جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴
ص۱۷-۳۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۴/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۸/۱۰

آثار چوب‌کشی زمینی با اسکیدر چرخ لاستیکی تیمبرجک C ۴۵۰ بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک‌های جنگلی (مطالعهٔ موردی: بخش گرازبن، جنگل خیرود)

❖ **شکوه سلطانپور؛** دانشجوی کارشناسی‌ارشد مهندسی جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
❖ **مقداد جور غلامی*؛** دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

Archive of SID

چکیده

عملیات بهره‌برداری جنگل باعث ایجاد صدمات و تغییرات در برخی خصوصیات فیزیکی خاک می‌شود. لذا، لازم است دربارهٔ میزان تخریب ویژگی‌های فیزیکی خاک تحقیقات لازم صورت گیرد. هدف از این پژوهش عبارت است از بررسی تغییرات مذکور در مسیر چوب‌کشی ناشی از تردد اسکیدر چرخ لاستیکی کابلی تیمبرجک C ۴۵۰ از طریق اندازه‌گیری فاکتورهای بافت خاک، وزن مخصوص ظاهری، تخلخل و مقاومت به نفوذ خاک در پارسل‌های ۳۱۱ و ۳۱۹ سری گرازبن جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود نوشهر. این پژوهش در غالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی اجراشد. تیمارها شامل دو شیب زمین (رو به بالا و رو به پایین)، سه سطح تردد ماشین شامل کم (کمتر از ۳ بار)، متوسط (۳ تا ۷ بار) و زیاد (بیش از ۷ بار) و دو عمق خاک (۱۰-۰ و ۲۰-۱۰ سانتی‌متر) است. نتایج نشان داد که شدت تردد ماشین و جهت چوب‌کشی از نظر آماری بر مقدار کوبیدگی خاک مسیرهای اسکیدررو اثر معناداری دارد. افزایش شدت تردد ماشین باعث افزایش کوبیدگی و مقاومت به نفوذ خاک می‌شود. البته، شدت این تغییرات در ترددهای اولیه (کمتر از ۳ تردد) بیشتر است و اگرچه ترددهای بعدی سبب تغییر این فاکتورها شد، ولی روند آن معنادار نیست. کوبیدگی خاک در شیب رو به بالا بیشتر از شیب رو به پایین و در عمق ۱۰-۲۰ بیشتر از عمق ۰-۱۰ سانتی‌متر است. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که عملیات چوب‌کشی باید در مسیرهای رو به پایین با شیب کمتر از ۲۰ درصد برنامه‌ریزی شود و مسیرهای خروج چوب با شیب رو به بالای بیش از ۱۰ درصد از عملیات چوب‌کشی مستثنی شود.

واژگان کلیدی: تخلخل خاک، شیب، عمق خاک، کوبیدگی خاک، مقاومت به نفوذ.

* نویسندهٔ مسئول تلفن: ۰۲۶۳۲۲۴۹۳۱۲
Email: mjgholami@ut.ac.ir

www.SID.ir

مقدمه

امروزه، اهمیت استفاده از مسیرهای چوب‌کشی متناسب با روش بهره‌برداری و شیوهٔ جنگل‌شناسی در واحدهای جنگل‌داری شمال کشور، ضرورت ارزیابی دقیق و همه‌جانبهٔ این مسیرها را ایجاب می‌کند. مسیرهای چوب‌کشی محلی به منظور تردد ماشین‌آلات بهره‌برداری در جنگل با هدف خروج چوب است که باعث تأثیر منفی بر سیستم متعادل جنگل از جمله تخریب خاک و افزایش فرسایش در منطقه می‌شود. تخریب جنگل با تخریب خاک، به طور هم‌زمان شروع می‌شود. حفاظت و نگهداری از یکی به حفاظت و نگهداری از دیگری می‌انجامد. حفاظت خاک یکی از مهم‌ترین اصول در جنگل‌داری و مدیریت جنگل است و مهندسان بهره‌بردار باید سعی در توسعهٔ فنونی داشته باشند که با کاربرد ماشین‌آلات، حاصل‌خیزی خاک کم نشود. کوبیدگی، شیاری شدن و جابه‌جایی خاک، قطع ساختارهای زهکشی و حذف لایهٔ آلی از سطح خاک در مسیرهای چوب‌کشی فاقد طراحی اصولی، از جمله آثار مخرب ماشین‌های بهره‌برداری در جنگل است [۱-۳]. کوبیدگی خاک‌های جنگلی، پیامد معمول بهره‌برداری از جنگل است که همواره در سیستم‌های زمینی بهره‌برداری با ماشین‌آلات سنگین اتفاق می‌افتد [۴-۶]. همچنین، باعث تغییر سیستم و کاهش ریشه‌دوانی گیاه و کاهش توانایی خاک در تأمین اکسیژن، عناصر غذایی و آب مورد نیاز گیاه می‌شود [۷، ۸]. کوبیدگی حجم فضاهای خالی یا منافذ را در خاک کاهش می‌دهد، به ویژه حجم منافذ بین ذرات که از عوامل مؤثر بر انتشار گازها درون خاک است.

درجه و عمق کوبیدگی خاک جنگل در اثر عملیات چوب‌کشی به متغیرهای مختلفی بستگی دارد، از جمله خصوصیات خاک شامل بافت خاک؛ مقدار رطوبت خاک در زمان عبور و مرور [۹-۱۲]؛ مواد آلی خاک؛ عمق و نوع لایهٔ لاشبرگی؛ مازاد مقطوعات؛ ساختمان خاک [۷، ۱۰، ۱۳]؛ مواد مادری [۵] و پراکنش اندازهٔ ذرات [۷، ۱۳]؛ بزرگی و ماهیت نیروی فشرده‌کننده: اندازه، نوع ماشین و شدت آمدوشد [۱۱]؛ شرایط مسیر چوبکشی: نوع مسیر [۶، ۱۲]؛ جهت چوب‌کشی [۱۴] و الگوی کشیدن چوب [۱۸]؛ خصوصیات تودهٔ جنگلی: ساختمان و تراکم توده؛ ترکیب گونه‌ها [۱۲، ۱۴]؛ روش بهره‌برداری [۳، ۶، ۱۴] و آموزش؛ تجربه و مهارت اپراتور تجهیزات [۶، ۱۴].

