathrm{PD}} \times 100)$$ رابطهٔ (۲)

$$W\% = \frac{Mw - Ms}{Ms} \times 100$$ رابطهٔ (۳)

در این روابط m وزن خاک خشک‌شده در کوره الکتریکی برحسب گرم و v حجم سیلندر برحسب سانتی‌متر مکعب است. با توجه به تأثیر رطوبت خاک در برداشت نمونه‌های مورد بررسی، کلیه نمونه‌ها در روز آفتابی، در شرایط خشک خاک و در شرایط یکسان برداشت شد (Jourgholami *et al.*, 2018). برای اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک در هر نقطه نمونه‌برداری از دستگاه پنترومتر جیبی (مدل EIJkelkamp Zevenaar Netherlands) استفاده شد (Ezzati et al., 2012). نفوذپذیری خاک در یک روز آفتابی و در خاک خشک و در فاصله ۱۰ سانتی‌متری محل نمونه‌برداری خاک اندازه‌گیری شد (Jourgholami et al., 2018). اندازه‌گیری شیارها روی مسیر اندازه‌گیری خط کوبیدگی انجام و شیارهای با عمق ۵ سانتی‌متر در عمیق‌ترین نقطه و حداقل طول دو متر به‌عنوان شیار ناشی از تخریب خاک درنظر گرفته شد. در هر شیار در فواصل افقی دو و نیم سانتی‌متر عمق شیار اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها به‌عنوان عمق شیار در هر پلات درنظر گرفته شد. بدیهی است که فاصله خطوط تصادفی نمونه‌برداری کوبیدگی و شیار از یکدیگر کمتر از دو متر نبود (Nugent et al., 2003). این پژوهش در قالب آزمایش طرح فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور شدت ترافیک (در سه طبقه ترافیک کم، متوسط و زیاد) و شیب (در دو طبقه ۱۰-۰ و ۲۰-۱۰ درصد) در سه تکرار انجام شد. بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنف و همگنی داده‌ها با استفاده از آزمون لون انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری در نرم‌افزار SPSS۱۸ انجام شد. برای بررسی اثر شیب مسیر چوبکشی (دو سطح) و ترافیک (سه سطح) بر متغیرهای مورد بررسی (وزن مخصوص ظاهری، درصد تخلخل، مقاومت به نفوذ، عمق شیار و رطوبت خاک) از تجزیه واریانس دو عامله استفاده شد. در صورت معنی‌داربودن اثر هر یک از عامل‌ها، از آزمون چندگانه دانکن برای گروه‌بندی مقدار تغییر ویژگی‌های فیزیکی خاک استفاده شد.

نتایج

اثر شیب طولی مسیر چوبکشی و شدت تردد بر روند بازیابی وزن مخصوص ظاهری خاک

تجزیه و تحلیل مقادیر مربوط به وزن مخصوص ظاهری خاک در پلات‌های موردبررسی با استفاده از آنالیز واریانس دوطرفه به‌روش کاملاً تصادفی نشان داد که اثر شیب، ترافیک و اثر متقابل آن‌ها بر روی متغیرهای وزن مخصوص ظاهری، درصد تخلخل، مقاومت به نفوذ و عمق شیار معنی‌دار است (جدول ۱). نتایج نهایی بررسی بافت خاک نشان داد که خاک نمونه‌های مورد بررسی از نوع لومی-رسی بوده و بین ذرات آن تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($\alpha \geq ۰/۰۰۵$). همچنین بررسی میانگین رطوبت خاک در طبقه‌های مختلف شیب و ترافیک تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ($\alpha \geq ۰/۰۰۵$).

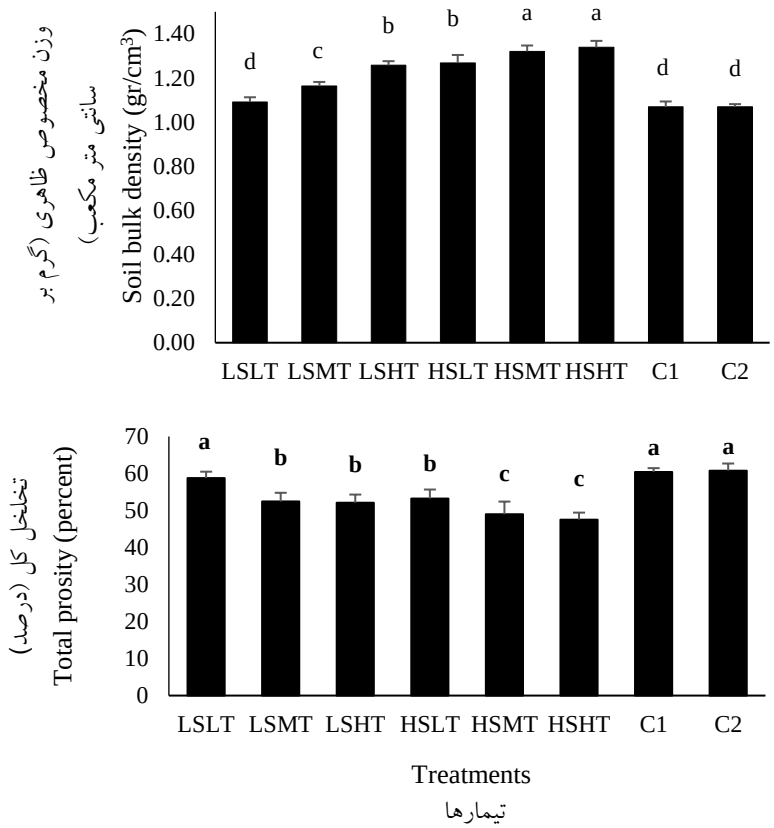
جدول ۱- تجزیه واریانس اثر ترافیک و شیب طولی مسیر چوبکشی و اثر متقابل آن‌ها بر روی ویژگی‌های فیزیکی خاک

