تاثیر رطوبت خاک و تعداد تردد اسکیدر بر شیاری‌شدن مسیرهای چوب‌کشی (مطالعه موردی: جنگل خیرود)

مقداد جور غلامی[1*] و باریس مجنونیان [2]

[1] استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
[2] استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۲/۲۹، تاریخ تصویب: ۱۳۹۰/۹/۹)

چکیده

اثرات استفاده از اسکیدرهای چرخ لاستیکی در چوب‌کشی بر روی خاک‌های جنگلی می‌تواند به سه گروه اصلی تقسیم‌بندی شود: بهم‌خوردگی خاک، کوبیدگی خاک و شیاری شدن خاک. هدف از این پژوهش بررسی تاثیر تعداد تردد اسکیدر چرخ لاستیکی تیمبرجک ۴۵۰C و رطوبت خاک در مسیرهای چوب‌کشی بر روی شیاری‌شدن و ایجاد رد چرخ در خاک‌های ریزدانه و کمی‌کردن این اثرات است. این مطالعه در قالب طرح فاکتوریل کاملا تصادفی در جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود اجرا شد و اثرات رطوبت خاک در سه دسته ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درصد و سطوح متفاوت کوبیدگی که به‌وسیله تعداد عبور اسکیدر اعمال شده شامل ۱، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ بار تردد است. نتایج نشان داد که افزایش تعداد دفعات عبور اسکیدر، شیاری‌شدن و تشکیل رد چرخ را افزایش داده است. همچنین شیاری‌شدن و تشکیل رد چرخ در خاک در رطوبت ۴۵ درصد بیشتر از رطوبت‌های ۲۵ و ۳۵ درصد است. به طور میانگین، عمق رد چرخ خاک در رطوبت‌های ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درصد به ترتیب برابر ۴۳، ۱۰۱ و ۱۷۲ میلی‌متر است. بنابراین متوقف کردن عملیات چوب‌کشی در طول دوره‌ای که رطوبت خاک بالا است، می‌تواند صدمه به خاک و ایجاد رد چرخ را کاهش دهد. در نتیجه عملیات چوب‌کشی به طور عمده باید در طول فصل تابستان و شرایط خشکی انجام شود.

واژه‌های کلیدی: اسکیدر چرخ لاستیکی، تیمبرجک ۴۵۰C، شیاری شدن، رطوبت خاک، تعداد تردد و مسیر چوب‌کشی.

* نویسنده مسئول: تلفن: ۰۲۶۳۲۲۴۹۳۱۲ فاکس: ۰۲۶۳۲۲۴۹۳۱۰ E-mail: mjgholami@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

خاک‌ها دارای کارکردهای متفاوتی در بوم‌سازگان جنگل از جمله به‌عنوان بستر رشد درختان، منبع جذب مواد غذایی و آب به‌وسیله ریشه‌ها و لایه‌ای برای انتقال آب در سطح زمین است (Burger, 2004). از آنجا که خاک‌های جنگلی دارای مواد آلی زیادی هستند، عموما دارای وزن مخصوص کم، خلل و فرج زیاد، نفوذپذیری بالا و مقاومت کم هستند، در نتیجه نسبت به کوبیدگی خاک و تنش‌های برشی[1] حساس هستند (Froehlich & McNabb, 1984; Froehlich *et al.*, 1985; Kolkaa & Smidt, 2004; Horn, 2007). اثرات عملیات چوب‌کشی بر روی خاک‌های جنگلی می‌تواند به سه گروه اصلی تقسیم‌بندی شود: به‌هم خوردگی خاک، کوبیدگی خاک و گل‌شدن و ایجاد شدن رد چرخ ماشین[2] (Cullen, 1991; Rab *et al.*, 2005). عموما، جابجایی لایه سطحی و آلی و خاک معدنی در اثر چرخش، کندن خاک به‌وسیله گرده‌بینه و تشکیل رد چرخ و گلی‌شدن خاک است. تشکیل رد چرخ و گلی‌شدن خاک وقتی اتفاق می‌افتد که خاک مرطوب است و فشار ماشین باعث شکستن و از بین رفتن ساختمان خاک می‌شود (Greacen & Sands, 1980; McNabb *et al.*, 2001; Susnjar *et al.*, 2006; Naghdi *et al.*, 2009; Najafi *et al.*, 2009). Eliasson (2005) بیان می‌دارد که عمق رد چرخ تحت تاثیر فشار لاستیک نیست ولی با تعداد عبور ماشین به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. مطالعات کمی در مورد اثرات شیب مسیرهای چوب‌کشی (شیب عرضی و شیب طولی) بر مقدار و گستردگی کوبیدگی و به‌هم‌خوردگی خاک انجام شده است.

رطوبت خاک به مقدار زیادی روی درجهٔ فشردگی خاک در اثر تردد ماشین‌های چوب‌کشی اثر می‌گذارد. عملیات مداوم ماشین و لرزش وسایل چوب‌کشی زمینی روی خاک در جایی که رطوبت فراوان در سطح خاک وجود دارد، منجر به جداشدن شدید ساختمان خاک یا «گل‌آلود شدن» می‌شود (Froehlich, 1978). اثر بسیار مهم حاصل از نفوذپذیری پایین خاک‌های کوبیده شده ایجاد روان‌آب است که نفوذ آب در خاک را کاهش داده و اغلب منجر به فرسایش خاک و شستشوی سریع مواد معدنی خاک می‌شود (Anderson & Spencer, 1991). کاهش آب دردسترس، اغلب رویش گیاهان در خاک‌های کوبیده شده را کاهش می‌دهد. اگر آب موجود، در خاک نفوذ نکنند به مقدار زیادی برای گیاهان غیر قابل دسترس هستند (Kozlowski, 1999).

