Arshive of SID

فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۵ شماره ۱، صفحه ۶۹-۵۸، (۱۳۹۶)

تأثیر شیب زمین بر وسعت و شدت برهم‌خوردگی خاک جنگل در اثر عملیات چوبکشی زمینی (مطالعه موردی: جنگل ناو اسالم گیلان)

فرزام توانکار [۱*] و مهرداد نیکوی [۲]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، واحد خلخال، دانشگاه آزاد اسلامی، خلخال، ایران

پست الکترونیک: tavankar@aukh.ac.ir

۲- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۲/۱۱

چکیده

یکی از عامل‌های کلیدی برای داشتن جنگل‌هایی با تولید مستمر، حفاظت از خاک جنگل است. در پژوهش پیش‌رو وسعت و شدت برهم‌خوردگی خاک جنگل در اثر خارج کردن تنه‌ها و گرده‌بینه‌های درختان قطع‌شده (۲۰/۵ m^3/ha) در جنگل ناو اسالم گیلان بررسی شد. پس از اتمام عملیات چوبکشی، برهم‌خوردگی خاک از طریق نمونه‌برداری نقطه- خط‌نمونه و به روش ارزیابی چشمی بررسی شد. نتایج نشان داد که حدود ۶/۲ ± ۱۹ درصد از خاک منطقه در اثر چوبکشی دچار برهم‌خوردگی شده بود که ۱۱/۳ درصد آن با شدت کم و ۷/۷ درصد آن با شدت زیاد بود. وسعت و شدت برهم‌خوردگی خاک با افزایش فاصله از مسیرهای چوبکشی کاهش یافته بود، اما با افزایش شیب زمین افزایش پیدا کرده بود. وزن مخصوص ظاهری خاک در مناطق برهم‌خورده با شدت کم (۱/۲۹ g/cm^3) و در مناطق برهم‌خورده با شدت زیاد (۱/۴۴ g/cm^3) به‌ترتیب ۲/۴ و ۱۴/۳ درصد نسبت به مناطق شاهد افزایش یافته بود. وزن مخصوص ظاهری خاک مناطق برهم‌خورده با افزایش شیب زمین افزایش یافته بود، به‌طوری‌که در شیب‌های بیشتر از ۵۰ درصد، وزن مخصوص ظاهری خاک ۲۰/۸ درصد نسبت به مناطق شاهد افزایش یافته بود. کاهش شدت برداشت، قطع و انداختن هدایت‌شده درختان و محدود کردن عملیات چوبکشی به شیب‌های کمتر از ۵۰ درصد، ازجمله راهکارهای کاهش برهم‌خوردگی خاک در این جنگل‌ها است.

واژه‌های کلیدی: بهره‌برداری جنگل، چوبکشی زمینی، فشردگی خاک، قطع تک‌گزینی، وزن مخصوص خاک.

مقدمه

خروج تنه‌ها و گرده‌بینه‌های درختان قطع‌شده از داخل جنگل و رساندن آنها به دپوهای احداث‌شده در کنار جاده‌های جنگلی (حمل و نقل اولیه) یکی از مراحل مهم بهره‌برداری جنگل است و نقش زیادی در آسیب رساندن بر خاک و توده جنگل دارد (Solgi & Najafi, 2014). درواقع، وسعت و شدت صدمات واردشده به جنگل در استفاده از ماشین‌آلات بهره‌برداری به‌طور عمده وابسته به روش خروج چوب از جنگل و طراحی شبکه حمل و نقل جنگل است (Byblyuk *et al*., 2010). عملیات چوبکشی زمینی با استفاده از ماشین‌های چوبکشی مجهز به کابل وینچ به‌طور گسترده‌ای برای خروج تنه‌ها و گرده‌بینه‌های درختان

www.SID.ir

Arshive of SID

قطع‌شده در جنگل‌های هیرکانی استفاده می‌شود (Naghdi *et al.*, 2009; Majnounian & Jourgholami, 2013). ایجاد شرایط کار امن‌تر، تولید بیشتر با کیفیت بهتر و قیمت تمام‌شده ارزان‌تر محصولات، نسبت به سیستم‌های دیگر بهره‌برداری مکانیزه را می‌توان از عامل‌های اصلی گسترش این سیستم بهره‌برداری ذکر کرد (Naghdi *et al.*, 2009). البته سیستم بهره‌برداری چوبکشی زمینی نسبت به سیستم‌های دیگر خروج چوب مانند کابل‌های هوایی، خسارات بیشتری بر خاک (Miller & Sirois, 1986; Reeves *et al.*, 2011) و توده جنگل (Hosseini *et al.*, 2000) وارد می‌کند.

صدمات وارد به خاک جنگل در طی عملیات بهره‌برداری با عنوان برهم‌خوردگی تعریف می‌شود و شدت و وسعت آن با اندازه‌گیری سه عامل فشردگی، شیاردار شدن و جابجایی خاک ارزیابی می‌شود (Miller *et al.*, 2010). عمومی‌ترین شکل برهم‌خوردگی خاک در طی عملیات بهره‌برداری جنگل، فشردگی خاک است که می‌تواند منجر به کاهش رویش گیاهان شود (Page-Dumroese *et al.*, 2000). Murphy و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که رویش ارتفاعی درختان *Pinus radiate* در اثر فشردگی خاک کاهش یافت. خاک‌های فشرده‌شده عمق فعال ریشه گیاهان را به‌وسیله محدود کردن دسترسی به آب و مواد غذایی و کاهش تبادلات گازی محدود می‌کنند (Miller *et al.*, 2010). شیاردار شدن که نوعی به‌جا ماندن آثار تجهیزات سنگین بر خاک است، اثر تعیین‌کننده‌ای بر توان تولیدی رویشگاه از طریق ایجاد طرح‌های روان آب سطحی، کاهش نفوذپذیری و تبادلات گازی دارد (Page-Dumroese *et al.*, 2000). شیارهای عمیق ایجادشده در خاک علاوه‌بر صدمه به ریشه گیاهان، عامل فرسایش خاک به‌خصوص در زمین‌های با شیب تند هستند (Miller *et al.*, 2010). جابجایی خاک که حرکت مکانیکی خاک یا مواد سطح جنگل به‌وسیله تجهیزات یا جابجا شدن گرده‌بینه‌ها است، می‌تواند خاک‌های غیرمناسب زیرین را آشکار کند و شرایط نامناسبی را برای رویش و استقرار بذر گونه‌های اصلی فراهم کند (Miller *et al.*, 2010). پژوهش انجام‌شده در جنگل‌های مالزی نشان داد که در اثر عملیات چوبکشی زمینی، ۲۴/۷ درصد از خاک جنگل دچار برهم‌خوردگی شد که ۱۴/۶ درصد آن با شدت نمایان شدن خاک معدنی و ۱۰/۱ درصد آن با شدت‌های عمیق‌تر بودند (Jusoff & Majid, 1992). خدمات جنگل آمریکا (USFS) حد بحرانی برهم‌خوردگی خاک در طی عملیات بهره‌برداری جنگل را ۲۰ درصد سطح کل منطقه مورد عمل بیان کرده است که این مقدار شامل جاده‌ها، مسیرهای چوبکشی و دپوها نیز می‌شود (Anonymous, 1998). البته برخی پژوهشگران گزارش کردند که حد بحرانی برهم‌خوردگی خاک می‌تواند براساس مشخصات منطقه جنگلی ازجمله شرایط آب و هوایی، پوشش گیاهی، توپوگرافی و خاک منطقه تعیین شود (Page-Dumroese *et al.* 2000). Jourgholami و همکاران (۲۰۱۳) در جنگل خیرودکنار آثار بهره‌برداری به روش چوبکشی زمینی را بر مشخصات ظاهری خاک جنگل بررسی کردند و گزارش دادند که پس از پایان عملیات بهره‌برداری، ۶۹ درصد از خاک جنگل بدون برهم‌خوردگی، ۱۷ درصد دارای برهم‌خوردگی سطحی، هشت درصد شامل مسیرهای چوبکشی و دپوها و شش درصد دارای برهم‌خوردگی عمیق بودند. Jackson و همکاران (۲۰۰۲) برهم‌خوردگی خاک جنگل در اثر چوبکشی زمینی و روش بهره‌برداری کم‌فشار (۴/۳۵ اصله یا ۱۲/۱ متر مکعب در هکتار) را در جنگل‌های بولیوی بررسی کردند و گزارش دادند که ۴۵/۸ درصد خاک جنگل دچار برهم‌خوردگی شده بود که ۲۵ درصد آن مربوط به مسیرهای چوبکشی، جاده‌ها و دپوها بود.