Table 1. Analysis of Variation of traffic effect and longitudinal slope of skid trail and their interaction effect on soil physical properties

	F				Sig.			
	وزن مخصوص ظاهری Bulk density	تخلخل Porosity	نفوذپذیری Penetration	عمق شیار Rutting	وزن مخصوص ظاهری Bulk density	تخلخل Porosity	نفوذپذیری Penetration	عمق شیار Rutting
شیب Slope	436.69	132.86	8.96	37.47	.000	.000	.004	.000
ترافیک Traffic	107.344	67.062	33.003	34.056	.000	.000	.000	.000
شیب × تردد Slope × Traffic	19.428	1.262	4.832	7.026	.000	.290	.011	.003

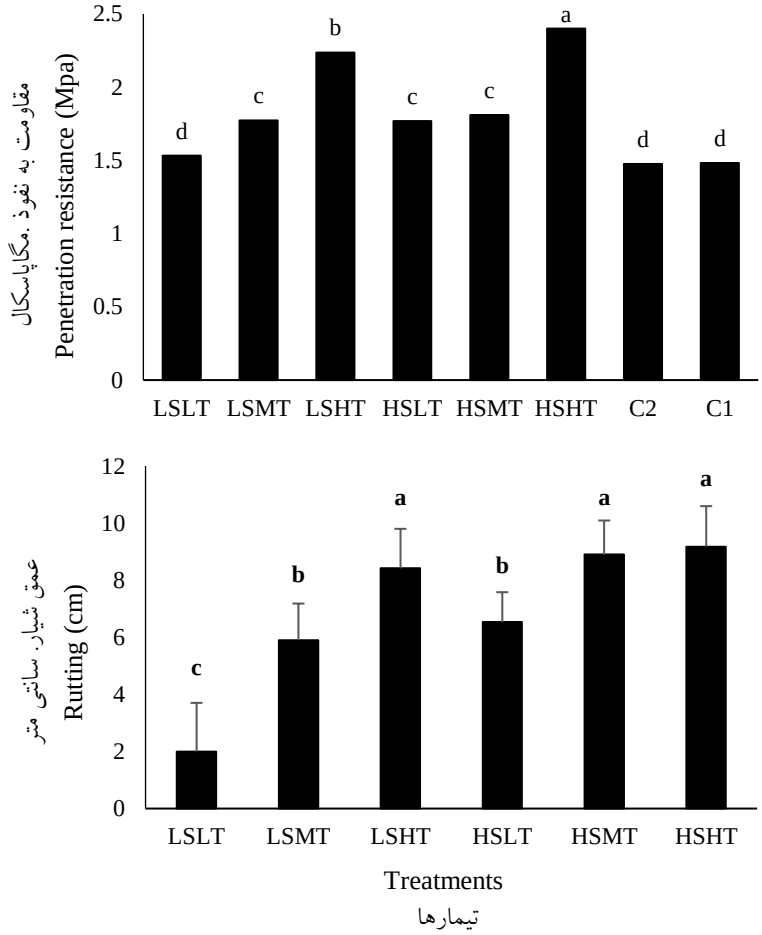
بررسی اثر متقابل شیب و ترافیک بر وزن مخصوص ظاهری نشان داد که مقدار این متغیر در طبقه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری دارد. با گذشت ۱۱ سال از ساخت جوی‌پشته‌ها مقدار وزن مخصوص ظاهری در طبقه شیب کم و ترافیک کم (LSLT) دو درصد، در طبقه شیب کم و ترافیک متوسط (LSTM) ۸/۸ درصد، در طبقه شیب کم ترافیک زیاد (LSTH) ۱۷/۶ درصد، در طبقه شیب زیاد ترافیک کم (HSLT) ۱۸/۶ درصد، در طبقه شیب زیاد و ترافیک متوسط (HSMT) ۲۳/۶ درصد و در طبقه شیب زیاد و ترافیک شدید (HSHT) ۲۵/۳ درصد بیشتر از منطقه شاهد بود. مقدار وزن مخصوص ظاهری در طبقه شیب کم و ترافیک کم بازیابی شده بود و بین این طبقه با طبقه‌های شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، درحالی‌که تفاوت معنی‌داری بین دیگر طبقه‌ها مشاهده شد. بین مقادیر میانگین وزن مخصوص ظاهری ترافیک متوسط و شدید در طبقه شیب بالا و هم‌چنین مقادیر وزن مخصوص ظاهری شیب کم ترافیک زیاد و شیب زیاد و ترافیک کم هم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۳). ۱۱ سال پس از ساخت جوی‌پشته در امتداد مسیرهای چوب‌کشی مقدار تخلخل کل در طبقه شیب کم و به‌ترتیب در طبقه ترافیک کم، متوسط و شدید ۲/۸، ۱۳/۳۱ و ۱۳/۸۶ درصد و در طبقه شیب زیاد و طبقه ترافیک کم، متوسط و شدید به‌ترتیب ۱۲، ۱۹ و ۲۱/۴ درصد از منطقه شاهد بود. مقادیر تخلخل کل در طبقه شاهد و شیب کم با ترافیک کم تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین میانگین تخلخل کل در طبقه شیب کم با ترافیک متوسط و شدید و طبقه شیب زیاد با ترافیک کم تفاوت معنی‌داری نشان نداد. چنین روندی در طبقه شیب زیاد با ترافیک متوسط و ترافیک شدید هم مشاهده شد (شکل ۳). با استفاده از تجزیه واریانس دوطرفه و به روش کاملاً تصادفی اثر شیب و ترافیک بر روی مقاومت به نفوذ بررسی و نتایج نشان داد که هرکدام از متغیرها و اثر متقابل آن‌ها بر روی مقاومت به نفوذ معنی‌دار است (جدول ۱). بیشترین درصد افزایش مقاومت به نفوذ در بین تیمارها متعلق به شیب بالای ده درصد و ترافیک بالا (۶۲ درصد) و کمترین مقدار آن متعلق به طبقه شیب کم و ترافیک کم (۳/۵ درصد) بود. نتایج نشان داد که در طبقه شیب زیر ده درصد و طبقه ترافیک کم مقاومت به نفوذ تفاوت معنی‌داری با منطقه