عوامل مهمی که بر روی قابلیت حمل وزن بار در خاک تاثیر می‌گذارد عبارت است از رطوبت خاک، نوع خاک، مقدار هوموس، ساختمان خاک و شیب زمین. در بین این عوامل تنها رطوبت خاک در طول زمان به‌خاطر اثرات فصلی و بارندگی متفاوت است (Ziesak, 2006). شیاری شدن و تاثیر دفعات عبور ماشین بر ایجاد رد چرخ در مسیرهای چوب‌کشی مرطوب قابل توجه است (Nugent *et al.*, 2003). خاک‌هایی که دارای رطوبت زیاد هستند، مقاومت کمی نسبت به تغییر شکل داشته و نسبت به کوبیدگی حساس‌تر هستند (Greacen & Sands, 1980). در خاک‌های مرطوب دارای مواد آلی زیاد که مقاومت کمی دارند، شیاری شدن با جابجایی مقدار قابل توجه خاک به صورت جانبی به‌وسیله چرخ‌های ماشین ایجاد می‌شود. پژوهشگران زیادی اثر دفعات عبور ماشین را بر عمق رد چرخ و شیاری شدن خاک مسیرهای چوب‌کشی بررسی کرده‌اند (Wronski *et al.*, 1990; Jansson & Johansson, 1998). Eliasson & Wasterlund (2007) نشان دادند که عمق رد چرخ با دفعات عبور ماشین افزایش یافته ولی ضخامت مازاد مقطوعات، تاثیری بر آن ندارد. عملیات بهره‌برداری باید در زمانی برنامه‌ریزی شود که خاک خشک است تا شیاری شدن خاک کاهش یابد (Resinger *et al.*, 1994). خاک‌های دارای زهکشی ضعیف بیشتر از خاک‌های دیگر دچار شیاری شدن و تشکیل رد چرخ می‌شوند. هرچند در خاک‌های مرطوب صرف‌نظر از نوع خاک، شیاری شدن و ایجاد رد چرخ مورد انتظار است (Turcotte *et al.*, 1991). Rollerson (1990) نتیجه گرفت که افزایش سطح ترافیک اسکیدر منجر به افزایش عمق رد چرخ و شیاری شدن می‌شود. عمق شیاری شدن در خاک‌های مرطوب بیشتر از خاک‌های خشک است و با افزایش تعداد تردد ماشین، اثر شیاری شدن قابل توجه می‌شود. متوسط عمق رد چرخ در شرایط رطوبتی پایین خاک (۳۰-۲۰ درصد) حتی با ترافیک سنگین کمتر از ۱۲ سانتی‌متر است. متوسط عمق رد چرخ در خاک‌های مرطوب بین ۷ تا ۴۵ سانتی‌متر است.

گلی‌شدن و شیاری شدن خاک‌های مسیر چوب‌کشی در شرایط مرطوب خاک، در حالتی اتفاق می‌افتد که فشار ماشین‌آلات باعث از بین رفتن ساختار خاک می‌شود (Greacen & Sands, 1980; Turcotte *et al.*, 1991; Reisinger *et al.*, 1998; McNabb, 1997;

[1] Shear stress
[2] Rutting

Archive of SID

www.SID.ir

Najafi *et al.*, 2009). رطوبت خاک در زمان ترافیک ماشین دارای اثر بسیار مهمی بر روی تغییرات و کاهش فضای خالی در خاک‌های کوبیده شده است (Adams & Froehlich, 1984; Froehlich & McNabb, 1984; Williamson & Neilson, 2000). خاک‌های خشک دارای مقاومت بیشتری در مقابل تغییرات اندازه فضاهای خالی هستند و با افزایش رطوبت مقاومت آنها کاهش می‌یابد (McDonlad and Seixas, 1997). قابلیت کوبیدگی خاک به طور مستقیم به مقدار آب موجود در خاک بستگی دارد. به طور معمول استفاده از ماشین‌آلات در عملیات بهره‌برداری در خاک‌های مرطوب توصیه نمی‌شود زیرا خاک‌های مرطوب بیشتر از خاک‌های خشک کوبیده می‌شوند (Greacen & Sands, 1980).

Najafi *et al.* (2009) بهم‌خوردگی خاک در اثر شیب مسیر چوب‌کشی و تعداد تردد ماشین در جنگل‌های شمال ایران را بررسی و نتیجه گرفتند که شیب مسیر چوب‌کشی اثر بسیار مهم و معنی‌داری بر خصوصیات فیزیکی خاک دارد و همچنین در اثر چوب‌کشی تخلخل، آب خاک و لایه لاشبرگی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. Naghdi *et al.* (2009) ارتباط بین شیب طولی و عرضی را با حجم خاک جابه‌جا شده و و عمق رد چرخ در اثر چوب‌کشی با اسکیدر چرخ‌لاستیکی تیمبرجک بررسی و نتیجه گرفتند که بین متوسط عمق رد چرخ و شیب طولی مسیر ارتباط معنی‌داری وجود ندارد. همچنین بیشترین مقدار عمق رد چرخ برابر با ۲۲ سانتی‌متر گزارش که در شیب بیش از ۲۵ درصد مشاهده شد. هدف کلی در این مطالعه کسب اطلاعات در مورد وسعت و درجه اثرات چوب‌کشی با اسکیدر کابلی بر روی شیاری‌شدن خاک جنگل است. اهداف ویژه عبارتند از: اندازه‌گیری سطوح آستانه شیاری شدن و ایجاد رد چرخ در چوب‌کشی با توجه به تعداد عبور اسکیدر و رطوبت خاک. در این پژوهش، اثرات چوب‌کشی با اسکیدر چرخ لاستیکی بر روی شیاری شدن خاک در مسیر چوب‌کشی (رد رخ و رد گرده‌بینه) مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

