مقایسه میزان کوبیدگی خاک در دو کلاسه شیب طولی در اثر تردد اسکیدر چرخ زنجیری زتور

حمید آریا[۱]، نصرت‌الله رأفت‌نیا[۲]، اکبر نجفی[۳]، هاشم حبشی[۴]، نجیبه گیلانی پور[۵]

تاریخ دریافت:۱۳۹۰/۶/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۸/۱۷

چکیده

خاک منبع بنیادی و ضروری جنگل است که برای تشکیل آن فرایندی طولانی مدت نیاز است و از طرفی یکی از مهم‌ترین اصول مدیریت خاک، پایداری دراز مدت حاصلخیزی آن است. ماشین‌آلاتی که در بهره-برداری جنگل بکار گرفته می‌شوند اکثرا ماشین‌آلات سنگینی می‌باشند که بکارگیری آنها بدون تخریب و آسیب جدی به خاک ممکن نیست. بنابراین در این مطالعه میزان کوبیدگی خاک در شیب‌های طولی متفاوت در اثر تردد اسکیدر چرخ زنجیری زتور بررسی شده است. در این تحقیق چوبکشی در پارسل ۱۰ و ۱۱A از سری ۳ سوردار – واتاشان مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌برداری خاک با استفاده از روش نمونه-برداری با سیلندر از عمق ۰-۱۰ سانتیمتری به دلیل تأثیرپذیری زیاد این افق از عملیات چوبکشی تعیین شد. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار Spss استفاده شده است. نتایج نشان داد که اثر متغیرهای شیب طولی و تعداد تردد بر روی میزان وزن مخصوص ظاهری خاک در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار می‌باشد. همچنین با افزایش کلاسه شیب طولی و افزایش تعداد تردد اسکیدر چرخ‌زنجیری زتور بر روی مسیر چوبکشی میزان وزن مخصوص ظاهری خاک افزایش می‌یابد. از طرف دیگر با افزایش تعداد تردد درصد رطوبت در مسیرهای چوبکشی کاهش یافت. طوری که میزان رطوبت خاک که در نمونه شاهد ۲۷/۰۳ درصد بوده است در طی ۱۰ تردد به ۱۲/۴۵ درصد کاهش یافته است. درصد کاهش رطوبت در کلاسه شیب ۲۰-۱۰ درصد بیشتر است. بنابراین بررسی میزان تغییرات خصوصیات فیزیکی خاک نشان می‌دهد که با افزایش شیب و تعداد تردد میزان کوبیدگی خاک افزایش پیدا می‌کند.

واژه‌های کلیدی: کوبیدگی خاک، وزن مخصوص ظاهری،درصد رطوبت خاک، شیب طولی مسیر، اسکیدر چرخ زنجیری زتور

[۱] - مسئول مکاتبات: دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده جنگلداری و فناوری چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
Hamid_Arya7@yahoo.com

[۲] - دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده جنگلداری و فناوری چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[۳] - استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

[۴] - استادیار گروه جنگلداری، دانشکده جنگلداری و فناوری چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[۵] - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده علوم دریایی و منابع طبیعی نور، دانشگاه تربیت مدرس

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

به طور کلی عملیات بهره‌برداری[1] همواره با اثرات تخریبی به اکوسیستم جنگلی همراه بوده است. ماشین‌آلاتی که در بهره‌برداری جنگل بکار گرفته می‌شوند اکثراً ماشین‌آلات سنگینی هستند که بکارگیری آن ها بدون تخریب و آسیب جدی به خاک ممکن نیست (Horn et al., 2004). خاک کارکردهای متفاوتی در اکوسیستم جنگل دارد که شامل واسطه‌ای برای رشد درختان، منبعی برای جذب مواد غذایی و آب توسط ریشه‌ها و لایه‌ای برای انتقال آب در سطح زمین است (Burger, 2004). آثار عملیات چوبکشی بر خاک‌های جنگلی به سه گروه اصلی تقسیم می‌گردد که شامل بهم‌خوردگی خاک، کوبیدگی خاک و ایجاد رد چرخ ماشین است (Rab et al., 2005؛ Cullen, 1991). کوبیدگی خاک منجر به تغییراتی در ساختمان و هیدرولوژی خاک می-شود: کاهش کل خلل و فرج به ویژه منافذ بزرگ (Ares et al., 2005)، افزایش استحکام خاک، کاهش مبادلات گازی و هوادیدگی خاک (Horn et al., 1994)، کاهش نفوذ آب (Froehlich & McNabb, 1984)، افزایش مقاومت به نفوذ (Ampoorter et al, 2007). مقدار و شدت بهم‌خوردگی خاک بسیار متفاوت است و بستگی به روش چوبکشی، تعداد عبور ماشین (Wang et al., 2007)، نوع ماشین (از نظر وزن، چرخ لاستیکی یا چرخ زنجیری بودن و ...) (Susnjar et al., 1984)، شیب، نوع خاک، فصل چوبکشی دارد.