هرچند برهم‌خوردگی خاک در اثر چوبکشی زمینی در جنگل‌های هیرکانی بررسی شده است، اما اغلب متمرکز بر مرحله خروج زمینی و برهم‌خوردگی خاک در مسیرهای چوبکشی بوده است. هدف از پژوهش پیش‌رو، بررسی شدت و وسعت برهم‌خوردگی خاک در اثر چوبکشی و تأثیر شیب زمین بر آن در اطراف مسیرهای چوبکشی و مناطق جمع‌آوری گرده‌بینه‌ها (Winching) در جنگل ناو اسالم بود.

www.SID.ir

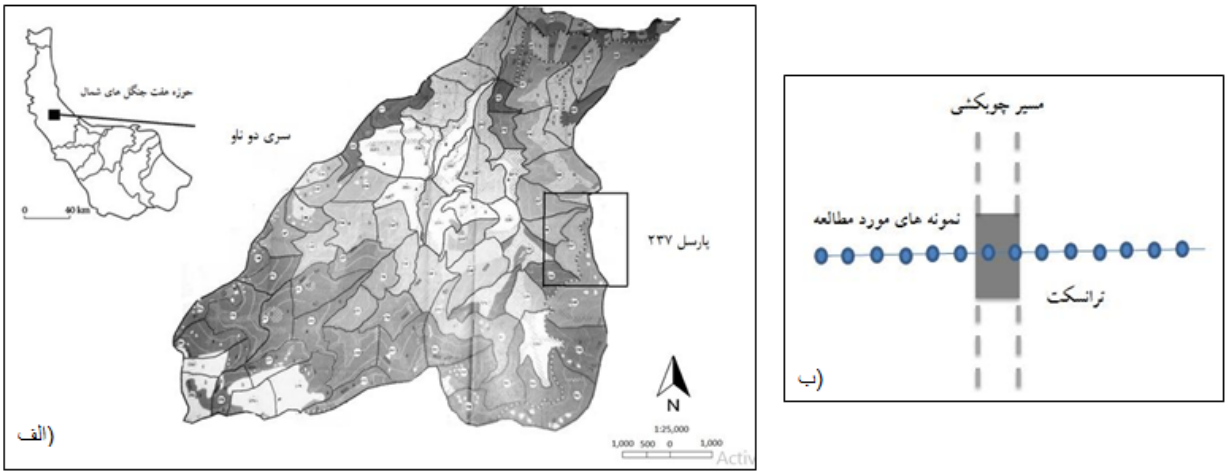
Arshive of SID

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پژوهش پیش‌رو در پارسل ۲۳۷ سری دو جنگل ناو اسالم در حوزه آبخیز شماره هفت در استان گیلان انجام شد (شکل ۱). این سری بین ً۳۶ َ۴۴ °۴۸ تا ً۵۸ َ۴۹ °۴۸ طول شرقی و ً۲۳ َ۲۷ °۳۷ تا ً۳۱ َ۴۲ °۳۷ عرض شمالی واقع شده است. اقلیم منطقه براساس ضریب رطوبت دمارتن، مرطوب است. مقدار بارش سالانه ۹۲۴ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۰/۲ درجه سانتیگراد است. مساحت این پارسل ۴۱ هکتار است که در محدوده ارتفاعی ۱۱۵۰ تا ۱۳۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد و جهت عمومی شیب آن شمال غربی است. ازنظر توپوگرافی، منطقه‌ای ناهموار است و بیشتر مناطق آن شیب بین ۳۰ تا ۸۰ درصد دارند. نوع سنگ مادر سیلیس، تیپ خاک قهوه‌ای جنگلی با بافت لیمون شنی و pH اسیدی بین ۵/۵ تا ۶/۲ و پوشیده از لایه لاشبرگی به عمق دو تا هفت سانتی‌متر است. خاک منطقه دارای زهکشی مناسب و ریزدانه است. برخی از مشخصات خاک منطقه شامل میانگین عمق خاک ۱/۱۵ متر، رطوبت ۳۰ تا ۵۵ درصد، ماده آلی ۵/۷ درصد، کربن آلی ۳/۶ درصد، نسبت C/N ۵/۹، درصد اشباع ۷۹ و درصد ازت کل ۰/۶۱ است. حجم سرپا و تراکم درختان در این پارسل به‌ترتیب ۲۳۳ سیلو و ۳۱۴ اصله در هکتار است. ساختار جنگل دانه‌زاد ناهمسال و تیپ جنگل راشستان آمیخته است (Anonymous, 2008).

شیوه مدیریت جنگل نزدیک به طبیعت (تک‌گزینی)، سیستم بهره‌برداری آن چوبکشی زمینی و دوره بهره‌برداری ۱۰ سال است. تراکم جاده‌های جنگلی و مسیرهای چوبکشی در این پارسل به‌ترتیب ۲۲/۷ و ۲۹/۵ متر در هکتار است. تعداد مسیرهای چوبکشی منشعب از جاده جنگلی پنج مسیر به طول‌های ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۲۶۰ و ۳۵۰ متر با میانگین شیب طولی ۲۲ درصد و بیشینه شیب طولی ۳۸ درصد است. تعداد و حجم درختان قطع و خارج‌شده از این پارسل در دوره سوم بهره‌برداری (زمستان ۱۳۸۸) به‌ترتیب ۲۴۸ اصله و ۸۲۲ متر مکعب بود. قطع و تبدیل درختان نشانه‌گذاری‌شده توسط اره موتوری و خارج کردن تنه‌ها و گرده‌بینه‌ها توسط ماشین چوبکشی چرخ لاستیکی مدل تیمبرجک ۴۵۰C انجام شد. وزن ماشین چوبکشی ۹/۸ تن، قدرت موتور ۱۷۷ اسب بخار و طول و عرض آن به‌ترتیب ۶/۴ و ۳/۸ متر بود. طول گرده‌بینه‌های خروجی ۵/۲ و ۷/۸ متر و بیشینه طول کابل جمع‌آوری (وینچینگ) ۵۰ متر بود (Anonymous, 2008).



