

میزان کوبیدگی خاک در اثر تردد تراکتور چرخ زنجیری زتور در دو جهت چوبکشی (مطالعه موردی: جنگل سوردار واتاشان در شهرستان نور)

- ◀ **حمید آریا***: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نور، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، نور
- ◀ **نصرت‌الله رأفت‌نیا**: دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده جنگلداری و فناوری چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
- ◀ **اکبر نجفی**: دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی پردیس نور، دانشگاه تربیت مدرس
- ◀ **هاشم حبشی**: استادیار گروه جنگلداری، دانشکده جنگلداری و فناوری چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
- ◀ **نجیبه گیلانی‌پور**: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نور، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، نور
- (تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۶/۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱/۹)

چکیده

بهره‌برداری همواره با اثرات تخریبی به بوم‌سامانه جنگلی از جمله تغییر در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و خسارت به تجدید حیات طبیعی و درختان باقیمانده همراه است. در این پژوهش میزان کوبیدگی خاک بر روی مسیرهای چوبکشی با اسکیدر چرخ زنجیری زتور با اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری، درصد رطوبت و مجموع درصد پوکی خاک در دو جهت چوبکشی و در سه سطح تردد بررسی شده است. نمونه‌های خاک با استفاده از روش نمونه‌برداری با سیلندر (طول سیلندر ۱۰ سانتی‌متر و قطر داخلی ۵ سانتی‌متر) از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری خاک برداشت شده است. نتایج نشان داده است که با افزایش تعداد تردد اسکیدر بر روی مسیر چوبکشی میزان کوبیدگی خاک به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است و بیشترین میزان کوبیدگی خاک در ۲ تردد اولیه اسکیدر رخ داده است. همچنین میزان کوبیدگی خاک در جهت رو به بالا بیشتر از جهت رو به پایین است. بنابراین تا حد ممکن چوبکشی باید در جهت رو به پایین انجام شود و دپو در قسمت پایین هر پارسل احداث شود.

کلمات کلیدی: کوبیدگی خاک، تراکتور چرخ زنجیری زتور، جهت چوبکشی، جنگل سوردار واتاشان.

مقدمه

(Agherkakli, 2010; Jourgholami & Majnoonian, 2010; Braunack, 2003; Nugent *et al.*, 2003; McNabb *et al.*, 2001; Migunga, 1995; Wang *et al.*, 2007)

Nugent و همکاران (۲۰۰۳) تخریب خاک ناشی از تردد ماشین‌آلات چوبکشی در عرصه‌های جنگلی ایرلند را مطالعه کردند. نتایج نشان داد که پس از تردد کاهش لاشبرگ معنی‌دار نبود، اما وزن مخصوص ظاهری به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. Agherkakli و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر عملیات چوبکشی زمینی روی تخریب خاک به‌وسیله اسکیدر چرخ زنجیری زتور در جنگل آموزشی دانشگاه تربیت مدرس (صلاح‌الدین کلا) را بررسی کرده است. نتایج نشان داد که با افزایش سطح تردد میزان کوبیدگی خاک (مجموع درصد پوکی) افزایش می‌یابد. اما بین سه سطح تردد ۱، ۵ و ۹ از نظر میزان وزن مخصوص ظاهری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

Jourgholami و Majnoonian (۲۰۱۰) کوبیدگی خاک جنگل در اثر خروج چوب با اسکیدر چرخ لاستیکی را در جنگل خیرودکنار بررسی کردند. در این مطالعه اثر شیب و تردد بر تغییرات میزان وزن مخصوص ظاهری مدنظر قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش تردد وزن مخصوص ظاهری افزایش می‌یابد. ولی بیشترین درصد افزایش وزن مخصوص در اثر تردد اولیه رخ داده است. در زمینه تأثیر جهت‌های رو به بالا و رو به پایین بر روی کوبیدگی خاک در مسیر چوبکشی مطالعات کمی در خارج و داخل کشور صورت گرفته است و این مسئله خود بیانگر ضرورت پژوهش حاضر است. از طرفی دیگر یکی از عوامل بحرانی مؤثر بر مقدار کوبیدگی خاک، تعداد دفعات عبور ماشین از یک نقطه است که داشتن اطلاعات دقیق در زمینه اثر این عامل در کوبیدگی الزامی است. هدف از این مطالعه آن است که با در نظر گرفتن روند تدریجی تغییرات در کوبیدگی خاک، میزان وزن مخصوص ظاهری، درصد رطوبت و مجموع درصد پوکی خاک را در دو جهت چوبکشی رو به بالا و رو به

خاک منبع بنیادی و ضروری برای رشد و پرورش جنگل است که تشکیل آن فرآیندی طولانی‌مدت است و از طرفی یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های بوم‌شناختی و مدیریتی خاک، پایداری حاصلخیزی آن در درازمدت است. بنابراین حفاظت از خاک و به دنبال آن حفظ حاصلخیزی درازمدت رویشگاه‌های جنگلی یکی از ملزومات اساسی برای مدیریت پایدار جنگل و از مؤلفه‌های توسعه پایدار و در عین حال از نگرانی‌های اصلی مدیران جنگل محسوب می‌شود (Fisher 1999, Ares *et al.*, 2005; & Binkley, 2005). چرا که به علت افزایش جمعیت، بالا رفتن نیاز محصولات چوبی و لزوم داشتن پروژه‌های توسعه‌ای، فشار روی این مناطق بیشتر شده است و از طرفی بهره‌برداری جنگل عمده‌ترین عامل تخریب خاک است (Tan *et al.*, 2008). به‌طور کلی فعالیت‌های مدیریتی جنگل دو نوع تأثیر مستقیم و غیرمستقیم بر خاک جنگل دارند. تأثیر مستقیم دربرگیرنده تغییر در ویژگی فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی خاک است و تأثیر غیرمستقیم تغییر در حاصلخیزی رویشگاه است. از جمله ویژگی‌های فیزیکی خاک میزان وزن مخصوص ظاهری، درصد رطوبت و مجموع درصد پوکی خاک است. ویژگی‌های بارز خاک در جنگل‌های بکر و دست‌نخورده، داشتن وزن مخصوص ظاهری پایین، میزان درصد پوکی و نفوذپذیری بالاست که این ویژگی‌ها باعث می‌شود که خاک‌های جنگلی به راحتی بر اثر تردد ماشین‌آلات بهره‌برداری کوبیده و در معرض تخریب قرار بگیرند (Huang *et al.*, 1996, Horn *et al.*, 2007). بنابراین کوبیدگی خاک یکی از عوامل اساسی برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی ماشین‌آلات بهره‌برداری بر ویژگی‌های خاک است (Marsili *et al.*, 1998). مقدار و شدت کوبیدگی خاک بسیار متفاوت است و بستگی به روش چوبکشی، تعداد عبور ماشین، نوع ماشین (از نظر وزن، چرخ لاستیکی یا چرخ زنجیری بودن، عرض تایر و ...)، شیب، نوع خاک و جهت چوبکشی دارد

