

تغییر شکل هوموس تحت تأثیر تیپ‌های مختلف جنگلی و سال‌های متفاوت پس از عملیات بهره‌برداری

هادی سهرابی^{۱*} و مقداد جورغلامی^۲

*۱- نویسنده مسئول، دکترای مهندسی جنگل، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

پست الکترونیک: hadi.sohrabi@ut.ac.ir

۲- استاد، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۱۹

چکیده

نوع لاش‌برگ تولیدی درختان به‌عنوان عامل تأثیرگذار بر فرایندهای بوم‌شناختی و تشکیل افق‌های خاک، نقش کلیدی در وضعیت و عملکرد بوم‌سازگان جنگل دارد. در پژوهش پیش‌رو، شکل هوموس در تیپ‌های متفاوت جنگلی طی بازه‌های زمانی مختلف پس از عملیات بهره‌برداری (شش، ۱۰ و ۲۰ سال) در مسیرهای چوب‌کشی جنگل خیرود در شهرستان نوشهر بررسی شد. هر مسیر چوب‌کشی با سه تکرار در توده‌های راش خالص، راش-ممرز و راش آمیخته شناسایی شد. در مجموع، ۸۱ پروفیل با اندازه‌های ۳۰×۳۰ سانتی‌متر مربع در آن‌ها حفر شد تا با استفاده از پیشنهاد گروه هوموس اروپا طبقه‌بندی شوند. نتایج نشان داد که هوموس مول، غالب‌ترین سیستم هوموس در لاش‌برگ توده‌های راش آمیخته و راش-ممرز بود، درحالی‌که فراوان‌ترین آن در لاش‌برگ راش خالص به هوموس آمفی تعلق داشت. در مسیر چوب‌کشی تحت لاش‌برگ راش آمیخته، اولیگومول فراوان‌ترین شکل هوموس بود، درحالی‌که یومزوامفی، یوماکروآمفی و هیومومودر به‌عنوان رایج‌ترین شکل‌های هوموس در مسیرهای تحت لاش‌برگ راش خالص شناسایی شدند. سیستم‌های هوموس مشاهده‌شده در مسیرهای چوب‌کشی شش و ۱۰ ساله شامل مول، آمفی و مودر بودند، درحالی‌که در مسیر چوب‌کشی ۲۰ ساله فقط هوموس‌های مول و آمفی مشاهده شدند. بیشترین ضخامت افق‌های آلی (۱۰/۱ سانتی‌متر) در مسیر چوب‌کشی ۲۰ ساله تحت لاش‌برگ راش خالص به‌دست آمد، درحالی‌که بیشترین ضخامت افق آلی-معدنی (۳/۸ سانتی‌متر) در لاش‌برگ متعلق به توده راش آمیخته در همان مسیر چوب‌کشی مشاهده شد. با گذشت ۲۰ سال، هوموس در تیپ جنگلی راش آمیخته در مقایسه با منطقه دست‌نخورده به شکل اولیه خود نزدیک‌تر شده بود و شرایط بهتری را برای بهبود وضعیت خاک داشت.

واژه‌های کلیدی: افق‌های آلی، جنگل‌های هیرکانی، طبقه‌بندی هوموس، عملیات چوب‌کشی، لاش‌برگ درختان.

مقدمه

دهند (Crawford *et al.*, 2021). با این حال، در نظر گرفتن نوع توده جنگلی و لاش‌برگ حاصل از آن به‌عنوان یک راه‌حل بوم‌شناختی برای کاهش اثرات منفی عملیات بهره‌برداری و تسریع مدت بازیابی ویژگی‌های خاک پس از عملیات چوب‌کشی، بسیار مهم است. ماده آلی به‌عنوان بخشی از خاک، علاوه بر تأثیر بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن، نقش مهمی در تقویت چرخه مواد مغذی برای استفاده درختان و گیاهان ایفا می‌کند