یکی از ویژگیهای فیزیکی خاک وزن مخصوص ظاهری است که نسبت وزن کل خاک به حجم کل خاک تعریف می‌شود. وزن مخصوص ظاهری بر حسب بافت، ساختمان، فشردگی و رطوبت خاک متفاوت است. به طوری که خاک های شنی، سبک و درشت بافت نسبت به خاک های رسی، سنگین و ریز بافت دارای وزن مخصوص ظاهری بیشتری هستند که این امر موجب کم شدن خلل و فرج بین ذرات و زیاد شدن جرم مخصوص ظاهری خاک می‌گردد. زمانی که خاک تحت تأثیر نیرویی قرار می‌گیرد ذرات جامد خاک بهم نزدیک شده و وزن مخصوص ظاهری خاک افزایش می یابد که به این حالت کوبیدگی خاک گفته می‌شود. به عبارت دیگر کوبیدگی به عنوان نخستین پیامد تردد اسکیدرها فرآیندی است که درآن ذرات خاک در پاسخ به نیروی اعمال شده شکل ساختاری جدیدی به خود می‌گیرند (Rab et al.,۲۰۰۵). یکی دیگر از ویژگی های که می توان با آن میزان کوبیدگی خاک را اندازه گرفت درصد رطوبت است. Migunga (۱۹۹۵) اثرات تردد اسکیدرهای چوبکشی در جرم مخصوص ظاهری خاک در جنگلهای حاره‌ای تانزانیا در سه محوطه جنگلی که قطع یکسره شده بودند مورد اندازه گیری قرار داد. در این تحقیق جرم مخصوص ظاهری پس از تردد پنجم و دهم مورد اندازه‌گیری قرار گرفت و معلوم شد که این میزان از ۰/۸۷ گرم بر سانتیمترمکعب در تیمار شاهد به ترتیب به ۱/۵۳ و ۱/۵۸ گرم بر سانتیمتر مکعب در ترددهای پنجم و دهم افزایش یافته است.

این مطالعه به دنبال آن است که با در نظر گرفتن روند تدریجی تغییرات در کوبیدگی خاک، میزان تغییرات وزن مخصوص ظاهری خاک و درصد رطوبت خاک را در شیب‌های مختلف در اثر تردد اسکیدر چرخ زنجیری زتور بررسی کند.

[1] . Logging

Archive of SID

www.SID.ir

روش تحقیق

این تحقیق درپارسل۱۰و ۱۱A در سری ۳ جنگل‌های لاویج در استان مازندران انجام شده است که ارتفاع از سطح دریا ۱۵۰ متر می‌باشد. حداکثر درجه حرارت ۴۵ و حداقل ۱۵درجه سانتیگراد است و با توجه به فرمول دومارتن ضریب خشکی سالیانه این منطقه ۱۳/۳۱ می‌باشد و در نتیجه این سری جزء مناطق مرطوب می-باشد. سنگ مادر از نوع آهک ماسه‌ای، خاک عمیق، میزان نفوذپذیری خاک ضعیف تا متوسط و بافت خاک سنگین تا کمی سنگین می‌باشد (بی‌نام، ۱۳۸۶). روش بهره‌برداری آن به صورت قطع دستی و تبدیل درختان با اره موتوری و انتقال تنه‌ها ،گرده‌بینه‌ها و هیزم ازعرصه قطع به دپو توسط اسکیدر زتور[1] ، قاطر و اسب انجام گرفته است. چوبکشی و نمونه‌برداری در روزهای آفتابی، در تیر و مرداد ماه سال ۱۳۸۹ انجام گرفته است. حجم گرده‌بینه‌ای که در هر سیکل به وسیله زتور کشیده شده تقریبا با هم برابر است. مسیرهای چوبکشی با استفاده از شیب‌سنج سونتو در دو کلاسه شیب ۰-۱۰درصد و ۱۰-۲۰ درصد تقسیم‌بندی شدند. تیمارهای مورد مطالعه از ترکیب سه کلاسه تردد (۲، ۶ و ۱۰) و دو کلاسه شیب طولی (۰-۱۰ درصد و ۱۰-۲۰ درصد) بدست آمدند. پارامترهای مورد مطالعه در هر تیمار در پلات‌هایی به ابعاد ۱۰ متر طول و ۴ متر عرض در سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفتند. برای نقاط شاهد، قبل از اینکه ترددی در این مسیرها انجام گیرد، نمونه‌برداری صورت گرفت. وزن مخصوص ظاهری خاک با استفاده از روش نمونه-برداری با سیلندر (طول سیلندر ۱۰ سانتیمتر و قطر داخلی ۵ سانتیمتر) از عمق ۰-۱۰ سانتیمتری به دلیل تأثیرپذیری زیاد این افق از عملیات چوبکشی تعیین شد (lacey و Ryan، ۲۰۰۰؛ Fernandez و همکاران، ۲۰۰۲؛ Demir و همکاران ، ۲۰۰۷).