- منطقه مورد مطالعه

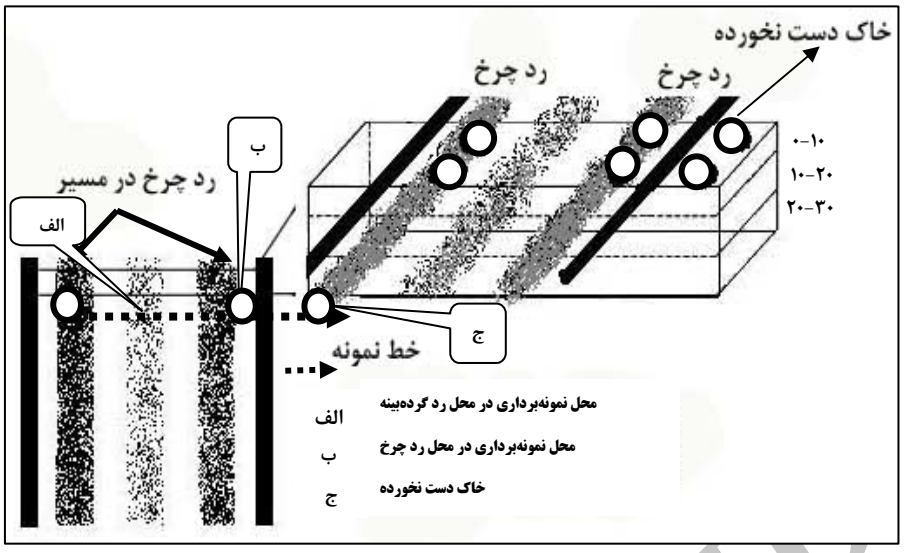
این تحقیق در پارسل‌های ۲۲۰ و ۲۲۵ بخش نم‌خانه جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود انجام شد. مساحت این دو پارسل برابر ۸۳ هکتار است (First revision of Forest Management Plan of Namkhaneh District, 1995). ارتفاع از سطح دریا ۱۰۰۰ تا ۱۱۹۰ متر و میزان بارندگی منطقه ۱۵۳۲ میلی‌متر است (Etemad, 2002). شیوه بهره‌برداری و جنگل‌شناسی در پارسل‌های مورد مطالعه به‌صورت تک‌گزینی است. شیب کلی پارسل ۲۲۰ و ۲۲۵ به ترتیب ۴۵ و ۳۵ درصد است. عملیات جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز در مهرماه ۱۳۸۸ انجام گرفت. سنگ مادری آهکی بوده و تشکیلات کارستی از جمله دولین به وفور در عرصه پارسل‌ها مشاهده می‌شود. خاک قهوه‌ای جنگلی با زهکشی مناسب و با بافت لومی‌رسی تا لومی است. بعضی از خصوصیات خاک منطقه مورد مطالعه عبارتند از: ۶۵-۲۰ درصد رطوبت، ۱۱ درصد ماده آلی، pH ۵/۱ (آب)، نسبت C/N ۱۴/۷، W_L ۷۳-۳۶ درصد، W_P ۲۵-۱۵ درصد، I_p ۴۸-۲۲ و میانگین عمق خاک حدود ۱/۱ متر است.

- روش مطالعه

مطالعات مربوط به تغییرات عمق رد چرخ و رد گرده‌بینه و شیاری‌شدن در مسیرهای چوب‌کشی اسکیدر انجام شد. نمونه‌برداری از خاک قبل و بعد از تردد در مسیرهای چوب‌کشی انجام شد. در چوب‌کشی به روش گرده‌بینه کوتاه میانگین بار جابجا شده به ترتیب ۲/۸۳ مترمکعب در هر بار است. اسکیدر چرخ لاستیکی کابلی تیمبرجک ۴۵۰C با وزن ۱۰/۳ تن و قدرت موتور ۱۷۷ اسب بخار بوده و اندازهٔ چرخ ۳۲-۲۴/۵ بوده و عرض ماشین ۳/۱ متر است (Jourgholami, 2005). طول مسیر چوب‌کشی ۶۵۰ متر بوده و در مجموع ۹ خط نمونه در شیب‌های مختلف عمود بر مسیرهای چوب‌کشی طراحی شده به منظور اندازه‌گیری عمق رد چرخ پیاده شدند (شکل ۱). متوسط شیب مسیر چوب‌کشی نمونه‌برداری شده ۴ درصد و حداکثر و حداقل آن به‌ترتیب ۱۹ و ۳ درصد است و همچنین برای بررسی دو عامل رطوبت خاک و تعداد تردد، عامل شیب ثابت درنظر گرفته شده است. لایه لاشبرگی قبل از اندازه‌گیری عمق رد چرخ از لایه سطحی کنار زده شد، بنابراین اندازه‌گیری عمق از سطح خاک معدنی انجام شد. به منظور بررسی تاثیر رطوبت خاک بر روی شیاری‌شدن و ایجاد رد چرخ قبل از عملیات چوب‌کشی، سه طبقه رطوبت خاک شامل رطوبت‌های ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درصد در سه تکرار انتخاب شد و سطوح متفاوت شیاری شدن با توجه به تعداد رفت و آمد اسکیدر در محل نمونه‌ها اعمال شد که عبارتند از ۰ (شاهد)، ۱، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ بار عبور. هر بار عبور عبارت است از یک چرخه کار اسکیدر یعنی حرکت خالی از دپو به محل بارگیری و حرکت با بار تا دپو.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- طرح نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری عمق رد چرخ در مسیرهای چوب‌کشی

برای مشخص‌شدن تاثیر رطوبت زیاد خاک به‌هنگام چوب‌کشی در به‌هم خوردگی و تخریب خاک نیاز به یک مبنای مقایسه است. برای این منظور اقدام به برداشت پروفیل عرضی مسیر، قبل و بعد از ترددهای مورد نظر شد. عمق رد چرخ در فواصل ۲۰ سانتی‌متری در عرض مسیر چوب‌کشی با استفاده از شاخص ۴ متری اندازه‌گیری شد (شکل ۲).

