

روند بازیابی مواد آلی خاک تخریب شده طی یک دوره ده ساله پس از عملیات چوبکشی در جنگل

ابوالفضل جعفری^۱ و اکبر نجفی^{۲*}

۱- دانش آموخته دکترای جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، پست الکترونیک: a.najafi@modares.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۶/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۵/۱۱

چکیده

عملیات بهره‌برداری جنگل و چوبکشی زمینی به دلیل ایجاد کوبیدگی شدید و تخریب خاک، می‌تواند موجب تغییر در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شود. از سویی دیگر اطلاعات کمی در خصوص زمان لازم برای بازیابی خصوصیات خاک تخریب شده وجود دارد. از این رو تحقیق حاضر به منظور بررسی تغییرات مواد آلی، به عنوان یکی از خصوصیات مهم شیمیایی خاک، در اثر عملیات چوبکشی و روند بازیابی آن طی ده سال پس از عملیات چوبکشی انجام شد. بررسی تغییرات مواد آلی در سه بخش تردی کم، متوسط و زیاد یک مسیر چوبکشی که اخیراً کار چوبکشی در آن به پایان رسیده بود و سه مسیر که یک، پنج و ده سال از آخرین تردد ماشین‌آلات در آنها می‌گذشت، انجام شد. نتایج حاصل نشان داد که عملیات چوبکشی با توجه به شدت تردد ماشین‌آلات، باعث کاهش مواد آلی به میزان ۳۲/۵، ۵۳/۵ و ۵۸/۵ درصد به ترتیب در ترددهای کم، متوسط و شدید نسبت به تیمار شاهد می‌شود و میزان بازیابی نیز با توجه به شدت‌های ترددی در سنین مختلف متغیر است و بستگی به شدت تخریب خاک دارد؛ به طوری که با گذشت زمان، شدت تردد کم، بیشترین میزان بازیابی را نسبت به دو تردد دیگر نشان می‌داد. در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که تخریب مواد آلی خاک در اثر عملیات چوبکشی بیش از حد آستانه تخریب است و حتی پس از گذشت ده سال این تغییرات به طور کامل بازیابی نشدند و اختلافاتی را با تیمار شاهد نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: عملیات بهره‌برداری، مسیر چوبکشی، تخریب خاک، بازیابی خاک، مواد آلی

مقدمه

بهره‌برداری، استفاده از ماشین‌آلات و وسایل مدرن اگر چه به روند بهره‌برداری سرعت بخشیده و موجب بهبود کمی و کیفی فرآورده‌های چوبی و کاهش هزینه‌ها و سرانجام بهبود شرایط اقتصاد شده؛ ولی سبب آسیب دیدگی خاک بستر جنگل شده و تعامل طبیعی محیط جنگل را دگرگون و زادآوری آن را مختل کرده است. کوبیدگی خاک از متداول‌ترین مواردی است که در اثر ورود ماشین‌آلات بهره‌برداری اتفاق می‌افتد.

روند تخریب منابع طبیعی زمانی اثر خود را نشان می‌دهد که توان تجدید حیات و پایداری آن دشوار یا غیر ممکن شود. چنین وضعیتی نتیجه بهره‌برداری غیر اصولی است و در این مرحله از تخریب امکان بازگشت به شرایط اولیه سخت و حتی غیرممکن می‌شود. جنگل‌ها به عنوان یکی از پایدارترین این منابع از این قاعده مستثنی نیستند. طی عملیات

و همکاران (2008) در برزیل گزارش کردند که ۱۳ سال پس از زمان بهره‌برداری، نیتروژن و کربن خاک به میزان معناداری بازیابی می‌شود. همچنین در تحقیقات مشابه که در کانادا انجام شد نشان داده شد بسیاری از تغییراتی که در سال اول قابل مشاهده بودند، در سال دهم ناپدید شده و اثرات تردد ماشین‌آلات بر ویژگی‌های شیمیایی خاک به طور معنی‌داری بازیابی شدند. البته در این میان محتوای مواد غذایی سطح خاک به دلیل کاهش تراکم پوشش باقیمانده کف به طور معنی‌داری کمتر از میزان اولیه بود (Hope, 2007). این در حالیست که کمترین زمان برای بازیابی و ترمیم خصوصیات فیزیکی مانند وزن مخصوص ۲۳ سال گزارش شده است (Froehlich *et al.*, 1985).

نتایج حاصل از معدود تحقیقات انجام شده در ایران نیز بیانگر وجود اختلافاتی بین مسیرهای چوبکشی و جنگل طبیعی، حتی پس از گذشت ۲۰ سال است. Ezzati و همکاران (2012) روند بازیابی خصوصیات فیزیکی خاک طی یک دوره ۲۰ ساله و در طبقات ترافیکی شدید، متوسط و کم مسیرهای چوبکشی جنگل‌های نکا ظالمروود بیان کردند که برای بازیابی کامل خصوصیات خاک تخریب شده، به مدت زمانی بیش از ۲۰ سال نیاز است. صالحی و همکاران (۱۳۹۲) طی مطالعه‌ای به بررسی روند بازیابی خصوصیات فیزیکی خاک و استقرار تجدید حیات در یک دوره ده‌ساله در طبقات ترافیکی شدید، متوسط و کم یک مسیر چوبکشی در جنگل ناو اسالم پرداختند. نتایج آن نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین مسیر چوبکشی و جنگل طبیعی از لحاظ خصوصیات فیزیکی خاک و زادآوری گونه‌های افرا شیردار، ممرز و توسکا بود. عزتی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهش خود وجود اختلاف معنی‌دار بین طبقات ترافیکی مختلف و منطقه شاهد را در وزن مخصوص ظاهری خاک و تجدید حیات گونه‌های راش، افرا و توسکا گزارش کردند.