روش پژوهش

در این پژوهش ضمن جنگل‌گردشی دو مسیر چوبکشی در جهت‌های رو به پایین و رو به بالا انتخاب شد که در دامنه شمالی قرار دارد و دارای شرایط تقریباً یکسان از نظر ارتفاع از سطح دریا، نوع و بافت خاک، میزان نور دریافتی و زهکشی هستند. طول مسیر در چوبکشی رو به بالا ۳۰۰ متر و در چوبکشی رو به پایین ۴۰۰ متر است. چوبکشی در روزهای آفتابی، در تیر و مرداد ماه سال ۱۳۸۹ به‌وسیله تراکتور چرخ زنجیری زتور انجام شد (جدول ۱). حجم گرده‌بینه‌ای که در هر نوبت به‌وسیله زتور کشیده شده تقریباً یکسان است.

تیمارهای مورد مطالعه از ترکیب سه طبقه تردد (۲، ۶ و ۱۰) و دو طبقه جهت (رو به بالا و رو به پایین) به دست آمدند. عوامل مورد مطالعه در هر تیمار در قطعاتی به ابعاد ۱۰ متر طول و ۴ متر عرض در سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفتند. در هر قطعه نمونه که در شکل (۱) نشان داده شده است، ۴ خط عمود بر مسیر چوبکشی با فاصله ۲ متر از هم پیاده و سپس به طور تصادفی ۳ خط انتخاب و در هر خط سه نمونه خاک گرفته شده، طوری که دو نمونه در شیارهای ایجاد شده به‌وسیله چرخها (هر شیار یک نمونه) یک نمونه در بین دو شیار (محل عبور تنه)، برداشت شد. در مجموع ۱۱۲ نمونه خاک برداشته شد. قبل از اینکه ترددی در این مسیرها انجام گیرد، در هر قطعه در روی مسیر چوبکشی نمونه خاک به‌عنوان شاهد برداشت شده است و در آزمایشگاه کلیه ویژگی‌های خاک در این نمونه‌ها بررسی شد تا تشابه بافت و ساختمان خاک در قطعات نمونه اطمینان حاصل شود و میزان وزن مخصوص ظاهری، درصد رطوبت و درصد پوکی خاک قبل از عبور زتور اندازه‌گیری شد.

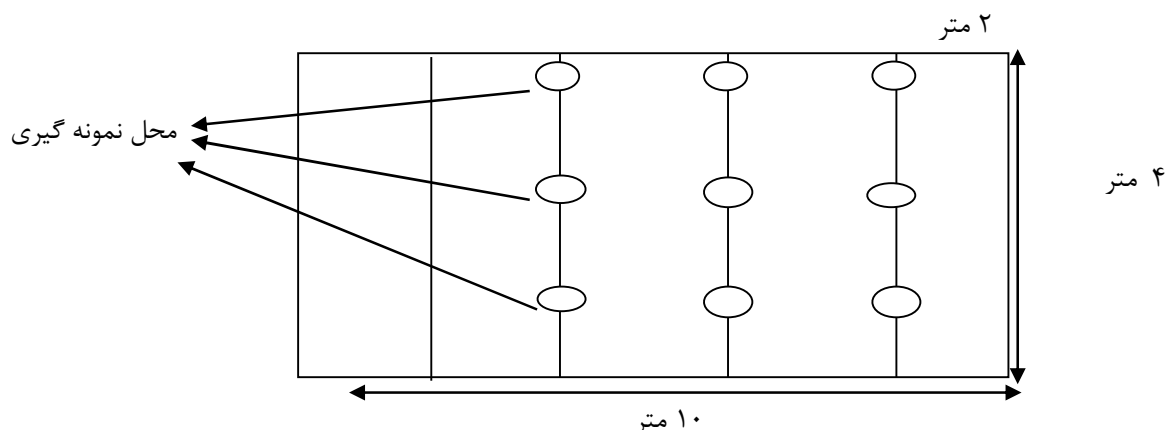
پایین و در سه سطح تردد ۲، ۶ و ۱۰ با اسکیدر چرخ زنجیری زتور بررسی کند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در پارسل ۱۰ و ۱۱A در سری ۳ جنگل سوردار و اتاشان از توابع شهرستان نور در استان مازندران قرار دارد که ارتفاع از سطح دریا در این منطقه ۱۵۰-۲۷۰ متر است. کمترین بارندگی ۴۰ میلی‌متر در خرداد ماه و بیشترین بارندگی ۱۶۰ میلی‌متر در مهر ماه است. بیشترین درجه حرارت مطلق ۴۵ و کمترین ۱۵ درجه سانتی‌گراد است و با توجه به فرمول دومارتن ضریب خشکی سالیانه این منطقه ۱۳/۳۱ است و در نتیجه این سری جزء مناطق مرطوب است. از نظر زمین‌شناسی به دوران سوم میوسن تعلق دارد. رسوبات میوسن عبارتند از؛ کنگلومرا، آهک سیلتی، آهک ماسه‌ای. ذرات خاک ریز و چسبیده بوده و فضای بین آن‌ها کم است، بنابراین از نظر نفوذ آب و عبور هوا با مشکل مواجه بوده و در صورت کوبیدگی در اثر بهره‌برداری یا تردد دام و ماشین‌آلات، تخریب خاک جنگلی شدت یافته و بازسازی آن نیاز به زمان دارد. سنگ مادر از نوع آهک ماسه‌ای، ماسه‌سنگ آهکی و خاک عمیق، میزان نفوذپذیری خاک ضعیف تا متوسط و بافت خاک سنگین تا کمی سنگین است. از جمله درختانی که در این سری وجود دارند عبارتند از: بلوط بلندمازو، ممرز، نمدار، آزاد، انجیلی، شیردار، توسکا، ون، کلهو و راش (Unknown, 2007).

