اثرات زيست‌محيطي صدمه به خاک‌هاي جنگلي در اثر چوبکشي به روش گرده‌بينه بلند در جنگل خيرود

مقداد جور غلامي*
استاديار گروه جنگلداري، دانشکده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران

(تاريخ دريافت: ۹۰/۷/۳ ، تاريخ تصويب: ۹۰/۱۰/۲۷)

چکيده
در عمليات بهره‌برداري جنگل، تمايل فراواني براي افزايش اندازه، قدرت و وزن ماشين‌هاي چوبکشي وجود دارد که اين حالت منجر به تخريب خاک در اکوسيستم‌هاي جنگلي مي‌شود زيرا ترافيک ماشين‌هاي بهره‌برداري خصوصيات ساختاري مهم خاک را تغيير مي‌دهد. تحقيق حاضر به‌منظور ارزيابي اثرات ترافيک اسکيدر، شيب مسير چوبکشي، دفعات تردد و عمق خاک مسير بر روي کوبيدگي و بهم-خوردگي خاک در روش بهره‌برداري گرده‌بينه بلند با استفاده از اسکيدر چرخ‌لاستيکي تيمبرجک ٤٥٠C در بخش نمخانه جنگل خيرود انجام شده است. هشت سطح متفاوت کوبيدگي (١، ٤، ٨، ١٠، ١٥، ٢٠، ٢٥ و ٣٠ بار تردد)، چهار طبقه شيب مسيرچوبکشي (٠، ١٠، ١٠- و ٢٠- درصد) و سه عمق خاک (در ٥، ١٥ و ٢٥ سانتي‌متري از سطح خاک) در سه تکرار اندازه‌گيري شدند. وزن مخصوص ظاهري در منطقه شاهد بدون بهم‌خوردگي و دو محل رد چرخ اسکيدر اندازه‌گيري شد. نتايج نشان داد که در چهار کلاسه شيب در نظر گرفته شده، بيشترين افزايش وزن مخصوص در اولين ترددها اتفاق افتاده است، اما همچنان مقدار و عمق افزايش وزن مخصوص با افزايش تعداد تردد، فزوني مي‌يابد. حدود ٥/٢ درصد از سطح منطقه مورد بررسي، در اثر عمليات خروج چوب دچار درجاتي از کوبيدگي و بهم‌خوردگي شدند. کوبيدگي خاک در شيب‌هاي رو به بالا در جهت چوبکشي بيشتر از شيب رو به پايين است. همچنين افزايش وزن مخصوص خاک در اثر چوبکشي تا عمق ٣٠ سانتي‌متري نيز قابل توجه است. نتايج دلالت دارد بر اينکه شيب مسيرهاي چوبکشي تاثير زيادي بر روي خصوصيات بهم‌خوردگي و کوبيدگي خاک دارد. استفاده از مسيرهاي چوبکشي طراحي‌شده در توده‌هاي جنگلي مي‌تواند اثرات منفي عمليات خروج چوب را کاهش دهد.

واژه‌هاي کليدي: اثرات زيست محيطي, کوبيدگي خاک, وزن مخصوص ظاهري، روش گرده‌بينه بلند, اسکيدر چرخ لاستيکي

* نويسنده مسئول: تلفن:۰۲۶۱-۲۲۲۳۰۴۴ فاکس: ۰۲۶۱-۲۲۴۹۳۱۰ E-mail: mjgholami@ut.ac.ir

مقدمه

با افزايش مكانيزاسيون عمليات بهره‌برداري، ورود ماشين-آلات سنگين به توده‌هاي جنگلي نيز افزايش مي‌يابد. مديران جنگل با آگاهي از روش‌هاي بهره‌برداري مختلف، تجهيزات و شرايط خاک، مي‌توانند جنگل‌ها را با حداقل اثرات به خصوصيات فيزيكي خاک مديريت كنند تا بدين وسيله حاصلخيزي خاک‌هاي جنگلي حفظ شده و بهبود يابد. كوبيدگي خاک در اثر اعمال نيرو، لرزش و فشار ناشي از تجهيزات استفاده شده در طول بهره‌برداري ايجاد مي‌شود (Adams and Froehlich, 1984). كوبيدگي خاک اين گونه تعريف مي‌شود؛ تراكم سطح خاک منجر به كاهش فضاهاي بزرگ در خاک شده و با افزايش حجم خاک نسبت به فضاي هوا، وزن مخصوص ظاهري و مقاومت خاک به نفوذ افزايش مي‌يابد (Pritchett and Fisher, 1987; Adams and Froehlich; 1984). مجموع اثرات وارده به خاک هم مرتبط به درجه و شدت اثرات وارده (درصد تغيير شرايط خاک) و هم مرتبط به وسعت اثرات وارده (درصد سطح تحت تاثير قرار گرفته) است. درجه كوبيدگي خاک به بافت خاک (Page-Dumroese et al. 2006)، رطوبت خاک، سيستم بهره‌برداري (Adams and Froehlich, 1984)، مقدار مازاد مقطوعات (Wronski, 1980; McMahon and Evanson, 1994) و تعداد دفعات عبور ماشين (McDonal and Seixas, 1997) بستگي دارد. Williamson and Neilson (2000) بيان داشتند كه خاک در جنگل‌هاي خشک يا خاک تشكيل شده بر روي سنگ مادر درشت و شني، در مقابل كوبيدگي خاک مقاوم‌تر از خاک‌هاي مرطوب يا خاک‌هاي تشكيل شده از مواد ريزدانه است. رطوبت خاک در موقع ترافيک ماشين، زماني كه خاک‌ها كوبيده مي‌شوند، داراي اثر قابل توجه در كاهش و جابجايي فضاهاي خالي خاک است (Page-Dumroese *et al*. 2006). خاک‌هاي خشک در مقابل تغييرات پراكنش اندازه فضاهاي خالي بسيار مقاوم‌ترند و اين مقاومت با افزايش رطوبت خاک، كاهش مي‌يابد (McDonal and Seixas, 1997).