تخریب جنگل با تخریب خاک، به طور همزمان انجام می‌شود. حفاظت و نگهداری یکی از این دو مورد باعث حفاظت و نگهداری مورد دیگر می‌شود. حفاظت خاک یکی از مهمترین اصول در جنگلداری و مدیریت جنگل است که باید

کوبیدگی خاک‌های جنگلی توسط ماشین‌آلات سنگین یک پیامد معمول بهره‌برداری از جنگل است (Greacen & Sand, 1980). این اثرات تحت تأثیر عوامل گوناگونی مانند بافت خاک (Ampoorter *et al.*, 2007)، میزان رطوبت خاک در زمان بهره‌برداری (Rab, 1996)، بزرگی و ماهیت نیروی وارده شامل نوع، ابعاد، وزن و تعداد تردد ماشین‌آلات (Greacen & Sand, 1980; Rab, 1996)، شیب مسیر چوبکشی (Najafi *et al.*, 2009; Jaafari *et al.*, 2014) و جهت چوبکشی (Sidle & Drilca, 1981; Froehlich *et al.*, 1985) می‌توانند تا چندین دهه حاصلخیزی خاک را تحت تأثیر قرار دهند (Kozlowski, 2000).

اگرچه امکان بازیابی و احیای صدمات وارد به جنگل در اثر بهره‌برداری و چوبکشی زمینی وجود دارد، اما این فرایند طولانی است و ترمیم خاک به کندی انجام می‌شود (Rab, 2004; Ezzati *et al.*, 2012). زمان لازم برای بازیابی عناصر شیمیایی، مواد آلی، خلل و فرج و وزن مخصوص خاک به حالت اولیه متغیر بوده و با توجه به شدت، وسعت و شرایط تخریب می‌تواند از یکسال در لایه‌های سطحی (Sylvia & James, 2006) تا صد سال (Greacen & Sand, 1980) و حتی تا بیش از ۱۵۰ سال (Brevik *et al.*, 2002) در لایه‌های عمیق‌تر به طول بینجامد.

فرایند انبساط و انقباض خاک، دوره‌های یخ‌زدگی و ذوب شدن یخ، دوره‌های رطوبت و خشکی، فعالیت ریشه‌ای و میزان مواد آلی خاک، فعالیت فون و فلور خاک، مقدار بارندگی و ارتفاع از سطح دریا از عوامل طبیعی هستند که می‌توانند سبب بازیابی خاک تخریب شده ناشی از کوبیدگی شوند (Froehlich & MacNabb, 1984; Kozlowski, 2000; Webb, 2002).

براساس تحقیقات تعدادی از محققان، زمان لازم برای احیای خواص شیمیایی و زیستی خاک به مراتب کمتر از خواص فیزیکی است. Mariani و همکاران (2006) طی مطالعه‌ای در کانادا نشان دادند که خصوصیات زیستی خاک در کف جنگل ۳-۷ سال بعد از بهره‌برداری بازیابی شد. Macedo

دائما تکرار شود و مهندسان بهره‌بردار باید سعی در توسعه فنونی داشته باشند که با کاربرد ماشین‌آلات، حاصلخیزی خاک کم نشود (Froehlich et al., 1981). با توجه به اینکه عملیات بهره‌برداری جنگل با احداث مسیر چوبکشی و تردد ماشین‌آلات برای خروج محصولات جنگلی در این مسیرها، هر ساله باعث ایجاد صدمات گسترده‌ای در خاک شده و سطح وسیعی از توان تولیدی را می‌کاهد؛ بنابراین لازم است در خصوص میزان تخریب و مدت زمان لازم برای بازیابی ویژگی‌های خاک تحقیقات لازم انجام می‌شود. از این رو تحقیق حاضر به بررسی روند تخریب و بازیابی مواد آلی خاک، به عنوان یکی از مهمترین عوامل حاصلخیزی خاک، در شدت‌های ترددی مختلف پرداخته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

تحقیق حاضر در قطعه‌های ۷۴، ۷۳، ۶۷ و ۵۴ از جنگل‌های حوزه نکا ظالمرو در ۸۰ کیلومتری جنوب شرق شهرستان ساری در استان مازندران انجام شد. طبق تقسیم‌بندی شرکت نکا چوب این قطعه‌ها در بخش ۷ سری ۲ واقع شده‌اند. این سری با طول جغرافیایی " ۵۹°۲۹'۵۵" تا " ۵۳°۳۷'۵۶" و عرض جغرافیایی " ۳۶°۲۳'۲۱" تا " ۳۶°۲۶'۱۵" طبق کتابچه طرح جنگلداری دارای جنس سنگ بستر عموماً " آهکی و آهکی دولومیتی و بافت خاک آن رسی - لومی و لومی - رسی است (بی نام، ۱۳۷۶). ناحیه مورد مطالعه دارای متوسط بارندگی سالیانه ۱۱۲۵ میلی‌متر بوده که بیشتر به صورت برف است. گونه غالب منطقه راش (*Fagus orientalis* Libskey.) و به همراه گونه‌های افراپلت (*Acer velutinum*)، ممرز (*Carpinus betulus*) و بلوط بلندمازو (*Quercus castaneifolia*) است. سیستم بهره‌برداری مورد استفاده در این سری به صورت گرده‌بینه کوتاه است (بی نام، ۱۳۷۶).