بارزترین نتیجهٔ کوبیدگی خاک تأثیر آن بر وزن مخصوص ظاهری خاک است، که البته شدت این تأثیرات در شرایط مختلف متفاوت است. بهره‌برداری و استفاده از ماشین‌آلات سنگین در جنگل به‌طور معمول با تأثیر بر وزن مخصوص ظاهری خاک، تخریب خاک‌دانه‌ها، کاهش خلل و فرج، ظرفیت نفوذپذیری و افزایش مقاومت به نفوذ خاک، در نهایت بر ساختمان و ساختار خاک تأثیر می گذارد و بدین طریق سبب سفت شدن خاک و افزایش فرسایش می‌شود [۱۲]. یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کوبیدگی خاک‌های جنگلی شدت آمدوشد ماشین است. مطالعات مختلف نشان داده که بیشترین میزان کوبیدگی خاک در طول چندین رفت‌وآمد ابتدایی ماشین اتفاق می‌افتد. سپس، تراکم خاک به حالتی یکنواخت می‌رسد و با ادامهٔ رفت‌وآمد، مقدار و عمق کوبیدگی به آهستگی افزایش می‌یابد [۸، ۱۵، ۱۶].

Archive of SID

www.SID.ir

این تعداد تردد ابتدایی در جنگل‌های ایالت تنسی آمریکا برابر با پنج تردد [۷]، در مطالعه‌ای در بخشی از جنگل‌های آمریکا برابر با سه تردد [۱۴]، در مطالعه‌ای در جنگل خیرود نوشهر برابر با پنج تردد [۱۵]، در مطالعه‌ای در جنگل‌های شفارود گیلان برابر با شش تردد [۱۶]، در حوزهٔ آبخیز تجن مازندران برابر با شش تردد [۱۷، ۱۸] و در مطالعه‌ای در جنگل‌های چوب و کاغذ مازندران برابر با شش تردد ذکر شده است [۲].

کوبیدگی خاک بیشتر در لایه‌های سطحی اتفاق می‌افتد و با افزایش عمق خاک از میزان وزن مخصوص ظاهری خاک در اثر عبور ماشین کاسته می‌شود. عمق واقعی کوبیدگی با توجه به لایه‌های خاک، ریشه‌ها، ساختارهای سنگی بزرگ و نوع ماشین متفاوت است [۸]. تحت ترافیک سنگین بار، بعضی خاک‌ها، تا عمق ۱ متر و بیشتر کوبیده می‌شود. هرچند، بالاترین میزان کوبیدگی معمولاً در ۳۰ سانتی‌متر اول پروفیل خاک اتفاق می‌افتد، که بیشترین میزان حضور ریشه‌ها را شامل می‌شود [۱۰، ۱۷].

شیب مسیر چوب‌کشی فاکتور مهمی است که بازده عملیات، هزینه‌ها و فرسایش را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به این صورت که با افزایش شیب طولی مسیر چوب‌کشی میزان تخریب خاک در اثر عملیات بهره‌برداری بیشتر می‌شود. در شیب‌های رو به بالا میزان صدمه به خاک بیشتر از شیب‌های رو به پایین است. در نتیجه شناسایی و توجه به شیب زمین در برنامه‌ریزی عملیات جنگل و تعیین مسیر چوب‌کشی گزینه ای مهم برای حفاظت منابع خاک است. ارزیابی تغییرات ویژگی‌های فیزیکی خاک مسیر چوب‌کشی در اثر تردد اسکیدر چرخ‌زنجیری نشان داد که در شیب بیش از ۲۰ درصد، تردد تأثیر معناداری بر ویژگی‌های فیزیکی خاک دارد، در حالی‌که این تأثیرات در شیب کمتر از ۲۰ درصد معنادار نبود [۴]. یکی دیگر از آثار قابل توجه کوبیدگی خاک افزایش استحکام خاک (مقاومت به نفوذ خاک) است [۵، ۶]. وقتی که خلل و فرج خاک کوچک‌تر می‌شود، استحکام خاک [۷، ۹] و مقاومت به نفوذ افزایش می‌یابد [۱۱]. فاکتورهای مؤثر بر مقاومت به نفوذ خاک عبارت‌اند از وزن مخصوص ظاهری خاک، بافت خاک، میزان رطوبت و مواد آلی خاک و قابلیت بهم فشردگی خاک [۲، ۴]. نتایج نشان داد که کوبیدگی خاک باعث افزایش ۳۰ تا ۵۰ درصدی مقاومت به نفوذ می‌شود [۷، ۱۲].

از بین تمامی روش‌های بهره‌برداری جنگل، سیستم چوب‌کشی زمینی بیشترین استفاده را دارد و بیشتر مشکلات محیط زیستی و صدمات از آن این سیستم است. در اثر تردد ماشین‌آلات قسمت زیادی از عرصهٔ جنگل تحت تأثیر قرارمی‌گیرد و خسارات جبران‌ناپذیری بر خاک عرصه وارد می‌سازد [۲، ۱۲]. بنابراین، تحقیق حاضر به دنبال بررسی آثار سیستم چوب‌کشی زمینی بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک جنگلی تحت تأثیر سه فاکتور شدت آمدوشد ماشین، عمق خاک و شیب طولی مسیر چوب‌کشی است.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ بررسی‌شده

این تحقیق در پارسل‌های ۳۱۱ و ۳۱۹ واقع در سری گرازبن (سومین سری جنگل آموزشی و پژوهشی دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، واقع در خیرود نوشهر)، با وسعت ۱۰۰۱/۵ هکتار، انجام شد.