يكي از عوامل اساسي تاثيرگذار بر درجه كوبيدگي خاک، تعداد تردد ماشين در سيستم چوبكشي زميني است. به‌طور معمول حداكثر كوبيدگي خاک در طول ۱۰ تردد اول ماشين‌هاي بهره‌برداري اتفاق مي‌افتد (Gent and Ballard, 1984) و بيشينه اثر كوبيدگي مربوط به اولين ترددها است (Froehlich *et al*., 1980). Hatchell and Ralston (1970) يافتند كه بعد از ۳ تردد ماشين، خاک توده جنگلي مورد مطالعه به ۱۰ درصد وزن مخصوص در كوبيدگي نهايي رسيده است. Armlovich (1995) بيان داشت كه با تعداد تردد كمتر از ۴ بار، وزن مخصوص ظاهري ۲۰ درصد افزايش يافته است. Lenhard (1986) نيز نتيجه گرفت كه حداكثر وزن مخصوص بعد از ۴ تردد اسكيدر چرخ‌لاستيكي بدست آمده و بعد از ۲۸ بار تردد، افزايش وزن مخصوص از نظر آماري ثابت مانده است. كوبيدگي خاک بيشتر در لايه‌هاي سطحي خاک اتفاق مي‌افتد و با افزايش عمق خاک از ميزان وزن مخصوص خاک در اثر عبور ماشين‌آلات بهره‌برداري كاسته مي‌شود (Froehlich and McNabb, 1984; Ares *et al*. 2005; Eliasson and Wasterlund, 2007). افزايش قابل توجه وزن مخصوص، بيشتر در ۲۰ سانتي‌متري لايه سطحي خاک مشاهده مي‌شود زيرا فشار وارده به سطح خاک حداكثر بوده و با افزايش عمق، كاهش مي‌يابد چون مجموع فشار بر سطح وسيعي از خاک پراكنده مي‌شود (Ampoorter *et al*. 2007).

وسعت اثرات خاک همچنين به‌وسيله تجهيزات و سيستم‌هاي بهره‌برداري استفاده شده، تاثير مي‌پذيرد. به‌طور مثال، سيستم بهره‌برداري با استفاده از تراكتور چرخ‌زنجيري يا اسكيدر چرخ‌لاستيكي، به‌طور معمول منجر به كوبيدگي خاک در حدود ۲۰ تا ۳۵ درصد سطح بهره‌برداري شده مي‌شود (Adams, 1990). Steinbrenner and Gessel (1955) يافتند كه جاده‌هاي چوبكشي، ۲۶ درصد سطح يک توده بهره‌برداري شده با تراكتور را تشكيل مي‌دهند. Lanford and Stokes (1995) سيستم چوبكشي با اسكيدر را با فورواردر مقايسه نمودند و يافتند كه بهم‌خوردگي سطح و كوبيدگي خاک در چوبكشي با

اسکيدر بسيار بيشتر از حمل چوب با فورواردر است. عمق و نوع مواد آلي در يک توده جنگلي، بر ميزان کوبيدگي تاثيرگذار است. بررسي‌ها نشان داده است که افزايش مواد آلي در خاک‌هاي ماسه‌اي، منجر به کاهش وزن مخصوص، کاهش کوبيدگي، افزايش نفوذ آب و هدايت الکتريکي غيراشباع مي‌شود. Gomez and Power (1995) نتيجه گرفتند که ۲ درصد تفاوت در ميزان ماده آلي مي‌تواند بر روي قابليت کوبيدگي خاک اثر معني‌داري داشته باشد. روش معمول براي اندازه‌گيري کوبيدگي خاک، وزن مخصوص ظاهري خاک است. گزينه ديگر براي اندازه‌گيري کوبيدگي خاک، استفاده از پنترومتر است. پنترومتر مقاومت خاک به نفوذ را با استفاده از ميله‌اي فلزي اندازه مي‌گيرد. اعتقاد کلي بر اين است که اين مقاومت شبيه به همان چيزي است که ريشه در هنگام رشد در خاک با آن روبرو مي‌شود. Gayoso and Iroume (1991) يافتند که در مسيرهاي با شيب ۲۰ درصد، افزايش وزن مخصوص در عبورهاي مختلف ماشين و عمق خاک، به‌طور معني‌داري از آنچه که در شيب ۱۰ درصد مشاهده شده است، بيشتر است. مطالعه انجام شده به وسيله Krag *et al*. (1986) نشان داد که در طول عمليات چوبکشي، شيب عرصه داراي اثر بيشتري نسبت به فصل و زمان عمليات در افزايش بهم‌خوردگي خاک است. همچنين با افزايش شيب، وسعت و عمق کوبيدگي خاک افزايش مي‌يابد. آنها گزارش نمودند که بهم‌خوردگي خاک در شيب‌هاي بيش از ۲۰ درصد، از عرصه‌هايي با شيب کمتر از ۲۰ درصد بيشتر است. Smith and Wass (1976) نيز به نتايج مشابهي دست يافتند. Sidle and Drlica (1981) اظهار داشتند که لايه ۱۵ سانتي‌متري خاک در چوبکشي رو به بالا بيشتر از چوبکشي رو به پايين کوبيده شده است. Jamshidi *et al*. (2008) يافتند که تفاوت آشکاري در کوبيدگي خاک بين مسيرهاي مسطح و مسيرهايي با شيب طولي و عرضي وجود ندارد. Lotfalian (1996) اثر چوبکشي اسکيدر چرخ‌لاستيکي تاف در فشردگي خاک را در جنگل خيرود بررسي نمود و نتيجه گرفت که کوبيدگي خاک با تعداد تردد افزايش مي‌يابد و در اين مطالعه که طي آن ۲۱ تردد انجام گرفت، حداکثر کوبيدگي خاک و رد چرخ در تردد بيست و يکم اتفاق افتاد و همچنين کوبيدگي خاک در شيب‌هاي مثبت (در جهت حمل بار) بيشتر از شيب‌هاي منفي است. Jourgholami and Majnounian (2011) کوبيدگي و بهم‌خوردگي خاك جنگل در اثر خروج چوب به روش گرده‌بينه کوتاه را بررسي نمودند و نتيجه گرفتند که کوبيدگي خاک در شيب‌هاي رو به بالا (در جهت چوبکشي) بيشتر از شيب رو به پايين است. همچنين افزايش وزن مخصوص خاک در اثر چوبکشي تا عمق ۳۰ سانتي‌متري نيز قابل توجه است. اهداف اين تحقيق عبارتند از: دستيابي به درجه و وسعت اثرات حاصل از چوبکشي با اسکيدر چرخ‌لاستيکي به روش گرده‌بينه بلند، کمي نمودن وسعت سطح بهم‌خوردگي خاک در اثر عمليات چوبکشي، اندازه‌گيري درجه کوبيدگي خاک بعد از عمليات خروج چوب در ارتباط با تعداد تردد ماشين و عمق خاک و تعيين آستانه کوبيدگي خاک در شيب‌هاي مختلف مسيرهاي چوبکشي.