شاهد نداشته و بازیابی شده است. طبقه شیب کم با ترافیک شدید درصد افزایش مقاومت به نفوذ بالای ۵۱ درصد را در مقایسه با منطقه شاهد نشان داد درحالی‌که در طبقه شیب کم و تردد متوسط، طبقه شیب زیاد و تردد کم و متوسط مقدار افزایش به‌ترتیب ۲۰، ۱۹ و ۲۲ درصد بود و تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها مشاهده نشد (شکل ۳). بررسی اثر شیب، ترافیک و اثر متقابل آن‌ها بر روی عمق شیار (سانتی‌متر) نشان داد که شیب و ترافیک به‌صورت مستقل و توأم بر روی عمق شیار مؤثر بوده‌اند (جدول ۱). بیشترین و کمترین مقدار عمق شیار متعلق به طبقه شیب و ترافیک زیاد (۱/۴۲±۹/۱۷ سانتی‌متر) و طبقه شیب کم و ترافیک کم بود (۱/۷۰±۲ سانتی‌متر). میانگین عمق شیار در طبقه‌های شیب زیاد- ترافیک زیاد (۱/۴۲±۹/۱۷ سانتی‌متر)، شیب زیاد- ترافیک متوسط (۱/۱۹±۸/۹) و شیب کم- ترافیک شدید (۱/۳۸±۸/۴۱) تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. هم‌چنین میانگین تیمارهای شیب کم-ترافیک متوسط (۱/۲۸±۵/۹) و شیب زیاد-ترافیک کم (۱/۰۴±۶/۵۳) و تفاوت معنی‌داری را نشان داد (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین وزن مخصوص ظاهری، درصد تخلخل، نفوذپذیری و عمق شیار در طبقه‌های مختلف شیب و ترافیک در منطقه مورد پژوهش (LSLT شیب کم ترافیک کم، LSMT شیب کم ترافیک متوسط، LSHT شیب کم و ترافیک شدید، HSLT شیب زیاد ترافیک کم، HSMT شیب زیاد و ترافیک متوسط و HSHT شیب زیاد و ترافیک زیاد)

Figure 3. Comparison of average of soil bulk density, total porosity, penetration resistance and rutting depth in different slope and traffic classes in the study area (LSLT (low slope low traffic), LSMT (low slope medium traffic), LSHT (low slope high traffic), HSLT (high slope low traffic), HSMT (high slope medium traffic), and HSHT (high slope high traffic))



ادامهٔ شکل ۳.