جدول ۱- ویژگی‌های تراکتور چرخ زنجیری زتور (Agherkakli et al., 2010)

طول	عرض	قدرت	فشار بر	فشار سیستم	تعداد	عرض	وزن
۶m	۳/۶m	۸۸/۲kwt	خاک	هیدرولیک	دندانه	زنجیر	موتور
			۰/۰۴۹MPa	۱۴MPa	۹	۴۴cm	۱۱۲۰۰Kg



شکل ۱- پلات پیاده شده روی مسیر چوبکشی به منظور نمونه برداری خاک

روش تجزیه و تحلیل

برای مطالعه ویژگی‌های فیزیکی خاک مسیر اسکیدرو از نمونه برداری تصادفی استفاده شد. این پژوهش در قالب طرح آزمایشی فاکتوریل بوده است. جهت چوبکشی و تعداد تردد به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شده‌اند و وزن مخصوص ظاهری، درصد رطوبت و مجموع درصد پوکی خاک متغیرهای پاسخ هستند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای Excel و SPSS استفاده شده است. ابتدا به وسیله آزمون کولموگروف- اسمیرنوف میزان تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال بررسی شد. در صورت نرمال بودن داده‌ها، با کمک تجزیه واریانس (General linear model)

نمونه خاک با استفاده از روش نمونه برداری با سیلندر (طول سیلندر ۱۰ سانتی‌متر و قطر داخلی ۵ سانتی-متر) از عمق ۱۰-۲۰ سانتی‌متری به دلیل تأثیرپذیری زیاد این افق از عملیات چوبکشی تعیین شد (Agherkakli *et al.*, 2010). نمونه‌های خاک در پلاستیک قرار داده شد و بلافاصله پس از انتقال به آزمایشگاه، وزن مرطوب آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس در آون خشک شده و مجدداً وزن شد. سپس سه ویژگی فیزیکی خاک شامل وزن مخصوص ظاهری، درصد رطوبت و مجموع درصد پوکی مطابق روابط ۱ تا ۵ موجود در جدول (۲) محاسبه شده‌اند (Tan *et al.*, 2005).

در روابط جدول زیر وزن مخصوص حقیقی ۲/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب و حجم سیلندر هم ۱۹۶/۲۵ سانتی‌متر مکعب بوده است.

جدول ۲- روابط محاسبه ویژگی‌های فیزیکی خاک

ردیف	ویژگی‌ها فیزیکی خاک	رابطه
۱	وزن مخصوص ظاهری	حجم سیلندر (cm ³) ÷ وزن خاک خشک (g)
۲	درصد رطوبت	{(وزن خشک (g) ÷ (وزن خشک (g) - وزن مرطوب (g))} × ۱۰۰
۳	درصد پوکی	حجم سیلندر (cm ³) ÷ حجم آب‌وهوا
۴	حجم آب‌وهوا	حجم خاک - حجم سیلندر
۵	حجم خالص خاک	*گامای آب × وزن مخصوص حقیقی (g/cm ³) ÷ وزن خشک (g)

* چون با سیستم متریک کار شده، گامای آب یک است و از آن صرف‌نظر شده است.

ظاهری خاک در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار است.

مقایسه میانگین وزن مخصوص ظاهری خاک در تیمارهای مختلف نشان داده که بیشترین میزان وزن مخصوص ظاهری در جهت چوبکشی رو به بالا و در تردد ۱۰ برابر با ۱/۱۶۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب است که این مقدار به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها است. در حالی که در جهت رو به پایین و در همین سطح تردد میزان وزن مخصوص ظاهری ۱/۱۰۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب بوده است. کمترین میزان وزن مخصوص ظاهری در جهت چوبکشی رو به پایین و در تردد ۲ برابر با ۰/۹ بوده است که میزان آن در جهت رو به بالا در همین سطح تردد ۱/۰۱۷ شده است. شکل (۲) تأثیر تعداد تردد روی میزان وزن مخصوص ظاهری نشان داده است. همان‌طور که دیده می‌شود با افزایش سطح تردد میانگین وزن مخصوص ظاهری افزایش می‌یابد. نمونه شاهد قبل از تردد زتور برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی خاک برداشت شده است. اما بین سطوح تردد ۲ و ۶ از نظر میزان وزن مخصوص ظاهری اختلاف معنی‌دار وجود ندارد.

GLM، اثرات اصلی و اثرات متقابل تفکیک شد. در مواردی که تجزیه واریانس اثر اصلی یا متقابل را معنی‌دار نشان داد و در صورت همگنی واریانس‌ها از آزمون t جفتی (مقایسه بین دو جامعه آماری مانند مقایسه دو جهت چوبکشی) و توکی (مقایسه چند جامعه آماری مانند مقایسه بین سه سطح تردد) و در صورت عدم همگنی از آزمون دانن T3 استفاده شده است.