روش تجزیه و تحلیل

برای مطالعه خصوصیات فیزیکی خاک مسیر اسکیدررو از نمونه‌برداری تصادفی استفاده شده است. این تحقیق در قالب طرح آزمایشی فاکتوریل بوده است. شیب طولی مسیر، تعداد تردد و اثر متقابل شیب در تعداد تردد به عنوان متغیرهای مستقل درنظر گرفته شده‌اند و وزن مخصوص ظاهری و درصد رطوبت خاک متغیر پاسخ می‌باشند. به منظور تجزیه و تحلیل داده-های جمع‌آوری شده از منطقه مورد مطالعه، از نرم افزارهای Excel و SPSS استفاده شده است. ابتدا به وسیله آزمون کولموگروف- اسمیرنف میزان تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال بررسی گردید. در صورت نرمال بودن داده‌ها، با کمک تجزیه واریانس GLM (General linear model)، 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 توکی (مقایسه چند جامعه آماری مانند مقایسه بین سه سطح تردد) و در صورت عدم همگنی از آزمون دانت-T3 استفاده شده است.

نتایج

وزن مخصوص ظاهری:

اثر متغیرهای شیب و تعداد تردد بر روی میانگین وزن مخصوص ظاهری خاک با استفاده از آنالیز واریانس ۲ طرفه در جدول ۱ نشان داده شده

[1] . Steel tracked skidder LTT-100A

Archive of SID

www.SID.ir

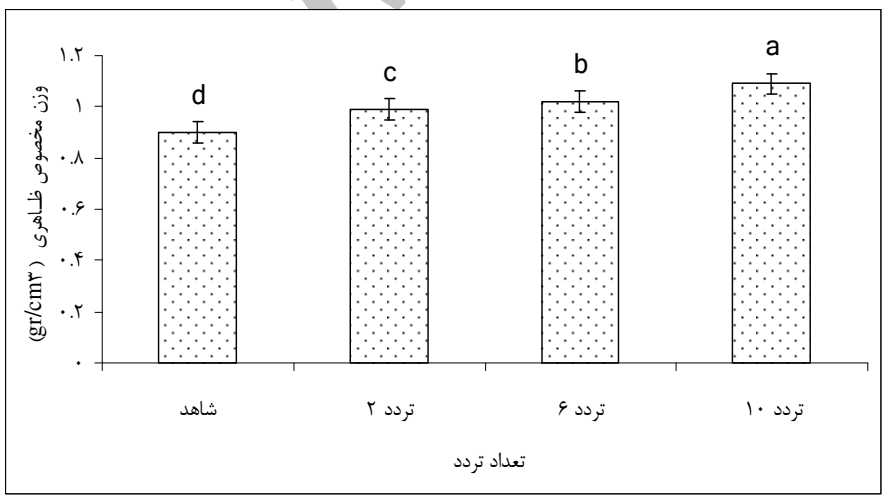
است. همانطور که دیده می‌شود اثرات اصلی این متغیرها بر تغییرات وزن مخصوص ظاهری خاک معنی‌دار است. اما اثر متقابل شیب در تعداد تردد بر میزان کوبیدگی خاک در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار نیست.