Archive of SID

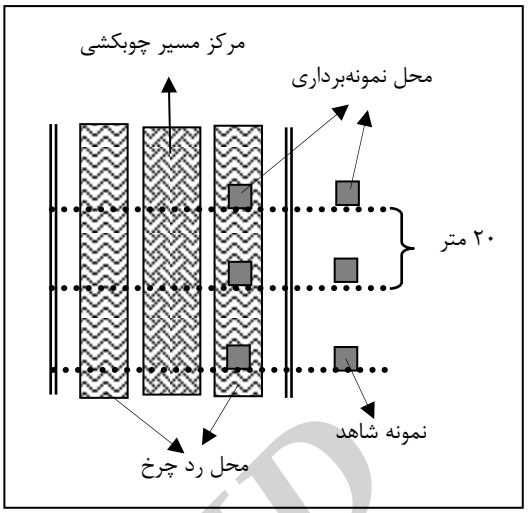
www.SID.ir

مساحت این دو پارسل برابر با ۷۰/۵ هکتار و ارتفاع از سطح دریا در پارسل ۳۱۱، ۱۰۵۰-۱۱۹۰ متر و در پارسل ۳۱۹، ۱۱۹۰-۱۲۷۰ متر است. میانگین شیب پارسل ۳۱۱ و ۳۱۹، به ترتیب ۱۸ و ۲۰ درصد و متوسط میزان بارندگی ۱۱۵۰ میلی‌متر است. شیوهٔ بهره‌برداری و جنگل‌شناسی در هر دو پارسل مورد بررسی به صورت تک‌گزینی و فرم جنگل دانه‌زاد ناهمسال نامنظم است. جامعهٔ گیاهی در پارسل ۳۱۱، بلوط- ممرزستان و در پارسل ۳۱۹، راش ممرزستان است. سنگ مادر آهکی و خاک قهوه‌ای جنگلی شسته‌شده با زهکشی مناسب با بافت لومی- رس و ماسه‌دار تا لومی با ۲۰ تا ۳۶ درصد رطوبت است. در این پارسل‌ها، به منظور حمل و نقل گرده‌بینه‌ها از سیستم چوب‌کشی زمینی، به‌وسیلهٔ اسکیدرهای چرخ‌لاستیکی کابلی تیمبرجک C ۴۵۰ استفاده می‌شود. عملیات جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز در خرداد ۱۳۹۱ انجام گرفت. علت انتخاب این منطقه برای تحقیق، عدم بهره‌برداری در این بخش از جنگل خیرود است که از سال ۱۳۸۹ اولین طرح جنگل‌داری آن در حال اجراست و فرصت مناسبی ایجاد شد تا با انجام این تحقیق، آثار تردد ماشین در جنگلی کمتر دست‌خورده بررسی و کمّی شود.

روش بررسی

به منظور انجام این پژوهش در دو مسیر چوب‌کشی یکی با شیب رو به بالا و دیگری با شیب رو به پایین، با انتخاب نقطه‌ای تصادفی اولین نمونه تعیین شد. سپس، با فواصل ۲۰ متری چهار نمونهٔ دیگر نیز تعیین شد. بنابراین، در پنج تکرار تغییرات وزن مخصوص ظاهری، تخلخل و مقاومت به نفوذ خاک در محل رد چرخ و نقطه‌ای دست‌نخورده در حاشیهٔ مسیر چوب‌کشی، منطقهٔ شاهد بررسی شد. نمونه‌برداری در سه شدت ترافیک، ترافیک کم (کمتر از سه بار تردد)، شدت متوسط (سه تا هفت بار تردد) و شدت زیاد (بیش از هفت بار تردد) [۳]، دو عمق ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی‌متر از خاک و در دو شیب رو به بالا و رو به پایین انجام شد (شکل ۱). در هر مسیر چهل نمونه در سه شدت تردد و شاهد، دو عمق خاک و پنج تکرار و در مجموع در دو مسیر با شیب متفاوت هشتاد نمونه برداشت شد. هر بار عبور عبارت است از یک چرخه کار اسکیدر، یعنی حرکت خالی از دپو به محل بارگیری و حرکت با بار تا دپو. اسکیدر چرخ لاستیکی کابلی تیمبرجک ۴۵۰C دارای وزن ۱۰/۳ تن و قدرت موتور ۱۷۷ اسب بخار است. برای بررسی تغییرات وزن مخصوص ظاهری و تخلخل خاک، نمونه‌برداری با استفاده از سیلندرهای فولادی نمونه‌گیری انجام شد. البته، قبل از نمونه‌برداری لایهٔ لاشبرگی سطح خاک کنار زده شد و نمونه‌برداری از لایهٔ سطحی و معدنی خاک صورت گرفت. در مرحلهٔ بعد، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و توزین اولیه انجام شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد در آون خشک شد. دوباره عمل توزین نمونه‌ها انجام شد تا وزن مخصوص ظاهری و درصد رطوبت آن‌ها به‌دست آید. بافت خاک نیز با استفاده از روش هیدرومتری تعیین شد. مقاومت به نفوذ و تغییرات آن نیز با استفاده از نفوذسنج دستی در هر محل نمونه اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری شیب مسیر نیز با استفاده از شیب‌سنج سونتو انجام شد.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱. طرح نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری و مقاومت به نفوذ در مسیرهای چوب‌کشی

تجزیه و تحلیل داده‌ها

به منظور تعیین معناداری اختلاف بین مقادیر وزن مخصوص ظاهری، تخلخل و مقاومت به نفوذ خاک تحت تأثیر فاکتورهای شیب، عمق و تعداد تردد ماشین، تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 17 انجام شد. آزمایش در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی اجرا شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف- اسمیرنوف و همگنی واریانس داده‌ها با آزمون لون بررسی شد. به منظور بررسی اثر تعداد دفعات تردد اسکیدر بر میزان وزن مخصوص ظاهری، تخلخل خاک و مقاومت به نفوذ از تجزیهٔ واریانس دوطرفه و برای تعیین این فاکتورها در هر یک از عمق‌ها و در دو شیب، در صورت معنادار نشدن اثر متقابل آن‌ها، از تجزیهٔ واریانس یک‌طرفه استفاده شد. در صورتی که اثر هر یک از عوامل در آنالیز واریانس معنادار باشد، از آزمون مقایسه‌ای چندگانهٔ دانکن برای گروه‌بندی استفاده می‌شود.

نتایج

بافت خاک

نتایج حاصل از آزمایش بافت خاک نشان داد با توجه به نوع خاک هر دو پارسل، تفاوت زیادی از نظر بافت با هم ندارند (جدول ۱).

جدول ۱. نتایج مربوط به آزمایش تعیین بافت خاک پارسل ۳۱۱ (شیب رو به بالا) و ۳۱۹ (شیب رو به پایین)

پارسل	۱	۲	۳	۴	۵
۳۱۱	لوم	لوم	لوم	لوم ماسه‌دار	لوم
۳۱۹	لوم	لوم	لوم	لوم	لوم

وزن مخصوص ظاهری خاک

تجزیه و تحلیل مقادیر مربوط به وزن مخصوص ظاهری خاک در مسیرهای چوب‌کشی با استفاده از آنالیز واریانس و به روش کاملاً تصادفی نشان می‌دهد که اثر شیب زمین، تردد‌های مختلف ماشین و عمق خاک بر وزن مخصوص ظاهری خاک در سطح ۱ درصد معنادار است اما آثار متقابل این فاکتورها معنادار نبود (جدول ۲).