مواد و روش‌ها

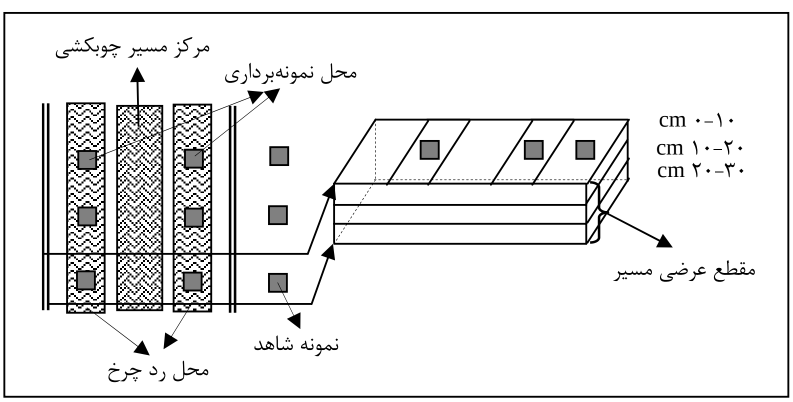
منطقه مورد مطالعه

اين تحقيق در پارسل‌هاي ۲۲٦ بخش نمخانه جنگل آموزشي و پژوهشي خيرود و با مساحت ٤۲ هکتار انجام شد. ارتفاع از سطح دريا ۱۱۳۹ تا ۱۱۸۳ متر و ميزان بارندگي منطقه ۱۵۳۲ ميلي‌متر است (Etemad, 2002). شيوه بهره‌برداري و جنگلشناسي در پارسل‌هاي مورد مطالعه به‌صورت تك‌گزيني است. جهت عمومي در منطقه شمال غربي است که داراي شيب کلي ۳۵ درصد مي‌باشد. گونه غالب منطقه راش (*Fagus orientalis* Lipskey.) است که با گونه‌هاي ممرز (*Carpinus betulus* L.)، افرا (*Acer velutinum* Bioss.) و توسکا (*Alnus subcordata* L.) و ... همراه است. عمليات جمع‌آوري اطلاعات مورد نياز در شهريور ۱۳۸۸ انجام گرفت. تحقيق حاضر نيز در چند مسير جديد طراحي شده انجام گرفته است که تاکنون هيچگونه تردد

ماشين‌هاي چوبکشي نيز در اين مسيرها انجام نشده است. سنگ مادري آهکي بوده و تشکيلات کارستي از جمله دولين به‌طور فراواني در عرصه پارسل‌ها مشاهده مي‌شود که اين دولين‌ها علاوه بر شيب منطقه، به‌عنوان يکي ديگر از عوامل محدودکننده عمليات چوبکشي هستند (Jourgholami and Majnounian, 2011). خاک از نوع قهوه‌اي جنگلي با زهکشي مناسب و با بافت لومي رسي تا لومي است. تعداد و موجودي حجمي در هکتار به‌ترتيب برابر با ۳۱۰ اصله و ٤٥۷ سيلو است. در پارسل ۲۲٦ در مجموع ۲۰۰ اصله درخت (٥ اصله در هکتار) از گونه‌هاي راش، ممرز، افرا، بلوط و توسکا نشانه‌گذاري شده است و حجم نشانه‌گذاري برابر ۷۹۱/٦ متر مکعب (۱۸/٦ مترمکعب در هکتار) است.

روش مطالعه

نمونه‌برداري از خاک قبل و بعد از تردد در مسيرهاي چوبکشي انجام شد. در چوبکشي به روش گرده‌بينه بلند، ميانگين حجم بار جابجا شده به‌ترتيب ۳/۷۸ مترمکعب در هر بار است. اسکيدر چرخ لاستيکي کابلي با وزن ۱۰/۳ تن و قدرت موتور ۱۷۷ اسب بخار است. نمونه‌ها از خاک معدني و سطحي و از محل رد چرخ ماشين با استفاده از سيلندرهاي فولادي نمونه‌گيري (طول ۱۰ سانتي‌متر و قطر داخلي ٥ سانتي‌متر) جمع‌آوري شدند. در مرحله بعد اين نمونه‌ها به آزمايشگاه منتقل شدند و در دماي ۱۰٥ درجه سانتيگراد به مدت ۲٥ ساعت در داخل اون خشک شدند و دوباره عمل توزين نمونه‌ها انجام شد تا وزن مخصوص ظاهري و درصد رطوبت آنها بدست آيد. در مجموع ۱۲ خط نمونه در شيب‌هاي مختلف عمود بر مسيرهاي چوبکشي طراحي شده به‌منظور اندازه‌گيري وزن مخصوص پياده شدند (شکل ۱). قبل از چوبکشي، ٤ طبقه شيب مسير چوبکشي در ۳ تکرار انتخاب شد و سطوح متفاوت کوبيدگي با توجه به تعداد رفت و آمد اسکيدر در محل نمونه‌ها اعمال شد که عبارتند از ۰ (شاهد)، ۱، ٤، ۸، ۱۰، ۱٥، ۲۰، ۲٥ و ۳۰ بار عبور. هر بار عبور عبارت است از يک چرخه کار اسکيدر يعني حرکت خالي از دپو به محل بارگيري و حرکت با بار تا دپو. چهار طبقه شيب در نظر گرفته شده عبارتند از: مسير مسطح، مسير با شيب ۱۰ درصد (چوبکشي رو به بالا)، مسير با شيب ۱۰- و ۲۰- درصد (چوبکشي رو به پايين). اندازه‌گيري وزن مخصوص در اين حالت فقط براي لايه سطحي خاک يعني ۱۰-۰ سانتي‌متر انجام شد. براي بررسي حداکثر عمقي که وزن مخصوص تحت تاثير عمليات چوبکشي قرار مي‌گيرد، بعد از اتمام عمليات چوبکشي (۳۰ بار تردد) وزن مخصوص در ناحيه شاهد و کوبيده شده در سه عمق ۱۰-۰، ۲۰-۱۰ و ۳۰-۲۰ سانتي‌متري اندازه‌گيري شد (Jourgholami and Majnounian, 2011).