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه (الف) و نحوه نمونه‌برداری (ب)

www.SID.ir

Arshive of SID

روش پژوهش

وسعت و شدت برهم‌خوردگی خاک در فاصله ۵۰ متر (بیشینه طول کابل جمع‌آوری) از دو طرف مسیرهای چوبکشی به روش نمونه‌برداری نقطه- خط‌نمونه (Point-transect) (شکل ۱؛ Najafi & Solgi, 2010) و به روش ارزیابی چشمی برهم‌خوردگی خاک (Visual assessing of soil disturbance) (McMahon, 1995) برداشت شد. شیب زمین مناطق چوبکشی براساس توانایی حرکت و فعالیت ماشین چوبکشی به چهار طبقه کمتر از ۱۵ درصد (حرکت و چوبکشی در تمام جهت‌ها)، ۱۵ تا ۳۰ درصد (حرکت و چوبکشی در جهت شیب زمین)، ۳۰ تا ۵۰ درصد (خاک‌برداری مسیر چوبکشی و حرکت مایل و مورب ماشین بر روی مسیر چوبکشی) و بیشتر از ۵۰ درصد (غیرمناسب برای چوبکشی زمینی) تقسیم شدند (Sarikhani, 2000; Anonymous, 2006). در هر طبقه شیب با توجه به سطح آن، تعداد خط‌نمونه‌ها، فاصله خط‌نمونه‌ها از یکدیگر و فاصله نقاط از یکدیگر بر روی خط‌نمونه‌ها تعیین شدند (Anonymous, 2002) (جدول ۱).

جدول ۱- مشخصات چوبکشی و طرح نمونه‌برداری در هر طبقه شیب زمین

شیب زمین (٪)	طول مسیر چوبکشی (متر)	مساحت منطقه چوبکشی (هکتار)	شدت برداشت (اصله در هکتار)	تعداد خط‌نمونه	فاصله خط‌نمونه‌ها از یکدیگر (متر)	فاصله نقاط از یکدیگر بر روی خط‌نمونه‌ها (متر)
< ۱۵	۱۱۰	۱/۱	۲۶/۴	۲۰	۵	۴
۱۵ – ۳۰	۲۷۰	۲/۷	۲۵/۹	۲۵	۱۱	۵
۳۰ – ۵۰	۳۸۰	۳/۸	۲۱/۳	۳۰	۱۲	۶
> ۵۰	۴۵۰	۴/۵	۱۹/۵	۳۵	۱۳	۷

در روش ارزیابی چشمی برهم‌خوردگی خاک، برای داشتن سطح اطمینان ۹۵ درصد، به حداقل ۴۰۰ نقطه نیاز است (Solgi & Najafi, 2014). در پژوهش پیش‌رو به‌منظور داشتن دقت بیشتر در هر طبقه شیب زمین، ۵۰۰ نقطه برداشت شد. طول هر خط‌نمونه ۱۰۰ متر، امتداد آنها عمود بر مسیرهای چوبکشی و محل شروع اولین خط‌نمونه‌ها در هر طبقه شیب زمین به‌طور تصادفی انتخاب شدند. در طول خط‌نمونه‌ها علاوه‌بر ثبت مشخصات ظاهری خاک (در محدوده‌ای به شعاع ۳۰ سانتی‌متر (Gondard *et al.*, 2003)، تعداد و مشخصات شیارهای ایجادشده در اثر کشیدن گرده‌بینه‌ها بر روی زمین نیز ثبت و اندازه‌گیری شد. حداقل طول، عرض و عمق شیارها برای اندازه‌گیری به‌ترتیب ۲۰۰، ۳۰ و پنج سانتی‌متر درنظر گرفته شد و عمق شیارها در عمیق‌ترین قسمت آن اندازه‌گیری شد (Anonymous, 2002; Reeves *et al.*, 2011). در هر طبقه شیب زمین به‌منظور اندازه‌گیری وزن مخصوص و میزان رطوبت خاک، ۱۶ نمونه خاک با استفاده از سیلندرهای فلزی به طول و قطر داخلی به‌ترتیب ۱۰ و پنج سانتی‌متر برداشت شدند. چهار نمونه از خاک‌های بدون برهم‌خوردگی (کد یک)، چهار نمونه از خاک‌های با برهم‌خوردگی سطحی (کد سه)، چهار نمونه از خاک‌های با برهم‌خوردگی شدید (کد شش) و چهار نمونه خاک از عمیق‌ترین قسمت شیارها (کدهای پنج و هشت) برداشت شدند. نمونه‌های خاک در آزمایشگاه وزن شدند و سپس در دمای ۱۰۴ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت خشک و دوباره توزین شدند. وزن مخصوص ظاهری تر و خشک خاک به‌ترتیب از طریق رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه شدند (Naghdi *et al.*, 2009):

$$Y_w = \frac{W}{V} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

$$Y_d = \frac{Y_w}{1+W\%} \qquad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه‌های فوق: Y_w و Y_d به‌ترتیب وزن مخصوص تر و خشک خاک به گرم بر سانتی‌متر مکعب، W وزن نمونه به

www.SID.ir

Arshive of SID

گرم، V حجم نمونه به سانتی‌متر مکعب و $W\%$ درصد رطوبت خاک است.

نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون کولموگروف-سمیرنوف بررسی شد. برای بررسی اثر متغیرهای شیب زمین و فاصله از مسیر چوبکشی بر فراوانی برهم‌خوردگی خاک و وزن مخصوص ظاهری خاک، از آزمون تجزیه واریانس دوطرفه استفاده شد. در صورت معنی‌دار بودن نتایج آزمون‌های تجزیه واریانس، برای تشخیص تفاوت‌های معنی‌دار بین میانگین‌ها از آزمون مقایسه‌ای چندگانه دانکن استفاده شد. اثر شیب زمین بر وزن مخصوص ظاهری خاک و مشخصات شیارهای ایجادشده در اثر چوبکشی (فراوانی، عمق، طول و عرض) نیز از طریق آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه بررسی شد. ارتباط بین عمق شیار و وزن مخصوص خاک از طریق آزمون همبستگی و مدل رگرسیون بررسی شد.