شکل ۲- اندازه‌گیری عمق رد چرخ در مسیرهای چوب‌کشی

این آزمایش‌ها در قالب طرح فاکتوریل کاملا تصادفی اجرا شد تا به‌وسیله آن اثر دفعات مختلف تردد ماشین و رطوبت‌های مختلف خاک مسیر چوب‌کشی بر روی تغییرات عمق رد چرخ و شیاری‌شدن ارزیابی و کمی شود. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا با آزمون کولموگراف- اسمیرنوف نرمال بودن داده‌ها بررسی شد. به‌منظور بررسی اثر تعداد دفعات تردد اسکیدر و رطوبت‌های مختلف خاک مسیرهای چوب‌کشی بر میزان عمق رد چرخ خاک از تجزیه واریانس دو طرفه و برای تعیین حداکثر شیاری‌شدن خاک در هر یک از شیب‌ها از تجزیه واریانس یک طرفه استفاده شد. در صورتی‌که اثر هر یک از عوامل در آنالیز واریانس یک طرفه و دو طرفه معنی‌دار باشد از آزمون مقایسه‌ای چندگانه دانکن برای گروه‌بندی استفاده می‌شود.

نتایج

جدول ۱ عمق رد چرخ را در ارتباط با تعداد تردد و رطوبت خاک نشان می‌دهد.

جدول ۲ آنالیز واریانس اثر دفعات عبور و درصد رطوبت خاک را بر روی تغییرات عمق رد چرخ و رد گرده‌بینه خاک نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که دفعات عبور ماشین و درصد رطوبت خاک دارای اثر معنی‌داری بر عمق رد چرخ و رد گرده‌بینه خاک هستند ($P<0/05$) ولی اثر متقابل آنها دارای اثر معنی‌داری بر عمق رد چرخ و شیاری شدن خاک نیست ($P>0/05$).

www.SID.ir

جدول ۱- داده‌های مربوط به عمق رد چرخ در ارتباط با تعداد تردد و رطوبت خاک

تعداد تردد	عمق رد چرخ (میلی‌متر)				رطوبت خاک (٪)
	تکرار ۱	تکرار ۲	تکرار ۳	میانگین	
۱	۲۳	۳۲	۱۷	۲۴	۲۵
۵	۳۵	۵۰	۲۳	۳۶	۲۵
۱۰	۴۵	۶۰	۳۳	۴۶	۲۵
۱۵	۵۰	۶۴	۴۲	۵۲	۲۵
۲۰	۴۹	۵۲	۴۳	۴۸	۲۵
۳۰	۵۴	۵۸	۴۷	۵۳	۲۵
۱	۷۰	۸۷	۵۹	۷۲	۳۵
۵	۸۴	۹۹	۶۹	۸۴	۳۵
۱۰	۹۴	۱۰۷	۸۴	۹۴	۳۵
۱۵	۱۰۳	۱۲۲	۸۷	۱۰۴	۳۵
۲۰	۱۲۶	۱۴۲	۱۰۷	۱۲۵	۳۵
۳۰	۱۲۶	۱۴۲	۱۱۰	۱۲۶	۳۵
۱	۱۳۴	۱۵۳	۱۱۸	۱۳۵	۴۵
۵	۱۵۱	۱۷۰	۱۳۸	۱۵۳	۴۵
۱۰	۱۶۵	۱۸۳	۱۵۶	۱۶۸	۴۵
۱۵	۱۸۵	۲۱۰	۱۷۲	۱۸۹	۴۵
۲۰	۱۸۵	۲۱۳	۱۷۵	۱۹۱	۴۵
۳۰	۱۸۹	۲۱۰	۱۸۰	۱۹۳	۴۵

جدول ۲- آنالیز واریانس اثر تعداد تردد و درصد رطوبت بر روی تغییرات شیاری شدن خاک

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	P
تعداد تردد	۲	۱۴۸۷۳۲	۷۴۳۳۶	۳۵۴/۲۲	۰/۰۰
درصد رطوبت	۵	۱۵۶۴۵/۵	۳۱۲۹/۱	۱۴/۹	۰/۰۰
درصد رطوبت× تعداد تردد	۱۰	۲۱۳۶	۲۱۳/۶	۱/۰۲	۰/۴۵

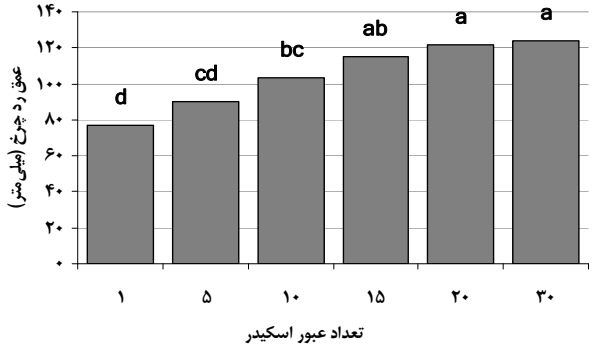
به منظور مقایسه عمق شیار در سه گروه رطوبتی خاک با توجه به تعداد تردد ماشین، از آنالیز واریانس یک طرفه و آزمون دانکن استفاده شد تا مشخص شود که آیا بین شیاری شدن خاک در مسیرها تفاوت معنی‌داری وجود دارد؟ به‌طور کلی، عمق شیار[1] به طور معنی‌داری با افزایش رطوبت، افزایش می‌یابد (شکل ۳). متوسط عمق شیار در رطوبت‌های ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درصد به ترتیب برابر ۴۳، ۱۰۱ و ۱۷۲ میلی‌متر است و عمق شیار در هر گروه رطوبتی از نظر آماری به‌طور معنی‌داری با هم متفاوت هستند. بعد از ۳۰ بار عبور ماشین، عمق شیار برای خاک با رطوبت ۴۵ درصد دارای بیشترین مقدار است (شکل ۴).