بازیابی خاک‌های فشرده‌شده در اثر عملیات بهره‌برداری به شرایط مطلوب پیش از عملیات، نیازمند روش‌هایی با سهولت اجرا، پاسخ سریع و مناسب و هزینه کم است (Jourgholami *et al.*, 2021). استفاده از مالچ‌های آلی و معدنی مانند شاخ‌وبرگ، خاک‌اره و تشک‌های محافظ و نیز محدود کردن تعداد عبور ماشین در مسیرهای چوب‌کشی به‌عنوان روش‌های اصلاحی می‌توانند آشفستگی خاک را کاهش

pH خاک و جوامع گیاهی در جنگل‌های بلژیک نشان داد که ضخامت لایه‌های آلی و شکل هوموس تحت تأثیر انواع مدیریت تغییر می‌کنند (Van Calster et al., 2007). بررسی تغییرات شکل هوموس در توده‌های راش (Fagus orientalis Lipsky) و ممرز (Carpinus betulus L.) گرگان نیز حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در انواع شکل هوموس‌های اصلی و ثانویه بین جنگل‌های بکر و مدیریت‌شده بود (Sadeghi et al., 2020).

یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر شکل‌گیری انواع هوموس، گونه درختی غالب در یک منطقه جنگلی است (Zanella et al., 2011). بر اساس پژوهش‌های پیشین در رابطه با تأثیر تیپ‌های جنگلی مختلف بر ضخامت لایه آلی در جنگل‌های هیرکانی بیان کردند که بیشترین و کمترین ضخامت هوموس به ترتیب متعلق به راشستان خالص و راش - ممرزستان بودند (Waez-Mousavi, 2018; Bayranvand et al., 2017). این نتایج نشان‌دهنده تجزیه لاش‌برگ درختان با نرخ‌های کند و سریع در این توده‌های جنگلی هستند. Bayranvand و همکاران (۲۰۱۷) اثر قابل توجهی از ترکیب گونه‌های مختلف درختی بر تغییر هوموس در جنگل‌های مازندران را گزارش کردند. براساس نتایج آن‌ها، هوموس در یک توده جنگلی با درختان غالب توسکا بیلاقی (*Alnus subcordata* C.A.Mey.) اغلب از نوع مول است، درحالی‌که در توده‌هایی با درختان راش، راش - ممرز و راش - ممرز - انجیلی (*Parrotia persica* (DC.) C.A.Mey.) اغلب هوموس‌های مور و مودر مشاهده شدند.

بررسی هوموس با استفاده از روش‌های ریخت‌شناختی در مقایسه با روش‌های شیمیایی، هزینه کمتری دارد و اجرای آن در عرصه نیز با ابزارهای ساده، آسان‌تر است (Zanella et al., 2018). در ایران، اولین بررسی ریخت‌شناختی شکل‌های هوموس در توده‌های راش خالص و مختلط جنگل‌های هیرکانی توسط Sajedi و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده از طبقه‌بندی کانادایی (Green et al., 1993) انجام شد. پژوهش‌های دیگری نیز شکل‌های هوموس و ویژگی‌های کف جنگل را تحت تأثیر عوامل طبیعی بررسی کرده‌اند (Waez-

2012). Waez-Mousavi & Habashi, 2012). با تبدیل زیستی مواد آلی مرده در سطح خاک، انواع مختلفی از گیاخاک (Humus) ایجاد می‌شوند. این فرایند می‌تواند تحت تأثیر ترکیبی از عوامل محیطی، زیستی و مدیریتی قرار گیرد (Labaz et al., 2014; Andretta et al., 2016; Badía- Villás & Girona-García, 2018).