نتایج

فراوانی انواع برهم‌خوردگی ظاهری خاک پس از اتمام عملیات چوبکشی در جدول ۲ آورده شده است. از کل خاک منطقه چوبکشی، ۸۱ درصد دست‌نخورده و بدون برهم‌خوردگی و ۱۹ درصد دچار برهم‌خوردگی به شکل‌ها و شدت‌های متفاوت بود. همچنین ۷/۷ درصد از خاک منطقه چوبکشی، با شدت شدید و عمیق و ۱۱/۳ درصد آن با شدت سطحی و کم‌عمق برهم‌خورده شده بود. بیشترین فراوانی نوع برهم‌خوردگی خاک (۴/۳ درصد) به شکل حداقل برهم‌خوردگی و وجود لاشبرگ (کد دو) مشاهده شد. حذف لایه سطحی خاک و نمایان شدن خاک معدنی (کد شش) که یکی از انواع برهم‌خوردگی‌ها با شدت زیاد بود، ۴/۱ درصد از خاک منطقه چوبکشی را شامل می‌شد. حدود ۲/۲ درصد از خاک منطقه چوبکشی شیاردار شده بود که در ۱/۳ درصد از آن، عمق شیارها کمتر از ۱۰/۲ سانتی‌متر (کد پنج) و در ۰/۹ درصد آن عمق شیارها بیشتر از ۱۰/۲ سانتی‌متر (کد هشت) بود (جدول ۲).

جدول ۲- فراوانی (درصد) انواع برهم‌خوردگی ظاهری خاک در اثر چوبکشی

وضعیت خاک	انواع برهم‌خوردگی خاک	کد	درصد
بدون برهم‌خوردگی	عدم شواهد عبور گرده‌بینه و ماشین، لاشبرگ و پوشش کف جنگل دست‌نخورده	۱	۸۱
برهم‌خوردگی سطحی و کم‌عمق	وجود لاشبرگ، وجود شواهد برهم‌خوردگی کم	۲	۴/۳
	حذف لاشبرگ، لایه بالایی خاک نمایان شده	۳	۳/۲
	لاشبرگ و لایه بالایی خاک مخلوط شده	۴	۲/۵
	وجود شواهد عبور گرده‌بینه و ماشین (اثر با عمق کمتر از ۱۰/۲ سانتی‌متر)	۵	۱/۳
برهم‌خوردگی شدید و عمیق	حذف لایه سطحی خاک، نمایان شدن خاک معدنی	۶	۴/۱
	ایجاد ساختار فرسایشی (شیارهای کوچک، آب کند و غیره)	۷	۲/۷
	شیاردار شدن در اثر عبور چرخ یا گرده‌بینه (اثر با عمق بیشتر از ۱۰/۲ سانتی‌متر)	۸	۰/۹

نتایج اثر شیب و فاصله چوبکشی و اثر متقابل آنها بر برهم‌خوردگی خاک جنگل در جدول ۳ ارایه شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که با افزایش فاصله از مسیر چوبکشی، از فراوانی خاک‌های برهم‌خورده کاسته شد ($F = ۶۷/۲;\ p < ۰/۰۱$)، به‌طوری‌که تا فاصله ۱۰ متری از مسیرهای چوبکشی، فراوانی برهم‌خوردگی خاک ۳۳ درصد، اما در فاصله ۴۰ تا ۵۰ متری، فراوانی برهم‌خوردگی خاک حدود چهار درصد بود (شکل ۲- الف).

www.SID.ir

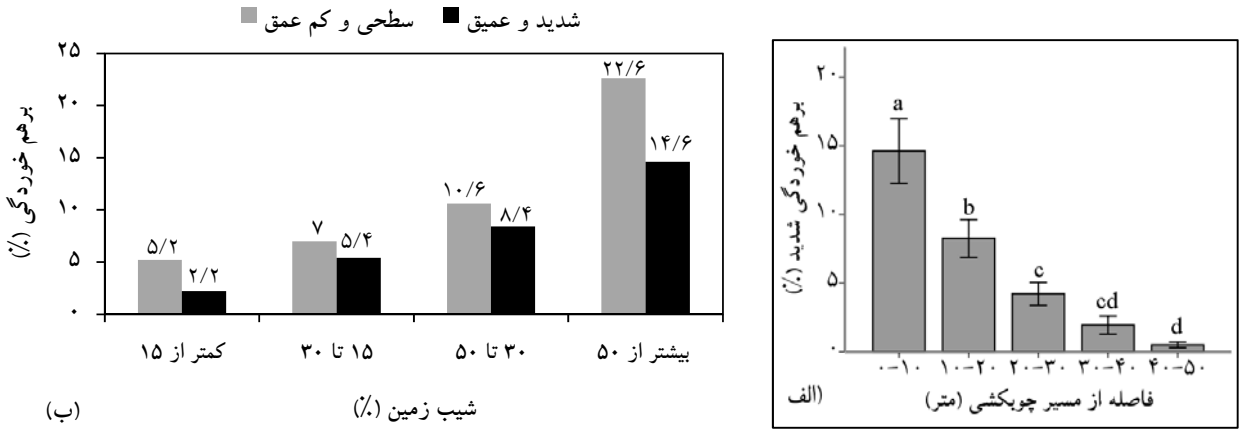
Arshive of SID

جدول ۳- نتایج آزمون تجزیه واریانس دوطرفه تأثیر شیب زمین و فاصله از مسیر چوبکشی بر برهم‌خوردگی خاک جنگل

عامل تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	F	معنی‌داری
شیب زمین	۱۷۸/۲	۳	۵۹/۴	۰/۰۰۱**
فاصله از مسیر چوبکشی	۲۶۸/۸	۴	۶۷/۲	۰/۰۰۱**
شیب × فاصله از مسیر	۷۹/۶	۱۲	۱۴/۱	۰/۰۰۱**

**معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

با افزایش فاصله از مسیرهای چوبکشی، از فراوانی خاک‌های برهم‌خورده شدید نیز کاسته شد ($p < ۰/۰۱$; $F = ۷۹/۹$). نتایج آزمون دانکن نشان داد که میانگین برهم‌خوردگی شدید خاک در فاصله صفر تا ۱۰ متر از مسیر چوبکشی، ۱۴/۶ بود که به‌طور معنی‌داری بیشتر از میانگین برهم‌خوردگی خاک در فواصل دورتر بود. همچنین در فاصله ۱۰ تا ۲۰ متری، میانگین برهم‌خوردگی شدید خاک ۸/۳ درصد به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با میانگین برهم‌خوردگی شدید خاک در فواصل ۲۰ تا ۳۰ متر (۴/۲ درصد)، ۳۰ تا ۴۰ متر (۱/۹ درصد) و ۴۰ تا ۵۰ متر (۰/۵ درصد) داشت، اما میانگین‌های برهم‌خوردگی خاک در فواصل ۳۰ تا ۴۰ متر و ۴۰ تا ۵۰ متر، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (شکل ۲- الف).