میانگین عمق شیاری شدن در شرایط رطوبتی پایین خاک (۲۵ درصد) حتی در صورت ترافیک سنگین پایین‌تر از ۱۲ سانتی‌متر است و عمق شیاری شدن در این شرایط رطوبتی به طور میانگین ۲۶ میلی‌متر است. همچنین تعداد تردد ماشین دارای اثر معنی‌داری بر روی عمق رد چرخ است (شکل ۵). در این حالت ماشین‌های چرخ لاستیکی برآمدگی‌های آشکاری از خاک را در حاشیه‌های رد لاستیک ایجاد می‌کند. در مسیرهای با رطوبت خاک ۴۵ درصد، بیشترین مقدار افزایش عمق شیاری شدن در محل رد چرخ بعد از ۱۵ بار عبور اولیه اتفاق می‌افتد (شکل ۵).

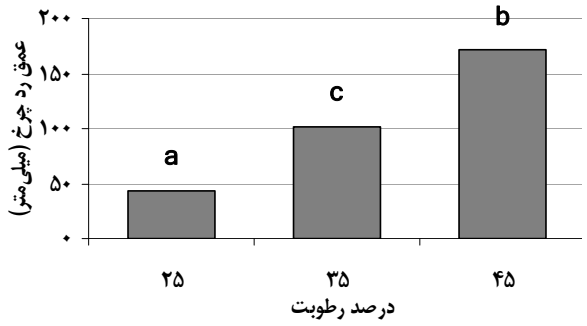
[1] Rut depth

Archive of SID

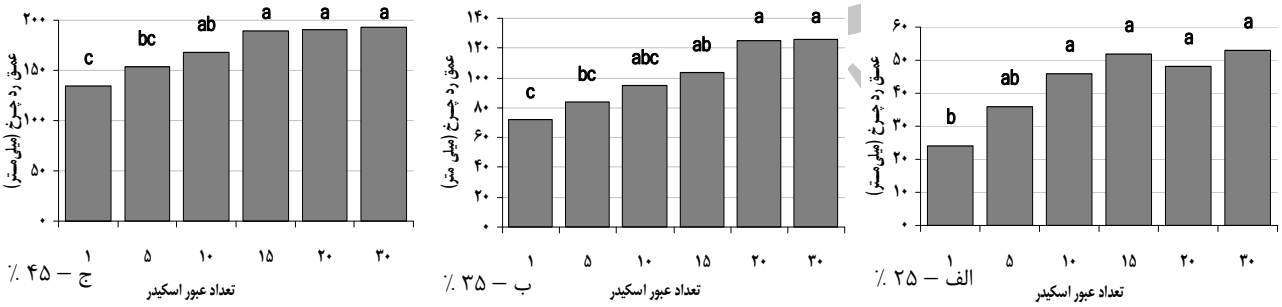
www.SID.ir



شکل ۳- اثر مستقل تعداد عبور اسکیدر بر روی عمق شیار در خاک‌های مسیر چوب‌کشی. حروف لاتین نامتشابه نشانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است



شکل ۴- اثر مستقل درصد رطوبت خاک بر روی عمق شیار در خاک‌های مسیر چوب‌کشی. حروف لاتین نامتشابه نشانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است



شکل ۵- مقایسه میانگین افزایش عمق شیار در اثر تعداد ترددهای مختلف اسکیدر در سه گروه رطوبتی خاک؛ رطوبت ۲۵ درصد (الف)، ۳۵ درصد (ب) و ۴۵ درصد (ج). حروف لاتین نامتشابه نشانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است

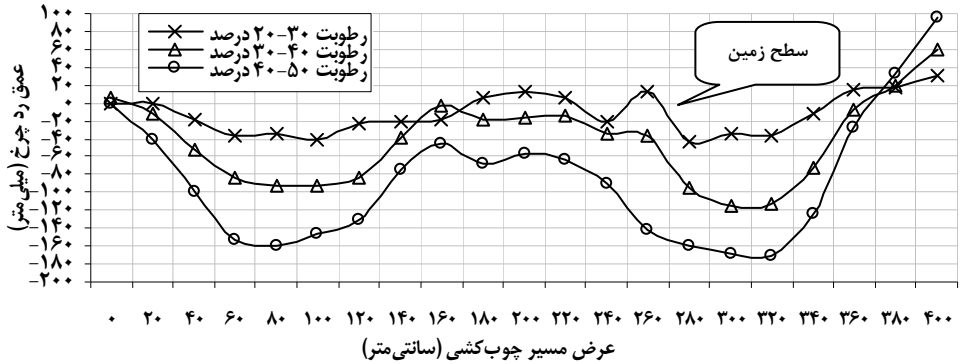
برای مسیرهای با رطوبت خاک ۴۵ درصد عمق رد چرخ بعد از ۱ بار عبور ۱۳۵ میلی‌متر، بعد از ۵ بار عبور ۱۵۳ میلی‌متر، بعد از ۱۰ بار عبور ۱۶۸ میلی‌متر و بعد از ۱۵ بار عبور ۱۸۹ میلی‌متر است. با افزایش تردد به بیش از ۱۵ بار، افزایش عمق رد چرخ از نظر آماری دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشد. در مسیرهایی با رطوبت خاک ۴۰-۳۰ درصد، بیشترین مقدار عمق رد چرخ بعد از ۲۰ بار عبور ماشین اتفاق می‌افتد (شکل ۶) و عبورهای اضافی، اثر معنی‌داری بر روی عمق رد چرخ ندارد. در این شرایط رطوبتی، متوسط رد چرخ بعد از ۱ بار عبور ۷۲ میلی‌متر، ۵ بار عبور ۸۶ میلی‌متر، ۱۰ بار عبور ۹۵ میلی‌متر، ۱۵ بار عبور ۱۰۴ میلی‌متر و ۲۰ بار عبور ۱۲۵ میلی‌متر است. متوسط عمق رد چرخ در شرایط رطوبتی کمتر (خاک با رطوبت ۲۵ درصد)، بین ۲۴ تا ۵۲ میلی‌متر است. عمق رد چرخ بعد از ۱۵ بار عبور ماشین دو برابر عمق رد چرخ در تردد دوم است (شکل ۶).