شکل‌های مختلف هوموس و الگوهای ریخت‌شناختی آن، ابزار مفیدی برای ارزیابی وضعیت سلامت جنگل‌ها و حاصلخیزی کلی خاک هستند (Salmon, 2018). شکل هوموس در مقیاس زمانی کمتری نسبت به تیپ خاک معدنی تغییر می‌کند. با توجه به عدم هم‌زمانی تغییرات این دو، نیاز به طبقه‌بندی جداگانه دارند (Graefe & Beylich, 2006). بررسی شکل هوموس، اطلاعاتی مانند در دسترس بودن رطوبت، pH خاک و وضعیت مواد مغذی را فراهم می‌کند (Van Delft et al., 2006). هوموس خاک، بیشترین اهمیت را در پایداری رطوبت و مواد غذایی خاک دارد. این ماده با قدرت زیاد در جذب آب سبب کاهش فرسایش خاک می‌شود و نیز منبع عناصر غذایی و مشخص‌کننده دما، pH و بارندگی در بوم‌سازگان‌ها است (Rizvi et al., 2012). هوموس‌ها، محیطی مناسب برای فعل و انفعالات بین گیاهان با درشت و ریزندامگان را فراهم می‌کنند. در نتیجه، آن‌ها سبب تسریع در فرایندهای تجزیه و چرخه مواد مغذی می‌شوند که از این نظر نیز در بوم‌سازگان‌های جنگلی اهمیت دارند (Ponge et al., 2014).

پژوهش‌های پیشین، شکل‌گیری و تغییرپذیری شکل‌های هوموس را نتیجه ترکیب و تداخل عوامل مختلف مانند پوشش گیاهی، فعالیت جانوران خاک، اقلیم، توپوگرافی زمین، زهکشی خاک، کیفیت و کمیت لاش‌برگ، زیست‌توده روی زمین و چرخه و توسعه توده‌های جنگلی می‌دانند (Zanella et al., 2011; Ponge et al., 2014; Andretta et al., 2016). مدیریت جنگل و عملیات مربوط به آن (مانند بهره‌برداری) با اثرات مستقیم و غیرمستقیم بر بسیاری از این عوامل در تغییرپذیری مقدار و شکل هوموس نقش دارند (Anschlag et al., 2017). ارزیابی تأثیر تغییرات مدیریت بر

و گیلاس وحشی (*Prunus avium*) هستند. شیوه جنگل‌شناسی در منطقه مورد مطالعه ترکیبی از تک‌گزینی و گروه‌گزینی است که سبب تشکیل توده‌های ناهمگن شده است (Jourgholami *et al.*, 2014). آخرین عملیات قطع و حمل‌ونقل درختان به شش سال پیش از زمان پژوهش برمی‌گردد.

روش پژوهش

براساس هدف پژوهش، پس از جنگل‌گردشی و بازدید میدانی، سه مسیر چوب‌کشی با جهت چوب‌کشی و شیب طولی یکسان (بدون در نظر گرفتن شیب عرضی) که شش، ۱۰ و ۲۰ سال از آخرین تردد ماشین‌آلات در آن‌ها گذشته بود، انتخاب شدند. سال‌های مذکور به‌عنوان سن مسیر چوب‌کشی برای بررسی اختلاف بین مسیرها در نظر گرفته شدند. هر یک از مسیرها با سه تکرار در سه تیپ جنگلی شامل راش خالص، راش-مرمز و راش آمیخته شناسایی شدند. در هر مسیر براساس فاصله از دیو و تعداد انشعاب‌های فرعی از مسیر، سه شدت تردد شامل کم، متوسط و زیاد در نظر گرفته شد (Ezzati *et al.*, 2012). در هر شدت تردد، سه پروفیل با اندازه‌های ۳۰×۳۰ سانتی‌متر مربع حفر شدند. به‌طوری‌که در هر مسیر چوب‌کشی با سه تکرار در تیپ‌های جنگلی مورد نظر، ۲۷ پروفیل و در مجموع، ۸۱ پروفیل حفر شد (Bayranvand *et al.*, 2017). در هر پروفیل، لایه‌های آلی (OH, OL و OF) و آلی-معدنی (AH) با عدسی دستی با بزرگ‌نمایی پنج تا ۱۰ برابر مشخص شد (Bohlen, 2002). هر پروفیل هوموس بر اساس پیشنهاد گروه هوموس اروپایی و بر مبنای ویژگی‌های مورفولوژیکی افق‌های تشخیصی آلی و / یا آلی-معدنی طبقه‌بندی شد (Zanella *et al.*, 2011). همچنین، مشخصه‌های فیزیوگرافی شامل جهت، شیب عمومی و ارتفاع از سطح دریا به ترتیب با استفاده از قطب‌نمای جیبی، شیب‌سنج سونتو و GPS ثبت شدند. از آنجایی‌که زمان مناسب برای بررسی هوموس، اواخر فصل رویش است، نمونه‌برداری از لایه‌های مواد آلی و هوموس در آذرماه سال ۱۴۰۰ انجام شد.