شکل ۲- فراوانی برهم‌خوردگی خاک در ارتباط با فاصله از مسیر چوبکشی (الف) و فراوانی شدت برهم‌خوردگی خاک در طبقه‌های شیب زمین (ب)

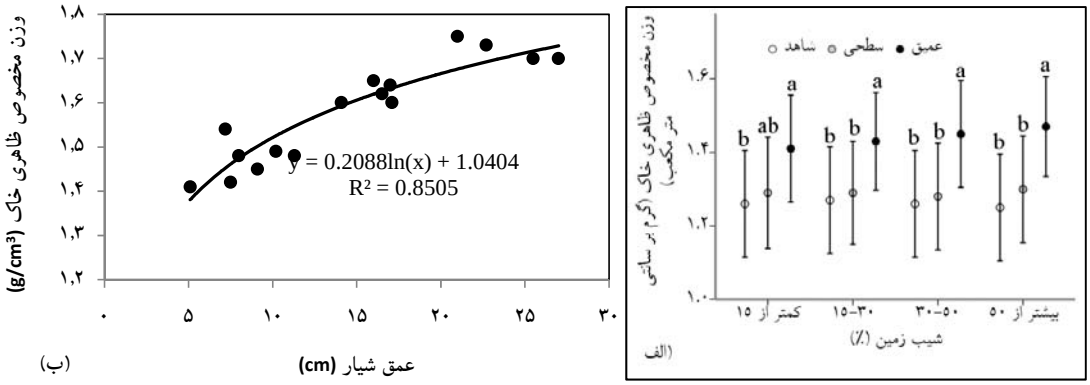
فراوانی و شدت برهم‌خوردگی خاک در طبقه‌های شیب زمین در شکل ۲- ب نشان داده شده است. با افزایش شیب زمین، فراوانی برهم‌خوردگی‌های خاک از هر دو نوع سطحی و شدید افزایش یافت. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که شیب زمین تأثیر معنی‌داری بر فراوانی برهم‌خوردگی خاک داشت ($F = ۵۹/۴$; $p < ۰/۰۱$). نتایج آزمون دانکن نشان داد که فراوانی و شدت خاک‌های برهم‌خورده در شیب‌های بیشتر از ۵۰ درصد به‌طور معنی‌داری بیشتر از شیب‌های کمتر از ۵۰ درصد بود. فراوانی خاک‌های برهم‌خورده در شیب‌های بیشتر از ۵۰ درصد (۳۷/۲ درصد)، حدود دوبرابر شیب‌های ۳۰ تا ۵۰ درصد، سه‌برابر شیب‌های ۱۵ تا ۳۰ درصد و پنج‌برابر شیب‌های کمتر از ۱۵ درصد بود. در شیب‌های بیشتر از ۵۰ درصد، حدود ۱۴/۶ درصد سطح خاک‌ها بر اثر چوبکشی، برهم‌خوردگی شدید و عمیق داشتند که حدود هفت‌برابر شیب‌های کمتر از ۱۵ درصد بود. نتایج آزمون تجزیه

www.SID.ir

Arshive of SID

واریانس دوطرفه نیز نشان داد که تأثیر توأم شیب زمین و فاصله از مسیر چوبکشی، بر فراوانی برهم‌خوردگی خاک معنی‌دار بود ($F = ۱۴/۱; p < ۰/۰۱$) (جدول ۳).

میانگین وزن مخصوص ظاهری خاک در وضعیت‌های مختلف (بدون برهم‌خوردگی و برهم‌خوردگی‌های سطحی و عمیق) و در طبقه‌های شیب زمین در شکل ۳- الف نشان داده شده است. میانگین‌های وزن مخصوص خاک‌های شاهد کمترین مقدار و میانگین‌های وزن مخصوص خاک‌های برهم‌خورده با شدت عمیق، بیشترین مقدار را در هر چهار طبقه شیب زمین داشتند. نتایج آزمون‌های تجزیه واریانس یک‌طرفه نشان داد که طبقه شیب زمین، تأثیر معنی‌داری بر وزن مخصوص ظاهری خاک‌های شاهد ($F = ۰/۸; p > ۰/۰۵$) و خاک‌های برهم‌خورده با شدت سطحی ($F = ۲/۵ ; p > ۰/۰۵$) نداشت، اما تأثیر معنی‌داری بر وزن مخصوص ظاهری خاک‌های مناطق برهم‌خورده با شدت عمیق ($F = ۱۲/۴; p < ۰/۰۵$) داشت. نتایج آزمون‌های دانکن نیز نشان داد که میانگین‌های وزن مخصوص خاک‌های برهم‌خورده با شدت سطحی، تفاوت معنی‌داری با میانگین‌های وزن مخصوص خاک‌های شاهد در طبقه‌های شیب زمین نداشت، اما میانگین‌های وزن مخصوص خاک‌های برهم‌خورده با شدت عمیق به‌طور معنی‌داری بیشتر از میانگین‌های وزن مخصوص خاک‌های شاهد و برهم‌خوردگی سطحی در هر طبقه شیب زمین بود. خاک‌های برهم‌خورده با شدت عمیق در شیب‌های کمتر از ۳۰ درصد، حدود ۱۲/۷ درصد نسبت به مناطق شاهد فشرده‌تر بودند، درحالی‌که خاک‌های برهم‌خورده با شدت عمیق در شیب‌های ۳۰ تا ۵۰ و بیشتر از ۵۰ درصد، به‌ترتیب ۱۶/۷ و ۲۰/۸ درصد نسبت به مناطق شاهد فشرده‌تر بودند.



شکل ۳- میانگین وزن مخصوص ظاهری خاک در وضعیت‌های مختلف خاک و طبقه‌های شیب زمین (الف)، ارتباط وزن مخصوص خاک با عمق شیار (ب)

نتایج آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه و آزمون دانکن نیز نشان داد که هرچند با افزایش فاصله از مسیر چوبکشی، وزن مخصوص ظاهری خاک کم شد، اما تفاوت میانگین‌ها تنها در مناطق برهم‌خورده با شدت عمیق ($F = ۱۳/۵; P < ۰/۰۵$) و در فاصله کمتر از ۱۰ متر با فواصل دورتر از آن معنی‌دار بود. میانگین وزن مخصوص ظاهری خاک‌های برهم‌خورده با شدت عمیق در فواصل کمتر از ۱۰، ۱۰ تا ۲۰، ۲۰ تا ۳۰، ۳۰ تا ۴۰ و ۴۰ تا ۵۰ متر به‌ترتیب ۱/۵۴، ۱/۳۵، ۱/۳۳، ۱/۳ و ۱/۲۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب به‌دست آمد. نتایج آزمون تجزیه واریانس دوطرفه نیز نشان داد که تأثیر هم‌زمان شیب زمین و فاصله از مسیر چوبکشی بر وزن مخصوص خاک، تنها در خاک‌های برهم‌خورده با شدت زیاد معنی‌دار ($F = ۸/۳; P < ۰/۰۵$) بود. نتایج آزمون تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که شیب زمین تأثیر معنی‌داری بر عمق، طول، فراوانی و وزن مخصوص خاک و شیارهای ایجادشده در اثر چوبکشی داشت.