نتایج

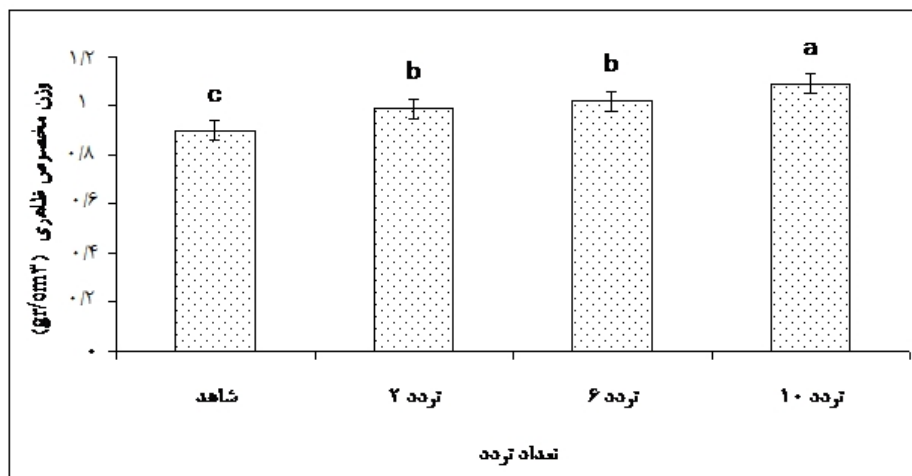
وزن مخصوص ظاهری

یکی از متغیرهای پاسخ برای اندازه‌گیری میزان کوبیدگی خاک وزن مخصوص ظاهری است که اثر متغیرهای مستقل جهت چوبکشی و تعداد تردد بر روی میانگین وزن مخصوص ظاهری خاک با استفاده از تحلیل واریانس دو طرفه در جدول (۳) نشان داده شده است. همان‌طور که دیده می‌شود اثرات اصلی و متقابل این دو متغیر بر تغییرات وزن مخصوص

جدول ۳- نتایج تحلیل واریانس مقادیر وزن مخصوص ظاهری خاک در جهات چوبکشی و سطوح تردهای مختلف

P	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	منبع تغییرات
۰/۰۰۰	۵۷/۰۴**	۰/۴۲۶	۱	۰/۴۲۶	جهت چوبکشی
۰/۰۰۰	۶۳/۲۳**	۰/۴۷۲	۳	۱/۴۱۵	تعداد تردد زتور
۰/۰۰۲	۴/۹۵**	۰/۰۳۷	۳	۰/۱۱۱	جهت × تردد
		۰/۰۰۷	۲۸۰	۲/۰۸	اشتباه آزمایشی
			۲۸۸	۲۹۴/۹۸۸	کل

*** معرف وجود تفاوت در سطح اعتماد ۹۹ درصد است.



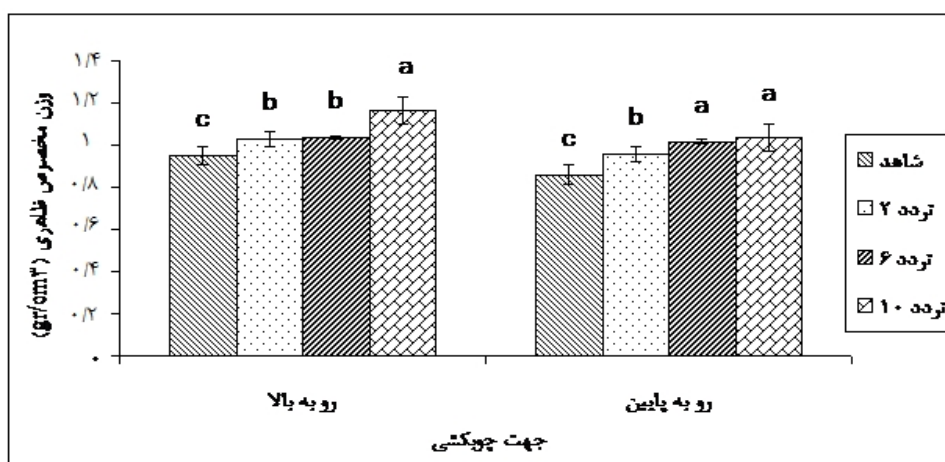
شکل ۲- اثر سطح تردد بر تغییرات وزن مخصوص خاک

در جهت رو به بالا بین سطوح تردد ۲ و ۶ از نظر میزان وزن مخصوص ظاهری تفاوت معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد وجود ندارد. در جهت رو به پایین نیز اختلاف بین سطوح تردد ۶ و ۱۰ معنی‌دار نیست (شکل ۳).

با توجه به جدول (۴) درصد افزایش وزن مخصوص ظاهری در پایان ۱۰ تردد در جهت رو به بالا بیشتر از جهت رو به پایین است. همچنین شدت افزایش وزن مخصوص ظاهری در هر دو جهت چوبکشی در ۲ تردد اول بیشتر از سایر ترددها است.