Figure 3.

بحث

وزن مخصوص ظاهری در تمام طبقه‌های ترافیکی با افزایش شدت ترافیکی از کم به زیاد افزایش یافت. این نتایج با پژوهش‌های Solgi et al. (2015)، Zenner et al. (2007) ، Rab (2004)، Susnjar et al. (2006) در مورد تخریب خاک مطابقت دارد. تجزیه و تحلیل مقادیر مربوط به وزن مخصوص ظاهری خاک در قطعات نمونه مورد پژوهش با استفاده از تجزیه واریانس دوطرفه به روش کاملاً تصادفی نشان داد که اثر شیب، ترافیک و اثر متقابل آن‌ها بر روی متغیرهای وزن مخصوص ظاهری، معنی‌دار است. Zenner et al. (2007) در بررسی بازیابی لایه ۵-۰ سانتی‌متری خاک در شدت ترافیک‌های مختلف را سه سال پس از عملیات بهره‌برداری جنگل در مینسوتا به این نتیجه رسیدند که وزن مخصوص ظاهری در تردد شدید هنوز بیشتر از ناحیه تردد کم بوده است. بررسی Ezatti et al. (2012) ۲۰ سال پس از عملیات چوبکشی در جنگل‌های مازندران نشان داد که در ترافیک کم وزن مخصوص ظاهری خاک در مقایسه با منطقه شاهد تا اندازه‌ای بازیابی شده بود ولی هنوز به‌اندازه ۱۲ درصد بیشتر از منطقه شاهد بود. در این پژوهش ۱۱ سال بعد از عملیات چوبکشی با احداث جوی‌پشته این اختلاف به دو درصد رسید. بر اساس نتایج این پژوهش علاوه بر تعداد تردد، شیب طولی مسیر اسکیدررو نیز تأثیر معنی‌داری بر روی فرآیند کوبیدگی و به‌تبع آن روند بازیابی خاک دارد. به‌طوری که در شیب‌های بیشتر از ۱۰ درصد وزن

مخصوص بیشتر از شیب‌های زیر ۱۰ درصد بوده است. در شیب‌های بالای ۱۰ درصد، به‌دلیل کاهش سرعت اسکیدر مدت زمان کوبیده شدن خاک بیشتر از مناطق مسطح است که این وضعیت سبب تشدید کوبیدگی مسیر چوبکشی و افزایش زمان بازیابی مؤلفه‌های خاکی می‌شود. بررسی بازیابی ویژگی‌های فیزیکی خاک مسیرهای چوبکشی محافظت شده با موانع عرضی چوبی و خاک اره شش سال پس از بهره‌برداری در جنگل‌های شمال ایران نشان داد که بیشترین مقدار وزن مخصوص ظاهری در طبقه شیب بالای ۲۰ درصد و در طبقه ترافیک متوسط (۱/۳۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب) و شدید (۱/۳۸ گرم بر سانتی‌مترمکعب) دیده می‌شود (Jourgholami et al., 2018). نتایج این تحقیق نشان داد که با وجود کاهش مقادیر وزن مخصوص ظاهری در طبقه‌های شیب زیر ۲۰ درصد و ترافیک کم، هنوز تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها و منطقه شاهد وجود داشت و تیمارهای مورد استفاده پس از شش سال موفق به بازیابی خاک نشده بود. بررسی عملکرد برخی از تیمارهای اصلاحی در بازیابی ویژگی‌های فیزیکی خاک مسیرهای چوبکشی در منطقه دارابکلا ساری نشان داد که ۱۸ ماه پس از بکاربردن تیمارهای حفاظتی مسیرهای چوبکشی در طبقه شیب کمتر از ۲۰ درصد وزن مخصوص ظاهری در تیمار مرکب (۱/۱۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب) به مقدار شاهد (۱/۰۰ گرم بر سانتی-مترمکعب) نزدیک شده است، درحالی که بین وزن مخصوص ظاهری تیمارهای شیار مورب (۱/۱۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب)، شیار قائم (۱/۱۶ گرم بر سانتی‌مترمکعب) و مازاد مقطوعات (۱/۱۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب) و تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری وجود دارد (Imani et al., 2018). در این تحقیق در طبقه شیب بالای ۲۰ درصد هم تغییر معنی‌دار تیمارهای مختلف در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده نشد (Imani et al., 2018). در تمام تیمارهای ترافیکی با افزایش شدت ترافیک میزان تخلخل خاک کاهش یافت. در اثر چوبکشی زمینی و اعمال فشار بیش از ظرفیت باربری، خاک در معرض فشار قرار گرفته و حجم منافذ خاک کاهش پیدا می‌کند. طی کوبیدگی و تخریب ساختارهای درشت، بر سهم منافذ ریز افزوده می‌شود (Fernández, 2002). در تمام مسیرهای چوبکشی با افزایش شدت ترافیک از کم به شدید مقدار تخلخل خاک کم شده بود که با نتایج McNabb and Startsev (2001)، Rab (2004) و Servadio et al. (2001) مطابقت دارد. کاهش تخلخل خاک بیشتر در ارتباط با وزن مخصوص ظاهری خاک است (Ezzati et al., 2012). با افزایش وزن مخصوص ظاهری تخلخل کل کاهش می‌یابد که ناشی از کاهش منافذ خاک و فشار زیاد به خاک است (Lotfalian and Parsakho, 2009). مقدار تخلخل کل در تیمارهای مورد پژوهش کمتر از حد بحرانی نبود (شکل ۳). Jourgholami et al. (2018) در پژوهشی نقش خاک اره و کانال‌های عرضی چوبکشی را در افزایش نسبی تخلخل کل مورد بررسی قرار داده و این عامل را مؤثر دانسته‌اند. پژوهش آن‌ها نشان داد که خاک اره بیشترین نرخ بازیابی را در شیب‌های زیر ۲۰ درصد و ترافیک متوسط و زیاد و کانال عرضی چوبکشی در شیب ۲۰ و ۳۰ درصد و ترافیک شدید داشته است (Jourgholami et al., 2018). Imani et al. (2018) در بررسی خود تفاوت معنی‌داری بین تخلخل کل تیمار شاهد (۵۵/۷۵) و هر یک از تیمارهای شیار مورب (۴۸/۲۶)، شیار قائم (۴۹/۳۰)، مازاد مقطوعات (۴۸/۹۹) و تیمار مرکب (۵۰/۶۴) در مسیرهای کم شیب (زیر ۲۰ درصد) مشاهده کردند (Imani et al., 2018). بررسی اثر شیب، ترافیک و اثر متقابل آن‌ها بر روی عمق شیار (سانتی‌متر) نشان داد که شیب و ترافیک به‌صورت مستقل و توأم بر روی عمق شیار مؤثر بودند. ارزیابی