www.SID.ir

Arshive of SID

جدول ۴- نتایج آزمون تجزیه واریانس تأثیر شیب زمین بر مشخصات شیارهای ایجادشده در خاک در اثر چوبکشی

مشخصات شیار	مجموع مربعات	درجه آزادی	F	معنی‌داری
عمق	۷۲/۳	۳	۲۴/۱	۰/۰۰۱**
عرض	۴/۲	۳	۱/۴	۰/۲۲۱ ns
طول	۱۱۷/۳	۳	۳۹/۱	۰/۰۰۱**
فراوانی	۱۳۲/۶	۳	۴۴/۲	۰/۰۰۱**
وزن مخصوص خاک	۱۵۵/۱	۳	۵۱/۷	۰/۰۰۱**

**معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ ns غیرمعنی‌دار

میانگین طول شیارها در کل منطقه چوبکشی ۲۶۸/۵ سانتی‌متر به‌دست آمد و با افزایش شیب زمین، میانگین طول شیارها افزایش یافت ($F = ۳۹/۱$; $p < ۰/۰۱$). فراوانی شیارهای ایجادشده نیز با افزایش شیب زمین افزایش یافت ($F = ۴۴/۲$; $p < ۰/۰۱$). میانگین وزن مخصوص خاک در شیارهای ایجادشده، ۱/۵۸ گرم بر سانتی‌مترمکعب به‌دست آمد و در شیب‌های بیشتر از ۵۰ درصد (۱/۶۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب)، بیشتر از شیب‌های کمتر از ۵۰ درصد بود ($F = ۵۱/۷$; $p < ۰/۰۱$) (جدول ۵).

مشخصات شیارهای ایجادشده در خاک در کل منطقه چوبکشی و در طبقه‌های شیب زمین در جدول ۵ ارایه شده است. میانگین عمق شیارهای ایجادشده در کل سطح خاک منطقه چوبکشی، ۱۴/۶ سانتی‌متر به‌دست آمد. طبقه شیب زمین، تأثیر معنی‌داری بر عمق شیارها داشت ($F = ۲۴/۱$; $p < ۰/۰۱$). با افزایش شیب زمین، عمق شیارهای ایجادشده در اثر عملیات چوبکشی افزایش یافت. میانگین عرض شیارها در کل منطقه چوبکشی ۴۶/۸ سانتی‌متر به‌دست آمد و تفاوت معنی‌داری در طبقه‌های شیب زمین وجود نداشت (جدول ۵).

جدول ۵- میانگین ± انحراف معیار عمق، عرض، طول، فراوانی و وزن مخصوص شیارهای ایجادشده بر روی خاک در طبقه‌های شیب زمین

طبقه شیب زمین (٪)	عمق (cm)	عرض (cm)	طول (cm)	فراوانی (تعداد در خط‌نمونه)	وزن مخصوص خاک (g/cm^3)
< ۱۵	۸/۶ ± ۲/۲ c	۴۵/۴ ± ۱۰/۱ a	۲۳۲/۴ ± ۱۷/۹ c	۴/۱ ± ۱/۲ c	۱/۴۴ ± ۰/۰۷ c
۱۵ – ۳۰	۱۱/۸ ± ۴ bc	۴۴/۵ ± ۱۱ a	۲۳۸/۱ ± ۱۹ c	۶/۶ ± ۱/۹ b	۱/۴۸ ± ۰/۱ bc
۳۰ – ۵۰	۱۴/۲ ± ۵/۲ ab	۴۶/۳ ± ۱۱/۶ a	۲۷۰/۳ ± ۳۴/۲ b	۹/۰ ± ۲/۷ a	۱/۵۴ ± ۰/۱۳ b
> ۵۰	۱۷/۸ ± ۷/۳ a	۴۸/۵ ± ۱۲/۷ a	۲۹۶/۵ ± ۳۹/۳ a	۱۰/۳ ± ۳a	۱/۶۷ ± ۰/۱۵ a
کل منطقه	۱۴/۶ ± ۶/۸	۴۶/۸ ± ۱۱/۹	۲۶۸/۵ ± ۳۶/۸	۸/۳ ± ۲/۱	۱/۵۸ ± ۰/۱۱

حروف انگلیسی متفاوت در ستون، اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.

ارتباط وزن مخصوص ظاهری خاک با عمق شیار در شکل ۳- ب نشان داده شده است. با افزایش عمق شیار تا ۲۲ سانتی‌متر، وزن مخصوص خاک افزایش یافت، اما در عمق‌های بیشتر از ۲۲ سانتی‌متر، وزن مخصوص خاک ثابت ماند. نتایج آزمون همبستگی نشان داد که ضریب همبستگی محاسبه‌شده بین دو متغیر وزن مخصوص خاک و عمق شیار

www.SID.ir

Arshive of SID

(R^2 = ۰/۹۲) از نظر آماری معنی‌دار بود (p < ۰/۰۱; F = ۷۲/۴).

بحث

نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که حدود ۱۹ درصد از سطح خاک جنگل مورد مطالعه در اثر عملیات چوبکشی دچار برهم‌خوردگی شده بود که ۱۱/۳ درصد آن با شدت سطحی و ۷/۷ درصد آن با شدت عمیق بود (جدول ۲). در تحقیقات Solgi و Najafi (۲۰۱۴)، Gondard و همکاران (۲۰۰۳) و Jourgholami و همکاران (۲۰۱۳) نیز فراوانی برهم‌خوردگی خاک با شدت سطحی بیشتر از فراوانی برهم‌خوردگی خاک با شدت عمیق بود. این مقدار بدون درنظر گرفتن سطح جاده‌ها، مسیرهای چوبکشی و دپوها بود و تنها در اثر جمع‌آوری گرده‌بینه‌ها ایجاد شده بود. با توجه به تراکم جاده‌ها و مسیرهای چوبکشی و درنظر گرفتن سطح دپوها در جنگل مورد مطالعه (هشت درصد سطح جنگل)، سطح کل مناطق برهم‌خورده حدود ۲۷ درصد کل سطح جنگل به‌دست آمد. این مقدار از برهم‌خوردگی خاک جنگل (۲۷ درصد) کمتر از آمار ارایه‌شده توسط Jourgholami و همکاران (۲۰۱۳) در جنگل خیرودکنار (۳۱ درصد)، Miller و Sirois (۱۹۸۶) در جنگل‌های پهن‌برگ آمریکا (۳۲ درصد) و Jackson و همکاران (۲۰۰۲) در جنگل‌های بولیوی (۴۵/۸ درصد) بود که این تفاوت می‌تواند ناشی از تراکم برداشت، تراکم جاده و مسیر چوبکشی و نوع ماشین مورد استفاده برای چوبکشی باشد.

نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که با افزایش فاصله از مسیرهای چوبکشی، از وسعت و شدت برهم‌خوردگی خاک کاسته شد (شکل ۲). فراوانی برهم‌خوردگی کل خاک فقط در فواصل کمتر از ۱۰ متر از مسیرهای چوبکشی، بیشتر از ۲۰ درصد (حد بحرانی) بود. این نتایج نشان می‌دهد که تأثیر زیان‌بار چوبکشی زمینی بر خاک جنگل تا فاصله ۱۰ متری از مسیرهای چوبکشی وجود داشت. همچنین نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که شیب زمین تأثیر مستقیمی بر وسعت و شدت برهم‌خوردگی خاک در اثر خروج زمینی گرده‌بینه‌ها از جنگل داشت (شکل ۲). دلیل عمده این افزایش را می‌توان به غلتیدن گرده‌بینه‌ها در شیب‌های تندتر، عدم امکان انتخاب مسیر درست برای خروج چوب به‌دلیل شیب زیاد و مشکل بلند کردن سر گرده‌بینه‌ها به‌منظور کاهش میزان تماس آنها با سطح خاک ارتباط داد. میانگین وزن مخصوص خاک در مناطق بدون برهم‌خوردگی (شاهد) ۱/۲۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب و در خاک‌های برهم‌خورده با شدت‌های سطحی و عمیق به‌ترتیب ۱/۲۹ و ۱/۴۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب به‌دست آمد (شکل ۳). درواقع، خاک جنگل در خاک‌های برهم‌خورده با شدت‌های سطحی و عمیق به‌ترتیب ۲/۴ و ۱۴/۳ درصد فشرده‌تر شده بود. حد بحرانی فشردگی خاک در بسیاری از مطالعات، افزایش ۲۰ درصدی در وزن مخصوص خاک ذکر شده است (Anonymous, 1998; Miller *et al*., 2010). این نتایج نشان داد که حد بحرانی وزن مخصوص خاک در منطقه مورد مطالعه ۱/۵۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود و در هیچ‌کدام از طبقه‌های شیب زمین نیز مقدار فشردگی خاک در خاک‌های برهم‌خورده با شدت عمیق بیشتر از حد بحرانی نبود (شکل ۳). هرچند در کل مناطق چوبکشی مقدار فشردگی خاک بیشتر از حد بحرانی نبود، اما میانگین وزن مخصوص خاک در شیارهای ایجادشده در اثر چوبکشی (۱/۵۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب) حدود ۲۵/۴ درصد بیشتر از وزن مخصوص خاک‌های مناطق شاهد بود (جدول ۵). تعداد و عمق شیارها با افزایش شیب زمین افزایش یافت. همچنین با افزایش عمق شیارها، وزن مخصوص خاک نیز افزایش یافت (شکل ۳). افزایش وزن مخصوص خاک در شیارهای ایجادشده در اثر چوبکشی تا شیارهای با عمق ۱۰ سانتی‌متر، کمتر از حد بحرانی فشردگی خاک جنگل بود (شکل ۳). در شیارهای با عمق بیشتر از ۱۰ سانتی‌متر، وزن مخصوص خاک بیشتر از ۱/۲ برابر وزن مخصوص خاک‌های شاهد بود.

حفاظت از خاک یک عامل کلیدی در داشتن جنگل‌هایی با تولید مستمر است. نکته قابل توجهی که در نظارت و مدیریت توان تولیدی و حفاظت از خاک جنگل‌های

www.SID.ir

Arshive of SID

هیرکانی وجود دارد، شیوه مدیریت، مشخصات توپوگرافی و آب و هوایی این جنگل‌ها است. زیرا این جنگل‌ها به شیوه تک‌گزینی مدیریت می‌شوند و در هر دوره ۱۰ ساله، عملیات بهره‌برداری به روش چوبکشی زمینی در آنها انجام می‌شود. در اثر تعدد بهره‌برداری در طول زمان، خطر اثرات تجمعی بر خاک وجود دارد (Murphy *et al*., 2004)، زیرا در مدت‌های کوتاه، خاک توان ترمیم و بازسازی قدرت تولیدی خود را نخواهد داشت. همچنین با توجه به این‌که بیشتر مناطق جنگل‌های هیرکانی، در مناطق با شیب زیاد واقع شده‌اند و مقدار بارندگی در این جنگل‌ها زیاد است، خطر فرسایش خاک پس از برهم‌خوردگی خاک در اثر اجرای عملیات چوبکشی زمینی افزایش می‌یابد (Lotfalian *et al*., 2009). برهم‌خوردگی خاک جنگل در اثر بهره‌برداری نیاز به مدیریت صحیح برای بازسازی توان تولیدی رویشگاه دارد. بازیابی خاک جنگل پس از فشردگی سطحی به زمانی حدود ۱۰ تا ۲۰ سال نیاز دارد (Froehlich, 1979). برهم‌خوردگی خاک جنگل در اثر عملیات چوبکشی باید در مراحل قبل، حین اجرا و بعد از اجرای عملیات، به‌منظور کاهش شدت و وسعت برهم‌خوردگی و بازسازی توان تولیدی خاک‌های برهم‌خورده بررسی شود. طراحی و احداث استاندارد جاده‌ها و مسیرهای چوبکشی، می‌تواند نقش مهمی در کاهش برهم‌خوردگی خاک داشته باشد (Naghdi *et al*., 2009). قطع و انداختن درختان نشانه‌گذاری‌شده در جهت‌های تعیین‌شده (قطع هدایت‌شده) موجب کاهش برهم‌خوردگی خاک در مرحله جمع‌آوری خواهد شد (Nikooy & Ershadifar, 2012)، زیرا اگر درختان در مسیر تعیین‌شده نیفتند، در هنگام خروج چوب با چرخیدن گرده‌بینه‌ها و اصطکاک گرده‌بینه‌ها با زمین، سطح زیادی از خاک برهم‌خورده می‌شود.

ارزیابی پیمانکاران بهره‌برداری پس از اتمام عملیات بهره‌برداری و در اولویت قرار دادن پیمانکارانی که شیوه‌نامه‌های موجود را بیشتر رعایت می‌کنند، می‌تواند راهکار مفیدی در کاهش خسارت بهره‌برداری بر خاک و توده جنگل باشد. درنظر گرفتن ناظر عملیات قطع و چوبکشی و ارزیابی وسعت و شدت برهم‌خوردگی خاک پس از اتمام هر عملیات بهره‌برداری ضروری به‌نظر می‌رسد. درمجموع می‌توان نتیجه‌گیری کرد که خروج چوب به روش چوبکشی زمینی نیاز به توجه اساسی، نظارت و برآورد دقیق از برهم‌خوردگی خاک دارد. فشردگی، شیاردار شدن و جابجایی از انواع مشخص برهم‌خوردگی خاک در اثر عملیات چوبکشی زمینی هستند. شدت و وسعت برهم‌خوردگی خاک در اثر چوبکشی زمینی با افزایش شیب زمین افزایش می‌یابد. مدیریت تک‌گزینی جنگل نیاز به توجه بیشتر به صدمات بهره‌برداری و بازسازی توان تولیدی خاک دارد، بنابراین محدود کردن عملیات چوبکشی به زمین‌های با شیب کمتر از ۵۰ درصد پیشنهاد می‌شود. به‌نظر می‌رسد که دوره بهره‌برداری ۱۰ سال برای بازسازی توان تولیدی خاک‌های برهم‌خورده کم است و به زمان طولانی‌تری نیاز است. همچنین فقدان یک روش مشخص و یکسان در برآورد خسارت واردشده بر خاک جنگل در اثر عملیات بهره‌برداری در مدیریت جنگل‌های هیرکانی مشهود است و نیاز به تحقیقات کاملتر دارد.