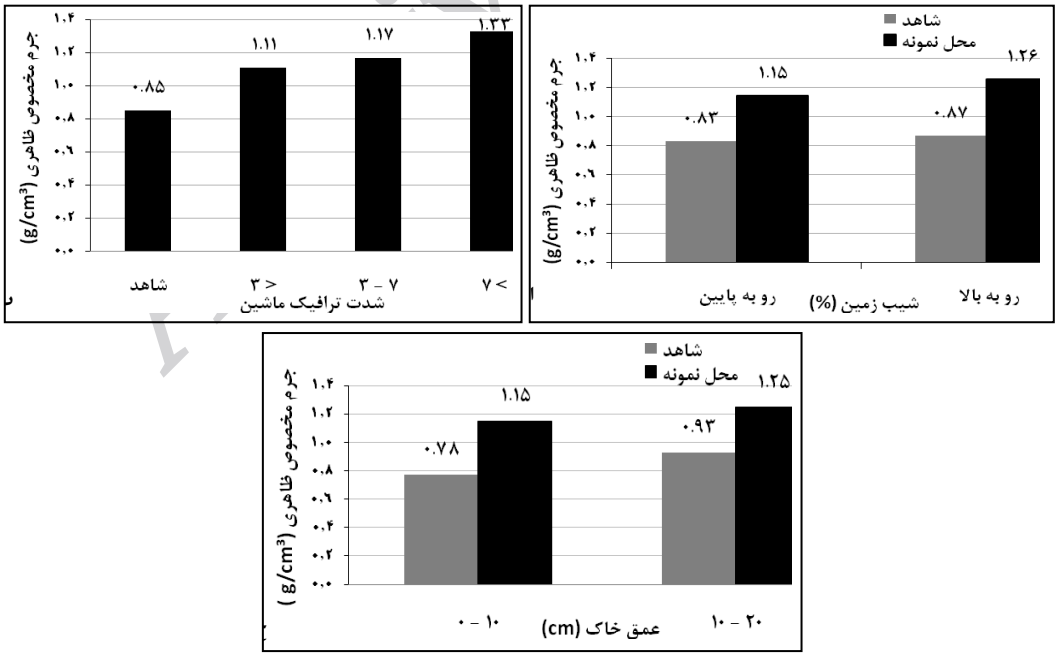
طبق نتایج حاصل از آزمون دانکن، چوب‌کشی در جهت رو به بالا بیشترین میزان کوبیدگی خاک را ایجاد می‌کند و بیشینهٔ وزن مخصوص ظاهری خاک برابر با ۱/۲۶ $g.cm^{-3}$ است (شکل ۲الف). آزمون مقایسه‌ای اثر متقابل شدت ترافیک و محل نمونه نشان داد که شدت ترافیک اثر معناداری بر افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک در محل عبور چرخ دارد. بیشترین درصد افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک در شدت تردد کم به‌دست آمد. همچنین، با

Archive of SID
www.SID.ir

افزایش تعداد تردد وزن مخصوص ظاهری افزایش یافت، به طوری که در شدت تردد زیاد (بیش از هفت تردد)، به بیشترین مقدار خود به اندازهٔ $1/15\ g.cm^{-3}$ رسید، اما درصد افزایش آن کمتر است. وزن مخصوص ظاهری خاک در عمق ۰- ۱۰ سانتی‌متر از $g.cm^{-3}$ ۰/۷۸ در منطقهٔ شاهد، به $1/15\ g.cm^{-3}$ در محل رد چرخ افزایش پیدا کرد که می‌توان گفت ۴۷/۴ درصد افزایش پیدا کرده است. در عمق ۱۰-۲۰ سانتی‌متری این مقدار افزایش از ۱/۱۵ به ۱/۲۵ $g.cm^{-3}$ است که نسبت به عمق ۰-۱۰ سانتی متر کمتر ۸/۷ درصد است. در نتیجه، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که کوبیدگی بیشتر در لایه‌های سطحی خاک اتفاق می‌افتد و با افزایش عمق خاک از میزان افزایش وزن مخصوص در اثر تردد ماشین‌آلات کاسته می‌شود (شکل ۲ج).

جدول ۲. تجزیه و تحلیل واریانس اثر شیب، شدت ترافیک ماشین و عمق خاک بر وزن مخصوص ظاهری

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	P value
شیب	۰/۱۶۹	۱	۰/۱۶۹	۲۳/۷۸۲	۰/۰۰۰
شدت ترافیک	۲/۳۲۸	۳	۰/۷۷۶	۱۰۹/۰۳۶	۰/۰۰۰
عمق	۰/۲۴۲	۱	۰/۲۴۲	۳۳/۹۹۸	۰/۰۰۰
شدت تردد x شیب	۰/۰۳۶	۳	۰/۰۱۲	۱/۶۷۳	۰/۱۸۲
عمق x شیب	۰/۰۱۰	۱	۰/۰۱۰	۰/۵۹۵	۰/۴۴۳
شدت تردد x عمق	۰/۰۱۴	۳	۰/۰۰۵	۰/۶۳۹	۰/۵۹۳
شدت تردد x عمق x شیب	۰/۰۰۲	۳	۰/۰۰۱	۰/۰۷۰	۰/۹۷۶



شکل ۲. مقایسهٔ وزن مخصوص ظاهری در دو ناحیهٔ شاهد و محل رد چرخ قبل و بعد از تردد در دو شیب زمین (الف)؛ قبل و بعد از تردد ماشین (ب) و دو عمق ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی متری از خاک (ج)