جدول ۱- نتایج آنالیز واریانس مقادیر وزن مخصوص ظاهری خاک در جهات چوبکشی، شیب و ترددهای متفاوت

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	P
شیب طولی مسیر	۰/۴۶۳	۱	۰/۴۶۳	۹۱/۱۶**	۰/۰۰۰
تعداد تردد زتور	۱/۴۱۵	۳	۰/۴۷۲	۹۲/۸۲**	۰/۰۰۰
شیب × تردد	۰/۰۰۸	۳	۰/۰۰۳	۰/۵۱ ns	۰/۶۷۰
اشتباه آزمایشی	۱/۳۸۲	۲۷۲	۰/۰۰۵		
کل	۲۹۴/۹۸۸	۲۷۹			

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

مقایسه میانگین وزن مخصوص ظاهری خاک در تیمارهای مختلف نشان داده که بیشترین میزان وزن مخصوص ظاهری در طبقه شیب ۲۰-۱۰ درصد و تردد ۱۰ به میزان ۲/۲۷۵ گرم بر سانتی-متر مکعب است که این مقدار به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها است. کمترین میزان وزن مخصوص ظاهری در طبقه شیب ۱۰-۰ و تردد ۲ برابر با ۱/۹۱۷ بوده است. شکل ۱ تأثیر تعداد تردد بر روی میزان وزن مخصوص ظاهری نشان می‌دهد. همانطور که دیده می‌شود در بین سطوح مختلف از نظر میزان وزن مخصوص ظاهری اختلاف معنی‌دار وجود دارد و با افزایش سطح تردد میانگین وزن مخصوص ظاهری افزایش می-یابد.



شکل ۱- اثر سطح تردد بر تغییرات وزن مخصوص خاک

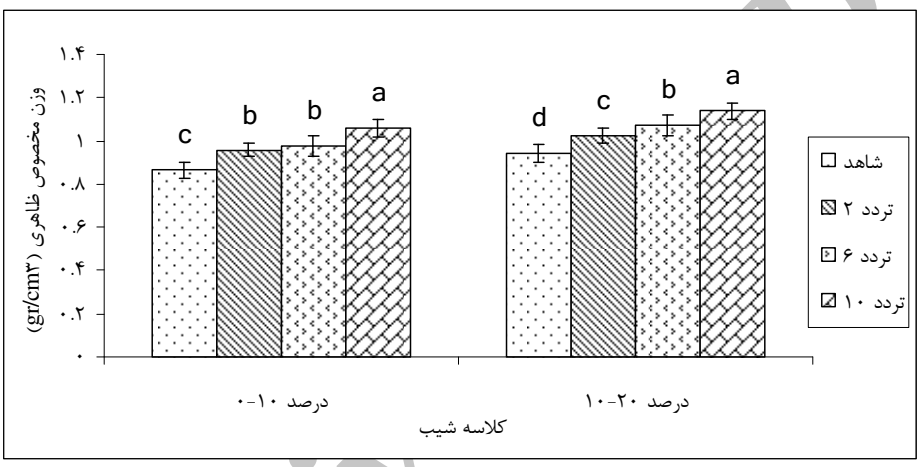
با توجه به جدول ۲ در هر کلاسه شیب با افزایش سطح تردد میزان وزن مخصوص ظاهری افزایش می‌یابد. میزان افزایش این شاخص در پایان ۱۰ تردد در کلاسه شیب ۱۰-۰ درصد برابر با ۲۰/۵۱ درصد و در کلاسه شیب ۲۰-۱۰ درصد معادل ۲۲/۵۸ درصد بدست آمده است. بنابراین میزان کوبیدگی خاک در کلاسه شیب ۲۰-۱۰ درصد بیشتر است.

www.SID.ir

جدول ۲- میانگین وزن مخصوص ظاهری در طی ۱۰ تردد در دو کلاسه شیب

کلاسه شیب	شاهد	۲ تردد	۶ تردد	۱۰ تردد	افزایش وزن مخصوص ظاهری در طی ۱۰ تردد (٪)
۱۰-۰ درصد	۰/۸۷	۰/۹۵	۰/۹۷	۱/۰۳	۲۰/۵۱
۲۰-۱۰ درصد	۰/۹۳	۱/۰۲	۱/۰۷	۱/۱۴	۲۲/۵۸

در کلاسه شیب ۱۰-۰ درصد بین سطوح تردد ۲ و ۶ اختلاف معنی‌دار وجود ندارد و هر دو سطح در زیرمجموعه b قرار گرفته‌اند. اما در کلاسه شیب ۲۰-۱۰ درصد بین همه سطوح تردد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. طوری که هر سطح تردد در یک زیرمجموعه مجزا قرار می‌گیرد (شکل ۲).