شیوه اجرای پژوهش

پس از جنگل‌گردشی و بررسی مسیرهای چوبکشی موجود، از بین مسیرهای موجود، ۴ مسیر انتخاب شدند.

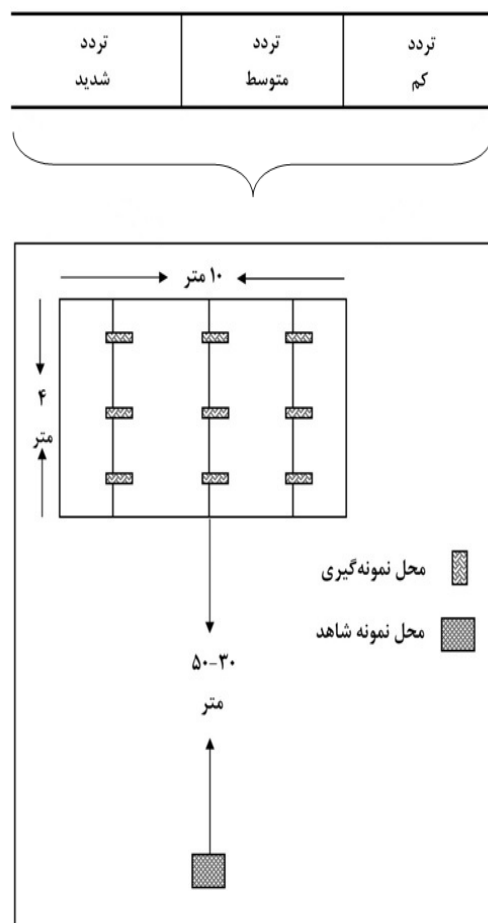
این مسیرها عبارت بودند از: یک مسیر چوبکشی تازه احداث که به تازگی کار چوبکشی در آن به پایان رسیده بود (قطعه ۵۴) و سه مسیر دیگر که تقریباً یکسال (قطعه ۷۴)، پنج سال (قطعه ۶۷) و ده سال (قطعه ۷۳) از آخرین زمان تردد ماشین‌آلات و اجرای عملیات چوبکشی در آنها می‌گذشت. مسیرهای چوبکشی دارای جهت چوبکشی رو به پایین و فاقد شیب عرضی بودند. هدف از انتخاب این مسیرها با اختلافات ذکر شده در خصوص آخرین زمان چوبکشی در آنها، بررسی اثر تردد ماشین‌آلات بهره‌برداری بر روند تغییرات ماده آلی در مسیر تازه احداث و بررسی روند بازیابی احتمالی آن در سه مسیر دیگر طی یک دوره ده‌ساله بود. پس از تعیین مسیرها با نمونه‌گیری مقدماتی و انجام آزمایش‌های بافت خاک، مشخص شد که هر چهار مسیر دارای بافت لومی - رسی هستند و در این ویژگی دارای تفاوت نیستند. در مسیرهای منتخب به منظور تعیین اثر شدت‌های مختلف تردد ماشین‌آلات بر تغییرات مواد آلی خاک و روند بازیابی آن، هر مسیر چوبکشی به سه بخش ترددی شامل شدت تردد زیاد (ابتدای مسیر) با بیش از ۱۵ تردد، متوسط (قسمت میانی مسیر) دارای ۷ تا ۱۴ تردد و کم (انتهای مسیر) با ۳ تا ۶ تردد تقسیم شد (صالحی و همکاران، ۱۳۹۲؛ عزتی و همکاران، ۱۳۹۳; Mac Donagh et al., 2002; Najafi et al., 2009; Ezzati et al., 2012; Jaafari et al., 2014). در هر بخش ترددی، پنج پلات با طول ۱۰ متر و عرض چهار متر (عرض مسیر چوبکشی) تعیین و سپس از بین این تعداد پلات، ۳ پلات بطور تصادفی انتخاب شد. در هر پلات ۵ خط افقی اندازه‌گیری با فاصله ۲ متر از هم جدا و بعد به طور تصادفی ۳ خط انتخاب و بر روی هر خط سه محل برای اندازه‌گیری نمونه‌های مورد نظر انتخاب شد، به طوری که یک نمونه در مرکز شیار سمت راست ایجاد شده در اثر تردد ماشین‌چوبکشی و نمونه دیگر در مرکز شیار سمت چپ و نمونه سوم نیز در وسط دو شیار قرار می‌گرفت (شکل ۱)، (عزتی و همکاران، ۱۳۹۳; Jaafari et al., 2014; Ezzati et al., 2012).

مجاورت هر بخش به فاصله ۳۰-۵۰ متر، در منطقه شاهد (منطقه بدون تردد اسکیدر) یک نمونه گرفته شد تا امکان مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده در پلات‌ها با نمونه پلات شاهد میسر شود (عزتی و همکاران، ۱۳۹۳، Jaafari et al., 2012; Ezzati et al., 2014). طی مرحله نمونه‌گیری در منطقه شاهد، تا حد امکان سعی شد نقاطی انتخاب شوند که به لحاظ حجم در هکتار، گونه درختی و تراکم تاج پوشش وضعیت همگنی داشته باشند.