بحث و نتیجه‌گیری

به طور کلی، عمق رد چرخ و پدیده شیاری شدن با افزایش رطوبت خاک در اثر تردد ماشین‌های چوب‌کشی در مسیرهای چوب‌کشی افزایش می‌یابد (Turcotte *et al.*, 1991; McNabb, 1997; Reisinger *et al.*, 1998; Eliasson & Wasterlund, 2007). به عبارت دیگر، رطوبت خاک بر مقدار و درجهٔ کوبیدگی خاک و ایجاد رد چرخ تاثیر می‌گذارد، زیرا خاک نرم شده و پیوستگی بین ذرات کاهش می‌یابد. در رطوبت‌های بیشتر از مقدار بهینه رطوبتی (Eliasson & Wasterlund, 2007)، آب باعث کاهش پیوستگی ذرات خاک شده و سبب می‌شود که ذرات نسبت به هم جابه‌جا شوند و گلی‌شدن و در نهایت شیاری شدن و تشکیل رد چرخ اتفاق می‌افتد. متوسط عمق رد چرخ در خاک‌هایی با رطوبت ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درصد به ترتیب ۴۳، ۱۰۱ و ۱۷۲ میلی‌متر است و عمق رد چرخ به طور معنی‌داری در

Archive of SID
www.SID.ir

سه گروه رطوبتی از نظر آماری متفاوت هستند. پژوهشگران متعددی گزارش کردند که خاک‌های مرطوب دارای مقاومت کمی هستند و شیاری‌شدن خاک با جابه‌جایی جانبی قابل توجه خاک در محل رد چرخ یا کفشک‌های ماشین‌های چوب‌کشی ایجاد می‌شود (Greeacen & Sands, 1980; Rollerson, 1990; Turcotte *et al*., 1991; McNabb, 1997; Reisinger *et al*., 1998; Eliasson & Wasterlund, 2007). بعد از ۳۰ بار تردد ماشین، عمق رد چرخ در خاک با رطوبت ۴۵ درصد دارای بیشترین مقدار است. عمق رد چرخ تشکیل شده در سه گروه رطوبتی خاک، تفاوت آشکاری وجود دارد. خاک‌های خشک، کمترین مقدار عمق شیاری‌شدن را دارند و باعث می‌شود که لایه آلی خاک و توده ریشه در هم آمیخته شوند در حالی‌که، در خاک‌های مرطوب‌تر، لایه آلی با لایه معدنی مخلوط می‌شود. شیارهای عمیق ایجاد شده ممکن است در طول بارندگی، آب را هدایت کنند و بنابراین با جریان یافتن آب، خطر فرسایش افزایش می‌یابد. Rollerson (1990) گزارش کرد که عمق شیار با افزایش رطوبت خاک، گسترش می‌یابد و همچنین این اثر با افزایش تعداد تردد اغلب قابل توجه است. در این پژوهش نیز نتیجه‌گیری شد که متوسط عمق رد چرخ تحت شرایط رطوبتی کم (۲۵ درصد) حتی با ترافیک سنگین کمتر از ۶۰ میلی‌متر است.



شکل ۶- پروفیل عرضی مسیر چوب‌کشی در سه گروه خاک با رطوبت‌های مختلف

متوسط عمق رد چرخ در شرایط رطوبتی ۴۵ خاک به‌طور میانگین برابر ۱۳۰ میلی‌متر است و این نتیجه منطبق با مطالعه Rollerson (1990) است. عموما، افزایش تعداد عبور ماشین منجر به افزایش شیاری شدن خاک می‌شود و این نتیجه منطبق با یافته‌های قبلی است (Nugent *et al*., 2003; Eliasson, 2005; Susnjar *et al*., 2006; Naghdi *et al*., 2009; Najafi *et al*., 2009). در شرایط رطوبتی خشک (۲۵ درصد)، حداقل شیاری شدن مشاهده می‌شود و خاک سطحی به صورت گرد و غبار در می‌آید. Eliasson & Wasterlund (2007) نشان دادند که عمق رد چرخ با افزایش ترافیک ماشین افزایش می‌یابد. Eliasson (2005) بیان می‌دارد که فشار باد لاستیک اثر معنی‌داری بر عمق رد چرخ ندارد ولی با افزایش تعداد عبور ماشین، عمق رد چرخ افزایش می‌یابد. آب سطحی ممکن است در شیارها و مناطق کوبیده شده باقی بماند و باعث کاهش هوادیدگی خاک شود (Greacen & Sands, 1980). شیارهای عمیق به دلیل افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک و کاهش فضاهای خالی خاک، سبب کاهش ضریب نفوذپذیری بارندگی در خاک مسیرها می‌شود. نفوذپذیری آرام منجر به نقصان آب خاک، روانآب سطحی، فرسایش ورقه‌ای و تشکیل گالی می‌شود (Kozlowski, 1999).