شکل ۲- اثر سطح تردد بر تغییرات میزان وزن مخصوص ظاهری در دو کلاسه شیب متفاوت

درصد رطوبت خاک:

در منطقه مورد مطالعه، متوسط رطوبت خاک ۲۶/۲۱ درصد می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس دو طرفه تغییرات درصد رطوبت خاک تحت تأثیر شیب، سطح تردد و اثر متقابل این متغیرها در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به این جدول، اثرات اصلی متغیرها و اثر متقابل آنها در تغییر درصد رطوبت خاک معنی‌دار است.

جدول ۳- آنالیز واریانس مقادیر درصد رطوبت خاک در شیب و ترددهای متفاوت

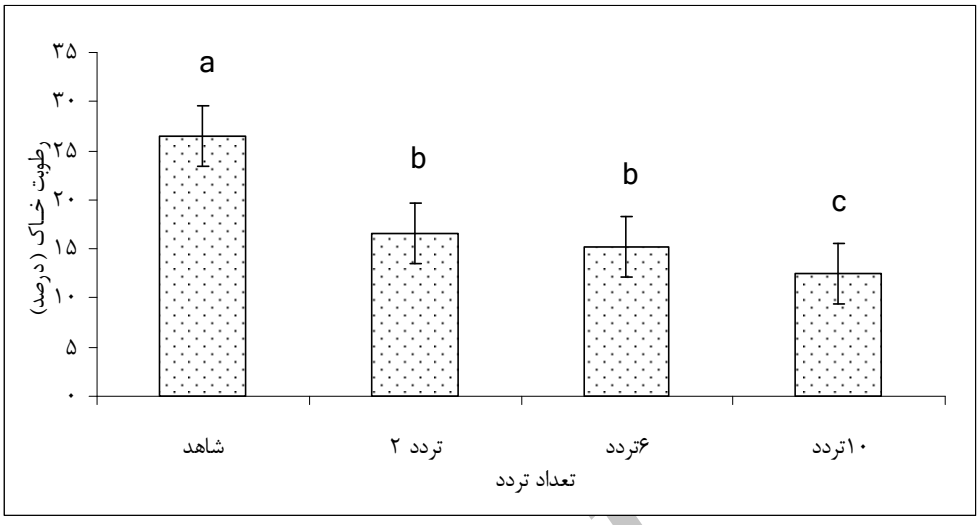
منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	P
شیب طولی مسیر	۱۶۴۵/۰۲	۱	۱۶۴۵/۰۲	۸۳/۹**	۰/۰۰۰
تعداد تردد	۱۰۳۵۸/۳۹	۳	۳۴۵۲/۷۹	۱۷۶/۱۱**	۰/۰۰۰
شیب × تردد	۱۲۸۵/۹۶	۳	۴۲۸/۶۵	۲۱/۸۶**	۰/۰۰۰
اشتباه آزمایشی	۵۳۳۲/۵۷	۲۷۲	۱۹/۶		
کل	۱۱۲۹۰۰/۲۴۱	۲۸۷			

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

Archive of SID

www.SID.ir

با افزایش سطح تردد میزان رطوبت خاک کاهش و در نتیجه کوبیدگی خاک افزایش یافت که این روند در شکل ۳ 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.



شکل ۳- اثر سطح تردد بر تغییرات درصد رطوبت خاک

با توجه به جدول ۴ با افزایش تعداد تردد در هر کلاسه شیب میزان رطوبت کاهش می‌یابد. در کلاسه شیب ۱۰-۰ درصد میزان کاهش رطوبت تقریبا ۴۶ درصد بوده، درحالیکه در کلاسه بعدی حدود ۵۹ درصد کاهش رطوبت نشان داده شده است. بنابراین میزان کوبیدگی خاک در کلاسه شیب ۲۰-۱۰ درصد بیشتر می‌باشد.