در چهار مسیر یادشده، در مجموع ۴۸ پلات (۳۶ پلات داخل مسیرها و ۱۲ پلات شاهد) نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها پس از قرارگیری در کیسه‌های پلاستیکی به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه پس از آماده‌سازی مقدماتی نمونه‌ها، اندازه‌گیری ماده آلی انجام شد (Wackley & Black, 1934). سپس با توجه به این فرض که ۵۸٪ ماده آلی از کربن آلی تشکیل شده است، از حاصلضرب عدد کربن آلی با عدد $1/72$ ($1/72 = 100 \div 58$) درصد ماده آلی خاک محاسبه شد (زرین کفش، ۱۳۷۲).

تجزیه و تحلیل اطلاعات:

به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات، میانگین مقادیر به دست آمده مربوط به مواد آلی پلات‌های هر بخش تجزیه و تحلیل شد. پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها (آزمون کولموگروف-اسمیرنوف) و همگنی واریانس‌ها (آزمون لیون)، بعد از تجزیه واریانس و آگاهی از معنی‌دار بودن شدت تردد بر روی تیمارها (جدول ۱)، میانگین داده‌ها با آزمون دانکن (به منظور مقایسه دو به دو تیمارها) مقایسه شد.



شکل ۱- محل‌های نمونه‌گیری در یک پلات از مسیر چوبکشی

نمونه‌گیری از خاک با استفاده از سیلندرهای فلزی (۵۰ میلی‌متر قطر، ۱۰۵ میلی‌متر طول) از عمق صفر تا ۱۰ سانتیمتری خاک، به دلیل تأثیرپذیری زیاد این عمق از عملیات چوبکشی (Ampoorter et al., 2007; Ezzati et al., 2012; Jaafari et al., 2014) انجام شد. همچنین در

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس یک طرفه کل مسیرها در ۴ سطح ترددی

شدید، متوسط، کم و بدون تردد (منطقه شاهد)

P>F	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	منابع تغییر
۰/۰۰۱	۴۴/۰۷	۲۶/۴۴۲	۳	۷۹/۳۲۶	شدت تردد اسکیدر
		۰/۶	۳۷	۲۲/۲۱۳	خطای آزمایش
			۴۰	۱۰۱/۵۳۹	مجموع

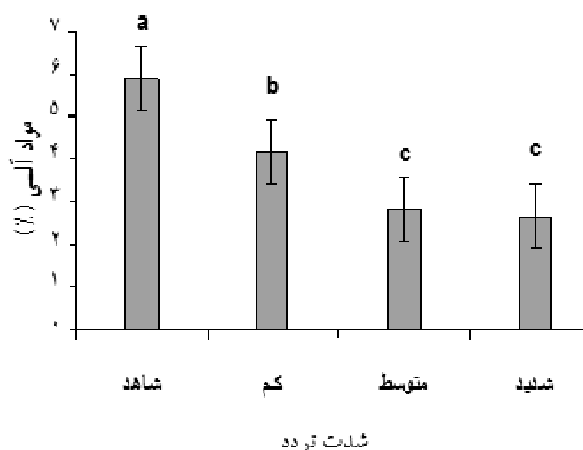
نتایج

۱- مسیر تازه احداث

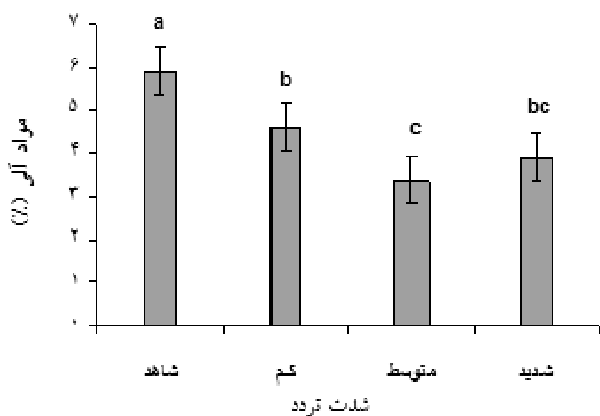
نتایج نشان داد از میزان مواد آلی خاک در اثر تردد ماشین آلات چوبکشی کاسته می‌شود. که این میزان کاهش تحت تأثیر شدت‌های ترددی بوده، به‌طوری‌که با افزایش شدت تردد کاهش مواد آلی شدت می‌یابد. با تجزیه و تحلیل آماری مشخص شد که افزایش شدت تردد با کاهش ۳۲/۵، ۵۳/۵ و ۵۸/۵ درصدی مواد آلی به ترتیب در ترددهای کم، متوسط و شدید نسبت به تیمار شاهد (منطقه بدون تردد) همراه بوده است. بنابراین با وجود اختلاف بین درصد کاهش در تردد متوسط و شدید، این اختلاف از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (شکل ۲).

