دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

اثرات زیست محیطی تردد اسکیدر و جهت‌های چوب‌کشی بر فشردگی خاک و وضعیت استقرار تجدیدحیات طبیعی در جنگل‌های چوب فریم

سیدرضا مصطفی نژاد[۱]، محمدرضا پورمجیدیان[۲]، کامبیز اسپهبدی[۳] و علی اقتصادی[۴]

۱- مربی پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات وآموزش کشاورزی ومنابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران (نویسنده مسوول: m.seyedreza@yahoo.com)
۲- دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، ایران
۳- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات وآموزش کشاورزی ومنابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران
۴- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌هاو مراتع، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۷/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۷/۴/۱۱
صفحه:: ۲۲ تا ۳۰

چکیده

فشردگی خاک جنگل در اثر به کارگیری ماشین‌آلات چوب‌کشی و قدرت و وزن بالای آنها بوده و سبب تغییرات در خصوصیات فیزیکی خاک می‌شود. کاهش رویش درخت در اغلب بررسی‌های انجام شده از بیشترین آثار منفی تردد ماشین چوب‌کشی است. هدف این تحقیق بررسی اثرات تعداد تردد اسکیدر در جهت‌های مختلف چوب‌کشی (چوب‌کشی رو به بالا و چوب‌کشی رو به پایین) بر فشردگی خاک و استقرار نهال‌های جنگلی انجام گرفت، که با استفاده از اسکیدر چرخ لاستیکی تیمبرجک ٤٥٠C در دو پارسل ۹ و ۱۱ سری دهمیان، شرکت سهامی و بهره‌برداری چوب فریم اجراء گردید. تعداد تردد در پنج سطح (صفر بار (شاهد) ۱ تا ۵، ٦ تا ۱۰، ۱۱ تا۱۵ و بیش از ۱۵ بار تردد) و جهت‌های چوب‌کشی در دو سطح (چوب‌کشی به بالا و چوب‌کشی به پایین) اندازه‌گیری شدند. بعد از عملیات چوب‌کشی، در داخل مسیر قطعات نمونه مربع شکل به مساحت ۹ مترمربع پیاده گردید. وزن مخصوص ظاهری خاک، تراکم و حجم ریشه نهال نیز دراین قطعات در محل شاهد و رد چرخ اسکیدر بررسی گردید. نتایج نشان داد که بیشترین افزایش وزن مخصوص ظاهری درترددهای اولیه (۱ تا۵ تردد) اتفاق افتاده است، افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک در اثرچوب‌کشی تا عمق ۳۰ سانتی‌متری نیزقابل توجه است. فشردگی خاک در چوب‌کشی رو به بالا بیشتر (۱/۲٤ gr/cm^3) از چوب‌کشی رو به پایین (۱/۱۹ gr/cm^3) است. جهت‌های چوب‌کشی رو به بالا و رو به پایین دامنه روی تراکم نهال‌ها تاثیری نداشت. تعداد تردد بیش از ۱۰ بار در هر دو جهت چوب‌کشی (به بالا وپایین) باعث کاهش تعداد و رشد نهال گردید. تعداد تردد مجاز در چوب‌کشی رو به بالا ۸-۷ بار و در چوب‌کشی رو به پایین ۱۲-۱۱ بار تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی: استقرار نهال، جهت چوب‌کشی، حجم ریشه، وزن مخصوص

مقدمه

عملیات بهره‌برداری مکانیزه در جنگل‌ها سبب فشردگی خاک می‌شود که اثرات عمیقی در خاک‌های جنگلی داشته و نقش تعیین‌کننده‌ای در استقرار تجدید حیات در جنگل دارد. فشردگی خاک بر روی رشد کمی و زنده‌مانی نهال‌ها در جنگل تاثیر دارد به‌طوری‌که در خاک‌های با بافت سیلتی رشد و زنده‌مانی کاهش معنی‌داری نسبت به خاک‌های لومی و شنی داشته، و ریشه نهال‌ها قدرت و توانایی نفوذ در چنین خاک‌هایی را ندارند، بنابر این عملیات بهره‌برداری باید متمرکز شود به زمانی که حداقل فشردگی و بالاترین بهره‌وری از خاک را داشت (۱). در دهه‌های اخیر نیز استفاده از ماشین‌آلات سنگین در بهره برداری و مدیریت جنگل‌ها افزایش یافته که سبب فشردگی خاک‌های جنگلی و تاثیر بالقوه آن در زنده‌مانی و استقرار نهال‌ها دارد (۵) و اثرات منفی آن در گونه‌های پهن‌برگ بر رشد ریشه‌های اصلی مشاهده شده است (۴). شیب مسیر چوب‌کشی نیز فاکتور مهمی است که بازده عملیات، هزینه‌ها و فرسایش را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به این صورت که با افزایش شیب طولی مسیر چوب‌کشی به خصوص در شیب‌های رو به بالا که بیشتر از شیب‌های رو به پایین می‌باشد، میزان صدمه و تخریب خاک در اثر عملیات بهره‌برداری بیشتر می‌شود (۲۴). البته شیب نسبت به شدت ترافیک تاثیرکمتری در به‌هم خوردگی و بازیافت خاک دارد (۶). تحقیقات انجام شده درجنگل‌های خیرود نوشهر نشان می‌دهد که استفاده از مسیرهای چوب‌کشی طراحی شده در توده‌های جنگلی می‌تواند اثرات منفی عملیات خروج چوب را کاهش دهد (۱۳). نتایج تحقیقات نشان داده که حجم زیادی از ریشه‌ها در۳۰ سانتی‌متری اول خاک که بالاترین درجه فشردگی خاک در این قسمت بوجود می‌آید، قرار دارد (۲۲،۱۱). شدت تردد اسکیدر و جهت چوب‌کشی از نظرآماری بر مقدار فشردگی خاک مسیرهای اسکیدر رو اثر معناداری دارد. افزایش تردد اسکیدر باعث افزایش فشردگی و مقاومت به نفوذ خاک می‌شود. بنابراین 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 (۲۴). علت افزایش میزان وزن مخصوص ظاهری در شیب رو به بالا، به دلیل کاهش سرعت اسکیدر مدت زمان ویبره‌ی خاک بیشتر شده که این وضعیت سبب تشدید فشردگی مسیر چوب‌کشی خواهد شد (۱۱). دراثر شدت تردد، خاک مسیرهای چوب‌کشی جابه‌جا شده و پوشش محافظ سطحی از بین رفته و فرسایش خاک در این مسیرها به مراتب بیش از عرصه‌های دست‌نخورده می‌باشد (۲۵). نتایج تحقیقات حاصل از مقایسه تعداد ترددهای کنترل شده اسکیدر تیمبرجک در طول مسیر