شکل ۱- طرح نمونه‌برداري براي اندازه‌گيري وزن مخصوص ظاهري در مسيرهاي چوبکشي (منبع:**Jourgholami and Majnounian, 2011**)

اين آزمايش‌ها در قالب طرح فاكتوريل كاملا تصادفي اجرا شد تا به‌وسيله آن اثر دفعات مختلف تردد ماشين و شيب مسير چوبكشي بر روي تغييرات وزن مخصوص ارزيابي و كمي شود. براي تجزيه و تحليل داده‌ها، ابتدا با آزمون كولموگراف-اسميرنوف نرمال بودن داده‌ها بررسي شد. به‌منظور بررسي اثر تعداد دفعات تردد اسكيدر و شيب مسيرهاي چوبكشي بر ميزان وزن مخصوص ظاهري خاک از تجزيه واريانس دو طرفه و براي تعيين حداكثر كوبيدگي خاک در هر يک از شيب‌ها از تجزيه واريانس يک طرفه استفاده شد. در صورتي‌كه اثر هر يک از عوامل در آناليز واريانس يک طرفه و دو طرفه معني‌دار باشد از آزمون مقايسه‌اي چندگانه دانكن براي گروه‌بندي استفاده مي‌شود.

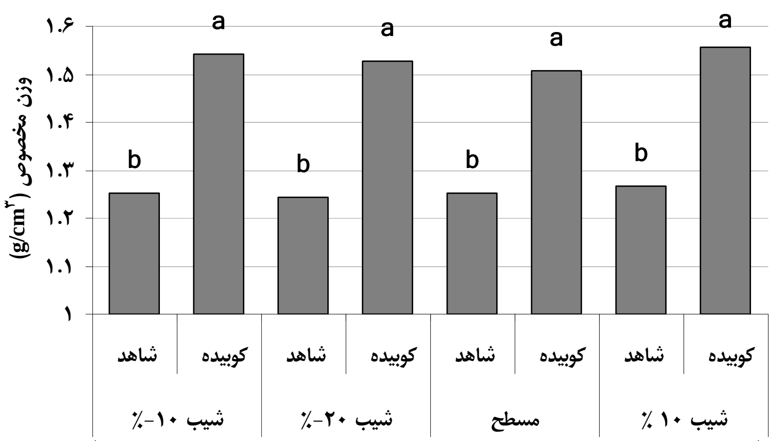
نتايج

اندازه‌گيري دقيق منطقه بهره‌برداري شده به روش گرده‌بينه بلند نشان داد كه ۳/۹ درصد از كل سطح منطقه به‌وسيله مسيرهاي چوبكشي، ۰/۷ به‌وسيله دپو و ۰/۶ درصد به‌وسيله نوارهاي وينچ پوشيده شده است. در مجموع ۵/۲ درصد از كل منطقه (۱۹ هكتار) در اثر عمليات چوبكشي دچار بهم‌خوردگي و درجاتي از كوبيدگي شدند. جدول ۱ آناليز واريانس اثر دفعات عبور و شيب را بر روي وزن مخصوص نشان مي‌دهد.

نتايج نشان داد كه در روش چوبكشي گرده‌بينه بلند، دفعات عبور ماشين و شيب و اثر متقابل آنها داراي اثر معني‌داري بر وزن مخصوص خاک هستند ($p<0/05$). آزمون t جفتي نشان داد كه چوبكشي به روش گرده‌بينه بلند با استفاده از اسكيدر تيمبرجک، از نظر آماري اثر معني‌داري روي وزن مخصوص خاک در مسيرهاي چوبكشي قبل و بعد از تردد اسكيدر در چهار طبقه شيب دارد (شكل ۲).

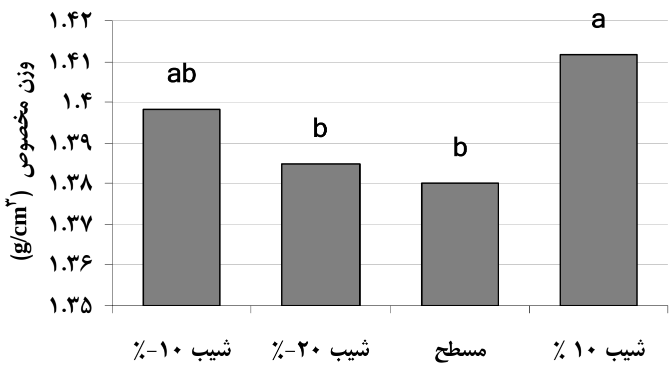
جدول ۱- آناليز واريانس اثر تعداد تردد و شيب بر وزن مخصوص ظاهري

منبع تغييرات	مجموع مربعات	درجه آزادي	ميانگين مربعات	F	P
تعداد تردد	۱/۵۷۶	۸	۰/۱۹۷	۵۵۶/۹	۰/۰۰
شيب	۰/۱۵۶	۳	۰/۰۵۲	۱۴۷/۴۴	۰/۰۰
شيب × تعداد تردد	۰/۰۵۸	۲۴	۰/۰۰۲	۶/۸۵	۰/۰۰