۲- مسیر یکسال

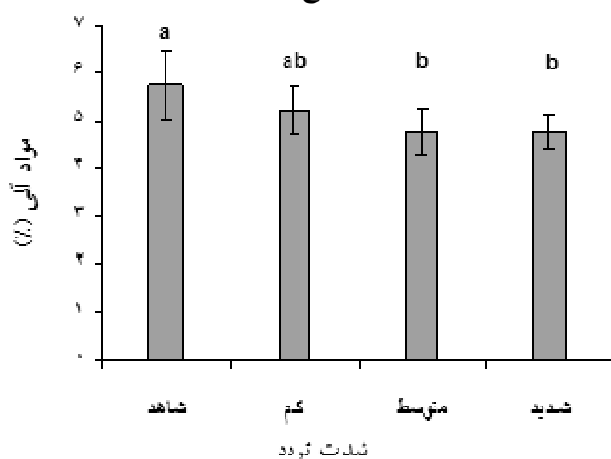
بررسی آماری میانگین تیمارهای شدت تردد نشان داد که بعد از گذشت یکسال بین درصد مواد آلی خاک تمامی ترددها و تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار وجود دارد که این اختلاف برای شدت‌های ترددی کم، متوسط و زیاد به ترتیب ۲۸/۸، ۵۲/۲ و ۵۴/۹ درصد است. البته همانند مسیر تازه احداث، در این مسیر نیز بین تردد متوسط و شدید اختلاف معنی‌دار آماری وجود نداشت (شکل ۳).



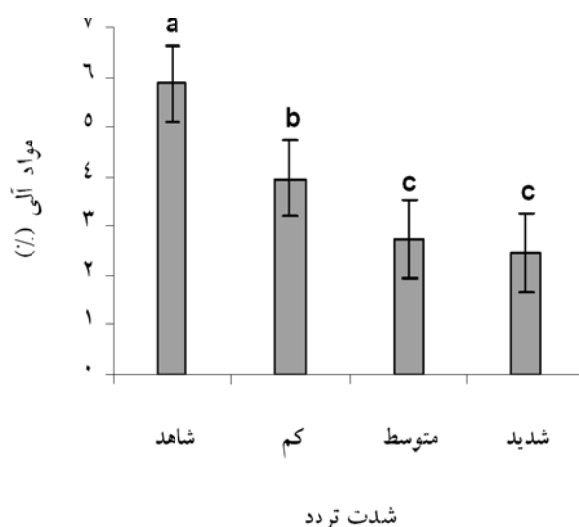
شکل ۳- میانگین مقادیر مواد آلی در شدت‌های ترددی مسیر یک سال



شکل ۴- میانگین مقادیر مواد آلی در شدت‌های ترددی مسیر پنج سال



شکل ۵- میانگین مقادیر مواد آلی در شدت‌های ترددی مسیر ده سال



شکل ۲- میانگین مقادیر مواد آلی در شدت‌های ترددی مسیر تازه احداث

۳- مسیر پنج سال

با مقایسه درصد مواد آلی خاک در بین تیمارهای مورد نظر مشخص شد که بعد از گذشت پنج سال، میانگین مقادیر مواد آلی در مسیر چوبکشی به طور معنی‌داری کمتر از تیمار شاهد بود. این اختلافات برای تردهای کم، متوسط و زیاد به ترتیب ۲۲/۳، ۴۳/۱ و ۳۴/۱ درصد بود. در این مسیر، تردد متوسط دارای کمترین میزان مواد آلی بود که البته از این نظر با تردد شدید دارای اختلاف معنی‌دار آماری نداشت. از طرفی با وجود کمبود درصد مواد آلی در تردد شدید، بین این بخش و بخش تردد کم، از این رو از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۴).

۴- مسیر ده سال

مقایسه میانگین مقادیر مواد آلی تحت تأثیر عامل شدت تردد نشان داد که در این مسیر تنها بخش تردد کم از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد ندارد. دو بخش ترددی دیگر با وجود نداشتن تفاوت معنی‌دار با تردد کم، با تیمار شاهد دارای اختلاف هستند. بنابراین میزان کمبود مواد آلی سه بخش ترددی کم، متوسط و زیاد نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۹/۱، ۱۶/۶ و ۱۷ درصد است (شکل ۵).

بحث

۱- مسیر تازه احداث

با بررسی تغییرات مواد آلی در مسیر تازه احداث مشخص گردید که به تناسب افزایش شدت تردد از میزان ماده آلی خاک کاسته می‌شود که می‌تواند به دلیل حذف پوشش کف جنگل و برداشته شدن لایه آلی خاک (Wang, 1997)، هدر رفت خاک (Nugent et al., 2003) و تحریک ماده آلی خاک به تجزیه سریع و کوبیدگی شدید باشد. تغییر در میزان مواد آلی پس از عملیات بهره‌برداری و چوبکشی زمینی توسط محققانی مانند Covington (1981), Rab (1986) و Miller & Sirois (1992), Ryan et al., (1999) و Rab (1996) گزارش شده است. با بررسی روند شدت تردد مشخص شد که حداکثر کاهش مواد آلی در تردد شدید اتفاق می‌افتد. با این حال، در تحقیق حاضر اختلاف معنی‌دار

آماری بین تردد متوسط و شدید مشاهده نشد. این موضوع را می‌توان به رسیدن خاک به حد اکثر تخریب خود در تردد متوسط نسبت داد؛ به طوریکه در این حالت با افزایش شدت تردد، روند تغییرات بعدی معنی‌دار نخواهد بود (Froehlich et al., 1981; Froehlich & MacNabb, 1984; Jamshidi et al., 2008; Najafi et al., 2009; Jaafari et al., 2014). در این مسیر میزان کاهش مواد آلی بین ۳۲/۵ تا ۵۸/۵ درصد در سه شدت ترددی بود. با توجه به نتایج Rab (1999) که ۳۰ درصد کاهش مواد آلی تحت تأثیر عملیات بهره‌برداری را آستانه تخریب خاک و کاهش حاصلخیزی عنوان کرده است؛ در این تحقیق مشخص شد که کاهش مواد آلی از سطح آستانه خود فراتر رفته است که در این حالت حاصلخیزی خاک و رشد درختان تحت تأثیر قرار خواهند گرفت (Kozlowski, 2000).