References

- Anonymous, 1998. USDA forest service manual, FSM 2520 (watershed protection and management). R-6 Supplement No. 2500-98-1, Published by USDA, Forest Service, USA, 16p.
- Anonymous, 2002. Soil conservation and rehabilitation in British Columbia. Brochure No. 70, Published by British Columbia Forest Science Program, British Columbia, 20p.
- Anonymous, 2006. Instructions for planning of landing and skid trail. Published by Forest Harvesting Office, Forests, Range and Watershed Management Organization, Tehran, 35p.
- Anonymous, 2008. Forest management plan, Nav watershed. Natural Resources and Watershed Management Office, Asalem, 288p.
- Byblyuk, N., Styranivsky, O., Korzhov, V. and Kudra, V., 2010. Timber harvesting in the Ukrainian Carpathians: ecological problems and methods to solve them. Journal of Forest Science, 56(7): 333-340.

www.SID.ir

Arshive of SID

river basin: a critique. Published by USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Oregon, 154p.
- Miller, J.H. and Sirois, D.L., 1986. Soil disturbance by skyline yarding vs skidding in a loamy hill forest. Soil Science Society of American Journal, 50: 1579-1583.
- Murphy, G., Firth, J.G. and Skinner, M.F., 2004. Long term impacts of forest harvesting related soil disturbance on log product yields and economic potential in a New Zealand forest. Silva Fennica, 38(3): 279-289.
- Naghdi, R., Lotfalian, M., Bagheri, I. and Jalali, A.M., 2009. Damages of skidder and animal logging to forest soils and natural regeneration. Croatian Journal of Forest Engineering, 30(2): 141-149.
- Najafi, A. and Solgi, A., 2010. Assessing site disturbance using two ground survey methods in a mountain forest. Croatian Journal of Forest Engineering, 31(1): 47-55.
- Nikooy, M. and Ershadifar, M., 2012. Effects of skid trail planning, landing construction and directional felling on normal selective logging in Caspian forest. Proceeding of the FORMEC International Forest Engineering Symposium. Croatia, 8-12 Oct. 2012: 9.
- Page-Dumroese, D., Jurgensen, M., Elliot, W., Rice, T., Nesser, J., Collins, T. and Meurisse, R., 2000. Soil quality standards and guidelines for forest sustainability in the northwestern North America. Forest Ecology and Management, 138: 445-462.
- Reeves, D., Page-Dumroese, D. and Coleman, M., 2011. Detrimental soil disturbance associated with timber harvest systems on national forests in the northern region. Research Paper 89, Published by USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, USA, 17p.
- Sarikhani, N., 2000. Forest Utilization. University of Tehran Press, Tehran, 776p (In Persian).
- Solgi, A. and Najafi, A., 2014. The impacts of ground-based logging equipment on forest soil. Journal of Forest Science, 60(1): 28-34.
- Froehlich, H.A., 1979. Soil compaction from logging equipment: effects on growth of young ponderosa pine. Journal of Soil and Water Conservation, 34: 276-278.
- Gondard, H., Romane, F., Aronson, J. and Shater, Z., 2003. Impact of soil surface disturbances on functional group diversity after clear-cutting in Aleppo pine (*Pinus halepensis*) forests in southern France. Forest Ecology and Management, 180: 165-174.
- Hosseini, S.M., Majnounian, B. and Nieuwenhuis, M., 2000. Damage to natural regeneration in the Hyrcanian forests of Iran: a comparison of two typical timber extraction operations. Journal of Forest Engineering, 11(2): 63-72.
- Jackson, S.M., Fredericksen, T.S. and Malcolm, J.R., 2002. Area disturbed and residual stand damage following logging in a Bolivian tropical forest. Forest Ecology and Management, 166(1-3): 271-283.
- Jourgholami, M., Rizvandi, V. and Majnounian, B., 2013. Effects of forest harvesting operations on physical properties and soil penetration resistance (Case study: Kheyroud forest). Journal of Range and Watershed Management, 66(2): 223-236 (In Persian).
- Jusoff, K. and Majid, N.M., 1992. An analysis of soil disturbance from logging operation in a hill forest of Peninsular Malaysia. Forest Ecology and Management, 47(1-4): 323-333.
- Lotfalian, M., Shirvani, Z. and Naghavi, H., 2009. Investigation of effective factors on skid roads erosion. Iranian Journal of Forest, 1(2): 115-124 (In Persian).
- Majnounian, B. and Jourgholami, M., 2013. Effect of rubber-tired cable skidder on soil compaction in Hyrcanian forest. Croatian Journal of Forest Engineering, 34(1): 123-135.
- McMahon, S., 1995. Accuracy of two ground survey methods for assessing site disturbance. Journal of Forest Engineering, 6(2): 27-33.
- Miller, R.E., Mclver, J.D., Howes, S.W. and Gaeuman, W.B., 2010. Assessment of soil disturbance in forests of the interior Colombia

www.SID.ir

Arshive of SID

Effect of ground slope on extent and intensity of soil disturbance from skidder logging (Case study: Nav-e Asalem forest, Gilan province)

F. Tavankar [1*] and M. Nikooy [2]

1*- Corresponding author, Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Khalkhal Branch, Islamic Azad University, Khalkhal, Iran. E-mail: tavankar@aukh.ac.ir

2- Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Gilan, Someh Sara, Iran

Received: 17.02.2016 Accepted: 30.04.2016

Abstract

Protection of forest soil is one of key factors in having sustainable productive forests. In this research extent and intensity of soil disturbance due to extraction of logs of felled trees (20.5 m^3/ha) were studied in Nav-e Asalem forest in Gilan province. After finishing the skidder logging operations, soil disturbance were studied by point-transect sampling method and visual assessing. Results indicated that about 19 ± 6.2 percent of surface soils were disturbed due to winching of logs that 11.3 percent of them disturbed with shallow intensity and 7.7 percent disturbed with deep intensity. The extent and intensity of soil disturbance were decreased by increasing distance from skid trail. The extent and intensity of soil disturbance were increased by increasing of ground slope. Soil bulk density in the shallow disturbed soils (1.29 g/cm^3) and deep disturbed soils (1.44 g/cm^3) were increased 2.4 and 14.3 percent, respectively, than control soils. Soil bulk density of disturbed areas were increased by increasing ground slope, so in slopes greater than 50 percent soil bulk density was increased 20.8 percent more than control soils. Including ways to reducing soil disturbance during skidder logging in the study area are reduction in harvest intensity, implementation of felling direction and skidder logging limitation to slopes less than 50 percent.

Keywords: Ground skidding, logging, selection cutting, soil bulk density, soil compaction.

www.SID.ir