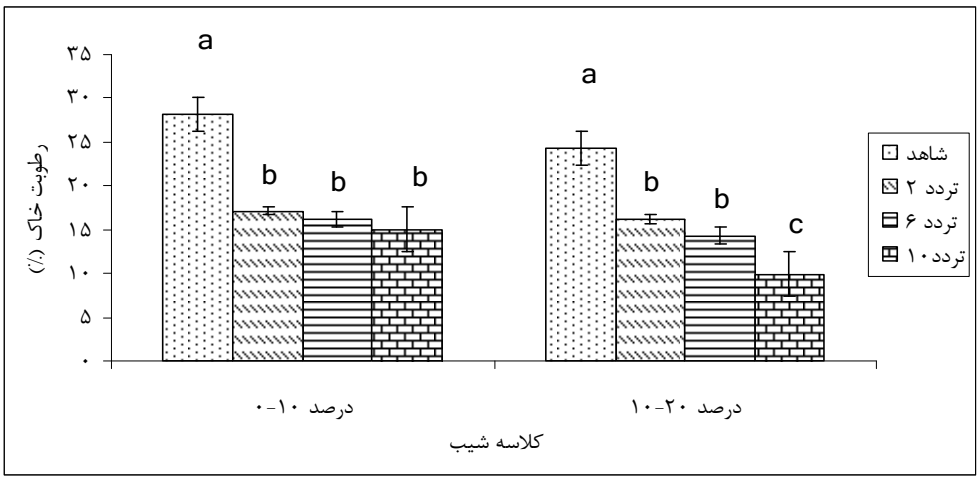
جدول ۴ میانگین درصد رطوبت خاک در ۱۰ تردد در دو کلاسه شیب

کلاسه شیب	شاهد	۲ تردد	۶ تردد	۱۰ تردد	کاهش درصد رطوبت در طی ۱۰ تردد (٪)
۱۰-۰ درصد	۲۸/۱۸	۱۷/۱۴	۱۶/۱۲	۱۴/۹۹	۴۶/۸
۲۰-۱۰ درصد	۲۴/۲۵	۱۶/۱۳	۱۴/۳۳	۹/۹۲	۵۹/۰۹

روند تغییرات درصد رطوبت خاک در هر کلاسه شیب در شکل ۴ نشان داده شده است. در کلاسه شیب ۱۰-۰ درصد فقط بین تیمار شاهد و سایر ترددها اختلاف معنی‌دار وجود دارد و دو زیرمجموعه a و b تشکیل می‌شود. در کلاسه شیب ۲۰-۱۰ درصد بین ترددهای ۲ و ۶ تفاوت معنی‌دار وجود ندارد و هر دو تردد در زیرمجموعه b قرار می‌گیرند.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۴ اثر سطح تردد بر تغییرات درصد رطوبت در دو کلاسه شیب متفاوت

بحث

در این مطالعه نشان داده شده است که در پایان عملیات چوبکشی میزان وزن مخصوص ظاهری خاک نسبت به نمونه شاهد افزایش یافته است. از آنجایی که نیروی وارده به خاک سبب تغییر مکان ذرات خاک شده و اثرات کوبیدگی و تنش‌های برشی به دنبال آن ایجاد می‌شود، سبب نزدیک شدن و بهم پیوستن ذرات خاک و به دنبال آن، افزایش وزن مخصوص ظاهری می‌شود. این یافته با نتایج مطالعات Jamshidi, ۲۰۰۸؛ ۲۰۰۷ Horn et al, و توانکار ۱۳۸۸ مطابقت دارد.

یکی از عوامل بحرانی موثر بر مقدار کوبیدگی خاک، تعداد دفعات عبور ماشین از یک نقطه است. در تحقیق حاضر با افزایش تعداد تردد اسکیدر بر روی مسیر چوبکشی میزان وزن مخصوص ظاهری افزایش معنی‌داری را نشان داده است. چون با افزایش تردد بر روی خاک جنگلی، ساختمان خاک بهم فشرده و کوبیده می‌شود. این نتیجه با مطالعات Naghdi et al, ۲۰۰۷؛ لطفعلیان، ۱۳۷۵ و جورغلامی، ۱۳۸۹ مطابقت دارد. در مطالعه Agherkakli در سال ۲۰۱۰ نیز نشان داده شده که با انجام عملیات چوبکشی میزان وزن مخصوص ظاهری خاک افزایش می‌یابد.