Mousavi & Habashi, 2012; Bayranvand *et al.*, 2017)، اما در جنگل‌های هیرکانی تا به حال چنین پژوهشی در شرایطی که خاک جنگل در اثر عملیات چوب‌کشی، دچار اختلال شده باشد، انجام نشده است. در پژوهش پیش‌رو، ریخت‌شناسی هوموس تحت تأثیر لاش‌برگ درختان مختلف (سه توده راش، راش-مرمز و راش آمیخته) روی مسیرهای چوب‌کشی در بازه‌های زمانی مختلف پس از عملیات چوب‌کشی بررسی شد. فرضیه‌های پژوهش شامل دو مورد بودند: (۱) سیستم هوموس و ضخامت لایه آلی مسیرهای چوب‌کشی بین تیپ‌های مختلف جنگلی، تفاوت معنی‌داری دارند و (۲) سیستم هوموس و ضخامت لایه آلی در ارتباط با زمان سپری‌شده پس از عملیات چوب‌کشی تغییر می‌کنند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پژوهش پیش‌رو در بخش‌های نم‌خانه و گرازین از جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود دانشگاه تهران انجام شد. مناطق مورد مطالعه با مساحت ۲۰۸۲ هکتار در ارتفاع ۱۰۰۰ تا ۱۳۶۰ متر از سطح دریا قرار دارند. میانگین سالانه بارندگی و دما در این ناحیه به ترتیب ۱۱۴۶ میلی‌متر و ۸/۶ درجه سانتی‌گراد هستند. منطقه مورد مطالعه براساس داده‌های ایستگاه سینوپتیک نوشهر، اقلیم بسیار مرطوب با زمستان‌های سرد دارد. سنگ مادر آن از لایه‌های سخت آهکی با تعداد زیادی ترک تشکیل شده است. این ویژگی از نظر زمین‌شناسی به دوره ژوراسیک تعلق دارد. خاک آن اغلب آلفی‌سول با زهکشی خوب (براساس پایگاه مرجع جهانی منابع خاک) است که بافت لومی تا لومی-رسی با عمق بیشتر از یک متر دارد. تیپ‌های پوشش گیاهی در دو بخش مذکور و پارسل‌های مورد مطالعه شامل راشستان، راش-مرمزستان، بلوط-مرمزستان و راشستان مخلوط به همراه افرا (*Acer velutinum* Boiss.)، توسکا بیلاقی، نمدار (*Tilia begonifolia*) و بلندمازو (*Quercus castaneifolia*) و در شیب‌های جنوبی شیردار (*Acer cappadocicum* C.A.M.)، بارانک (*Sorbus torminalis*)