جدول ۴- میانگین وزن مخصوص ظاهری در طی ۱۰ تردد در دو جهت چوبکشی

جهت چوبکشی	شاهد	تردد ۲	تردد ۶	تردد ۱۰	افزایش وزن مخصوص ظاهری در طی ۱۰ تردد (%)
جهت رو به بالا	۰/۹۴	۱/۰۵	۱/۰۶	۱/۱۶	۲۳/۴
جهت رو به پایین	۰/۸۵	۰/۹۵	۱/۰۱	۱/۰۳	۲۱/۱۷



شکل ۳- اثر سطح تردد در تغییر میزان وزن مخصوص ظاهری خاک در دو جهت چوبکشی متفاوت

درصد رطوبت خاک

در منطقه مورد مطالعه، متوسط رطوبت خاک ۲۶/۲۱ درصد است. عملیات چوبکشی طی دو ماه در فصل تابستان انجام شده است و در طی این دو ماه بارندگی قابل توجهی (بیشینه ۴۰ میلی‌متر) رخ نداده است. با توجه به اینکه چوبکشی در جنگل در روزهای آفتابی و بدون بارندگی انجام می‌شود، لذا نمونه‌برداری خاک در روزهای خشک انجام شده و تا حدود زیادی تأثیر عامل میزان بارش کنترل شده است. نتایج تجزیه واریانس دو طرفه تغییرات درصد رطوبت خاک تحت تأثیر جهت چوبکشی، سطح تردد و اثر متقابل این متغیرها در جدول (۵) نشان داده شده است. با توجه به این جدول، اثرات اصلی این دو مؤلفه در تغییر درصد رطوبت خاک معنی‌دار است. ولی اثر متقابل جهت در سطح تردد در سطح احتمال ۹۵ درصد روی تغییر درصد رطوبت معنی‌دار نیست (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین میزان میانگین رطوبت خاک در جهت رو به بالا و تردد ۱۰ بدست آمده است که میزان آن برابر با ۹/۷۴ درصد است. در حالی که میزان رطوبت در جهت رو به پایین و در همین سطح تردد برابر با ۹/۹۱ است. بیشترین میزان رطوبت برابر با ۱۸/۸۱ و مربوط به تردد ۲ در جهت رو به پایین و طبقه شیب ۱۰-۰ درصد است. با

افزایش سطح تردد میزان رطوبت خاک کاهش یافته است که این روند در شکل (۴) دیده می‌شود. بین تیمار شاهد و تردد ۲ اختلاف معنی‌دار وجود دارد و این ترددها در دو زیرمجموعه a و b قرار گرفتند. اما ترددهای ۲ و ۶ با هم اختلاف معنی‌دار ندارند و هر دو در زیرمجموعه b قرار می‌گیرند. درصد رطوبت در تردد ۱۰ با ترددهای ۲ و ۶ تفاوت معنی‌دار دارد به طوری که این سطح تردد در زیرمجموعه c قرار گرفته است.

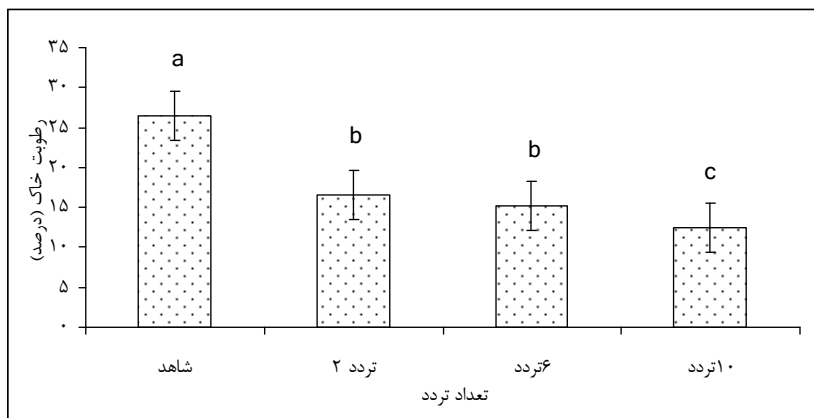
همان‌طور که در جدول (۶) دیده می‌شود با افزایش سطح تردد درصد رطوبت موجود در خاک کاهش می‌یابد که میزان کاهش در جهت رو به بالا (۵۷/۱۶ درصد) بیشتر از میزان کاهش رطوبت در جهت رو به پایین (۵۰/۶۸ درصد) است. در هر دو جهت چوبکشی بیشترین کاهش درصد رطوبت خاک در دو تردد اول رخ داده است.

همان‌طور که در شکل (۵) دیده می‌شود در جهت رو به بالا اگرچه با افزایش تعداد تردد رطوبت خاک کاهش می‌یابد، ولی تفاوت بین ترددهای ۲، ۶ و ۱۰ معنی‌دار نیست. در جهت رو به پایین بین ترددهای ۲ و ۶ تفاوت معنی‌دار وجود ندارد و بر اساس آزمون توکی هر دو در زیرمجموعه b قرار می‌گیرند.

جدول ۵- تحلیل واریانس مقادیر درصد رطوبت خاک در جهات چوبکشی و سطوح تردد مختلف

P	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	منبع تغییرات
۰/۰۰۰	۳۲/۷۱**	۱۰۰۹/۳۶	۱	۱۰۰۹/۳۶	جهت چوبکشی
۰/۰۰۰	۱۱۱/۹۰۴**	۳۴۵۲/۷۹	۳	۱۰۳۵۸/۳۹	تعداد تردد
۰/۵۱۶	۰/۷۶ ^{ns}	۲۳/۵۴	۳	۷۰/۶۳	جهت × تردد
		۳۰/۸۵	۲۸۰	۸۶۳۹/۳۶	اشتباه آزمایشی
			۲۸۸	۱۱۲۹۰۰/۲۴۱	کل

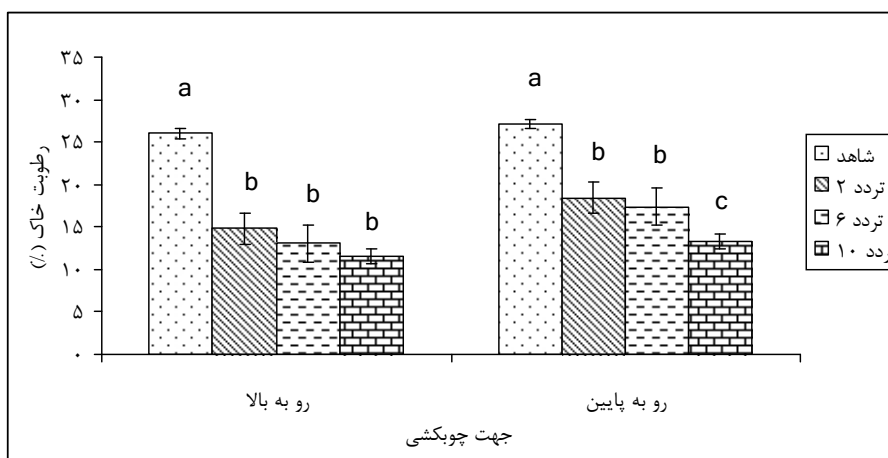
* معرف تفاوت معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۵ درصد، ** معرف تفاوت معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۹ درصد و ^{ns} معرف عدم وجود تفاوت در سطح اعتماد ۹۵ درصد است.