Archive of SID
www.SID.ir

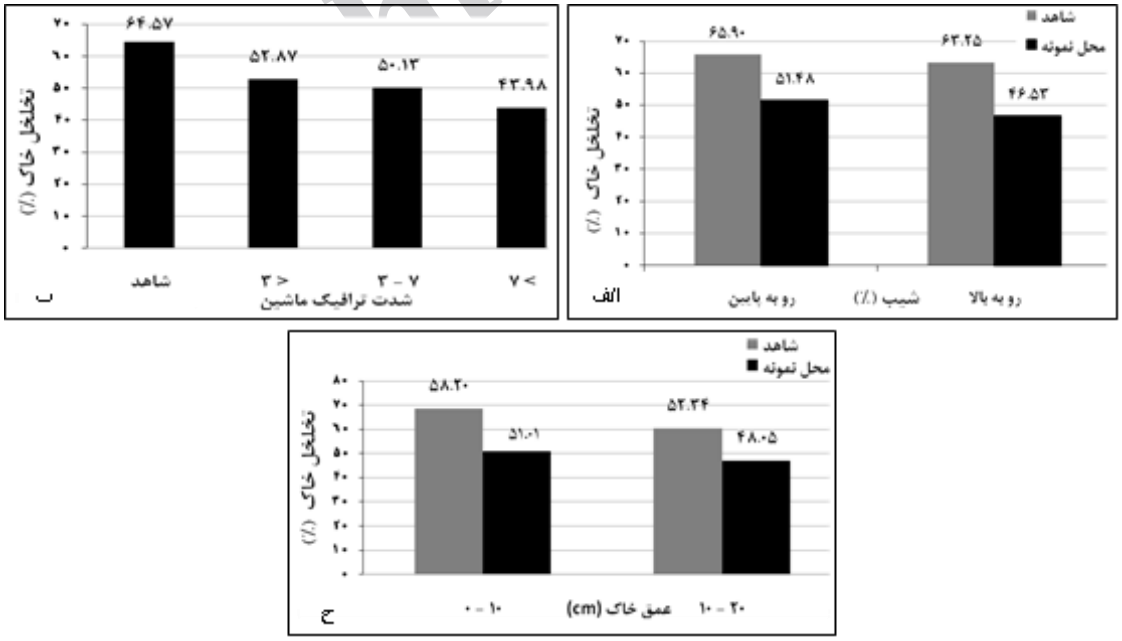
تخلخل خاک

آنالیز واریانس اثر شیب، شدت ترافیک ماشین، عمق خاک و آثار متقابل آن‌ها بر میزان تخلخل خاک نشان می‌دهد که این سه فاکتور از لحاظ آماری بر میزان درصد تخلخل خاک اثر معناداری دارند ($P<۰/۰۱$)، اما آثار متقابل آن‌ها معنادار نشد (جدول ۳).

با توجه به شکل ۳، تخلخل خاک در شیب رو به پایین بیشتر از شیب رو به بالا، در ناحیهٔ شاهد بیشتر از محل رد چرخ، و در عمق ۰–۱۰ سانتی‌متر بیشتر از عمق ۱۰–۲۰ سانتی‌متری خاک است. در شیب رو به بالا، کوبیدگی خاک بیشتر است و به دنبال آن حجم فضاهای خالی در خاک کاهش می‌یابد. با افزایش عمق خاک میزان تخلخل کاهش می‌یابد اما این مقدار کاهش در عمق‌های اولیه بیشتر است.

جدول ۳. تجزیه و تحلیل واریانس اثر شیب، شدت ترافیک ماشین و عمق خاک بر تخلخل

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	P_{value}
شیب	۳۷۸/۷۱۱	۱	۳۷۸/۷۱۱	۱۹/۷۱۰	۰/۰۰۰
شدت تردد	۴۴۷۰/۵۳۱	۳	۱۴۹۰/۱۷۷	۷۷/۵۵۶	۰/۰۰۰
عمق	۵۱۰/۳۵۳	۱	۵۱۰/۳۵۳	۲۶/۵۶۱	۰/۰۰۰
شدت تردد x شیب	۲۵/۳۵۶	۳	۸/۴۵۲	۰/۴۴۰	۰/۷۲۵
عمق x شیب	۵/۸۵۴	۱	۵/۸۵۴	۰/۳۰۵	۰/۵۸۳
شدت تردد x عمق	۶۳/۵۳۶	۳	۲۱/۱۷۹	۱/۱۰۲	۰/۳۵۵
شدت ترددx عمق x شیب	۱۵/۴۹۳	۳	۵/۱۶۴	۰/۲۶۹	۰/۸۴۸



شکل ۳. مقایسهٔ تخلخل خاک با آزمون دانکن در دو ناحیهٔ شاهد و محل رد چرخ، در دو شیب رو به بالا و رو به پایین (الف)؛ قبل و بعد از تردد ماشین (ب) و در دو عمق ۰–۱۰ و ۱۰–۲۰ سانتی متری از خاک (ج)

Archive of SID
www.SID.ir

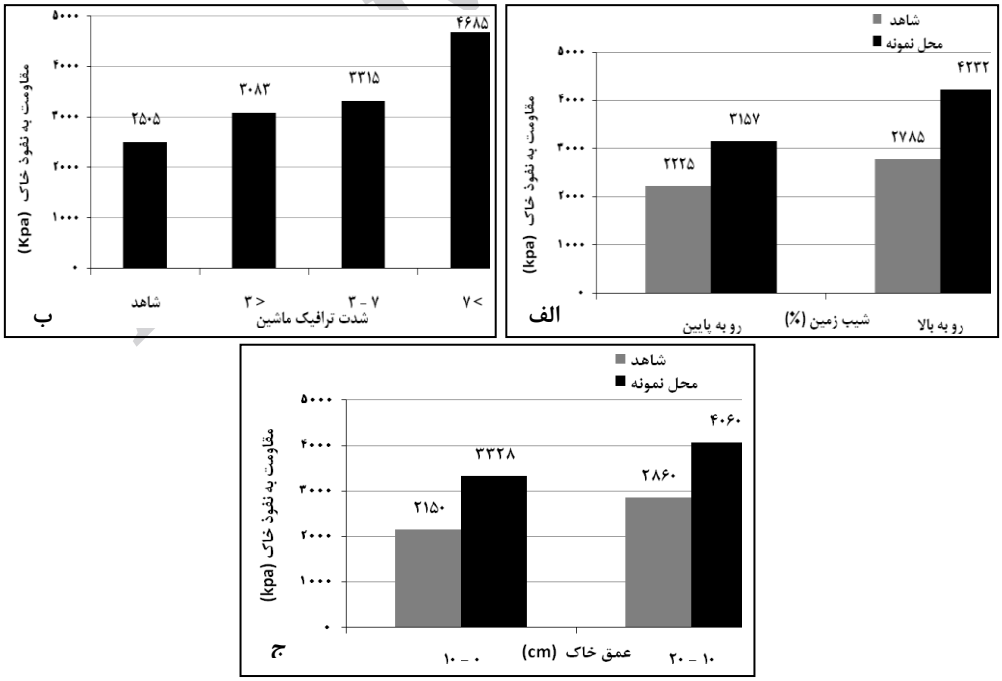
با افزایش شدت آمدوشد ماشین درصد تخلخل خاک کاهش می‌یابد و مستحکم‌تر خواهد شد. تخلخل خاک در ناحیهٔ شاهد ۶۴/۵۷ درصد است که با عبورهای اولیهٔ ماشین ۱۱/۷ درصد کاهش یافته و به ۵۲/۸۷ درصد رسیده است. عبورهای بعدی اثر کمتری بر این میزان کاهش دارد. کمترین مقدار تخلخل در شدت ترافیک زیاد و ۴۳/۹۸ درصد است (شکل ۳).