شیاری‌شدن در مسیرهای چوبکشی در یک دوره ۱۱ ساله نشان داد که بیشترین عمق شیاری‌شدن در ترافیک شدید بوده است. همچنین نتایج نشان داد که در پاسخ به افزایش شیب طولی مسیر عمق شیار افزایش پیدا کرده است. چنانچه بیشترین و کمترین مقدار عمق شیار متعلق به طبقه شیب و ترافیک زیاد (۱/۴۲±۹/۱۷ سانتی‌متر) و طبقه شیب کم و ترافیک کم (۱/۷۰±۲ سانتی‌متر) بود. Botta (2006) و Nugent et al. (2003) در پژوهش‌های خود اعلام کردند که با افزایش تردد اسکیدر شیاری‌شدن خاک اتفاق می‌افتد. Williamson (1990) در ارزیابی بصری خاک چوبکشی زمینی با وسایل مکانیزه در جنگل‌های اکالیپتوس تاسمانی به این نتیجه رسید که ناحیه ترافیک کم در چوبکشی با اسکیدر چرخ زنجیری چهار سال پس از عملیات بهره‌برداری از ناحیه شاهد قابل‌تشخیص نبوده است اما در ترافیک متوسط اثرهایی از شیاری‌شدن به عمق کمتر از ۱۱ سانتی‌متر و جابجایی جزئی لایه لاشبرگ قابل‌تشخیص بوده است. بررسی وی نشان داد که شیاری شدن عمیق و جابجایی خاک و لایه لاشبرگ در ترافیک شدید به‌طور چشم‌گیری قابل‌رؤیت بوده است این نتایج با پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. این مسئله همچنین در تحقیق Ezatti و همکاران (2012) هم مشاهده شد. در این پژوهش میانگین عمق شیار در طبقه‌های شیب زیاد–ترافیک زیاد (۱/۴۲±۹/۱۷ سانتی‌متر)، شیب زیاد–ترافیک متوسط (۱/۱۹±۸/۹) و شیب کم–ترافیک شدید (۱/۳۸±۸/۴۱) تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. همچنین میانگین تیمارهای شیب کم–ترافیک متوسط (۱/۲۸±۵/۹) و شیب زیاد–ترافیک کم (۱/۰۴±۶/۵۳) و تفاوت معنی‌داری را نشان داد. Jourgholami et al. (2018) در بررسی اثر تیمار حفاظتی خاک اره و کانال عرضی چوبی شش سال پس از چوبکشی هم نشان دادند که هیچ‌کدام از تیمارهای حفاظتی موفق به ترمیم شیار نشده‌اند. شیارهای ناشی از تردد ماشین‌آلات چوبکشی نقش بسیار مهمی در جمع‌آوری و افزایش رواناب مسیرهای چوبکشی دارند که می‌تواند همراه با جداشدن ذرات خاک و فرسایش شیاری و در نهایت گالی شود. استفاده از کانال‌های عرضی خاکی می‌تواند در ذخیره‌سازی و کاهش قدرت فرسایشی رواناب مؤثر بوده و در طولانی‌مدت منجر به ترمیم شیار شود (Cambi et al., 2015). نفوذپذیری خاک به‌عنوان یکی دیگر از شاخص‌های کیفی خاک در پژوهش‌های بازیابی خاک از اهمیت بالایی برخوردار است. در مسیرهای چوبکشی محافظت‌شده با جوی پشته با افزایش ترافیک و شیب از سرعت نفوذ کاسته شده بود، به‌طوری‌که بیشترین درصد افزایش مقاومت به نفوذ در بین تیمارها متعلق به ترافیک بالا و شیب بالای ده درصد (۶۲ درصد) بود.