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-20]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1398.7.14.4.8]
[DOI: 10.29252/ifej.7.14.22]

چوب‌کشی افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک را بین ۱۵/۸ و ۶۲/۶ درصد نشان داد (۱۹). مطالعات دیگر نیز نشان داد که تردد زیاد و شیب در مسیر چوب‌کشی دو عاملی‌اند که وزن مخصوص خشک، خلل و فرج کل و میزان رطوبت خاک را به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تاثیر قرار دادند، میزان رطوبت خاک که در نمونه شاهد ۲۷/۰۳درصد بود، پس از۱۰ تردد به ۱۲/۴۵ درصد کاهش یافت (۲۳،۱۱). مطالعات دیگر نشان داد که مسیرچوب‌کشی تردد یافته نسبت به مسیر تردد نیافته وزن مخصوص درلایه‌های سطحی خاک (۱۰-۰ سانتی‌متر) ۵۷ درصد بیش‌تر وخلل و فرج کل ۳۱ درصد کمتر از مسیر تردد نیافته است. میزان رطوبت در مسیر تردد یافته ۳۵ درصد و در مسیر تردد نیافته ۴۷درصد اندازه‌گیری گردید (۱۴). تغییرات بوجود آمده در وزن مخصوص وخلل و فرج خاک، تأثیر منفی بر رشد ارتفاعی و قطری تجدید حیات مستقر شده دراطراف و داخل مسیر چوب‌کشی دارد و از این طریق کاهش حاصل-خیزی خاک جنگل در طولانی مدت را به دنبال دارد (۱۷). نتایج حاصل از پژوهش مربوط به مقایسه خصوصیات فیزیکی خاک و تجدید حیات طبیعی در مسیرهای چوب‌کشی و جنگل طبیعی نشان داد که در مورد گونه‌های افرا ، شیردار، ممرز و توسکا اختلاف معنی‌دار بوده ولی در مورد گونه راش در دو مکان مورد بررسی تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. تجدید حیات توسکا به طور معنی‌دار در مسیرهای چوب‌کشی بیشتر از جنگل طبیعی بود ولی گونه‌های افرا، شیردار و ممرز در جنگل طبیعی بیشتر از مسیر چوب‌کشی بود. از بین خصوصیات فیزیکی اندازه‌گیری شده خاک، وزن مخصوص ظاهری، تخلخل و بافت خاک ارتباط معنی‌داری با نوع و تعداد تجدیدحیات مستقر شده در مسیرهای چوب‌کشی و جنگل طبیعی دارند و از بین گونه‌های موجود نیز افرا و شیردار بیشترین همبستگی را با خصوصیات فیزیکی خاک نشان دادند (۲۱). نتایج بررسی اثر چوب‌کشی اسکیدر چرخ لاستیکی تاف در فشردگی خاک، نشان داد که فشردگی خاک با تعداد تردد افزایش می‌یابد. در طول این بررسی، ۲۱ تردد انجام گرفت و حداکثر فشردگی خاک و رد چرخ در تردد ۲۱ اتفاق افتاد (۱۵). مطالعات انجام شده در جنگل‌های نکا در مازندران نشان داد که صدمات ایجاد شده با روش‌های بهره‌برداری تمام تنه و گرده‌بینه در طول مسیرهای چوب‌کشی حداکثر فشردگی خاک ایجاد شده توسط اسکیدر چرخ لاستیکی تیمبرجک در ترددهای ۱۸ تا۲۰ اتفاق افتاد (۱۸). مطالعات دیگر نیز بیشترین افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک را در ۱۸ تردد نشان داده است (۱/۶۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب). بعد ازتردد ۱۸ وزن مخصوص افزایش معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. فشردگی در خاک‌های جنگلی را می‌توان با محدود کردن مناطق تحت پوشش مسیرهای چوب‌کشی، استفاده از سیستم کنترل فشار تایر و انتخاب ماشین آلات بهتر با صدمات زیست‌محیطی کمتر و بهره‌وری بهتر کاهش داد (۱۶). هدف از این تحقیق بررسی اثر تعداد تردد اسکیدر در دو جهت چوب‌کشی رو به بالا و رو به پایین و تاثیر آن بر فشردگی خاک و وضعیت استقرار زادآوری در جنگل چوب فریم بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در پارسل‌های ۹ و ۱۱ سری یک دهمیان از جنگل‌های تحت پوشش شرکت سهامی و بهره‌برداری چوب فریم واقع در ۱۲ کیلومتری شرق شهر پل‌سفید واقع در استان مازندران اجرا گردید. ارتفاع از سطح دریا۱۲۴۰ تا ۱۸۸۵متر و میانگین بارندگی ۸۵۸ میلی‌متر است. روش جنگل‌داری دانه‌زاد ناهمسال آمیخته و شیوه جنگل‌شناسی تک‌گزینی می‌باشد (۲). خاک قهوه‌ای جنگلی با زه‌کشی مناسب با بافت لومی می‌باشد. این تحقیق از اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۸ تا مهر ماه ۱۳۹۱ به‌مدت ۳ سال به طول انجامید. عملیات چوب‌کشی به‌صورت مستقل در داخل پارسل ۹ که جهت چوب‌کشی رو به بالای دامنه (با شیب متوسط مسیر ۱۰ درصد) و پارسل ۱۱ که چوب‌کشی رو به پایین (با شیب متوسط مسیر ۱۱ درصد) انجام شد. طول تنه‌ها به اندازه ۶ متر و میانگین حجم تنه‌های حمل شده در هر بار تردد ۲/۵ مترمکعب برآورد گردید. اسکیدر تیمبرجک به‌طور متوسط در هر بار ۲ تنه حمل می‌کرد. نمونه‌گیری از خاک مسیرها برای هر دو پارسل انجام شد. تیپ جنگل راش- ممرز و میزان حجم برداشت در پارسل‌های ۹ و ۱۱ به ترتیب ۱۱۲/۵ و ۴۵۲/۵ متر مکعب بود. تردد اسکیدر در این مسیرها برای اولین بار بود. اسکیدر چرخ لاستیکی کابلی تیمبرجک ۴۵۰c با وزن ۱۰/۳ تن و قدرت ۱۷۷ اسب بخار و عرض ماشین ۳/۱ متر است (۱۱).