جدول ۱- تشریح مسیرهای چوب‌کشی در منطقه مورد مطالعه

Table 1. Description of skid trails in the study area

مسیر چوب‌کشی (سن) Skid trail (years of age)	بخش - شماره پارسل District (No. of Compartments)	توده جنگلی Forest stand	جهت Aspect	ارتفاع (متر) Elevation (m a.s.l)	شیب (درصد) Slope (%)	بافت خاک Soil texture
6	گرازین - ۳۱۵ Gorazbon-315	راش Beech	شمال - شرقی North-Eastern	1209	25	رسی Clay
	گرازین - ۳۱۶ Gorazbon-316	راش - مرز Beech-Hornbeam	جنوب - شرقی South-Eastern	1174	15	رسی Clay
	گرازین - ۳۱۶ Gorazbon-316	راش آمیخته Mixed Beech	جنوب - شرقی South-Eastern	1177	17	لوم رسی سیلنتی Silt clay loam
	گرازین - ۳۱۹ Gorazbon-319	راش Beech	شمالی Northern	1246	12	رسی Clay
10	گرازین - ۳۲۰ Gorazbon-320	راش - مرز Beech-Hornbeam	شمال - شرقی North-Eastern	1345	25	رسی Clay
	گرازین - ۳۱۸ Gorazbon-318	راش آمیخته Mixed Beech	شرقی Eastern	1133	20	لوم رسی سیلنتی Silt clay loam
	نم‌خانه - ۲۱۵ Namkhaneh-215	راش Beech	شمالی Northern	1040	30	رسی Clay
20	نم‌خانه - ۲۲۰ Namkhaneh-220	راش - مرز Beech-Hornbeam	شمال - شرقی North-Eastern	1115	17	لومی سیلنتی Silt loam
	نم‌خانه - ۲۱۴ Namkhaneh-214	راش آمیخته Mixed Beech	شمال - شرقی North-Eastern	1010	20	لومی رسی Clay loam

تجزیه و تحلیل داده‌ها

چوب‌کشی با استفاده از آزمون کای اسکور (دقیق فیشر) ارزیابی شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که نوع لاش‌برگ، اثر معنی‌داری در سطح اطمینان حداقل ۹۵ درصد هم بر ضخامت لایه هوموس (لاش‌برگ سطحی، لایه تجزیه، لایه هوموسی و لایه آلی - معدنی) و هم بر سیستم هوموس (مول، آمفی و مودر) دارد. به طوری که همبستگی معنی‌داری با آن‌ها نشان داد، اما از بین مشخصه‌های مذکور فقط ضخامت لایه لاش‌برگ سطحی (OL) و لایه تجزیه (OF) به طور معنی‌داری تحت تأثیر سن مسیر چوب‌کشی بودند. همبستگی بین آن‌ها نیز معنی‌دار به دست آمد (جدول ۲).

به منظور تجزیه و تحلیل و مقایسه اطلاعات، ابتدا پراکنش داده‌ها و همگنی واریانس آن‌ها با آزمون‌های کولموگروف - سمیرنوف و لون بررسی شد. برای بررسی اختلاف در ضخامت لایه هوموس و کف جنگل تحت تأثیر تیمارهای نوع لاش‌برگ (تیپ جنگل) و سن مسیر چوب‌کشی از تجزیه واریانس دوطرفه استفاده شد. به منظور مقایسه میانگین متغیرهای وابسته که به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارها قرار داشتند، آزمون دانکن به کار گرفته شد. با استفاده از ضریب‌های همبستگی پیرسون و اسپیرمن، همبستگی سیستم هوموس و ویژگی‌های کف جنگل تحت تأثیر نوع لاش‌برگ و سن مسیر چوب‌کشی بررسی شد. فراوانی سیستم و شکل‌های هوموس در ارتباط با نوع لاش‌برگ و سن مسیر