Jourgholami et al. (2018) با بررسی تأثیر تیمار حفاظتی خاک‌اره و کانال عرضی چوبی شش سال پس از چوبکشی بر روی ویژگی‌های فیزیکی خاک نشان دادند که با افزایش وزن مخصوص ظاهری مقاومت به نفوذ به‌صورت لگاریتمی افزایش می‌یابد. افزایش مقاومت به نفوذ سبب کاهش تحرک و حفر خاک توسط جانوران خاکزی می‌شود و اصلاح آن را به تأخیر می‌اندازد. این واقعیت که مقدار مقاومت به نفوذ در راستای وزن مخصوص ظاهری تغییر می‌کند در این تحقیق هم مشاهده شد، موضوعی که در پژوهش DeArmond et al. (2019) هم به آن اشاره شده است. بررسی سرعت نفوذ در شیب‌های مختلف به‌روشنی بیان‌کننده تأثیر مخرب ماشین‌آلات بهره‌برداری بر روی خاک مسیر چوبکشی است. به این صورت که شیب‌های بالای ۱۰ درصد سرعت نفوذ کمتری را به نسبت شیب‌های زیر ۱۰ درصد داشته‌اند. در شیب‌های بالا به‌دلیل برخوردارنبودن خاک از استحکام کافی،

به‌هم‌خوردگی تعادل ماشین در این نواحی به نسبت نواحی مسطح و کمتر شدن سرعت ماشین و بیشتر شدن مدت زمان ویبره و تنش خاک، تخریب در این نواحی بیشتر از نواحی مسطح است (Rab et al., 2005). در این تحقیق کمترین مقدار مقاومت به نفوذ متعلق به طبقه شیب کم و ترافیک کم بود. نتایج نشان داد ۱۱ سال بعد از احداث جوی پشته در طبقه شیب زیر ده درصد و طبقه ترافیک کمتر از پنج تردد مقاومت به نفوذ تفاوت معنی‌داری با منطقه شاهد نداشته و بازیابی شده است. طبقه شیب کم با ترافیک شدید درصد افزایش مقاومت به نفوذ بالای ۵۱ درصد را در مقایسه با منطقه شاهد نشان داد درحالی‌که در طبقه شیب کم و تردد متوسط، طبقه شیب زیاد و تردد کم و متوسط مقدار افزایش به‌ترتیب ۲۰، ۱۹ و ۲۲ درصد بود و تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها مشاهده نشد. Ivanove (1976) و Dickerson (1976) در بررسی خود نشان دادند که برای بازیابی کامل در خاک‌های هیدرومورف حداقل ۱۵ سال زمان لازم است. این نتایج صحت فرضیه احیا کوتاه‌مدت‌تر نفوذپذیری در مقایسه با وزن مخصوص ظاهری را تایید می‌کند، هرچند ۱۱ سال شاید مدت کمی برای هر گونه قضاوت در این زمینه است.

نتیجه‌گیری

بررسی اثرهای میان‌مدت (۱۱ سال) ساخت جوی پشته در مسیرهای چوبکشی در جنگل‌های غرب استان گیلان روند بازیابی ویژگی‌های فیزیکی خاک در مناطق با شیب و ترافیک کم را نشان داد. انتظار می‌رود باگذشت زمان شاهد بهبود شرایط در طبقه‌های شیب کم و ترافیک متوسط باشیم. برای روشن‌شدن این فرض‌ها باید پژوهش‌های بیشتری انجام شود تا بتوان یک راهکار مدیریتی درست به مجریان طرح‌های جنگلداری ارائه کرد. توجه به بحث حفاظت و نگهداری از جوی پشته‌ها پس از احداث، نقش مهمی در افزایش کارآیی و سرعت روند بازیابی خاک مسیرهای چوبکشی دارد موضوعی که باید در بحث حفظ و نگهداری از مسیرهای چوبکشی مدنظر قرار گیرد.