روش تحقیق

بعد از پایان عملیات چوب‌کشی در طول مسیر قطعات نمونه به ابعاد ۳×۳ متر (۹مترمربع) (با توجه به عرض مسیر چوب‌کشی و عرض اسکیدر) پیاده گردید. نمونه‌برداری از خاک در داخل قطعات نمونه در مسیرهای چوب‌کشی در جهت‌های رو به بالا و رو به پایین انجام شد. تعداد نمونه خاک در دو جهت چوب‌کشی و در ۵ سطح تردد (۵ قطعه نمونه) و هر قطعه نمونه ۳ نمونه خاک و در۳ عمق (۲۰،۱۰ و ۳۰ سانتی‌متری) خاک در کل۶۰ نمونه خاک برداشت شد. هر بار تردد عبارت است از یک چرخه کامل کشیدن گرده‌بینه توسط اسکیدر یعنی حرکت خالی اسکیدر از دپو به محل قطع و حرکت با بار از محل قطع تا دپو بود، که تردد در مسیرهای چوب‌کشی بعد از طراحی و احداث مسیر چوب‌کشی زمانی که تنه‌ها آماده خروج بودند انجام شد. برای تثبیت محل قطعه‌نمونه یک پایه فلزی به طول۳۰ سانتی‌متر در مرکز هر قطعه‌نمونه کاشته شد تا دسترسی به این قطعات برای مراحل بعد اندازه‌گیری کمی (در طول ۳ سال در قطعات نمونه‌ای که نهال‌ها بعد از اولین سال بذردهی در هر پارسل و در مسیر چوب‌کشی، در جهت رو به بالا و رو به پایین در آن مستقر شدند به طور جداگانه از سال اول (نهال‌ها ۱ساله) تا سال سوم (نهال‌ها ۳ ساله) هر ساله اندازه‌گیری کمی انجام شد) به‌سهولت انجام گیرد. نمونه‌ها از خاک معدنی و سطحی در محل‌های بدون تردد (شاهد) و از محل رد چرخ در داخل قطعات نمونه در ترددهای (۱ تا ۵ بار، ۶ تا ۱۰ بار، ۱۱ تا ۱۵ بار و بیش از ۱۵ بار) از سه عمق صفر تا ۱۰، ۱۰ تا ۲۰ و ۲۰

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-20]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1398.7.14.4.8]
[DOI: 10.29252/ifej.7.14.22]

تا ۳۰ سانتی‌متر با استفاده از سیلندرهای فولادی نمونه‌گیری (طول۱۰ سانتی‌متر و قطر داخلی ۵ سانتی‌متر) جمع‌آوری شد. پس از نمونه‌گیری وزن تر نمونه‌ها درمحل اندازه‌گیری گردید. در مرحله بعد این نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت در داخل آون خشک شدند و دوباره عمل توزین نمونه‌ها انجام شد، تا وزن مخصوص ظاهری آنها به‌دست آید. در داخل قطعات نمونه، نهال‌های حاصل از بذر درختان موجود (بذرافشانی طبیعی) در اطراف مسیر چوب‌کشی در این قطعات به‌طور طبیعی مستقر شدند، مشخصه‌های تراکم (تعداد) نهال‌ها و حجم ریشه‌ها (حجم ریشه‌ها مستقیما از روی جابه‌جا شدن آب در ظروف مدرج پس از وارد کردن ریشه‌های شسته شده به‌داخل آن صورت گرفت (بر اساس قانون ارشمیدس) در پایان فصل رویش (اواخر رویش هر سال) و قبل ازخزان نهال‌ها اندازه‌گیری شده و در فرم‌های مخصوص ثبت گردید، مشخصات نهال‌های داخل قطعات نمونه شاهد (تردد) نیز اندازه‌گیری شدند. هم‌چنین در پایان عملیات چوب‌کشی و تردد اسکیدر با تعیین وزن مخصوص ظاهری خاک نمونه‌برداری شده و از طریق تجزیه و تحلیل داده‌ها تاثیر تعداد تردد اسکیدر، بر فشردگی خاک در دو جهت چوب‌کشی بر فاکتورهای کمی نهال‌ها تعیین می‌گردد.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

بعد از جمع‌آوری داده‌های مربوط به تعداد نهال‌ها و حجم ریشه‌ها داده‌ها وارد نرم‌افزار SPSS 16 گردید. ابتدا با آزمون کولموگوروف اسمیرنوف نرمال بودن توزیع داده‌ها در متغیرهای مورد بررسی ارزیابی گردید. از آنجایی که داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار بودند، تجزیه و تحلیل آن‌ها با استفاده از آزمونF پارامتری آنوای دوطرفه انجام شد. از طرح فاکتوریل با دو عامل جهت چوب‌کشی در دو سطح (چوب‌کشی رو به بالا و رو به پایین) و نیز عامل تعداد تردد در پنج سطح (شامل عرصه‌های صفر تردد، ۱ تا ۵ بار تردد، ۶ تا ۱۰ بار، ۱۱ تا ۱۵ بار و بیشتر از ۱۵ بار تردد) انجام شد. هم‌چنین اثر تعداد تردد در دو جهت چوب‌کشی بر وزن مخصوص ظاهری خاک نیز آنالیز گردید. نتایج به صورت نمودار و جداول تجزیه واریانس و گروه‌بندی میانگین‌های دانکن در سطوح ۱ و ۵ درصد ارائه گردید.

نتایج و بحث

اثر تردد و جهت چوب‌کشی روی تراکم نهال و حجم ریشه

نتایج این بررسی نشان داد که اثر جهت چوب‌کشی به بالا و پایین دامنه روی تراکم (تعداد) نهال در مسیر چوب‌کشی معنی‌دار نشد. اما اثر آن روی حجم ریشه در سطح خطای کمتر از ۵ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). اثر تردد اسکیدر هم روی تراکم (تعداد) نهال در مسیر چوب‌کشی و هم روی حجم ریشه در سطح خطای کمتر از ۵ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). با این‌حال اثر متقابل جهت چوب‌کشی و تعداد تردد روی تراکم نهال‌ها معنی‌دار نشد.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر جهت‌های چوب‌کشی و تعداد تردد در تراکم و حجم ریشه نهال‌های استقرار یافته

Table 1. Analysis of variance of the effects of skidding directions and number of traffic in Seedlings density and root volume of established seedlings