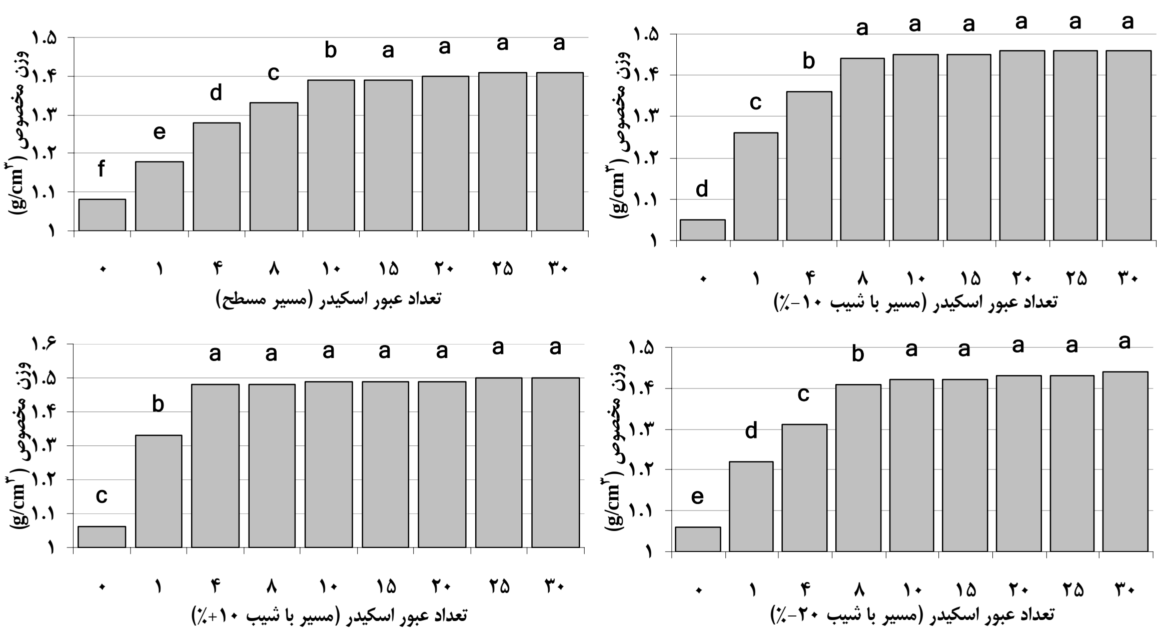


شكل ۲- آزمون مقايسه ميانگين وزن مخصوص قبل و بعد از تردد در چهار شيب. حروف لاتين نامتشابه نشانگر معني‌دار بودن اختلاف ميانگين‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است.

چوبکشي در جهت رو به بالا (شیب ۱۰ درصد) بیشترین میزان کوبیدگي را نشان داده و بعد از آن مسیرهاي با شیب ۱۰- ، ۲۰- درصد و مسیر مسطح قرار دارند (شکل ۳). همچنین نتایج نشان داد که در چهار طبقه شیب مسیر، وزن مخصوص ظاهري خاک با افزایش تردد افزایش یافته است. آزمون دانکن نشان داد که در مسیر مسطح، ۱۰، ۱۰- و ۲۰- درصد شیب، حداکثر وزن مخصوص ظاهري در ترددهاي ۱۵، ۴، ۸ و ۱۰ بدست آمد و بعد از آن وزن مخصوص افزایش معني‌داري نداشته است (شکل ۴).

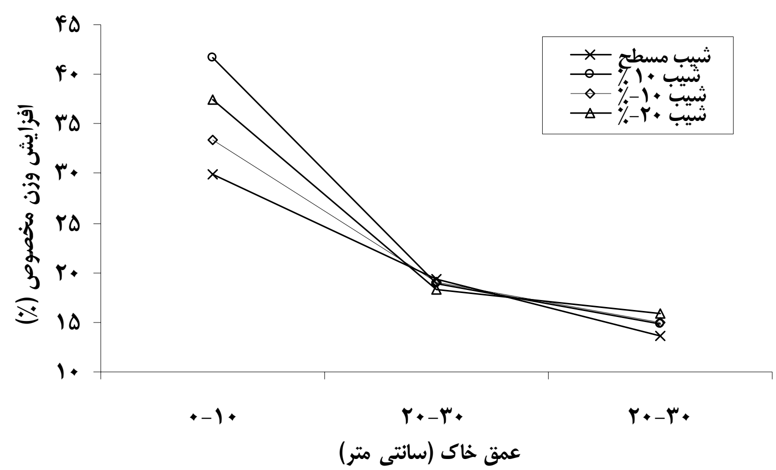


شکل ۳- مقایسه وزن مخصوص ظاهري با آزمون دانکن بعد از تردد در چهار شیب. حروف لاتین نامتشابه نشانگر معني‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است.



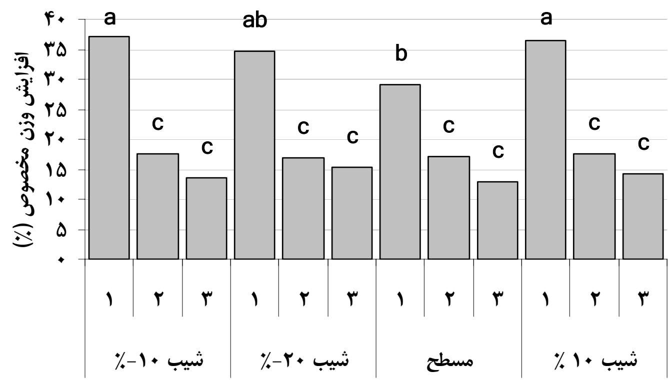
شکل ۴- مقایسه میانگین افزایش وزن مخصوص در اثر تعداد ترددهاي مختلف اسکیدر در چهار شیب مسیر. حروف لاتین نامتشابه نشانگر معني‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است.

آناليز واريانس نشان مي‌دهد که محل نمونه (شاهد يا کوبيده شده)، عمق، شيب مسير و اثر متقابل محل نمونه و عمق اثر معني‌داري بر روي وزن مخصوص ظاهري خاک دارند. در مسير چوبکشي مسطح وزن مخصوص در خاک دست نخورده در عمق ۱۰-۰، ۲۰-۱۰ و ۳۰-۲۰ سانتي‌متر به‌ترتيب برابر ۱/۰۷، ۱/۲۱ و ۱/۴ g/cm^3 است. در حالي‌که بعد از تردد اسکيدر، وزن مخصوص در عمق اول با ۳۰ درصد افزايش به ۱/۳۹ g/cm^3 رسيد و با افزايش عمق، درصد افزايش وزن مخصوص در عمق دوم ۱۹/۴ درصد (۱/۵۷ g/cm^3) و عمق سوم ۱۳/۶ درصد (۱/۵۷ g/cm^3) است. در چوبکشي رو به بالا (شيب ۱۰ درصد)، وزن مخصوص عمق اول (۱۰-۰ سانتي‌متر) بيشترين افزايش را داشته و از ۱/۰۷ به ۱/۵۷ g/cm^3 (۴۳ درصد) رسيده است. تغييرات وزن مخصوص در شيب‌هاي ۱۰- و ۲۰- درصد (چوبکشي رو به پايين) داراي روندي مشابه بوده، هرچند، در عمق اول اختلاف معني‌دار است ولي بين اين دو شيب در عمق دوم و سوم، از نظر آماری تغييرات معني‌داري مشاهده نمي‌شود. در دو شيب ۱۰- و ۲۰- درصد وزن مخصوص در عمق اول به ترتيب ۳۳ و ۳۸ درصد افزايش داشته و در عمق دوم و سوم با کمي اختلاف به ترتيب ۱۹ و ۱۵ درصد بود. به عبارت ديگر، بيشترين کوبيدگي در لايه سطحي خاک اتفاق مي‌افتد و با افزايش عمق خاک از ميزان وزن مخصوص خاک در اثر تردد اسکيدر کاسته مي‌شود (شکل ۵).