References

Botta, G.; Jorajuria, D.; Rosatto, H.; Ferrero, C., Light tractor traffic frequency on soil compaction in the Rolling Pampa region of Argentina. *Soil and Tillage Research* **2006,** *86* (1), 9-14.

Cambi, M.; Certini, G.; Neri, F.; Marchi, E., The impact of heavy traffic on forest soils: A review. *Forest ecology and management* **2015,** *338*, 124-138.

DeArmond, D.; Emmert, F.; Lima, A. J. N.; Higuchi, N., Impacts of soil compaction persist 30 years after logging operations in the Amazon Basin. *Soil and Tillage Research* **2019,** *189*, 207-216.

Demir, M.; Makineci, E.; Yilmaz, E., Investigation of timber harvesting impacts on herbaceous cover, forest floor and surface soil properties on skid road in an oak (*Quercus petrea* L.) stand. *Building and Environment* **2007,** *42* (3), 1194-1199.

Dickerson, B., Soil compaction after tree-length skidding in northern Mississippi. *Soil Science Society of America Journal* **1976,** *40* (6), 965-966.

Edwards, P. J.; Williard, K. W., Efficiencies of forestry best management practices for reducing sediment and nutrient losses in the eastern United States. *Journal of Forestry* **2010,** *108* (5), 245-249.

Ezzati, S.; Najafi, A.; Rab, M.; Zenner, E. K., Recovery of soil bulk density, porosity and rutting from ground skidding over a 20-year period after timber harvesting in Iran. *Silva Fennica* **2012,** *46* (4), 521-538.

Fernández, R.; MacDonagh, P.; Lupi, A.; Rodolfo, M.; Pablo, C. In *Relations between soil compaction and plantation growth of a 8 yearsold Lobolly pine second rotation, in Misiones, Argentine*, Proceedings of the ASAE Annual Meeting, ASAE: 2002.

Froehlich, H. A.; Miles, D.; Robbins, R., Soil bulk density recovery on compacted skid

trails in central Idaho. *Soil Science Society of America Journal* **1985,** *49* (4), 1015-1017.

Grace III, J.; Skaggs, R.; Cassel, D., Soil physical changes associated with forest harvesting operations on an organic soil. *Soil Science Society of America Journal* **2006,** *70* (2), 503-509.

Greacen, E. L.; Sands, R., Compaction of forest soils. A review. *Soil Research* **1980,** *18* (2), 163-189.

Hamza, M.; Anderson, W., Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and tillage research* **2005,** *82* (2), 121-145.

Imani, P.; Lotfalian, M.; Parsakhoo, A.; Naghdi, R., Investigating the performance of some improvement treatments in restoring soil physical properties of skid trails (Case Study: Darabkola Forest, Sari). *Iranian Journal of Forest* **2018,** *10* (2), 181-195.

Ivanov, B., Seasonal changes in the density of soil on felled areas in spruce forests. *Lesovedenie* **1976,** *4*, 26-30.

Jourgholami, M.; Khajavi, S.; Labelle, E. R., Mulching and water diversion structures on skid trails: Response of soil physical properties six years after harvesting. *Ecological engineering* **2018,** *123*, 1-9.

Kazemi, Sh.; Hojati, S.M.; Fallah, A.; Tafazzoli, M., Effects of forest management on soil physical and chemical properties of Khalil-Mahale forest, *Journal of Forest Research and Development* **2015,** *1* (2), 167-180.

Lotfalian, M.; Parsakho, A.; Sadeghi, M.; Nazariani, N., Comparison of soil compaction recovery methods on Skid Trails. *Journal of Forest Research and Development* **2018,** *4* (1), 59-71.

Lotfalian[1], M.; Parsakhoo, A., Investigation of forest soil disturbance caused by rubber-tired skidder traffic. *International Journal of Natural and Engineering Sciences* **2009,** *3* (1), 01-04.

McNabb, D.; Startsev, A.; Nguyen, H., Soil wetness and traffic level effects on bulk density and air-filled porosity of compacted boreal forest soils. *Soil Science Society of America Journal* **2001,** *65* (4), 1238-1247.

Murphy, G.; Firth, J. G.; Skinner, M. F., Long-term impacts of forest harvesting related soil disturbance on log product yields and economic potential in a New Zealand Forest. *Silva Fennica* **2004,** *38* (3), 279-289.

Nugent, C.; Kanali, C.; Owende, P. M.; Nieuwenhuis, M.; Ward, S., Characteristic site disturbance due to harvesting and extraction machinery traffic on sensitive forest sites with peat soils. *Forest Ecology and Management* **2003,** *180* (1-3), 85-98.