۲- مسیر یک سال

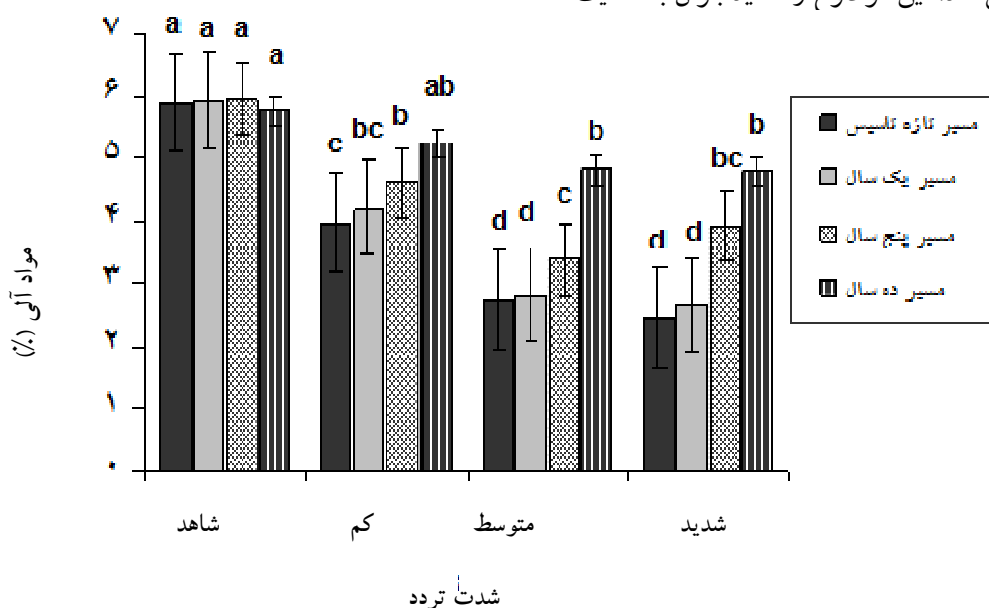
یک سال پس از عملیات چوبکشی، میزان مواد آلی خاک به طور معنی‌داری کمتر از میزان تیمار شاهد بود و از طرفی با وجود افزایش جزئی در مقادیر مواد آلی در هر یک از تردها، از این نظر اختلاف معنی‌داری با مسیر تازه احداث پیدا نکرده است (شکل ۶). این عدم بازیابی توسط Startsev & MacNabb (2000) نیز گزارش شده است. آنان اعلام کردند که برای بازگشت مؤلفه‌های خاکی موجود در مسیرهای چوبکشی، به بیش از سه سال زمان نیاز است. با این حال یافته‌های موجود با نتایج به دست آمده توسط Sylvia & James (2006) مطابقت نمی‌کند که می‌تواند به دلیل شدت و وسعت تخریب، شرایط خاک در هنگام بهره‌برداری و شرایط مسیر چوبکشی باشد. بنابراین در این مسیر میزان کمبود مواد آلی در دو بخش متوسط و شدید بیش از آستانه تخریب خاک است.

۳- مسیر پنج سال

بعد از گذشت پنج سال در این مسیر، کمبود میزان مواد آلی تفاوت آماری خود را با تیمار شاهد حفظ کرده است. در

بیشتر میکرو و ماکروفون ها و سریعتر شدن فرایند بازیابی، شدت تخریب خاک در زمان بهره برداری و شرایط رطوبتی خاک در زمان بهره برداری نسبت داد. در این مسیر نیز همانند مسیر یکسال میزان کمبود مواد آلی در دو بخش متوسط و شدید بیش از آستانه تخریب خاک است.

این مسیر، شدت تردد کم همانند مسیر تازه احداث و مسیر یک سال دارای بیشترین میزان مواد آلی نسبت به دو تردد دیگر است (شکل ۶). اما نکته قابل توجه در مورد شدت تردد شدید است که میزان بازیابی خود را تا حد تردد کم افزایش داده است و از این نظر نسبت به تردد متوسط میزان بازیابی بیشتری را نشان می دهد. این موضوع را شاید بتوان به فعالیت



شکل ۶- میانگین مقادیر مواد آلی در شدت های ترددی مسیرهای چوبکشی

Rab پس از ۱۰ سال و Anderson و همکاران (1992) پس از ۲۵ سال گزارش شده است. از طرفی در مطالعات آنان پس از گذشت مدت زمان یاد شده بخش های ترددی دارای اختلافاتی نسبت به هم بودند. تفاوت در نتایج به دست آمده از این تحقیق و نتایج گزارش شده توسط Rab (2004) و Anderson و همکاران (1992) می تواند به دلیل میزان حذف مواد آلی در اثر چوبکشی، میزان اختلاط خاک زیرین و روین (Rab, 2004) و تفاوت در نوع پوشش گیاهی و غنای فون و فلور باشد. بنابراین در این مسیر میزان کمبود مواد آلی در بخش های ترددی کمتر از آستانه تخریب خاک است که توسط Rab (1999) تعیین شده است.