مقاومت به نفوذ خاک

جدول تجزیه و تحلیل واریانس داده‌های مقاومت به نفوذ خاک در مسیرهای چوب‌کشی (جدول ۴) نشان می‌دهد که اثر شیب زمین، شدت تردد ماشین و عمق خاک بر مقاومت به نفوذ خاک در سطح ۱ درصد معنا دار است، اما اثرهای متقابل این عوامل معنادار نیست.

جدول ۴. تجزیه و تحلیل واریانس اثر شیب، شدت تردد ماشین و عمق خاک بر مقاومت به نفوذ

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	P value
شیب	۱/۷۹۱	۱	۱/۷۹۱	۵۳/۱۱۹	۰/۰۰۰
شدت تردد	۵/۱۲۰	۳	۱/۷۰۷	۵۰/۶۲۹	۰/۰۰۰
عمق	۱/۰۵۵	۱	۱/۰۵۵	۳۱/۲۹۰	۰/۰۰۰
شدت تردد x شیب	۱۹۱۳۳۴۳/۷۵۰	۳	۶۳۷۷۸۱/۲۵۰	۱/۸۹۲	۰/۱۴۰
عمق x شیب	۷۱۲۵۳۱/۲۵۰	۱	۷۱۲۵۳۱/۲۵۰	۲/۱۱۴	۰/۱۵۱
شدت تردد x عمق	۷۷۹۸۴۳/۷۵۰	۳	۲۵۹۹۴۷/۹۱۷	۰/۷۷۱	۰/۵۱۴
شدت تردد x عمق x شیب	۷۳۵۹۳/۷۵۰	۳	۲۴۵۳/۲۵۰	۰/۰۷۳	۰/۹۷۴



شکل ۴. مقایسهٔ مقاومت به نفوذ خاک با آزمون دانکن در دو ناحیهٔ شاهد و محل رد چرخ در دو شیب رو به بالا و رو به پایین (الف)؛ بعد از تعداد ترددهای مختلف ماشین (ب) و در دو عمق ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی‌متری از خاک (ج)

Archive of SID
www.SID.ir

نتایج تغییر مقاومت به نفوذ خاک در مسیرهای چوب‌کشی در مقایسه با شاهد در شکل ۴ ارائه شده است. بیشترین میزان مقاومت خاک در مقایسه با شاهد مربوط به شیب رو به بالا و شدت تردد زیاد و عمق ۱۰-۲۰ سانتی متر و کمترین افزایش مقاومت نسبت به شاهد در شیب رو به پایین و شدت تردد کم است.

نتیجه‌گیری

این پژوهش در مسیرهای چوب‌کشی انجام شده که تاکنون هیچ‌گونه سابقهٔ بهره‌برداری و عملیات چوب‌کشی نداشته است. بنابراین، هیچ درجه‌ای از کوبیدگی خاک قبل از عملیات چوب‌کشی وجود نداشته است. معمولاً کمتر از نیمی از واحد حجمی خاک جنگلی، از مواد جامد تشکیل شده است و مابقی آن فضای خالی و متشکل از آب و هواست. بیشتر فضاهای خالی و درز و شکاف‌ها، در بین ذرات خاک و کلوخه‌ها یا کانال‌های باقی مانده از جانوران، حشرات و ریشه‌های گیاهان یافت می‌شود. وقتی که خاک کوبیده می‌شود، ذرات و کلوخه‌ها به هم نزدیک‌تر می‌شود و فضاهای خالی کاهش و تراکم خاک افزایش می‌یابد. نتایج نشان داد که عملیات چوب‌کشی با اسکیدر چرخ‌لاستیکی، دارای اثر قابل توجه و معناداری بر کوبیدگی و مقاومت به نفوذ خاک است که با نتایج سایر محققان همخوانی دارد [۱۰، ۱۵]. بررسی تغییرات وزن مخصوص ظاهری در دو عمق خاک عنوان می‌کند که این فاکتور با افزایش عمق خاک افزایش می‌یابد. یکی از دلایل این پدیده را می‌توان میزان مواد آلی معرفی کرد، که جزء کلوئیدهای خاک محسوب می‌شود. از آنجا که در افق‌های سطحی خاک مواد آلی زیاد است و با افزایش عمق خاک به سرعت کاهش می یابد، وزن مخصوص ظاهری در سطح خاک افزایش می‌یابد. محققان دیگر [۷، ۱۰] این موضوع را تصدیق کرده‌اند که کاهش مواد آلی قابلیت کوبیدگی خاک را افزایش می‌دهد.

نتایج نشان داد که میانگین وزن مخصوص ظاهری خاک بعد از عملیات خروج چوب افزایش یافته است، هرچند در کلاسه‌های شیب مختلف، مقدار آن از نظر آماری متفاوت است. نتایج بیشتر تحقیقات انجام شده در این زمینه با نتایج این تحقیق یکسان است [۷، ۱۰]. هر تنشی که به سطح خاک وارد می‌شود در سه جهت منتقل می‌شود و نه تنها باعث کوبیدگی خاک می‌شود، بلکه باعث وارد شدن نیروهای برشی به خاک می‌شود [۲]. نتایج نشان داد که وزن مخصوص ظاهری به طور معناداری با افزایش تردد ماشین افزایش می‌یابد. با افزایش تعداد تردد، معمولاً وزن مخصوص ظاهری به کندی افزایش می‌یابد [۲، ۴، ۵، ۷] و تحقیقات متعددی ثابت کرده‌اند که بیشترین آثار کوبیدگی ناشی از ترددهای ابتدایی است [۵، ۱۱، ۱۴].

نتایج به‌دست‌آمده عنوان می‌کند که وزن مخصوص ظاهری خاک در منطقهٔ شاهد و در هر دو عمق مورد بررسی ۸-۴۷ درصد کمتر از وزن مخصوص ظاهری در محل رد چرخ است. وزن مخصوص ظاهری در عمق ۰-۸ سانتی‌متری از خاک، در مسیرهایی که برای چوب‌کشی استفاده نشد، به طور میانگین ۴۱-۵۲ درصد کمتر از مسیرهای چوب‌کشی پس از بهره‌برداری است. حتی هشت سال پس از عملیات بهره‌برداری، وزن مخصوص ظاهری خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر در مسیرهای