OZTurk, T., The effects on soil compaction of timber skidding by tractor on skid road in plantation forest in northern Turkey. *Šumarski list* **2016,** *140* (9-10), 485-490.

Parsakhoo, A.; Mostafa, M.; Pourmalekshah, A., The effects of slash and sawdust on reducing soil compaction on skid trails. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2017,** 25 (1), 172-183, (In Persian)

Rab, M., 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* **2004,** *191* (1-3), 329-340.

Rab, M.; Bradshaw, J.; Murphy, S., Review of factors affecting disturbance, compaction and trafficability of soils with particular reference to timber harvesting in the forests of south-west Western Australia. *Department of Conservation and Land Management SFM Technical Report* **2005,** *2*, 160.

Servadio, P.; Marsili, A.; Pagliai, M.; Pellegrini, S.; Vignozzi, N., Effects on some clay soil qualities following the passage of rubber-tracked and wheeled tractors in central Italy. *Soil and Tillage Research* **2001,** *61* (3-4), 143-155.

Solgi, A.; Naghdi, R.; Tsioras, P. A.; Ilstedt, U.; Salehi, A.; Nikooy, M., Combined effects of skidding direction, skid trail slope and traffic frequency on soil disturbance in north mountainous forest of Iran. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering* **2017,** *38* (1), 97-106.

Solgi, A.; Naghdi, R.; Nikooy, M., Effects of skidder on soil compaction, forest floor removal and rut formation. *Madera y bosques* **2015,** *21* (2), 147-155.

Susnjar, M.; Horvat, D.; Šešelj, J., Soil compaction in timber skidding in winter conditions. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering* **2006,** *27* (1), 3-15.

Suvinen, A., Economic comparison of the use of tyres, wheel chains and bogie tracks for timber extraction. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and*

Application of Forestry Engineering **2006,** *27* (2), 81-102.

Sylvia, W.; James, F., Compacted of Boreal Forest Soils. Sustainable Forest Management. Network University of Alberta. Edmonton. 2006. Report number: 17: 1-6.

Tan, X.; Chang, S. X.; Kabzems, R., Effects of soil compaction and forest floor removal on soil microbial properties and N transformations in a boreal forest long-term soil productivity study. *Forest Ecology and Management* **2005,** *217* (2-3), 158-170.

Williamson, J. R., *Effects of mechanised forest harvesting operations on soil properties and site productivity*. Tasmanian Forest Research Council in conjunction with the National Soil …: 1990.

Williamson, J.; Neilsen, W., The influence of forest site on rate and extent of soil compaction and profile disturbance of skid trails during ground-based harvesting. *Canadian Journal of Forest Research* **2000,** *30* (8), 1196-1205.

Zenner, E. K.; Fauskee, J. T.; Berger, A. L.; Puettmann, K. J., Impacts of skidding traffic intensity on soil disturbance, soil recovery, and aspen regeneration in north central Minnesota. *Northern Journal of Applied Forestry* **2007,** *24* (3), 177-183.

Investigation of soil physical properties 11 years after water-bar construction on skid trail

M. Hashemi[1], M. Nikooy[*2], A. Salehi[3] and R. Naghdi[4]

1- Ph.D. Student of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I. R. Iran. (mahsaa.hashemi@gmail.com)
2- Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I. R. Iran. (nikooy@guilan.ac.ir)
3- Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I. R. Iran. (asalehi70@hotmail.com)
4- Professor, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I. R. Iran. (naghdir@yahoo.com)

Received: 18.07.2020 Accepted: 20.09.2020

Abstract

It is necessary to find solutions for soil recovery of skid trail. Water-bar construction is one of the best management practices to improve the compaction and prevent the erosion of skid trail soil. Recovery of soil physical properties 11 years after water-bar construction on skid trail was investigated on 40 square meter sample plots in two slope (0-10% and 10-20%) and three traffic classes (Low, Medium, High) in the forests of Nav district in the west of Guilan province. The studied variables included soil bulk density, total porosity, penetration resistance and rutting depth. Soil bulk density, penetration, and rutting depth were measured by steel cylinder, pocket penetrometer, and a 5-m leveling rod. The parameters in each treatment were studied in three replications. The effect of slope and traffic variation on soil physical properties was performed on 72 sample plots. The results showed that the effect of slope, traffic and their interaction were significant on soil bulk density, total porosity, penetration resistance, and depth of rutting. The value of soil bulk density, total porosity, and penetration resistance in LSLT (Low Slope-Low Traffic) class was recovered, and there was no significant difference between this class and the control area. The results of the study showed a positive effect of water-bar construction on the recovery of soil properties in skid trail with low slope and low traffic.

Keywords: Bulk density, Water-bar, Soil physical properties, Rutting depth, Penetration resistance.

[*] Corresponding author Tel: +981344320894