شکل ۵- تغييرات وزن مخصوص ظاهري در عمق‌هاي مختلف با توجه به شيب مسير

مقايسه متوسط درصد افزايش وزن مخصوص ظاهري با آزمون دانکن نشان داد که مسيرهاي چوبکشي با شيب ۱۰- و ۱۰ درصد به ترتيب با ۳۷/۲ و ۳۶/۵ بيشترين درصد افزايش وزن مخصوص ظاهري را در عمق ۱۰-۰ سانتي‌متري نشان مي‌دهند (شکل ۶). در مرتبه بعدي, مسيرهاي چوبکشي با شيب ۲۰- و مسيرهاي مسطح به ترتيب با ۳۴/۶ و ۲۹ درصد بيشترين درصد افزايش را در عمق ۱۰-۰ سانتي‌متر دارند. نتايج آزمون دانکن نشان داد که بين درصد افزايش وزن مخصوص ظاهري در عمق‌هاي ۲۰-۱۰ و ۳۰-۲۰ درمسيرهاي چوبکشي با شيب‌هاي مختلف از نظر آماري اختلاف معني‌داري وجود ندارد.



شکل ۶- مقايسه ميانگين درصد افزايش وزن مخصوص ظاهري با آزمون دانکن بعد از تردد در عمق‌هاي مختلف و چهار شيب. حروف لاتين نامتشابه نشانگر معني‌دار بودن اختلاف ميانگين‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است.

بحث و نتيجه گيري

روش اندازه‌گيري بهم‌خوردگي خاک به صورت صد در صد در اين تحقيق هم سريع و هم ارزان است چون اغلب بهم‌خوردگي‌ها در مسيرهاي چوبکشي و دپوها رخ می‌دهد که مي‌توان با مساحي آنها، به بر آورد سريع دست يافت. به دليل عدم پراکنش يکنواخت مسيرها در سطح پارسل، ممکن است ساير روش‌هاي نمونه‌برداري، برآورد صحيحي از بهم‌خوردگي خاک در اثر عمليات بهره‌برداري بدست ندهند. کم بودن وسعت بهم‌خوردگي سطح جنگل در اين تحقيق در مقايسه با ساير بررسي‌هاي انجام شده (Adams, 1990; Lanford and Stokes,1995; Steinbrenner and Gessel, 1955)، اولا به دليل استفاده از روش گرده‌بينه بلند بوده که سبب شده است تعداد تردد به ازاي حجم برداشت در جنگل کم شود و در ثاني باقي ماندن اسکيدر در مسيرهاي چوبکشي، سبب شده است که بهم‌خوردگي خاک محدود به مسيرها و دپوها شود. هرچند بيشرين ميزان بهم-خوردگي، از نوع شديد بوده و پديدار شدن رد چرخ و شياري شدن را به دنبال دارد.

کوبيدگي خاک شامل تغيير مکان ذرات جامد خاک و نزديک‌تر شدن آنها است که در نهايت منجر به افزايش وزن مخصوص مي‌شود. وزن مخصوص معمولا براي اندازه‌گيري کوبيدگي خاک استفاده مي‌شود. در اکوسيستم‌هاي جنگلي افزايش اندازه، نيرو و وزن ماشين‌آلات جنگل، يکي از دلايل عمده صدمه به خاک است (کوبيدگي خاک و اثرات مرتبط با آن). خاک جنگل در معرض فشارهاي شديد حاصل از نيروهاي مکانيکي ايجاد شده به‌وسيله ماشين‌هاي بهره‌برداري و چوبکشي قرار مي‌گيرد. اثرات کوبيدگي خاک شامل افزايش وزن مخصوص، کاهش فضاهاي خالي بزرگ و در نهايت کاهش هواديدگي خاک و ظرفيت نگهداري رطوبت است که در نتيجه آن ريشه‌دواني ضعيف شده، جذب آب و مواد غذايي کمتر شده و رشد درخت کاهش مي‌يابد. علاوه بر اين کوبيدگي خاک و صدمه به ريشه باعث افزايش خطر باد افتادگي شده و سبب پوسيدگي ريشه به‌وسيله عوامل بيماريزا مي‌شود. بعد از عمليات چوبکشي با اسکيدر به روش گرده‌بينه بلند، وزن مخصوص ظاهري خاک به‌طور معني‌داري افزايش يافته است که با نتايج تحقيقات ساير محققان همخواني دارد (Pritchett and Fisher, 1987; Adams and Froehlich; 1984; McDonal and Seixas, 1997; Page-Dumroese *et al.* 2006).

محققين مختلفي اثرات تعداد تردد ماشين‌هاي بهره-برداري را بر روي کوبيدگي خاک و افزايش وزن مخصوص ظاهري بررسي نمودند (Hatchell and Ralston, 1970; Froehlich *et al.* 1980; Lenhard, 1986; Armlovich, 1995). نتايج تحقيقات آنها نشان داد که بيشتر کوبيدگي در طول ترددهاي اوليه اتفاق مي‌افتد و ترددهاي اضافي بعدي اثر کمتري در افزايش وزن مخصوص دارند. هرچند ترددهاي اضافي ممکن است وزن مخصوص را افزايش

دهند و فضاهاي خالي را به سطوحی که براي رشد درخت بحرانی است، کاهش دهند. Page-Dumroese *et al*. (2006) نشان داد که تنها ۴ تردد با اسکيدر چرخ-لاستيکي لازم است تا وزن مخصوص ظاهري خاک سطحي به ۹۰ درصد از حداکثر مقدار خود برسد. Sidle and Drlica, (1981) يافتند که افزايش وزن مخصوص ظاهري خاک در خاک‌هاي لومي رسي در اورگون آمريکا همبستگي بسيار قوي با افزايش تعداد تردد اسکيدرهاي چرخ‌لاستيکي دارد.