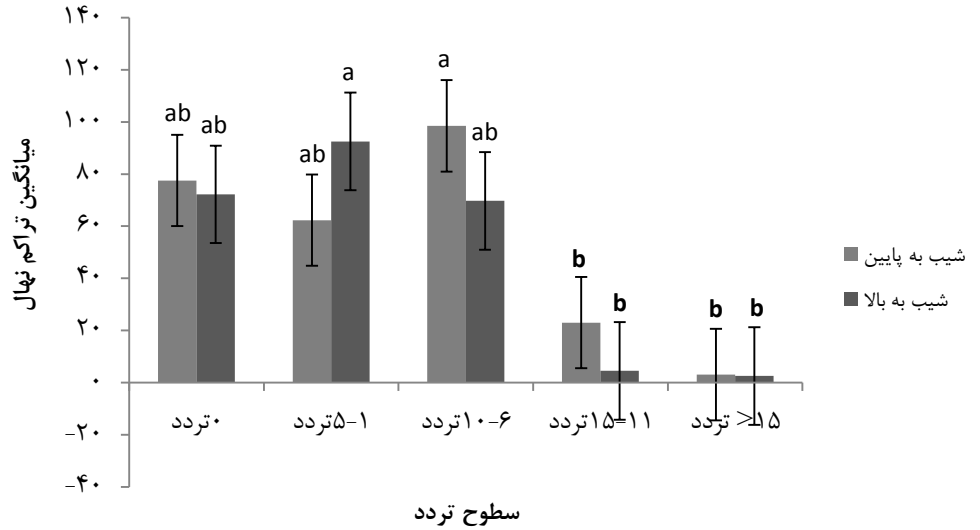
منابع تغییر	درجه آزادی	تراکم نهال (تعداد)		حجم ریشه (سانتی‌متر مربع)	
		میانگین مربعات	F	میانگین مربعات	F
جهت‌های چوب‌کشی	۱	۱۲۱۴/۸۴	۰/۱۸^{ns}	۸۲/۴۸	۴/۸۶*
تعداد تردد	۴	۱۷۴۰۵/۴۷	۲/۶۲*	۳۸/۰۳	۲/۵۴*
جهت‌های چوب‌کشی×تعداد تردد	۴	۱۳۲۸۳/۰۹	۱/۹۹^{ns}	۱۱/۵۳	۰/۶۸^{ns}

*: معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد، ns: عدم معنی‌داری

نتایج آزمون مقایسه میانگین‌های چند دامنه‌ای (دانکن در سطح ۵ درصد) نشان داد که بیش‌ترین تراکم نهال در مسیرهای شاهد و یا در مسیرهای با ۱ تا ۵ بار و یا ۶ تا ۱۰ بار تردد مشاهده گردید. آزمون مقایسه میانگین‌های دانکن این سه تیمار را در یک گروه قرارداد (شکل ۱). حداقل تعداد نهال در مسیرهایی دیده شد که در آن بین ۱۱ تا ۱۵ و یا بیشتر از۱۵ بار اسکیدر تردد داشته است (شکل ۱).

نتایج تاثیر تعداد تردد اسکیدر درگروه‌های مربوط به جهت چوب‌کشی مشخص گردید، که چوب‌کشی در هر دو جهت وقتی‌که تعداد تردد بیشتر از ۱۰ بار می‌شود به شدت از تراکم (تعداد) نهال (با توجه به پراکنش تصادفی درختان بذرده موجود در اطراف مسیر چوب‌کشی) کاسته می‌شود (شکل ۱).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-20]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1398.7.14.4.8]
[DOI: 10.29252/ifej.7.14.22]

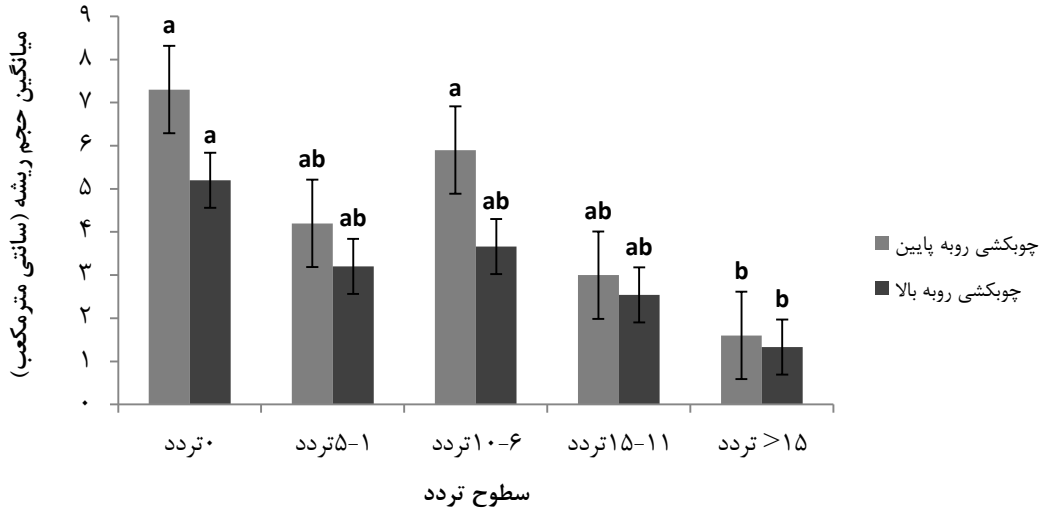


شکل ۱- مقایسه سطوح تردد از نظر تراکم نهال‌های استقراریافته در جهت‌های چوب‌کشی رو به بالا و رو به پایین. حروف لاتین نامتشابه نشانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد

Figure 1. Comparison of traffic levels in relation to the density of established seedlings in Uphill and downhill skidding directions. Unnamed latin letters indicate a significant difference of averages at the 95% probability level

نتایج نشان داد که متوسط حجم ریشه در جهت چوب‌کشی به بالا و پایین به ترتیب ۲/۶۳ و ۵/۶۱ (سانتی‌متر مکعب) بود (شکل ۲). از نظر حجم ریشه‌های نهال، بیش‌ترین مقدار حجم در عرصه شاهد مشاهده شد. بین مسیرهای ۱ تا ۵ تردد و ۶ تا ۱۰ تردد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. با افزایش تعداد تردد به بیش از ۱۰ بار از حجم ریشه به شدت کاسته شد (شکل ۲).

در بررسی تاثیر تعداد تردد اسکیدر در گروه‌های جهت چوب‌کشی مشخص شد که در چوب‌کشی به بالای دامنه وقتی که تعداد تردد بیش از ۷ بار شد به شدت از حجم ریشه نهال کاسته شد. اما در مسیرهایی که جهت چوب‌کشی به پایین دامنه بود وقتی‌که تعداد تردد به بیش از ۱۲ بار شد از حجم ریشه نهال‌ها کاسته شد.