شکل ۴- اثر سطح تردد بر تغییرات درصد رطوبت خاک

جدول ۶- میانگین درصد رطوبت خاک در ۱۰ تردد در دو جهت چوبکشی

جهت چوبکشی	شاهد	۲ تردد	۶ تردد	۱۰ تردد	کاهش درصد رطوبت در طی ۱۰ تردد (%)
جهت رو به بالا	۲۶/۹۹	۱۴/۸۱	۱۳/۰۵	۱۱/۵۶	۵۷/۱۶
جهت رو به پایین	۲۷/۰۷	۱۸/۴۶	۱۷/۴	۱۳/۳۵	۵۰/۶۸



شکل ۵- اثر سطح تردد در تغییر درصد رطوبت خاک در دو جهت چوبکشی متفاوت

آن‌ها در تغییر مجموع درصد پوکی خاک تأثیر معنی- دار دارند.

مجموع درصد پوکی خاک

با توجه به جدول تجزیه واریانس دوطرفه (جدول ۷) متغیرهای جهت چوبکشی و سطح تردد و اثر متقابل

جدول ۷- تحلیل واریانس میزان درصد پوکی خاک در جهات چوبکشی و سطوح تردد مختلف

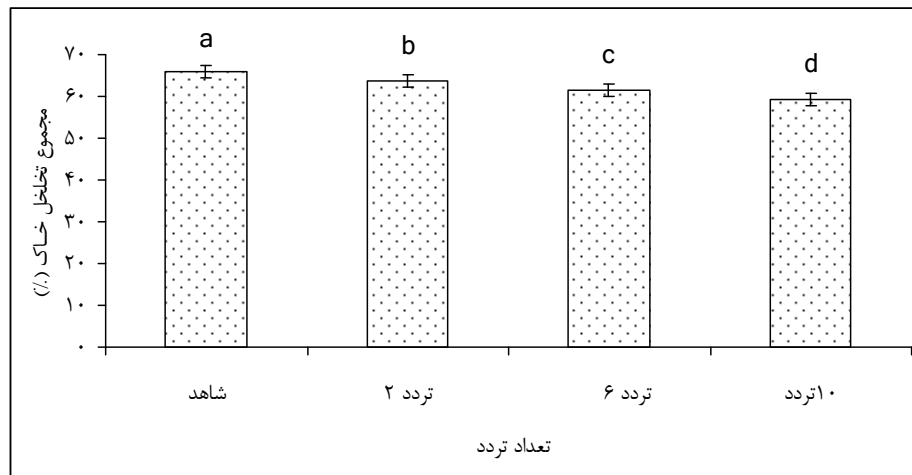
P	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	منبع تغییرات
۰/۰۰۰	۶۶/۷۷**	۵۹۵/۷۸	۱	۵۹۵/۷۸	جهت چوبکشی
۰/۰۰۰	۸۰/۱۳۱**	۷۱۴/۹۱	۳	۲۱۴۴/۷۵	تعداد تردد
۰/۰۰۰	۶/۵۵**	۵۸/۴۷	۳	۱۷۵/۴۲	جهت × تردد
		۸/۹۲	۲۸۰	۲۴۹۸/۱۴	اشتباه آزمایشی
			۲۸۸	۱۱۳۱۱۳۵/۴۷	کل

** معرف تفاوت معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۹ درصد و NS معرف عدم وجود تفاوت در سطح اعتماد ۹۵ درصد است.

آزمون توکی هر سطح تردد در زیرمجموعه جداگانه قرار گرفته است.

همان‌طور که در جدول (۸) نشان داده شده است میزان کاهش مجموع درصد پوکی در جهت چوبکشی رو به بالا بیشتر از جهت رو به پایین است. در جهت رو به بالا بیشترین کاهش در میزان درصد پوکی در بین تردد ۶ و ۱۰ اتفاق افتاده است. در حالی که در جهت رو به پایین شدت کاهش درصد پوکی در طی دو تردد اول از سایر ترددها بیشتر است.

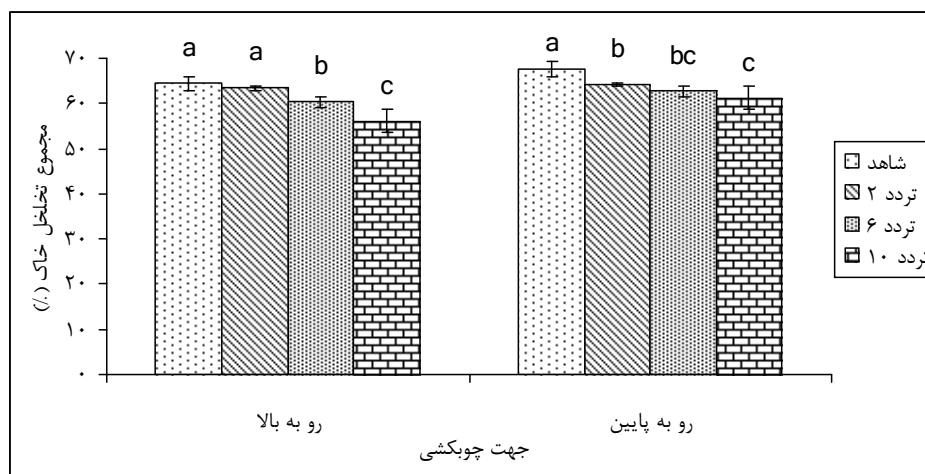
کمترین میزان مجموع درصد پوکی مربوط به جهت رو به بالا و تردد ۱۰ بوده که مقدار آن ۵۵/۷۵ درصد است و بیشترین میزان درصد پوکی در جهت رو به پایین و تردد ۲ برابر با ۶۶/۶۷ درصد بدست آمده است. همان‌طور که در شکل (۶) دیده می‌شود با افزایش سطح تردد مجموع درصد پوکی خاک کاهش پیدا می‌کند و تفاوت بین سطوح تردد در میزان درصد پوکی معنی‌دار است. طوری که بر اساس دسته‌بندی