در روش چوبکشي گرده‌بينه بلند، بيشترين ميزان کوبيدگي در لايه سطحي خاک (۱۰-۰ سانتي‌متر) اتفاق مي‌افتد. لايه‌هاي کوبيده شده اغلب در عمق‌هاي متفاوت خاک وجود دارند. کوبيدگي ممکن است ناچيز، متوسط و عميق باشد (Sidle and Drlica, 1981). براي مدت‌ها کوبيدگي خاک بيشتر در لايه‌هاي سطحي مورد توجه بود اما زمانی‌که وسايل بهره‌برداري سنگين و با ظرفيت بار زياد توليد شد، در نتيجه کوبيدگي لايه‌هاي زيرين خاک نيز حائز اهميت شد (Ampoorter *et al*., 2007). تحت ترافيک سنگين بار، بعضي از خاک‌ها تا عمق ۱ متر و بيشتر کوبيده مي‌شوند. هرچند، بالاترين درجه کوبيدگي معمولا در ۳۰ سانتي‌متر اول پروفيل خاک اتفاق مي‌افتد که به‌طور عادي بيشترين ميزان حضور ريشه‌ها را نيز دارد (Froehlich and McNabb, 1984; Ares *et al*. 2005; Eliasson and Wasterlund, 2007). ماشين‌ها سه نوع نيروي مهم کوبيدگي به خاکها اعمال مي‌کنند: (۱) نيروي عمودي معمول حاصل از نيروي محرکه چرخ‌ها، (۲) فشار برشي ايجاد شده با لغزش لاستيک‌ها، (۳) لرزش موتور به چرخ‌ها. بيشتر خاک‌ها در طي تعداد کمی از عبورهاي اوليه ماشين‌آلات کوبيده مي‌شوند. عبورهاي بعدي به‌طور عموم اثرات افزايشي کمي دارند، هرچند اين اثرات با توجه به وزن بار و استحکام خاک متفاوت است. اما لايه‌هاي عميق‌تر در بسياري از خاک‌ها بعد از تعداد بيشتري تردد فشرده مي‌شوند. وزن مخصوص لايه‌هاي بالايي خاک بعد از ۴ بار عبور با اسکيدر چرخ لاستيکي به حداکثر مقدار مي‌رسد و بعد از عبورها اضافي از نظر آماري ثابت مي‌ماند (Lenhard, 1986; Jourgholami and Majnounian, 2011).

مقايسه دو روش چوبکشي از نظر وسعت سطح بهم‌خورده نشان مي‌دهد که در روش گرده‌بينه کوتاه (Jourgholami and Majnounian, 2011) در مجموع ۷/۵ درصد از کل منطقه در اثر عمليات چوبکشي دچار بهم‌خوردگي و درجاتي از کوبيدگي شدند، در واقع بيشترين مقدار بهم‌خوردگي خاک در اثر بهره‌برداري به روش گرده‌بينه کوتاه رخ مي‌دهد. در حالي‌که در روش گرده‌بينه بلند در مجموع ۵/۲ درصد از کل منطقه در اثر عمليات چوبکشي دچار بهم‌خوردگي و درجاتي از کوبيدگي شدند و اين تفاوت از نظر آماري معني‌داري نمي‌باشد ($p<0/05$). آناليز واريانس نشان مي‌دهد که روش چوبکشي، شيب و عمق داراي اثر معني‌داري بر روي وزن مخصوص ظاهري خاک مي‌باشد. به عبارت ديگر، بررسي داده‌ها توسط آزمون دانکن نشان داد که روش گرده‌بينه بلند داراي بيشترين ميزان افزايش وزن مخصوص بعد از تردد اسکيدر بوده و روش گرده‌بينه کوتاه (Jourgholami and Majnounian, 2011) داراي پايين‌ترين مقدار افزايش وزن مخصوص است. آنچه که از برآيند اين قسمت بدست مي‌آيد اين است که به‌منظور مديريت توده‌هاي جنگلي با حداقل اثرات به خصوصيات فيزيکي خاک، روش گرده‌بينه کوتاه انتخاب بهينه است تا بدين وسيله حاصلخيزي خاک‌هاي جنگلي حفظ شده و بهبود يابد.

بازيابي خاک‌هاي جنگلي کوبيده شده، تحت تاثير آب و هوا، فعاليت موجودات و رشد ريشه‌ها بسيار کند است. بازيابي خاک بعد از کوبيدگي سطحي ممکن است حدود ۲۰-۱۰ سال يا بيشتر طول بکشد (Dickerson, 1976; Froehlich, 1979). وقتي که کوبيدگي عميق‌تر باشد، روند بازيابي خصوصيات فيزيکي خاک حدود ۵۰ تا ۱۰۰ سال طول خواهد کشيد (Greacen and Sands, 1980). برنامه‌ريزي و زمان‌بندي به عنوان راه‌حلي مناسب براي کاهش درجه و وسعت اثرات بهم‌خوردگي خاک است چون روشي آسان‌تر و ارزان‌تر براي کاهش اثرات مرتبط با بهم‌خوردگي خاک قبل از عمليات بهره‌برداري است.

عواملي که بر میزان بهم‌خوردگي خاک تاثیرگذارند عبارتند از: زمان انجام عملیات در طول سال، رطوبت خاک، سیستم بهره‌برداري، توپوگرافي، الگوي اجرایي، اندازه درخت، نوع و اندازه تجهیزات، حجم برداشت و اکیپ کاري. عامل بسیار مهم و تاثیرگذار بر بهم‌خوردگي خاک، رطوبت خاک است. عملیات بهره‌برداري در زماني که خاک اشباع شده است، باید متوقف شود. انجام عملیات در زماني که خاک خشک بوده یا یخ زده است، مقدار کوبیدگي را کاهش خواهد داد. تعداد تردد و ساختار مسیرهاي چوبکشي اثر قابل توجهي بر کوبیدگي و بهم‌خوردگي خاک دارد. طراحي مسیرهاي چوبکشي و محدود کردن ماشین در مسیر چوبکشي نیز از راهکارهاي توصیه شده براي کاهش میزان بهم‌خوردگي خاک است.