شکل ۲- مقایسه سطوح تردد از نظر حجم ریشه نهال‌های استقرار یافته در جهت‌های چوب‌کشی رو به بالا و رو به پایین. حروف لاتین نامتشابه نشانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد

Figure 2 . Comparison of the levels of traffic in relation to the root volume of established seedlings in uphill and downhill skidding directions. Unname latin letters indicate the significance of the difference in meanings at 95% probability level

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-20]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1398.7.14.4.8]
[DOI: 10.29252/ifej.7.14.22]

اثر تردد و جهت چوب‌کشی روی وزن مخصوص ظاهری خاک

تجزیه و تحلیل مقادیر مربوط به اثر جهت چوب‌کشی و تعداد تردد بر وزن مخصوص ظاهری خاک در عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متری در سطح خطای کمتر از ۵ درصد معنی‌دار شد، اما اثر آن در عمق‌های ۱۰ تا ۲۰ و ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری معنی‌دار نشد. اثر تعداد تردد اسکیدر روی وزن مخصوص خاک در عمق‌های صفر تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری در سطح خطای کمتر از ۱ درصد و در عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری در سطح خطای کمتر ۵ درصد معنی‌دار گردید. اما اثر متقابل تعداد تردد و جهت چوب‌کشی روی وزن مخصوص ظاهری خاک در هیچ یک از عمق‌های مورد بررسی معنی‌دار نشد (جدول ۲).

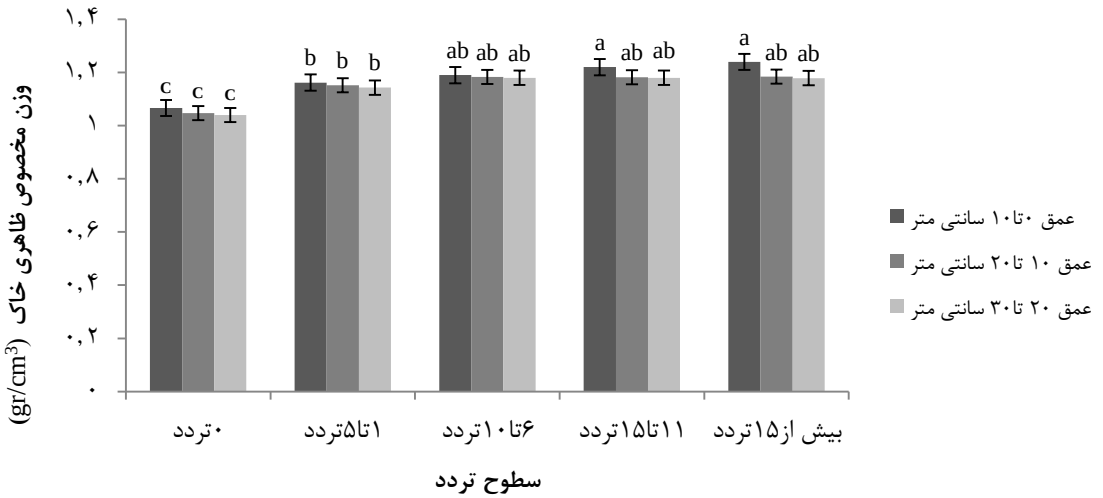
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تعداد تردد و جهت چوب‌کشی بر وزن مخصوص ظاهری

Table 2. Analysis of variance of the effect of the number of traffic and skidding direction on bulk density

وزن مخصوص ظاهری در عمق خاک	۱۰-۰ (سانتی متر)		۲۰-۱۰ (سانتی متر)		۳۰-۲۰ (سانتی متر)	
منابع تغییر	میانگین مربعات	F	میانگین مربعات	F	میانگین مربعات	F
تکرار	۰/۰۰۳	۳/۴۷۲*	۰/۰۱۱	۱۱/۲۹۴**	۰/۰۰۳	۰/۲۵۱ns
جهت چوبکشی	۰/۰۰۳	۳/۵۴۰*	۰/۰۰۲	۱/۹۶۳ns	۰/۰۱۵	۱/۱۸۸ns
تعداد تردد	۰/۰۱۵	۱۹/۱۸۰**	۰/۰۱۵	۱۶/۳۰۸**	۰/۰۲۹	۲/۴۰۲*
تعداد تردد × جهت چوب‌کشی	۰/۰۰۱	۰/۶۰۶ns	۰/۰۰۲	۱/۸۹۰ns	۰/۰۱۳	۱/۰۴۶ns

*: معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد، ns: عدم معنی‌داری

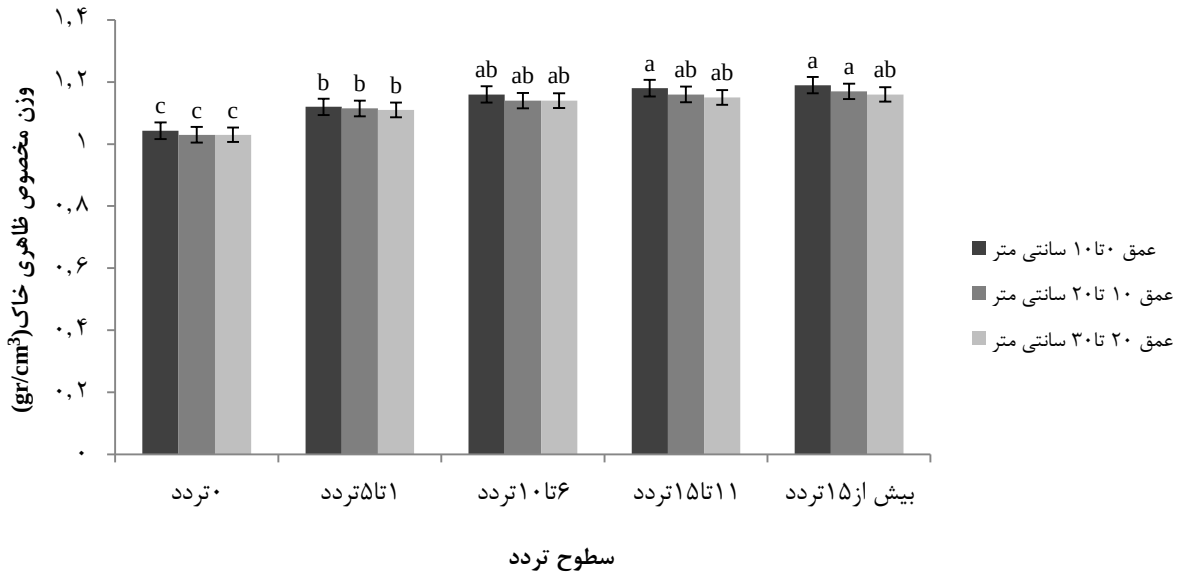
طبق نتایج بدست آمده، چوب‌کشی در جهت رو به بالا بیشترین میزان فشردگی خاک را ایجاد می‌کند و بالاترین وزن مخصوص ظاهری خاک برابر با ۱/۲۴gr/cm^3 به‌دست آمد (شکل ۳). آزمون مقایسه‌ای اثر متقابل تعداد تردد و محل نمونه‌برداری نشان دادکه تعداد تردد اثر معنی‌داری بر افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک در محل عبور چرخ دارد. شدت افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک در ترددهای اولیه به دست آمد، و با افزایش تعداد تردد وزن مخصوص ظاهری با شدت کمتری افزایش یافت، وزن مخصوص ظاهری خاک در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متر از ۱/۰۷ gr/cm^3 در منطقهٔ بدون تردد، به ۱/۲۴ gr/cm^3 در تردد بیش از ۱۵بار در محل رد چرخ افزایش پیدا کرد. می‌توان گفت وزن مخصوص ظاهری ۰/۱۷ افزایش داشت. در عمق۲۰-۱۰ سانتی‌متری این مقدار افزایش از ۱/۰۵gr/cm^3 در محل بدون تردد به ۱/۱۸ gr/cm^3 در محل تردد که نسبت به عمق ۱۰-۰ سانتی‌متر کمتراست، افزایش داشت. درنتیجه، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که فشردگی بیشتر در لایه‌های سطحی خاک اتفاق می‌افتد و با افزایش عمق خاک از میزان شدت آن کاسته می‌شود. در چوبکشی رو به پایین وزن مخصوص ظاهری درعمق اولیه خاک (۱۰-۰سانتی‌متری) بیشترین افزایش را داشته و از ۱/۰۴ gr/cm^3 به ۱/۱۹ gr/cm^3 رسید روند افزایش درآن با شدت کمتری نشان داده شد (شکل ۴).