برای مسیرهای با رطوبت خاک ۴۵ درصد، با افزایش تردد به بیش از ۱۵ بار، افزایش عمق رد چرخ از نظر آماری دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشد. در مسیرهایی با رطوبت خاک ۳۵ درصد، بیشترین مقدار عمق رد چرخ بعد از ۲۰ بار عبور ماشین اتفاق می‌افتد. با کاهش رطوبت خاک میزان شیاری شدن کاهش می‌یابد و در شرایطی که خاک خشک یا رطوبت آن کم باشد، حداقل شیاری شدن اتفاق می‌افتد و بعد از عبورهای اضافی، ساختار خاک سطحی از بین رفته و ذرات خاک به صورت منفصل و پودری درآمده و گرد در سطح خاک شکل می‌گیرد. همچنین Najafi *et al*. (2009) بیشترین مقدار عمق شیاری شدن را ۳۴۵ میلی‌متر اندازه‌گیری نمودند که این مقدار بعد از ۱۴ بار عبور و در شیب بیش از ۲۰ درصد مشاهده شد و به طور کلی شیب عامل مهمی در شیاری شدن خاک است. هرچند Naghdi *et al*. (2009) نتیجه گرفتند که بین متوسط عمق رد چرخ و شیب طولی مسیر ارتباط معنی‌داری وجود ندارد.

Archive of SID
www.SID.ir

بر اساس نتایج پژوهش حاضر می‌توان نتیجه گرفت که عمق شیاری شدن در مسیرهای چوب‌کشی در اثر تردد اسکیدر به رطوبت خاک بستگی دارد که منطبق با نتایج Greacen & Sands (1980) است. در رطوبت‌های بالاتر از حد بهینه، شیار ممکن است عمیق بوده و برای جبران حجم خاک در لبه‌ها به حالت محدب درآید (شکل ۶- نمودار عمق شیار در رطوبت ۴۵ درصد). در رطوبت ۳۵ درصد، عمق شیار کمتر شده و دو حالت تغییر شکل پلاستیکی و کوبیدگی با هم رخ می‌دهد. در این حالت حالت محدب در لبه‌ها کمتر است. با کاهش رطوبت به ۲۵ درصد، تغییر شکل پلاستیکی و ایجاد حالت محدب به کمترین مقدار رسیده و عمق شیاری شدن کاهش می‌یابد. آنچه که از برآیند این مبحث نتیجه‌گیری می‌شود این است که تردد اسکیدرهای چرخ‌لاستیکی بر روی مسیرهای چوب‌کشی در مواقعی باید انجام شود که رطوبت خاک از مقدار بهینه کمتر است. در این حالت میزان افزایش وزن مخصوص در اثر تردد ماشین کمتر بوده، تغییر شکل پلاستکی خاک کمتر اتفاق افتاده و با کم شدن عمق رد چرخ تنها کوبیدگی خاک رخ خواهد داد.

طراحی دقیق و با فاصله مناسب مسیرهای چوب‌کشی می‌تواند علاوه بر صرفه‌جویی در هزینه‌ها، اثرات بالقوه کوبیدگی خاک و شیاری شدن خاک را کاهش دهد. همچنین متوقف کردن عملیات در طول دوره‌ای که رطوبت خاک بالا است می‌تواند صدمه به خاک را کاهش دهد. بنابراین پیشنهاد می‌شود عملیات چوب‌کشی در طول فصل تابستان و خشکی انجام شود. خاک‌های خشک (با رطوبت کمتر از ۱۵ درصد) به طور موثری از فشار زیاد وارده به عرصه جلوگیری می‌کند و منتج به کاهش کوبیدگی خاک در لایه سطحی خاک می‌شود. اگر خاک تا عمق ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متری یخ زده باشد یا برف کافی بر روی سطح زمین وجود داشته باشد (حداقل ۱۵ سانتی‌متر)، عملیات در فصل زمستان می‌تواند با حداقل اثرات بر روی خاک امکان‌پذیر باشد. همچنین پیشنهاد می‌شود که تاثیر رطوبت و شیب به طور همزمان در شیاری شدن خاک بررسی شود.

References

- Adams, P.W. and Froehlich, H.A. 1984. Compaction of Forest Soils, USDA Pacific Northwest Extension Publication. PNW 217. 13 pp.

- Burger, J.A. 2004. Soil and its Relationship to Forest Productivity and Health, In: Encyclopedia of Forest Sciences / Burley, J., Evans, J., Youngquist, J.A., Eds. - Oxford, UK: Elsevier, 1189-1195.

- Cullen, S.J. 1991. Timber harvest trafficking and soil compaction in western Montana. Soil Science Society of America Journal. 55: 1416-1421.

- Eliasson, L. and Wasterlund, I. 2007. Effects of slash reinforcement of strip roads on rutting and soil compaction on a moist fine-grained soil. Forest Ecology and Management. 252: 118-123.

- Etemad, V. 2002. Study of quantitative and qualitative characteristics of beech tree seed in Mazandaran Province. PhD. Thesis, Faculty of Natural Resources. University of Tehran. 258 pp.

- First Revision of Forest Management Plan of Namkhaneh District in Kheyroud Educational and Research Forest. 1995. Department of Forestry and Forest Economic. Faculty of Natural Resources. University of Tehran. 320 pp.

- Froehlich, H.A. and McNabb, D.H. 1984. Minimizing soil compaction in Pacific Northwest forests. In: Proc. of the Forest Soils and Treatment Impacts Conf., 1983. E.L. Stone, Ed. Univ. of Tennessee, Knoxville, TN. 159-192.