References

- Adams P.W., and H.A. Froehlich, 1984, Compaction of forest soils, USDA Pacific Northwest Extension Publication. PNW 217.13 p.
- Adams, P.W. 1990. Soil compaction in woodland properties: The woodland workbook. Oregon State Univ., Corvallis, OR. 7p.
- 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, p: 162–174.
- Ares, A., T.A. Terry, R.E. Miller, H.W. Anderson and B.L. Flaming. 2005. Ground-Based Forest Harvesting Effects on Soil Physical Properties and Douglas-Fir Growth. Soil Sci. Soc. Am. J. 69:1822-1832.
- Armlovich, D. 1995. Soil compaction study on a cut-to-length mechanized harvesting system. Forest Engineering Department. Corvallis, Oregon, Oregon State University: 46.
- Eliasson L. and I. Wasterlund, 2007, Effects of slash reinforcement of strip roads on rutting and soil compaction on a moist fine-grained soil, Forest Ecology and Management, 252, 118–123.
- Etemad, V., 2002. Study of quantitative and qualitative characteristics of beech tree seed in Mazandaran Province. PhD. Thesis, Faculty of Natural Resources. University of Tehran. 258 p.
- Froehlich, H.A. 1978. Soil compaction from low ground-pressure, torsion-suspension logging vehicles on three forest soils. Res. Paper 36, Oregon State Univ., Forest Research Lab. 12 p.
- Froehlich, H.A. and D.H. McNabb.1984. Minimizing soil compaction in Pacific Northwest forests. In: Proc. of the Forest Soils and Treatment Impacts Conf., 1983. E.L. Stone, Ed. Univ. of Tennessee, Knoxville, TN. pp. 159-192.
- Froehlich, H.A., J. Azevedo, P. Cafferata, and D. Lysne. 1980. Predicting soil compaction on forested land. USDA For. Serv. Fin. Rep. Equip. Dev. Centre, Missoula, MT, 120p.
- Gayoso, J and A. Iroume. 1991. Compaction and soil disturbances from logging in Southern Chile, Ann. Sci. For., 48:63-71.
- Gent, J.A. and R. Ballard. 1984. Impact of intensive forest management practices on the bulk density of lower Coastal Plain and Piedmont soils. South. J. App. For. 9:44-48.
- Gomez, A. and R.F. Powers. 2002. Soil compaction effects on growth of young ponderosa pine following litter removal in California's Sierra Nevada. Soil Science Society of American Journal. 66: 1334-1343.
- Greacen, E.L. and R. Sands, 1980, Compaction of Forest Soil; A Review, Aust. j. Soil Res., 18, 163-189.
- Hatchell, G.E. and C.W. Ralston. 1970. Soil disturbance in logging. Journal of Forestry. 68: 772-775.
- Jamshidi, R., D. Jaeger, N. Raafatnia, and 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.
- 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.
- Krag, R., Higgingbotham, K., and Rothwell, R., 1986. Logging and soil disturbance in southeast British Columbia. Can. For. Res. 16, 1345-1354.
- Lanford, B.L. and B.J. Stokes. 1995. Compaction of two thinning systems: Part 1. Stand and site impacts. For. Pro. J. 45(5):74-79.

- Lenhard, R.J. 1986. Changes in void distribution and volume during compaction of a forest soil. Soil Science Society of America Journal. 50: 462-464.
- Lotfalian, M. 1996. Effect of timber skidding on soil compaction using TAF skidder. MSc. Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat Modarres. 129 p.
- McDonald, T.P. and F. Seixas. 1997. Effect of slash on forwarder soil compaction. J. For. Eng. 8(2):15-26.
- McMahon, S. and T. Evanson. 1994. The effect of slash covers in reducing soil compaction resulting from vehicle passage. LIRO, Rotorua, NZ. LIRO Report 19(1):1-8.
- Page-Dumroese, D.S., M.F. Jurgensen, A.E. Tiarks, F. Ponder, F.G. Sanchez, R.L. Fleming, J.M. Kranabetter, R.F. Powers, D.M. Stone, J.D. Elioff, and D.A. Scott. 2006. Soil physical property changes at the North American long-term soil productivity study sites: 1 and 5 years after compaction. Can. J. For Res. 36: 551-564.
- Pritchett, W.L., and R.F. Fisher. 1987. Properties and Management of Forest Soils. 2nd ed. John Wiley and Sons, NY. 494p.
- Sidle R.C. and D.M. Drlica, 1981, Soil Compaction from Logging with a Low-Ground Pressure Skidder in the Oregon Coast Ranges, Soil Sci. Soc. Am. J. 45:1219-1224.
- Smith, R.B., and E.F. Wass. 1976. Soil disturbance, vegetative cover and regeneration on clearcuts in the Nelson Forest District, British Columbia. Can. For. Serv. Pac. For. Res. Cent. Inf. Rep. BC-X-151.
- Steinbrenner, E.C. and S.P. Gessel. 1955. The effect of tractor logging on physical properties of some forest soils in southwestern Washington. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 19(3):372-376.
- Williamson, J.R. and W.A. Neilsen. 2000. The influence of forest site on rate and extent of soil compaction and profile disturbance of skid trails during ground-based harvesting. Can. J. For. Res. 30:1196-1205.
- Wronski, E.B. 1980. Logging trials near Tumut. Logger, April / May: 10-14.

Environmental Impacts of Tree-Length Logging Method on Forest Soils in Kheyrud Forest

M. Jourgholami[*1]

[1]Assistant professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran

(Received: 25/09/2011 , Accepted: 17/01/2012)

Abstract

In forest harvesting, there is an ongoing trend to increase constantly the size, power and load of logging machines. This may cause soil degradation in forest ecosystems as the passes of these machines modify important soil structural characteristics. The present study was conducted to examine impact of skidding traffic, trail slope, traffic frequency, and soil depth on bulk density and soil compaction due to tree-length logging method using rubber-tired skidder in Namkhaneh district in Kheyrud Forest. The level of soil compaction at eight levels of traffic (1, 4, 8, 10, 15, 20, 25, and 30 passes), four levels of slopes (0, 10, 1-10, and -20) and three soil depth (5, 15, 25 cm) were applied in three replicates consequently. Bulk densities were measured on the undisturbed surface (UD) and within the tracks (WT). Result showed that in four different slopes most bulk density increasing was occurred during the first few passes of skidder, although density continued to increase in amount and depth with the number of passes. About 5.2% of total area of harvesting unit were disturbed and compacted. Uphill skidding increases compaction more than downhill skidding. The increases in bulk density were still important at the maximum sampling depth of 20-30 cm. The results indicated that slope steepness had a strong effect on the soil physical properties and soil disturbance. Designated skid trails should be used to minimize the influence on the forest stand.

Keywords: Environmental impacts, soil compaction, bulk density, tree-length method, rubber-tired skidders.

*Corresponding author: Tel: +982612223044 Fax: +98261-2249310 E-mail: mjgholami@ut.ac.ir