شکل ۳- مقایسه وزن مخصوص ظاهری خاک و تعداد تردد اسکیدر در چوب‌کشی رو به بالا با آزمون دانکن. حروف لاتین نامتشابه نشانگر معنی‌داری در هر عمق در سطح احتمال ۹۵ درصد

Figure 3. Comparison of the soil bulk density and the number of skidder traffic in skidding to the uphill with the Duncan test. Latin letters are unnamed with a significant marker at each depth of 95% probability

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-20]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1398.7.14.4.8]
[DOI: 10.29252/ifej.7.14.22]



شکل ۴- مقایسه وزن مخصوص ظاهری خاک و تعداد تردد اسکیدر در چوب‌کشی رو به پایین با آزمون دانکن. حروف لاتین نامتشابه نشانگر معنی‌داری در هر عمق در سطح احتمال ۹۵ درصد

Figure 4. Comparison of the soil bulk density and the number of skidder traffic in skidding to the downhill with the Duncan test. Latin letters are unnamed with a significant marker at each depth of 95% probability

به‌کارگیری ماشین‌آلات جنگل با توجه به وزن بالای آن و مقدار نیروی وارده به خاک هنگام خروج چوب سبب فشردگی خاک و افزایش وزن مخصوص ظاهری آن می‌شود. تغییر در خصوصیات فیزیکی خاک می‌تواند بر تجدیدحیات طبیعی گونه‌های مختلف جنگلی تأثیرگذار باشد. در این تحقیق حد بحرانی برای استقرار تجدید حیات طبیعی نهال‌ها که تحت تاثیر عوامل تعداد تردد اسکیدر در دو جهت چوب‌کشی رو به بالا و رو به پایین و میزان فشردگی خاک قرار می‌گیرد مورد بررسی قرار گرفت. وضعیت کمی نهال‌ها، شامل تراکم (تعداد) نهال و حجم ریشه (میزان ریشه‌دوانی) و وزن مخصوص ظاهری در مسیرهای چوب‌کشی و مناطق بدون تردد اسکیدر (عرصه طبیعی جنگل) تغییرات معنی‌داری را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که بیشترین تراکم نهال در منطقه شاهد (صفر تردد) به‌دلیل دست نخورده بودن و عدم تردد در آن وجود دارد و نیز کمترین وزن مخصوص ظاهری را داشته و چون شرایط در آن مناسب بوده نهال‌ها به‌خوبی مستقر شدند. هم‌چنین نتایج آزمون دانکن نیز بیش‌ترین تراکم نهال را در قطعات شاهد و یا در مسیرهای چوب‌کشی با حداقل ۱ تا حداکثر ۱۰ بار تردد نشان داد. کمترین تعداد نهال در مسیرهای چوب‌کشی با بیش از ۱۱ تردد دیده شد، یعنی تا این حد تردد اسکیدر، نهال‌ها توانایی مستقرشدن و قدرت ریشه‌دوانی را دارند. با افزایش تعداد تردد وزن مخصوص ظاهری بیشتر شده و تعداد نهال‌ها به‌شدت کاهش می‌یابد. تردد ماشین‌آلات در مسیرهای چوب‌کشی تاثیر زیادی روی خصوصیات فیزیکی خاک دارد، که نتایج تحقیقات گذشته نیز نشان داد که پس از حدود ۱۰ سال خصوصیات فیزیکی خاک در مسیرهای تردد یافته هنوز به‌طور کامل ترمیم نشده است (۲۱). هم‌چنین فشردگی خاک و افزایش وزن مخصوص ظاهری میزان رطوبت و هوا را در خاک کاهش داده و ریشه‌دوانی و توسعه ریشه در خاک محدود می‌شود و بیشترین فشردگی تا ۳۰ سانتی‌متری عمق خاک اتفاق می‌افتد و چون حجم زیادی از ریشه نهال‌ها تا این عمق گسترش یافته‌اند از فراوانی نهال‌ها کاسته می‌شود (۲۲). نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که اثر جهت چوب‌کشی به بالا و پایین دامنه روی تعداد نهال در مسیر چوب‌کشی معنی‌دار نشد، اما اثرتعداد تردد در تراکم نهال‌های استقرار یافته در مسیرهای چوب‌کشی معنی‌دار گردید. با توجه به شدت تردد در جهت‌های چوب‌کشی در اثر عبور اسکیدر و فشردگی خاک رشد نهال‌ها کاهش یافته و از میزان استقرار و تعداد نهال‌ها کم شده است، به‌این دلیل که در جهت چوب‌کشی به بالا حرکت اسکیدرها کندتر و چرخ‌های اسکیدر نیروی بیشتری به سطح خاک وارد می‌کند و زمان بیشتری صرف خروج چوب می‌شود که دفعات تردد این عمل را تشدید کرده و فشردگی خاک بیشتر می‌شود که با نتایج سایر محققان هم‌خوانی دارد (۱۰،۱۱). نتایج این تحقیق نشان داد که جهت‌های چوب‌کشی به بالا و پایین روی حجم ریشه نهال‌های استقرار یافته اثر معنی‌دار دارد. با این تفاوت که میانگین حجم ریشه نهال‌ها (ریشه‌دوانی) در جهت چوب‌کشی به پایین بیش از دو برابر چوب‌کشی به بالا می‌باشد و بیشترین حجم ریشه مربوط به نهال‌هایی می‌شودکه در عرصه شاهد (تردد) بودند. هرچه شدت تردد از ۱ بار به ۱۰ بار تردد افزایش می‌یابد میزان حجم ریشه نهال‌ها کمتر می‌شود و با افزایش تعداد تردد به بیش از ۱۰ بار از حجم ریشه به شدت کاسته می‌شود. این تعداد تردد اسکیدر در جهت رو به بالا حداکثر تا ۷ بار می باشد و بیشتر از این به علت افزایش وزن مخصوص ظاهری به شدت از حجم ریشه نهال کاسته شد. ولی در جهت رو به پایین زمانی‌که تعداد تردد از ۱۱ بار بیشتر شد از حجم ریشه نهال‌ها کاسته شد، یعنی اسکیدر در جهت رو به پایین تعداد دفعات