یافته های این پژوهش نشان داد که چوبکشی زمینی می تواند باعث تخریب خاک و کاهش درصد ماده آلی موجود در خاک شود تا جایی که میزان تخریب از حد آستانه

۴- مسیر ده سال

در مسیر ده سال، میزان بازیابی مواد آلی به طور معنی داری نسبت به مسیرهای دیگر افزایش داشته است. با این حال شدت تردهای متوسط و شدید در این مسیر همچنان نسبت به تیمار شاهد دارای اختلاف معنی دار آماری هستند. بخش تردد کم این مسیر با وجود اینکه درصد مواد آلی کمتر نسبت به تیمار شاهد و بیشتر نسبت به دو تردد متوسط و شدید دارد، اما در آزمون مقایسه میانگین، اختلاف معنی دار آماری از خود نشان نداد (شکل ۶). در واقع در این مسیر درصد مواد آلی در سه بخش ترددی کم، متوسط و شدید نسبت به یکدیگر به تعادل رسیده است و پیش بینی می شود که طی سال های آینده میزان بازیابی به حداکثر میزان خود رسیده و تکمیل شود. میزان بازیابی در مدت ده سال در این مسیر بیش از مقداری است که توسط (2004)

- صالحی، ع.، طاهری آبکنار، ک.، بصیری، ر.، ۱۳۹۲. بررسی بازیابی خصوصیات فیزیکی خاک و استقرار تجدیدحیات طبیعی در مسیرهای چوبکشی. جنگل ایران. ۳(۴): ۳۲۹-۳۱۷.
- عزتی، س.، نجفی، ا.، حسینی، و.، ۱۳۹۳. ارزیابی روند بازیابی خاک و استقرار تجدید حیات طبیعی در مسیر چوبکشی پس از گذشت ۲۰ سال از اجرای چوبکشی زمینی. جنگل ایران. ۶(۱): ۹۹-۱۱۲.
- Ampoorter, E., Goris, R., Cornelis W.M. Verheyen W.M., 2007. Impact of mechanized logging on compaction status of sandy forest soils, *Forest Ecology and Management*, 241: 162-174.
- Anderson, H., Boddington, D. Van Rees, H., 1992. The long-term effects of saw log-only harvesting on some soil physical and chemical properties in East Gippsland, Department of Conservation and Environment, Victoria, Australia, 29 pp.
- Brevik, E., Fenton, T., Moran, L., 2002. Effect of soil compaction on organic carbon amounts and distribution, south-central Iowa. *Environmental Pollution*, 116: 137-141.
- Covington, W.W., 1981. Changes in forest floor organic matter and nutrient content following clear cutting in Northern Hardwoods. *Ecology*, 62: 41-48.
- Ezzati, S., Najafi, A., Rab, M.A., Zenner, E. K., 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.
- Froehlich, H.A., Aulerich, D.E., Curtis, R., 1981. Designing skid trail systems to reduce soil impacts from tractive logging machines. Corvallis, Oregon: Forest Research Laboratory, School of Forestry, Oregon State University.
- Froehlich, H.A. McNabb, D. H., 1984. Minimizing soil compaction in Pacific North West Forest: forest soils and treatment impacts, In 'Proceedings of the 6th North American Forest Soils Conference, University of Tennessee, and Knoxville.
- Froehlich, H.A., Milesand, D. W. R., Robbins, R.W., 1985. Soil bulk density recovery on compacted skid trails in Central Idaho. *Soil Science Society of America Journal*, 49: 1015-1017.
- Greacen, E. L., Sands, R., 1980. Compact of forest soils: a review. *Australian Journal Soil Research*, 18: 163-189.
- Hope, G. D., 2007. Changes in soil properties, tree growth, and nutrition over a period of 10 years after Stump removal and scarification on moderately coarse soils in interior British Columbia, *Forest Ecology and Management*, 242: 625-635.

۳۰ درصدی فراتر رود. از آنجایی‌که در اکوسیستم طبیعی خصوصیات خاک در حالت تعادل هستند، بنابراین هر گونه تغییر در یکی از این خصوصیات، باعث بروز تغییراتی در سایر ویژگی‌ها می‌شود؛ که این تغییرات می‌توانند تأثیر منفی بر مؤلفه‌های آن اکوسیستم داشته باشد. همانطور که نشان داده شد حتی پس از گذشت یک دوره ده ساله از عملیات چوبکشی نیز صدمات وارد به خاک کاملاً بازیابی نشده و اثرات مخرب خود را حفظ کرده‌اند. تحقیقاتی از این دست که در خصوص تخریب و تحول خاک انجام می‌شود بطور کلی برای راهنمایی جهت کاهش اثرات منفی تردد ماشین‌آلات بر روی خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند. بدین لحاظ می‌توان با انتخاب روش‌ها و ماشین‌آلات مناسب (Jaafari *et al.*, 2015) و طراحی مسیرهای دقیق و دائمی چوبکشی و قطع درختان در جهت مناسب از تردد بی‌مورد ماشین‌آلات چوبکشی در سطح جنگل جلوگیری کرد تا شرایط طبیعی خاک حفظ شود. علاوه بر این باید توجه داشت که استفاده مداوم و هر ساله از مسیرهای چوبکشی، صدمات وارد به خاک را در سطوح و عمق‌های بیشتری تشدید نموده و صدمات جبران‌ناپذیری به بار می‌آورد. از طرفی تحقیق حاضر نشان داد که فرایند بازیابی طبیعی در غیاب عملیات احیایی (مانند خراش‌دهی سطحی)، طولانی است و مطمئناً بخش عمده‌ای از توان خاک و رویشگاه را معطوف به خود می‌کند، از این رو اجرای عملیات مدیریت شده احیایی به‌طور مصنوعی برای بازیابی خصوصیات تغییر یافته خاک در مسیرهایی که میزان پوشش گیاهی به شدت کاهش یافته، ضروری به نظر می‌رسد (Pinar *et al.*, 2000; Kolka & Smidt, 2004).