شکل ۶- اثر سطح تردد بر تغییرات میزان درصد پوکی خاک

جدول ۸- مجموع درصد پوکی خاک در طی ۱۰ تردد در دو جهت چوبکشی

جهت چوبکشی	شاهد	تردد ۲	تردد ۶	تردد ۱۰	کاهش مجموع درصد پوکی خاک در طی ۱۰ تردد
جهت رو به بالا	۶۴/۴۵	۶۳/۳۹	۶۰/۳۶	۵۶/۱۱	۱۲/۹۴
جهت رو به پایین	۶۷/۶۴	۶۴/۲	۶۲/۷۳	۶۱/۲۴	۹/۴۶



شکل ۷- اثر تردد سطح تردد در تغییر میزان درصد پوکی خاک در دو جهت چوبکشی متفاوت

McNabb و Froehlich (۱۹۸۴)؛ Sasal و همکاران (۲۰۰۶)؛ Gomez و همکاران (۲۰۰۲)؛ Botta و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارد. یکی از عوامل بحرانی مؤثر بر مقدار کوبیدگی خاک، تعداد دفعات عبور ماشین از یک نقطه است. در پژوهش حاضر با افزایش تعداد تردد اسکیدر بر روی مسیر چوبکشی میزان کوبیدگی خاک افزایش معنی‌داری را نشان داده است. این نتیجه با مطالعه Naghdi و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد.

بر اساس نتایج بدست آمده بیشترین میزان کوبیدگی خاک با ۲ بار عبور اسکیدر از روی مسیر چوبکشی رخ داده است و عبورهای بعدی میزان کوبیدگی کمتری را به بار می‌آورد. بر اساس مطالعات Froehlich (۱۹۷۸) و Gayoso و Troume (۱۹۹۱) بیشترین مقدار کوبیدگی در ۳ بار اول عبور اتفاق می‌افتد. همچنین McNabb و همکاران (۲۰۰۱) نتیجه گرفتند که افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک تا تردد سوم معنی‌دار است و ادامه تردد موجب افزایش وزن مخصوص خاک نمی‌شود. ولی در مطالعه Majnoonian و Jourgholami (۲۰۱۰) بیشترین کوبیدگی در ترددهای ۵، ۸، ۱۰، ۱۵ اتفاق افتاده است و با نتایج این مطالعه همسویی ندارد. علت وقوع بیشترین کوبیدگی در تردد اولیه این است که با انجام

در جهت رو به بالا با ۲ بار تردد اسکیدر چرخ‌زنجیری زتور تغییر معنی‌داری در میزان درصد پوکی خاک نسبت به تیمار شاهد رخ نداده و هر دو در زیرمجموعه a قرار گرفته‌اند. میزان درصد پوکی در جهت رو به پایین و در سطح تردد ۶ به هر دو سطح ۲ و ۱۰ نزدیک است و متعلق به هر دو زیرمجموعه b و c است (شکل ۷).

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه نشان داده شده است که در پایان عملیات چوبکشی میزان وزن مخصوص ظاهری خاک نسبت به نمونه شاهد افزایش یافته است. زیرا نیروی وارده به خاک سبب تغییر مکان ذرات خاک و به هم پیوستن آن‌ها و به دنبال آن، افزایش وزن مخصوص ظاهری می‌شود. این یافته با مطالعات Jamshidi و همکاران (۲۰۰۸) و Horn و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد. همچنین طی عملیات چوبکشی میزان رطوبت و مجموع درصد پوکی خاک نسبت به نمونه شاهد کاهش یافته است. زیرا با عبور اسکیدر فشار حاصل از وزن اسکیدر و باری که حمل می‌کند، ذرات خاک را به هم نزدیک می‌کند و خلل و فرج‌های آب‌وهوا فشرده شده و ظرفیت نگهداری آب در خاک و مجموع درصد پوکی کاهش می‌یابد و از این لحاظ با مطالعات

جهت رو به بالا بار کاملاً روی زمین کشیده می‌شود و فشار بیشتری به عقب ماشین وارد می‌شود. چون وزن ماشین و بار نیرویی برخلاف جهت حرکت ماشین بر آن وارد می‌کند، در نتیجه سرعت حرکت ماشین در چوبکشی رو به بالا کمتر از جهت رو به پایین است و نیروی ناشی از لرزش و تنش‌های برشی چرخ در مدت زمان بیشتری به لایه سطحی خاک وارد می‌شود و به همین دلیل کوبیدگی در مسیر رو به بالا بیشتر است. بنابراین بهتر است چوبکشی در جهت رو به پایین انجام شود و دپو در قسمت پایین هر پارسل احداث شود.