Archive of SID

www.SID.ir

چوب‌کشی ۲۰ درصد بیشتر از مناطق دست‌نخورده است [۱]. بالاترین درجهٔ کوبیدگی خاک معمولاً در ۳۰ سانتی‌متر اول پروفیل خاک اتفاق می‌افتد، هرچند لایه‌های عمیق تر در بعضی خاک‌ها بعد از تعداد بیشتری تردد کوبیده می‌شود. تحت ترافیک سنگین بار بعضی از خاک‌ها تا عمق ۱ متر و بیشتر نیز کوبیده می‌شود. عاملی که دارای بیشترین اهمیت در تعیین درجهٔ کوبیدگی خاک است، همان تعداد دفعات عبور ماشین از یک نقطهٔ خاص است در این تحقیق بیشترین درصد افزایش کوبیدگی خاک در شدت ترافیک کم (کمتر از سه بار تردد) ایجاد شده و با افزایش تعداد تردد، درصد افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک کاهش یافته است. بیشترین میزان کوبیدگی خاک‌های جنگلی در طول چندین رفت‌وآمد ابتدایی اتفاق می‌افتد. سپس، تراکم به حالتی یکنواخت می رسد و با ادامهٔ رفت‌وآمد، مقدار و عمق کوبیدگی به آهستگی افزایش می‌یابد [۸، ۱۵، ۱۷]. ارتباط بین شدت ترافیک و افزایش وزن مخصوص ظاهری به صورت لگاریتمی است [۵]. در این مورد دو فرضیه مطرح است: اول اینکه، وزن مخصوص ظاهری اولیهٔ خاک بر مقدار و درجهٔ افزایش کوبیدگی بعدی تأثیرگذار است. دوم، ارتباط بین تعداد نوبت‌های عبور ماشین و پاسخ به افزایش وزن مخصوص ظاهری به صورت تابع لگاریتمی است که بالاترین افزایش به ازای هر بار عبور ماشین در شدت تردد کم اتفاق می افتد و با افزایش تعداد دفعات عبور به سمت صفر میل می‌کند. با افزایش شیب طولی مسیر، میزان کوبیدگی خاک در اثر عملیات بهره‌برداری بیشتر می‌شود. در این تحقیق نیز بیشترین میزان وزن مخصوص ظاهری در شیب رو به بالا به‌دست آمده به علت اینکه در شیب رو به بالا به دلیل کاهش سرعت اسکیدر مدت زمان ویبرهٔ خاک بیشتر شده که این وضعیت سبب تشدید کوبیدگی مسیر چوب‌کشی خواهد شد. نتایج به‌دست آمده را می‌توان بر اساس توزیع نامتوازن بار روی محور جلو و عقب تراکتور در شیب‌های رو به بالا و پایین توضیح داد [۱۷]. هر چند، این حالت ممکن است به دلیل مشکلات حرکت ماشین روی عرصه‌های پرشیب باشد. در این حالت ماشین روی خاک مسیر به طور مکرر سر می‌خورد و خاک را به شدت به‌هم می‌زند و جابه‌جا می‌کند [۹].

نتایج به‌دست‌آمده در رابطه با تخلخل خاک نیز بیان می‌کند که بیشترین درصد کاهش تخلخل خاک در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متر و در شدت ترافیک کم ماشین و در شیب رو به بالا اتفاق افتاده است، به دلیل اینکه کوبیدگی باعث کاهش حجم تخلخل‌های بزرگ خاک می شود و این کاهش تأثیر معناداری بر جابه‌جایی گاز و هوا بین اتمسفر و خاک ایجاد کرده است. هنگامی که تخلخل تهویه‌ای به زیر ۱۰ درصد می‌رسد، حجم کل خاک و شدت فعالیت‌های میکروبی در آن شدیداً کاهش می‌یابد. این تغییر در وزن مخصوص و منافذ خاک، تأثیر منفی بر رشد ارتفاعی و قطری تجدید حیات مستقرشده در اطراف و داخل مسیر چوب‌کشی دارد و از این طریق کاهش حاصل‌خیزی خاک جنگل در طولانی‌مدت را به دنبال دارد [۱۰، ۱]. با افزایش شدت ترافیک در مسیرهای چوب‌کشی، مقاومت خاک افزایش پیدا کرده است. طی فرایند کوبیدگی خاک، فضاهای خالی خاک فشرده شده یا از بین رفته است و توده‌های سطحی شکسته و خرد می‌شود. فضاهای بزرگ (قطر کمتر از

Archive of SID

www.SID.ir

۵۰ میکرون) به فضاهای متوسط (قطر بین ۰/۲ تا ۵۰ میکرون) و فضاهای کوچک (قطر کمتر از ۰/۲ میکرون) تغییر می‌یابد. این شرایط تأیید می‌کند که مجموع تخلخل خاک در اثر کوبیدگی تا ۲۰ درصد و ۵۰-۶۰ درصد فضاهای بزرگ کاهش می‌یابد [۴]. نتایج نشان داد که مجموع تخلخل خاک کاهش یافته است که ممکن است به دلیل از دست دادن یا کاهش فضاهای بزرگ خاک باشد [۱۹]. نتایج نشان داده است که با افزایش عمق خاک، تخلخل خاک به طور معناداری کاهش می‌یابد.

مقاومت به نفوذ نسبت به وزن مخصوص ظاهری خاک، شاخص حساس‌تری برای تعیین اثر ترافیک ماشین است [۱۳]، زیرا بازآرایی ذرات خاک پس از به‌هم‌خوردگی خاک، مقاومت به نفوذ را تغییر می‌دهد، ولی ممکن است وزن مخصوص ظاهری تغییری نیابد [۸]. نتایج نشان داده است که عملیات چوب‌کشی، دارای اثر قابل توجه و معناداری روی افزایش مقاومت به نفوذ است که منطبق بر نتایج سایر محققان [۴، ۱۹] است. رشد ریشه در بسیاری از درختان با افزایش بیش از ۳۰۰۰ کیلوپاسکال مقاومت به نفوذ خاک، محدود می‌شود [۴]، اگرچه کمی از ریشه‌ها تا مقدار ۷۰۰۰ کیلوپاسکال هنوز می‌توانند در خاک نفوذ کنند [۴]. نیروهای برشی وارده از لاستیک‌های تراکتور به خاک سطح زمین، ممکن است لایهٔ سطحی را شخم بزند و سست کند [۱۷]. به همین دلیل بین مقدار مقاومت به نفوذ در دو کلاسهٔ عمق ۰-۵ و ۵-۱۰ سانتی‌متری، اختلاف معنادار وجود ندارد. مقدار مقاومت به نفوذ اندازه‌گیری شده در این تحقیق مشکلاتی را برای استقرار زادآوری در توده‌های جنگلی ایجاد می‌کند.