منابع مورد استفاده

- بی‌نام، ۱۳۷۶. کتابچه طرح جنگلداری بخش ۵، جنگل‌های حوزه نکا ظالمروود، ۱۳۱ صفحه.
- زرین کفش، م.، ۱۳۷۲. خاکشناسی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۳۴۲ صفحه.

- Nugent, C., Kanali, C., Owende, P.M.O., Nieuwenhuis, M., 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.
- Pinard, M.A., Barker, M.G., Tay, J., 2000. Soil disturbance and post-logging forest recovery on bulldozer paths in Sabah, Malaysia. *Forest Ecology and Management*, 130: 213–225.
- Rab, M. A., 1996. Soil physical and hydrological properties following logging and slash burning in the *Eucalyptus regnans* forest of southeastern Australia. *Forest Ecology and Management*, 84: 159–176.
- Rab, M.A., 1999. Measures and operating standards for assessing Montreal process soil sustainability indicators with reference to Victorian Central Highlands forest, southeastern Australia. *Forest Ecology and Management*, 117: 53–73.
- Rab, M.A., 2004. Recovery of soil physical properties from compaction and soil profile disturbance caused by logging of native forest in Victorian Central Highlands, Australia. *Forest Ecology and Management*, 191: 329–340.
- Ryan, D., Huntington, T.G., Martin, W., 1992. Redistribution of soil nitrogen, carbon and organic matter by mechanical disturbance during whole-tree harvesting in northern hardwoods. *Forest Ecology and Management*, 49: 87-90.
- Sidle, R., Drlica, D., 1981. Soil compaction from logging with a low-ground pressure skidder in the Oregon Coast Ranges. *Soil Science Society of America Journal*, 45: 1219-1224.
- Startsev, A.D., McNabb, D.H., 2000. Effects of skidding on forest soil infiltration in west-central Alberta. *Canadian Journal of Soil Science*, 8: 617–624.
- Sylvia W., James, F., 2006. Compacted of boreal forest soils. Sustainable forest management network university of Alberta, Edmonton. NO. 17
- Wackley, H., Black, I.A., 1934. An examination of the method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid method. *Soil Science*, 37: 29–38.
- Wang, L., 1997. Assessment of animal skidding and ground machine skidding under mountain conditions. - *International Journal of Forest Engineering*, 8: 57–64.
- Webb, R.H, 2002. Recovery of severely compacted soils in the Mojave Desert, California, USA. *Arid Lands Research and Management*, 16: 291-305.
- Jaafari, A., Najafi, A., Melón, M. G., 2015. Decision-making for the selection of a best wood extraction method: An analytic network process approach. *Forest Policy and Economics*, 50: 200-209.
- Jaafari, A., Najafi, A., Zenner, E. K., 2014. Ground-based skidder traffic changes chemical soil properties in a mountainous Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forest in Iran. *Journal of Terramechanics*, 55: 39-46.
- Jamshidi, R., Jaeger, D., Raafatnia, N., Tabari, M., 2008. Influence of two ground-based skidding systems on soil compaction under difference slope gradient conditions. *International Journal of Forest Engineering*, 19 (1): 9-16.
- Kolka, R.K., 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: 313–23.
- Kozłowski, T.T., 2000. Responses of woody plants to human-Induced Environmental Stresses: issues, problems, and strategies for alleviating stress. *Critical Reviews in Plant Science*, 19: 91–170.
- MacDonagh, P., Garibaldi, J., Rivero, L., Fernández, R., 2002. Neotropical forest harvesting impact in Misiones, Argentina: Soil compaction and traffic intensity, Written for presentation at the 2002 ASAE Annual International Meeting / CIGR XVth World Congress. Paper Number: 025009. 11 p.p
- Macedo, M.O., Resende, A.S., Garcia, P.C., Boddey, R.M., Jantalia, C.P., Urquiaga, S., Campello, E.F.C., Franco, A.A., 2008. Changes in soil C and N stocks and nutrient dynamics 13 years after recovery of degraded land using leguminous nitrogen-fixing trees. *Forest Ecology and Management*, 255: 1516-1524.
- Mariani, L., Chang, S.X., Kabzems, R., 2006. Effects of tree harvesting, forest floor removal, and compaction on soil microbial biomass, microbial respiration and N availability in a boreal aspen forest in British Columbia. *Soil Biology & Biochemistry*, 38: 77–86.
- Miller, J. H., Sirois, D.L., 1986. Soil disturbance by skyline vs. skidding in a loamy hill forest. *Soil Science Society of America Journal*, 50: 1579-1583.
- Najafi, A., Solgi A., Sadeghi, S. H., 2009. Soil disturbance following four wheel rubber skidder logging on the steep trail in the north mountainous forest of Iran. *Soil & Tillage Research*, 103: 165-169.