در مسیرهای چوب‌کشی مورد مطالعه، سه راسته از پنج راسته هوموس گزارش شده در طبقه‌بندی جدید اروپایی (EHGP) شناسایی شدند (شکل ۱-الف). بیشترین و کمترین فراوانی به ترتیب متعلق به هوموس‌های مول و مودر بودند. هوموس‌های مول و آمفی در لاش‌برگ هر سه توده وجود داشتند. بیشترین فراوانی هوموس مول متعلق به تیمار لاش‌برگ راش آمیخته بود، در حالی که کمترین فراوانی آن در تیمار لاش‌برگ راش خالص مشاهده شد. بیشترین و کمترین فراوانی هوموس آمفی نیز به ترتیب در لاش‌برگ توده‌های راش خالص و راش آمیخته وجود داشتند. فراوانی هوموس مودر در تیمار لاش‌برگ راش خالص بیشتر از تیمار لاش‌برگ راش - ممرز بود، در حالی که این هوموس در لاش‌برگ توده راش آمیخته مشاهده نشد (شکل ۱-الف).
نوع لاش‌برگ به‌طور قابل توجهی بر فراوانی سیستم‌های

هوموس و شکل‌های آن تأثیر داشت (شکل ۱-الف و ب). اولیگومول، رایج‌ترین شکل هوموس مول در هر سه تیمار لاش‌برگ بود. بیشترین فراوانی این هوموس در تیمار لاش‌برگ راش آمیخته مشاهده شد. مزومول، یومول و دیسمول، شکل‌های دیگر هوموس مول بودند که در تیمارهای لاش‌برگ راش آمیخته و راش - ممرز مشاهده شدند. با اینکه یوماکروآمفی در تیمار راش - ممرز و یومزوامفی در تیمار راش آمیخته وجود نداشتند، اما از رایج‌ترین شکل‌های هوموس آمفی بودند. بیشترین فراوانی آن‌ها در تیمار لاش‌برگ راش خالص مشاهده شد. لپتوآمفی و پاچی آمفی، شکل‌های دیگر هوموس آمفی بودند که فقط در تیمار لاش‌برگ راش خالص وجود داشتند. هیومودر، رایج‌ترین شکل هوموس مودر در تیمارهای مورد مطالعه بود که به‌همراه یومودر، بیشترین فراوانی هوموس مودر در تیمار لاش‌برگ راش خالص را به‌خود اختصاص دادند (شکل ۱-ب).

جدول ۲- تجزیه واریانس و ضریب‌های همبستگی پیرسون (مشخصه‌های ضخامت هوموس) و اسپیرمن (سیستم هوموس) تحت تأثیر نوع لاش‌برگ و