مقدار مقاومت به نفوذ بعد از عملیات چوب‌کشی به طور معناداری افزایش یافته است. نتایج نشان داد که مقاومت به نفوذ خاک با افزایش عمق خاک و شدت ترافیک در دو کلاسهٔ شیب افزایش یافته است که منطبق با نتایج محققان دیگر [۵، ۷] است. همچنین، مقدار زیاد مقاومت به نفوذ برای فون خاک هم نامناسب است و بیشتر ارگانیسم‌های خاک دارای قدرت و توانایی زیادی برای نفوذ در خاک و حفر کردن آن نیستند [۹، ۱۳]. نیروهای برشی وارده از لاستیک‌های اسکیدر به خاک سطح زمین، ممکن است لایهٔ سطحی را شخم بزند و سست کند [۵، ۷].

بازیابی خاک‌های جنگلی تخریب شده تحت شرایط اقلیمی و بدون انجام فعالیت‌های انسانی بسیار کند است و بسته به عوامل اقلیمی چون بافت خاک، شرایط آب‌وهوایی، شدت و وسعت خسارات و فعالیت فون و فلور خاک از یک سال در لایه‌های سطحی تا ۱۰۰ سال و بیش از ۱۵۰ سال در لایه‌های عمیق‌تر به طول می‌انجامد [۳]. به‌علاوه یک راهکار مهم این است که از تردد ماشین در مواقعی که خاک جنگل مرطوب است و رطوبت خاک به حد روانی نزدیک است، اجتناب شود. روش‌های محدود کردن آثار کوبیدگی خاک‌ها عموماً شامل کنترل الگوی ترافیک ماشین‌ها، محدود کردن ماشین‌ها به تردد در مسیرهای طراحی شده و کنترل فصل مناسب عملیات است. استفاده از ماشین‌هایی با فشار زمینی کم و پوشاندن مسیرها با مازاد مقطوعات (مانند آنچه که در روش گرده‌بینه کوتاه استفاده می‌شود)، آثار حاصل از یک یا دو دفعه عبور ماشین‌آلات را کاهش می‌دهد. وقتی که در یک مسیر چند مرتبه تردد صورت می‌گیرد، این روش نقش چندانی در کاهش کوبیدگی

Archive of SID

www.SID.ir

خاک ندارد. از آنجا که بیشتر مسیرهای چوب‌کشی جنگل بیش از ده تردد دارند، طراحی مسیرهای چوب‌کشی سبب دست‌نخوردگی بخش زیادی از جنگل و محدود شدن ترافیک ماشین‌آلات به سطوح مشخص می‌شود که بیشتر ترافیک در مسیرهای چوب‌کشی اتفاق می افتد. شدت کوبیدگی خاک با بهره‌برداری در طول دوره‌های خشک سال، چوب‌کشی در جهت رو به پایین، انتخاب ماشین‌هایی با فشار زمینی کم، انداختن درختان در جهت مناسب و وینچ‌کردن بینه‌ها به طرف مسیرها، کاهش می‌یابد.

Archive of SID

www.SID.ir

References

[1]. Makineci, E., Gungor, B.S., and Demir, M. (2007). Survived herbaceous plant species on compacted skid road in a fir (Abies bornmulleriana Mattf) forest-a note. Transportation Research Part D, 13: 187-192.

[2]. Najafi, A., Solgi, A., and Sadeghi, S.H.R. (2009). Effect of ground skidding and skid trail slope on soil disturbance. Soil and Tillage Research, 103:165-169.

[3]. 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: 329-340.

[4]. Ampoorter, E., Van Nevel, L., De Vos, B., Hermy, M., and Verheyen, K. (2010). Assessing the effects of initial soil characteristics, machine mass and traffic intensity on forest soil compaction. Forest Ecology and Management, 260: 1664-1676.

[5]. Bolding, M.C., Kellogg, L.D., and Davis, C.T. (2009). Soil compaction and visual disturbance following an integrated mechanical forest fuel reduction operation in southwest Oregon. International Journal of Forest Engineering, 20(2): 47-56.

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

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

[8]. Brais, S., and Camire, C. (1998). Soil compaction induced by careful logging in the claybelt region of northwestern Quebec (Canada). Canadian Journal of Soil Science, 78: 197-206.

[9]. Kozlowski, T.T. (1999). Soil compaction and growth of woody plants. Scandinavian Journal of Forest Research, 14: 596-619.

[10]. Rab, M.A. (1999). Measures and operating standards for assessing Montral process soil sustainability indicators with refrence to Victorian Central Highlands forest, southeastern Australia. Forest Ecology and Management, 117: 53-73.

[11]. Senyk, J., and Craigdallie, D. (1997). Ground Based wet weather yarding operations in coastal British Columbia: Effects on soil properties and seedling growth. Canadian Forest Service, Pacific Forestry Center, Information Report BC-X-372. 32p.

[12]. Froehlich, H.A., and McNabb, D.H. (1984). Minimizing soil compaction in Pacific Northwest forests. In: Forest Soils and Treatment Impacts. Proceedings Of the 6th North American Forest Soils Conference, E.L. Stone, Ed. University of Tennessee, Knoxville, TN. P: 159-192.

[13]. Wasterlund, I. (1985). Compaction of till soils and growth tests with Norway spruce and Scot pine. Forest Ecology and Management, 11: 171-189.

[14]. Greacen, E.L., and Sands, R. (1980). A reviw of compaction of forest soils. Australian Journal of Soil Research, 18: 163-189.

[15]. Horn, R., Vossbrink, J., Peth, S., and Becker, S. (2007). Impact of modern forest vehicles on soil physical properties. Forest Ecology and Management, 248: 56-63.

[16]. McDonald, T., Carter, E., Taylor, S., and Torbert, J. (1998). Relationship between site disturbance and forest harvesting equipment traffic. In proceeding of the 2nd Southern Forestry GIS Conference, Oct. 28-29, Athens, GA. H.J-H. Whiffen and W.C. Hubbard, Eds. p: 85-92.

Archive of SID

www.SID.ir

[17]. 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: 34-38.

[18]. Harvey, B., and Braise, S. (2002). Effects of mechanized careful logging on natural regeneration and vegetation compaction in the southeastern Canadian boreal forest. Canadian Journal of Forest Research, 32: 233-246.

[19]. Carter, E.A., Aust, W.M., and Burger, J.A. (2007). Soil strength of select soil disturbance classes on a wet pine flat in South Carolina. Forest Ecology and Management, 247: 131-139.

[20]. Gomez, A., Powers, R.F., Singer, M.G., and Hrowath, W.R. (2002). Soil compaction effects on growth of young ponderosa pine following litter removal in Californias Sierra Nevada. Soil Science Society of America Journal, 66: 1334-1343.

Archive of SID

www.SID.ir