نتایج نشان داد که میزان کوبیدگی خاک در مسیرهای دارای شیب بالاتر، بیشتر از مسیرهای با شیب کمتر است. طوری که کمترین وزن مخصوص ظاهری مربوط به کلاسه شیب ۱۰ -۰ درصد (با ۲ بار تردد) می‌باشد و بیشترین وزن مخصوص ظاهری مربوط به کلاسه شیب ۲۰ – ۱۰ درصد (با ۱۰ بار تردد) می‌باشد. زیرا توزیع نامتوازن وزن اسکیدر بر روی محور عقب و جلو و غلتیدن اسکیدر در مسیرهای با شیب طولانی و عرض بیشتر سبب می‌شود که حداکثر بار دینامیکی به سطح زمین وارد شود (۲۰۰۸ Jamshidi et al,). همچنین در مسیرهای که شیب کمتری دارند راننده اسکیدر می‌تواند مسیرهای مختلفی را برای چوبکشی انتخاب کند و در نتیجه نمی‌توان تعداد تردد را روی یک نقطه ثابت دقیقاً اندازه‌گیری کرد. این یافته با تحقیقات Naghdi et al, ۲۰۰۹؛ Agherkakli, ۲۰۱۰ و Moore, ۱۹۹۲ مطابقت دارد. کاهش سرعت اسکیدر در مسیرهای شیب‌دار می‌تواند از دلایل دیگر تشدید کوبیدگی در این مسیرها باشد

Archive of SID

www.SID.ir

(سلگی، ۱۳۸۶). یکی از ویژگیهای اسکیدر چرخ زنجیری (زتور) زیاد بودن سطح تماس ماشین با خاک است. در نتیجه فشار وارده به ازای سطح در این نوع اسکیدرها کمتر است. بنابراین در هنگام حرکت بر روی مسیرهای مسطح فشار وارده بر خاک در طول چرخ (زنجیر) یکسان است. اما در مناطق شیب‌دار فشار از مرکز ثقل ماشین به قسمت عقب انتقال می‌یابد و در این صورت فشار زیادی بر خاک اعمال شده و کوبیدگی خاک در این حالت بیشتر خواهد بود.

در طی عملیات چوبکشی میزان رطوبت خاک نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت. زیرا با عبور اسکیدر فشار حاصل از وزن اسکیدر و باری که حمل می‌کند، ذرات خاک را بهم نزدیک کرده و محفظه‌های آبی که در خاک وجود دارد فشرده شده و ظرفیت نگهداری آب در خاک کاهش می یابد. به طوری که کمترین درصد رطوبت خاک در تردد۱۰ و کلاسه شیب ۲۰ – ۱۰ درصد رخ داده است. بنابراین کوبیدگی خاک، ظرفیت رطوبتی خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد و از این نظر با مطالعه McNabb and Froehlich, ۱۹۸۴ مطابقت دارد. با افزایش تعداد تردد درصد رطوبت در مسیرهای چوبکشی کاهش یافت. طوری که میزان رطوبت خاک که در نمونه شاهد ۲۷/۰۳ درصد بوده است در طی ۱۰ تردد به ۱۲/۴۵ درصد کاهش یافته است. Nugent et al (۲۰۰۳) نیز نتیجه گرفتند که درصد رطوبت با زیاد شدن تعداد عبور کاهش می‌یابد. شدت کاهش درصد رطوبت خاک در اثر تردد در ابتدا زیاد بوده و بتدریج کمتر می‌شود. در این مطالعه با انجام ۲ بار تردد بر روی مسیرها به طور متوسط ۱۰/۵ درصد میزان رطوبت کاهش یافته است. ولی بین تردد ۲ و ۶ حدود ۱/۵ درصد کاهش رطوبت مشاهده شده است. دلیل این امر را می‌توان اینطور توجیه کرد که با انجام ۲ بار تردد حفره-های آب موجود در خاک فشرده شده و ظرفیت رطوبت خاک کاهش می‌یابد. حال آنکه مقدار آبی که در داخل این حفرات کوچک محبوس شده‌اند، مقاومت خاک را در برابر کوبیدگی افزایش می-دهند و در ترددهای بعدی میزان کاهش رطوبت خاک با شدت کمتری انجام گرفته است.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