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-20]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1398.7.14.4.8]
[DOI: 10.29252/ifej.7.14.22]

بیشتری باید تردد کند تا خاک به بالاترین وزن مخصوص ظاهری برسد که با نتایج محققان دیگر نیز هم‌خوانی دارد (۱۲). البته به‌هم خوردگی و جابجایی خاک در حاشیه مسیرهای چوب‌کشی که تردد در آن انجام شده و حتی دارای عملیات خاکی بودند، سبب استقرار بعضی از نهال‌ها شده و تا حدودی خاک را تثبیت کرده و این کاهش تراکم نهال را جبران می‌کند. این تحقیق همانند تحقیقات گذشته (۱۳) نشان داد که حداکثر وزن مخصوص در ترددهای اولیه رخ داده و هرچه تردد بیشتر می‌شود میزان وزن مخصوص خاک با شدت کمتری افزایش می‌یابد. البته این مقدار وزن مخصوص در عمق‌های اولیه خاک (۱۰-۰ سانتی‌متر) بیشتر تاثیر دارد و عمق‌های اول خاک سریع‌تر به حداکثر وزن مخصوص خود می‌رسد، و در عمق‌های ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متری نیز با شدت کمتری تاثیر می‌گذارد. نتایج این تحقیق مانند مطالعات قبلی نشان‌داد که شدت تردد اسکیدرها باعث افزایش وزن مخصوص ظاهری در هر دو جهت چوب‌کشی شده و سبب کاهش تراکم نهال گردید (۳،۱۰). نکته بسیار مهم در این پژوهش تعداد تردد مجاز اسکیدرکه برای استقرار نهال بحرانی می‌باشد، نشان می‌دهد، زمانی‌که تعداد تردد به بیش از ۱۱ تا ۱۵ بار می‌رسد به علت افزایش وزن مخصوص خاک کاهش تراکم (تعداد) نهال‌ها شدیدتر می‌شود. در تحقیقات انجام شده توسط سایر محققان تعداد بحرانی تردد و حداکثر فشردگی خاک را ۲۱ بار تردد (۱۵) و یا در جنگل خیرودکنار نوشهر تعداد بحرانی تردد را ۲۸ بار (۹) و در جنگل‌های نکا ۱۸ تا ۲۰ بار (۱۸) و در جنگل خیرودکنار نوشهر در مسیر مسطح، ۱۰، ۱۰- و ۲۰- درصد شیب حداکثر وزن مخصوص ظاهری را در ترددهای ۴، ۱۵، ۸ و ۱۰ بار بیان کردند (۱۲). این تفاوت در تعداد تردد می‌تواند به عوامل مختلفی از جمله نوع ماشین کشنده (۷)، حجم بار در هر مرحله تردد، نوع گونه، نوع بافت و عمق خاک، شرایط توپوگرافی و شیب عرصه مربوط گردد (۱۵،۲۰). می‌توان استنباط نمود که میزان فشردگی خاک تحت تاثیر تعداد تردد در مناطق مختلف با توجه به شرایط متفاوت از نظر میزان بار، شیب مسیر، شرایط خاک و نوع گونه می‌تواند متفاوت باشد. از نتایج به‌دست آمده در این پژوهش می‌توان نتیجه‌گیری کرد تعداد تردد اسکیدر در هر دو جهت چوب‌کشی رو به بالا و رو به پایین بر روی فشردگی و افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک تاثیرگذار است، و این میزان تعداد تردد در جهت رو به بالا از حداکثر ۷ بار و در جهت رو به پایین از حداکثر۱۰ بار نباید تجاوزکند، زیرا با افزایش تعداد تردد وزن مخصوص ظاهری خاک افزایش یافته و ریشه‌دوانی نهال‌ها محدود شده و از توسعه ریشه در عمق‌های خاک کاسته می‌شود و استقرار نهال‌ها به مخاطره می‌افتد. بنابراین میزان تجدید حیات مستقر شده حاصل از درختان مادری درسال‌های بعد کاسته می‌شود. هم‌چنین طراحی دقیق با یک شبکه‌بندی مناسب مسیرهای چوب‌کشی درجنگل، جلوگیری از ترددهای اضافی اسکیدر، محدودکردن عملیات چوب‌کشی در مسیرهای طراحی شده و روزهای خشک سال، انداختن درختان در جهت و زاویه مناسب نسبت به مسیرهای چوب‌کشی، عملیات چوب‌کشی در جهت مسیرهای رو به پایین، استفاده بهینه از حداکثر طول مفید کابل وینچ از مواردی هستند که علاوه‌بر کاهش فشردگی خاک میزان هزینه‌های بهره‌برداری را به حداقل می‌رساند.

تشکر و قدردانی

از ریاست محترم مرکز تحقیقات وآموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، همکاران محترم بخش منابع طبیعی و از مدیریت و همکاران محترم شرکت سهامی و بهره‌برداری چوب فریم که در مراحل اجرای این تحقیق همکاری داشتند صمیمانه تشکر می‌شود.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-20]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1398.7.14.4.8]
[DOI: 10.29252/ifej.7.14.22]