۲ بار تردد، لایه مقاوم در خاک ایجاد شده و در تردهای بعدی این لایه، شدت کوبیدگی را کنترل کرده و افزایش کوبیدگی در تردهای بعدی با شدت کمتری انجام می‌شود. به عبارتی دیگر ظرفیت تحمل بار همزمان با افزایش تردد بیشتر می‌شود. نتایج نشان داد که میزان کوبیدگی خاک در جهت رو به بالا بیشتر از جهت رو به پایین است. این دستاورد با مطالعه Jourgholami و Majnoonian (۲۰۱۰) مطابقت دارد. در چوبکشی رو به بالا ممکن است اسکیدر مکرراً در یک نقطه ثابت بکسباد کند و باعث گلی شدن و کوبیدگی بیشتر در خاک می‌شود. در

منابع

1. Agherkakli, B., Najafi, A. and Sadeghi, S.H., 2010. Ground based operation effects on soil disturbance by steel tracked skidder in a steep slope of forest. *Journal of forest science*, 56(6): 278-284.
2. Ares, A., Terry, T.A., Miller, R.E., Anderso, H.W. and Flaming, B.L., 2005. Ground-based forest harvesting effects on soil physical properties and Douglas-Fir growth. *Soil Science Society of America Journal*, 69: 1822-1832.
3. Botta, G.F., Jorajuria, D., Rosatto, H. and Ferrero, C., 2006. Light tractor traffic frequency on soil compaction in the Rolling Pampa region of Argentina. *Soil and Tillage Research*, 86: 9-14.
4. Braunack, M.W., 2003. The residual effects of tracked vehicles on soil surface properties. *Journal of Terramechanis*, 23(1): 37-50.
5. Fisher, R.F. and Binkley, D., 1999. *Ecology and management of forest soil*, 3 edition. Canada, 499p.
6. Froehlich, H.A., 1978. Soil compaction from low ground-pressure, torsion-suspension logging vehicles on three forest soils. Res. Paper 36, Oregon State University, Forest Research Lab, 12p.
7. Froehlich, H.A. and McNabb, D.H., 1984. Minimizing soil compaction in Pacific Northwest forests. P. 159-192. In: E.L. Stone (ed) *Proc. Forest Soils and Treatment Impacts Conf.*, 1983. Univ. of Tennessee, Knoxville. TN.
8. Gayoso, J. and Iroume, A., 1991. Compaction and soil disturbances from logging in southern Chile. *Annual Science Forest*, 48: 63-71.
9. Gomez, A., Powers, R.F., Singer, M.J. and Horwath, W.R., 2002. Soil compaction effects on growth of young ponderosa pine following litter removal in California's Sierra Nevada. *Soil Science Society of America Journal*, 66: 1334-1343.
10. 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.
11. Huang, J., Lacey, S.T. and Ryan, P.J., 1996. Impact of forest harvesting of the hydraulic properties of surface soil. *Soil Science*, 161(2): 79-86.
12. 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.
13. Jourholami, M. and Majnoonian, B., 2010. Soil compaction and disturbance of wood skidding with wheeled skidder (Case Study: Forest Kheyrood). *Journal of Forest Iran*, 10(4): 287-298.
14. Marsili, A., Servadio, P., Pagliai, M. and Vignozzi, N., 1998. Changes of some physical properties of a clay soil following passage of rubber and metal-tracked tractors. *Soil and Tillage Research*, 49: 185-199.
15. 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 America Journal*, 65: 1238-1247.
16. Migunga, G.A., 1995. Effects of multiple log skidding tractor. 95 abs/ d3pap 41. Htm.
17. Naghdi, R., Bagheri, I., Akee, M. and Mahdavi, A., 2007. Soil compaction caused by 450C Timber Jack wheeled skidder (Shafarood forest, northern Iran). *Journal of Forest Science*, 53(7): 314-319.
18. 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.
19. Sasal, M.C., Andriulo, A.E. and Taboada, M.A., 2006. Soil porosity characteristics and water movement under zero tillage in silty soils in Argentinian Pampas. *Soil and Tillage Research*, 87: 9-18.

20. Tan, X., Scott, X.C. and Kabzems, R., 2005. Effect 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*, 217: 158-170.
21. Tan, X., Chang, S.X. and Kabzems, R., 2008. Soil compaction and forest floor removal reduced microbial biomass and enzyme activities in a boreal aspen forest soil. *Biological Fertility Soils*, 44: 471-479.
22. Unknown, 2007. Scheme Forestry Booklet Serie 2 Lavij (Nour), forests and rangelands Office, 250 p.
23. Wang, J., LeDoux, C.B. and Edwards, P., 2007. Changes in soil bulk density resulting from construction and conventional cable skidding using preplanned skid trails, *Northern Journal of Applied Forestry*, 24(1): 5-8.

Soil compaction rate caused by steel tracked skidder traffic in two skidding directions (Case study: Soordar Vatashan in Nour city)

- **H. Arya***; Islamic Azad University, Young Researchers and Elite Club, Nour Branch, Iran
- **N. Rafatnia**; Associate Professor, Forestry and Wood Technology Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources Gorgan University, Iran
- **A. Najafi**; Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modarres University, Iran
- **H. Habashi**; Assistant Professor, Forestry and Wood Technology Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan University, Iran
- **N. Gilanipoor**; Islamic Azad University, Young Researchers and Elite Club, Nour Branch, Iran

(Received: 26- Aug- 2013 Accepted: 29- Mar- 2014)

Abstract

Forest utilization is mostly associated with the harmful effects to forest ecosystem and changes in physical and chemical properties of soil and damages to the revival of natural and remaining trees. In this study, the rate of soil compaction on the skidding trails with steel tracked skidder LTT-100A is investigated by measuring some physical properties of soil (e.g. bulk density, moisture content and total porosity) in three classes of traffic in two skidding directions. The soil samples were taken by cylinder sampling method (cylinder 10 cm in length and internal diameter 5 cm) from a depth of 0-10 cm. The results showed that with increase of traffic on the skidding trails, rate of compaction increased significantly and the most compaction occurred at the second traffic of skidder. The amount of soil compaction on upward skidding was the more than downward. Thus skidding should be done in a downward direction and the landing will be constructed on the bottom of each compartment.

Keywords: soil compaction, steel tracked skidder LTT-100A, skidding directions, Soordar Vatashan forest.