۱-بی‌نام، ۱۳۸۶، کتابچه طرح جنگلداری سری ۲ لاویج (نور)، سازمان جنگل و مراتع کشور.
۲-توانکار، ف.، مجنونبان، ب.، اسلام بنیاد، ا. ۱۳۸۸. بررسی آثار بهره‌برداری بر زادآوری و فشردگی خاک جنگل در سیستم چوبکشی زمینی (مطالعه موردی جنگل اسالم استان گیلان). علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۸: ۴۵۶-۴۴۹.
۳-جورغلامی، م.، مجنونیان، ب. ۱۳۸۹. کوبیدگی و بهم‌خوردگی خاک جنگل در اثر خروج چوب با اسکیدر چرخ لاستیکی (مطالعه موردی:جنگل خیرود). مجله جنگل ایران، سال دوم، شماره ۴، صفحه ۲۸۷-۲۹۸.
۴-سلگی، ا. ۱۳۸۶. ارزیابی میزان تخریب خاک جنگل توسط اسکیدر HSM904. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۰۲ ص.
۵-لطفعلیان، م.، رأفت‌نیا، ن.، سبحانی، ه. ۱۳۸۴. بررسی اثر چوبکشی توسط اسکیدر چرخ لاستیکی تاف (655E) در فشردگی خاک. پژوهشنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خزر، سال اول، شماره دوم، صفحات ۷۰-۶۳.
6-Agherkakli, B., A. Najafi, S.H. Sadeghi, 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.
7-Ampoorter, E., R. Goris, W.M. Cornelis & K. Verheyen, 2007. Impact of mechanized logging on compaction status of sandy forest soils, Forest Ecology and Management, 241: 162-174.
8-Ares, A., T.A. Terry, R.E. Miller, H.W. Anderso & B.L. Flaming, 2005. Ground-Based Forest Harvesting Effects on Soil Physical Properties and Douglas-Fir Growth, Soil Science Society of America Journal, 69: 1822-1832.
9-Burger, J.A., 2004. Soil and its Relationship to Forest Productivity and Health, In: Encyclopedia of forest sciences, eds. Burley, J., Evans, J., Youngquist, J.A., Oxford, UK: Elsevier, p: 1189-1195.
10-Cullen, S. J., 1991. Timber Harvest Trafficking and Soil Compaction in Western Montana, Soil Science Society of America Journal, 55: 1416-1421.
11-Demir,M., Makineci, E.,Yilmaz, E., 2007. 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, 42, 1194-1199.
12-Fernandez, R.A., Mac Donagh, P.M., Lupi, A.M., Rodolfo, M., Pablo, C., 2002. Relations between soil compaction and plantation growth of a 8 years-old Lobolly pine second rotation, in Misiones, Argentine. Written for presentation at the 2002 ASAE annual international meeting /CIGR XVth world congress sponsored by ASAE and CIGR Hyatt Regency Chicago Chicago, Illinois, USA. Paper Namber: 025012, July 28-31.
13-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.
14-Horn, R., H. Taubner, M. Wuttke & T. Baumgartl, 1994. Soil physical properties related to soil structure, Soil and Tillage Research, 30: 187-216.
15-Horn, R., Vossbrink, J., Becker, S., 2004.Modern forestry vehicles and their impacts on soil physical properties. Soil and Tillage Research, 79 (2), 207-219.
16-Horn, R., J. Vossbrink, S. Peth & S. Becker, 2007. Impact of modern forest vehicles on soil physical properties, Forest Ecology and Management, 248: 56-63.
17-Jamshidi, R., D. Jaeger, N. Raafatnia & M. Tabari, 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.

Archive of SID

www.SID.ir

18-Lacey, S.T., Ryan, P.J., 2002. Cumulative management impacts on soil physical properties and early growth of pinos radiate. Forest Ecology and Management, 138,321-333.
19-Migunga, G.A. 1995. Effects of Multiple Log Skidding Tractor. 95 abs/ d3pap 41. Htm.
20-Moore, D., 1992. Length slop factors for the Revised Universal Soil Loss Equation: Simplified method of estimation, Journal of Soil and water Conservation, 47 (5): 423- 428.
21-Naghdi, R., I. Bagheri, M. Akee, A. Mahdavi, 2007. Soil compaction caused by 450C Timber Jack wheeled skidder (Shefarood forest, northern Iran), Journal of forest science, 53 (7): 314-319.
22-Naghdi, R., I. Bagheri, M. Lotfalian, B. Setodeh., 2009. Rutting and soil displacement caused by 450C Timber Jack wheeled skidder (Asalem forest northern Iran), Journal of forest science, 55 (4): 177-183.
23-Rab, M.A, F.J. Bradshaw, R.G. Campbell & S. Murphy, 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 p.
24-Susnjar, M., D. Horvat & J. Seselj, 2006. Soil compaction in timber skidding in winter conditions, Croation Journal of Forest Engineering, 27 (1):3-15.
25-Wang, J., C.B. LeDoux & P. Edwards, 2007. Changes in soil bulk density resulting from construction and conventional cable skidding using preplanned skid trails, Northern Journal of Applied F

Archive of SID

www.SID.ir