منابع

1. Ampoorter, E., L. Van Nevel, B. De Vos, M. Hermy and K. Verheyen. 2010. Assessing the effects of initial soil characteristics, machine mass and traffic intensity on forest soil compaction. Forest Ecology and Management, 260: 1664-1676.
2. Anonymous. 2002. Forestry plan Dehmyan series1 (In Persian).
3. Ariya, H., N. Rafatnia, A. Najafi, H. Habashi and N. Gilanipour. 2011. Comparison of soil compaction the two-classes of longitudinal slope caused by of wheeled skidder traffic. Journal of Natural Environment, Iranian Journal of Natural Resources, 1: 83-92 (In Persian).
4. Bejarano, M.D., R. Villar, A.M. Murillo and J.L. Quero. 2010. Effects of soil compaction and light on growth of Quercus pyrenaica Willd. (Fagaceae) seedlings, Soil and Tillage Research, 110: 108-114.
5. Cambi, M., Y. Hoshika, B. Mariotti, E. Paoletti, R. Picchio, R. Venanzi and E. Marchi. 2017. Compaction by a forest machine affects soil quality and Quercus robur L. seedling performance in an experimental field. Forest Ecology and Management, 384: 406-414.
6. Ezzati, S., A. Najafi, M.A. Rab and E.K. Zenner. 2012. Recovery of soil bulk density, porosity and rutting from ground skidding over a 20-year period after timber harvesting in Iran. Silva Fennica 46(4): 521-538.
7. Froehlich, H.A. and D.H. McNabb. 1984. Minimizing soil compaction in Pacific Northwest forests. In: Proc. of the Forest Soils and Treatment Impacts Conference, E.L. Stone, Ed. Univ. of Tennessee, Knoxville, TN. 159-192.
8. Ghaffariyan, M.R. 2005. Evaluation of production and damages to soil and regeneration due to skidding by mule. M.Sc. Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran, 109 pp (In Persian).
9. Hosseini, S.M. 2002. Evaluation of cable logging and ground skidding systems in Sari forests. PhD. Thesis, In Forstry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modarres University, Noor, Iran. 110 pp (In Persian).
10. Hutchings, T.R., A.J. Moffat and C.J. French. 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.
11. Jourgholami, M. and B. Majnounian. 2011. Soil compaction and disturbance from logging with a wheeled skidder (Case study: in Kheyrud Forest). Iranian Journal of Forest, 2(4): 287-298 (In Persian).
12. Jourgholami, M. 2012. Environmental impacts of tree-length logging method on forest soil in Kheyrud Forest. Journal of Natural Environmental, Iranian Journal of Natural Resources, 64(4): 363-374 (In Persian).
13. Jourgholami, M. and M. galich. 2013. Environment impacts of skidding operation on forest soil disturbance and permeability apparent in forest Kheyrud. Journal of Environmental Research, 8: 55-64 (In Persian).
14. Lotfalian, M. 1999. Effect of timber skidding on soil compaction using TAF skidder. M.Sc. Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat Modarres, 129 pp (In Persian).
15. Lotfalian, M. and A. Parsakhoo. 2009. Investigation of Forest Soil Disturbance Caused by Rubber-tired Skidder Traffic. International Journal of Natural and Engineering Sciences, 3(1): 1-4.
16. Makineci, E., B.S. Gungor and M. Demir. 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.
17. Naghdi, R. 2004. Comparative study of tree length and cut to length logging methods for determining suitable forest road network in Neka-Zalemroud region. PhD. Thesis. Noor, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, 230 pp.
18. Naghdi, R., I. Bagheri, M. Akef and A. Mahdavi. 2007. Soil compaction caused by 450c Timber Jack wheeled skidder (Shefarood forest, northern Iran). Journal of Forest Science, 53: 314-319.
19. Najafi, A., A. Solgi and S.H. Sadeghi. 2009. Soil disturbance following four wheel rubber skidder logging on the steep trail in the north mountainous forest of Iran. Soil and Tillage Research, 103: 165-169.
20. Salehi, A., K. Taheri Abkenar and R. Basiri. 2011. Study of the recovery soil physical properties and establishment of natural regeneration in skid trails (case study: Nav-e Asalem forests).Iranian Journal of Forest, 3(4) (In Persian).
21. Sidle, R.C. and D.M. Drlica. 1981. Soil Compaction from Logging with a Low-Ground Pressure Skidderin the Oregon Coast Ranges. Soil Science Society of America Journal, 45: 1219-1224.
22. Solgi, A. and A. Najafi. 2014. The impacts of ground-based logging equipment on forest soil .Journal of forest science, 60(1): 28-34.
23. Soltanpur, Sh. and M. Jourgholami. 2015. Effects skidding with wheeled skidder Timberjack 450C on some physical properties of forest soils (Case study: Gorazbon, kheyrud forest). Journal of the forest and wood products, Iranian Journal of Natural Resources, 68(1) (In Persian).
24. Trautner, A. and J. Arvidsson. 2003. Subsoil compaction caused by machinery traffic on a Swedish Eutriccambisol at different soil water contents. Soil and Tillage Research, 73: 107-118.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-20]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1398.7.14.4.8]

[DOI: 10.29252/ifej.7.14.22]

The Environmental Effects of Skidder Traffic and Skidding Directions on Forest Soil Compaction and the Regeneration Establishment Condition in Choob-e-Farim Forests

Seyed Reza Mostafanezhad[1], Mohammad Reza Pourmadjidian[2], Kambiz Espahbodi[3] and Ali Eghtesadi[4]

1- Research Assistant, Natural Resources Research Center, Agricultural Research and Training Center, Mazandaran Province, Agricultural Research and Training Organization, Sari, Iran
(Corresponding author: m.seyedreza@yahoo.com)
2- Associate Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran
3- Associate Professor of Research, Natural Resources Research Center, Agricultural Research and Training Center, Mazandaran Province, Agricultural Research and Training Organization, Sari, Iran
4- Assistant Professor of Forestry and Rangeland Research, Forestry and Rangeland Research Institute, Agricultural Research and Training Organization, Tehran, Iran
Received: October 10, 2017 Accepted: July 2, 2018

Abstract

…..Forest soil compaction influenced by the use of skidders machineries, its power and weight, causes changes on specific physical characteristics of soil. In most of the investigations, the negative effects of skidder traffic is reduction in growth of trees. The aim of this research was investigating the effects of number of skidder traffic in different skidding direction (uphill and downhill skidding) on soil compaction and forest seedlings establishment, through using rubber–tired skidder, the Timber jack 450c in compartments 9 and 11 series of the Dehmian exploitation corporation Choob-e-Farim company. The number of traffic at five levels (0, 1-5, 6-10, 11-15 and >15 passes) and two levels of skidding directions (uphill and downhill) were measured. After logging operations, sample plots with $9m^2$ size were recorded within the skidding trails. Bulk density, seedling density and root volume were measured on the disturbed surface and within the skidding trails. Results showed that the most bulk density increase was occurred during the first few passes of skidder (1-5 traffic). The increases in bulk density were considerable at the sampling depth of 20-30 cm. Uphill skidding soil compaction were higher ($1/24\ gr/cm^3$) than downhill skidding ($1/19\ gr/cm^3$). Uphill and downhill skidding directions did not affect the seedlings density. Traffics by more than 10 times at uphill and downhill skidding reduced the seedlings density and growth. The number of allowed traffics in uphill and downhill was determined to be 7-8 and 11-12 times respectively.

Keywords: Seedling Establishment, Skidding Direction, Root Volume, Bulk Density

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-20]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1398.7.14.4.8]
[DOI: 10.29252/ifej.7.14.22]