- Froehlich, H.A. 1978. Soil compaction from low ground-pressure, torsion-suspension logging vehicles on three forest soils. Res. Paper 36, Oregon State Univ., Forest Research Lab. 12 pp.

- Froehlich, H.A. Miles, D.W.R. and Robbins, R.W. 1985. Soil bulk density recovery on compacted skid trails in central Idaho. Soil Science Society of America Journal. 49: 1015-1017.

- Froehlich, H.A. Azevado, J. Cafferata, P. and Lysne, D. 1980. Predicting soil compaction on forested land. Final Project Report, Coop. Agreement No. 228. USDA Forest Service, Equipment Development Center, Missoula, Montana. 120 pp.

- Greacen, E.L. and Sands, R. 1980. Compaction of forest soil; A review, Australian Journal of Soil Research. 18: 163-189.

Archive of SID

www.SID.ir

- 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.

- Jansson, K.J. and Johansson, J. 1998. Soil changes after traffic with a tracked and a wheeled forest machine: a case study on a silt loam in Sweden. Forestry. 71(1): 57-66.

- Jourgholami, M. 2005. Evaluation of productivity, machine rate, and costs for two type of small and large scale skidders (case study: TAF and TIMBERJACK 450 C). M.Sc. thesis. Faculty of Natural Resources. University of Tehran. 118 pp.

- Kolkaa, R.K. and Smidt, M.F. 2004. Effects of forest road amelioration techniques on soil bulk density, surface runoff, sediment transport, soil moisture and seedling growth. Forest Ecology and Management. 202: 313-323.

- Kozlowski, T.T. 1999. Soil compaction and growth of woody plants. Scandinavian Journal of Forest Research. 14(6): 596-619.

- McDonald, T. and Seixas, F. 1997. Soil compaction effects of forwarding and its relationship with 6- and 8-wheel drive machines. Forest Products Journal. 47: 46-52.

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

- Naghdi, R. Bagheri, I. Lotfalian, M. and Setodeh, B. 2009. Rutting and soil displacement caused by 450C Timber Jack wheeled skidder (Asalem forest northern Iran). Journal of Forest Science. 55(4): 177-183.

- Najafi, A. Solgi, A. and Sadeghi, S.H. 2009. Soil disturbance following 4-wheel rubber skidder logging on the steep trail in the north mountainous forest of Iran. Soil & Tillage Research. 103: 165-169.

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

- Rab, M.A. Bradshaw, F.J. Campbell, R.G. and Murphy, S. 2005. Review of factors affecting disturbance, compaction and trafficability of soils with particular reference to timber harvesting in the forests of south-west Western Australia, Consultants Report to Department of Conservation and Land Management, Western Australia, Sustainable Forest Management Series, SFM Technical Report No. 2, 146 pp.

- Reisinger, T.W. Simmons, G.L. and Pope, P.E. 1988. The impact of timber harvesting on soil properties and seedling growth in the South. Southern Journal of Applied Forestry. 12: 58-67.

- Rollerson, T.P. 1990. Influence of wide-tire skidder operations on soils. Journal of forest engineering. 2(1): 23-30.

- Susnjar, M. Horvat, D. and Seselj, J. 2006. Soil compaction in timber skidding in winter conditions. Croatian Journal of Forest Engineering. 27(1): 3-15.

- Turcotte, D.E. Smith, C.T. and Federer, C.A. 1991. Soil disturbance following whole-tree harvesting in North-Central Maine. Northern Journal of Applied Forestry. 8(2): 68-72.

- Williamson, J.R. and Neilsen, W.A. 2000. 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. 30: 1196-1205.

- Wronski, E.B. and Murphy, G. 1994. Responses of forest crops to soil compaction. In: Soane, B.D., van Ouwerkerk, C. (Eds.), Soil Compaction in Crop Production. Elsevier, Amsterdam, 317–342.

- Wronski, E.B. Stodart, D.M. and Humphreys, N. 1990. Trafficability assessment as an aid to planning logging operations. APPITA Journal. 43(1): 18–22.

- Ziesak, M. 2006. Avoiding soil damages, caused by forest machines, paper presented in: IUFRO Precision Forestry Conference, Precision Forestry in plantations, semi-natural and natural forests**.** Stellenbosch University. 9 pp.

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of Soil Moisture and Number of Skidder Passes on Rutting in Skid Trails (Case Study: Kheyrud Forest)

M. Jourgholami[1*] and B. Majnounian[2]

[1] Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
[2] Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran

(Received: 19 May 2009, Accepted: 30 November 2011)

Abstract

Impacts of skidding operations on forest soils can be divided into three major categories: soil profile disturbance, soil compaction and soil puddling and rutting. The aim of the study was to assess the effect of number of machine passes and soil moisture content on skid trail rutting, and to quantify these effects. The study was designed as a complete factorial experiment in the *Kheyrud* Forest following Timberjack cable skidder operations. The effect of 25, 35 and 45% soil moisture content and different levels of compaction were assessed by varying number of skidding cycles: 1, 5, 10, 15, 20, 30 passes. The results showed that the rut depths increased with increasing number of machine passes, but most of the rutting occurred after the initial few passes. Rut depth at 45% soil moisture was higher than rut depths at 35 and 25% of moisture content. The average rut depths in soil with 25, 35 and 45 moisture were 43, 101 and 172 mm, respectively. Rut depths significantly increased with soil moisture and number of machine passes. Skidding operations should be planned when soil conditions are dry to minimize rutting, but if skidding must be done under wet conditions, the operations should be stopped when machine traffic creates deep ruts.

Keywords: Wheeled cable skidder, Timberjack 450C, rut formation, soil moisture, number of pass, skid trail.

Archive of SID

*Corresponding author: Tel:+982632223044 Fax:+982632249310 Email: mjgholami@ut.ac.ir

www.SID.ir