سن مسیر چوب‌کشی

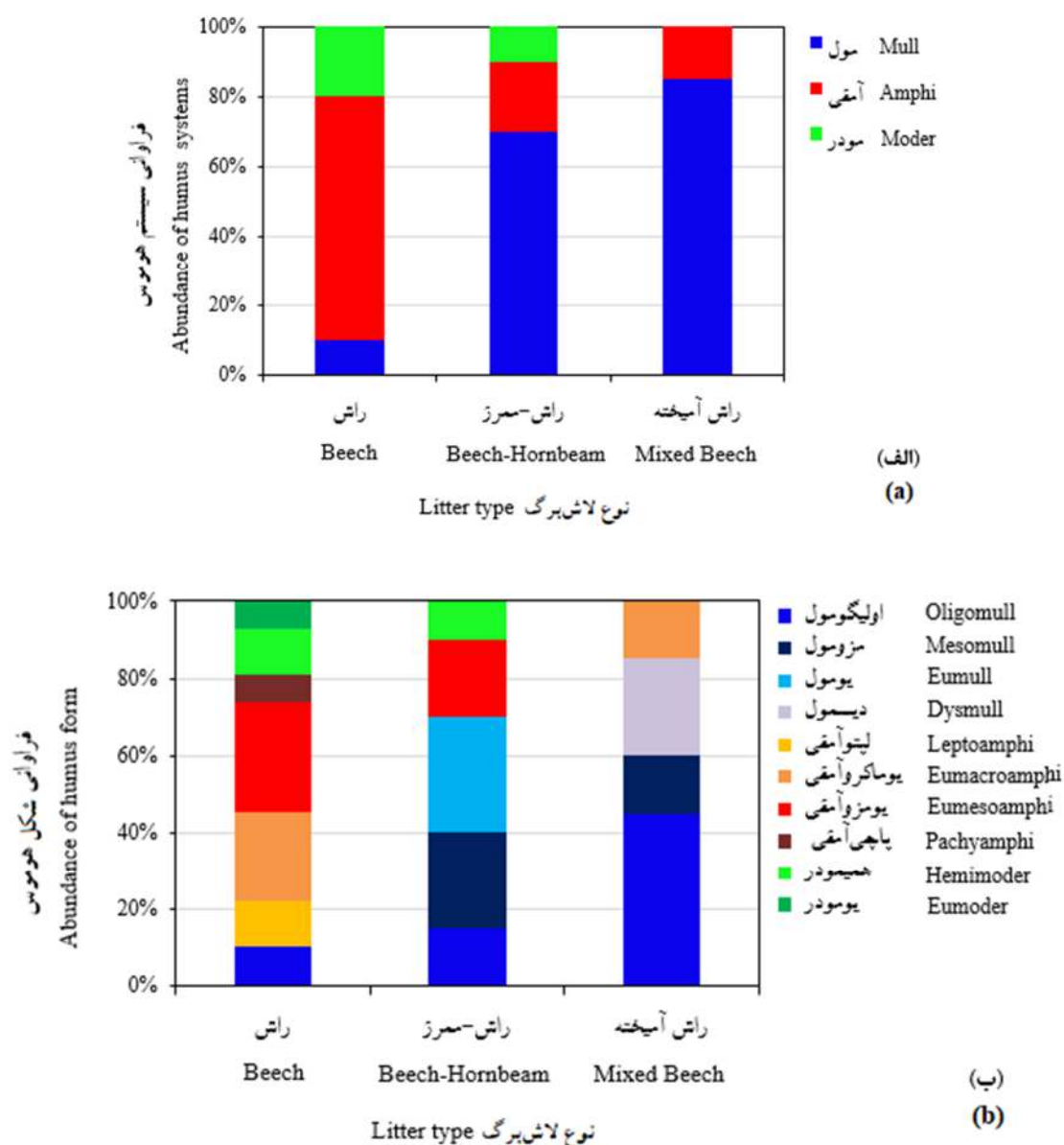
Table 2. Analysis of variance, Pearson (humus thickness characteristics) and Spearman correlation coefficients (humus system) under the influence of litter type and age of skid trail

مشخصه هوموس Humus characteristic	نوع لاش‌برگ Litter type			سن مسیر چوب‌کشی Age skid trail		
	F test	P value	همبستگی پیرسون Pearson's correlation	F test	P value	همبستگی پیرسون Pearson's correlation
لاش‌برگ سطحی (OL)	70.22	<0.001	0.62**	25.3	<0.001	0.66**
ضخامت لایه (OF)	52.44	<0.001	0.75**	33.62	0.021	0.36*
لايه هوموسی (OH)	15.16	<0.001	0.38*	10.23	0.015	0.27
لايه آلی - معدنی (AH)	8.97	0.001	0.65**	4.22	0.056	0.15

مشخصه هوموس Humus characteristic	نوع لاش‌برگ Litter type			سن مسیر چوب‌کشی Age skid trail		
	F test	P value	همبستگی اسپیرمن Spearman's correlation	F test	P value	همبستگی اسپیرمن Spearman's correlation
مول (Mull)	12.23	<0.001	0.82**	7.08	0.066	0.09
سیستم هوموس (Amphi)	23.61	<0.001	0.58**	11.78	0.075	0.02
مودر (Moder)	31.77	0.012	0.41*	5.06	0.051	0.11

** معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ * معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد

** : Significant at p<0.01; * : Significant at p<0.05



شکل ۱- فراوانی سیستم‌های هوموس (الف) و شکل‌های هوموس (ب) در رابطه با نوع لاش‌برگ

آزمون فیشر (الف) و (ب): $P < 0.001$

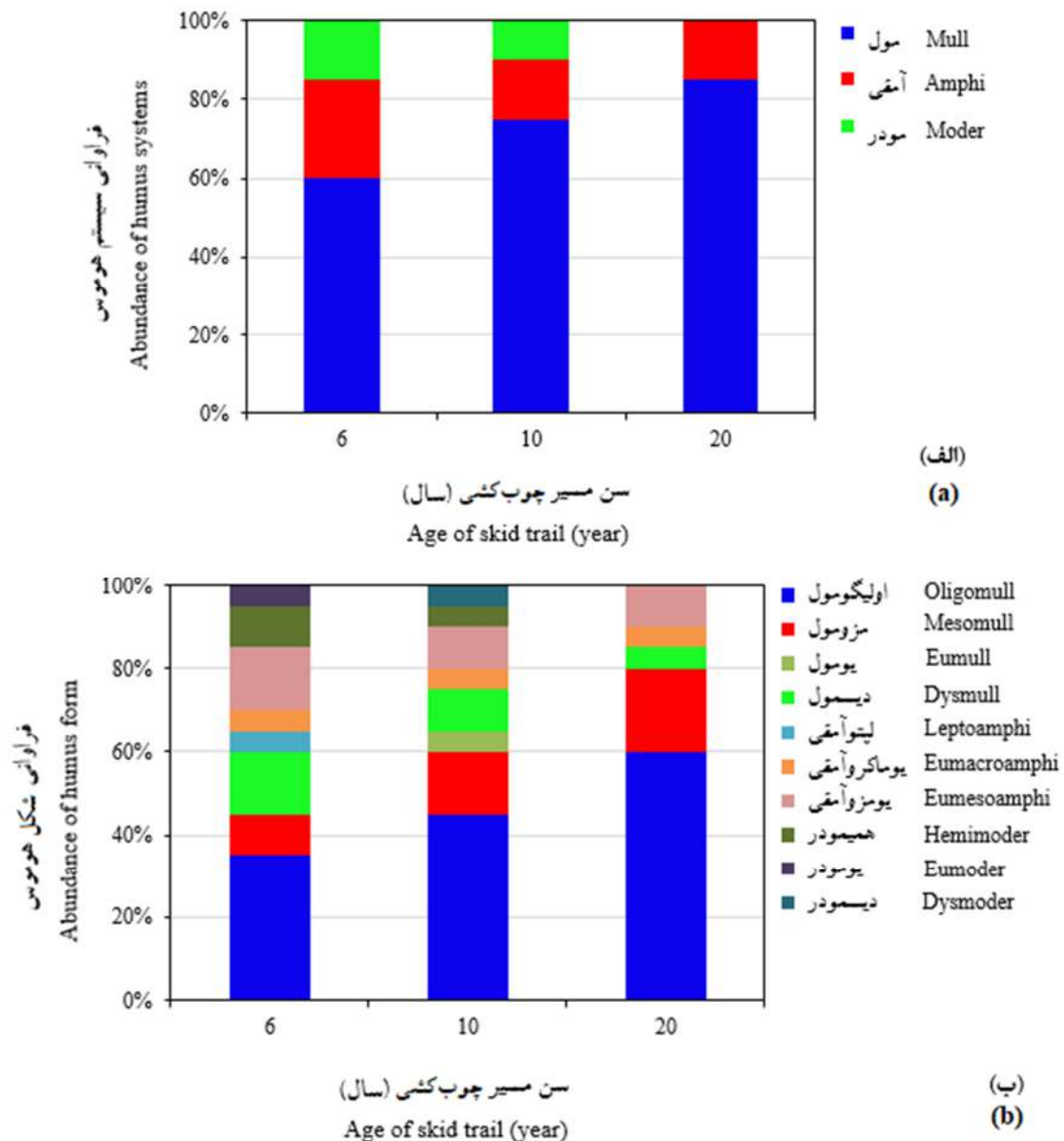
Figure 1. Abundance of humus systems (a) and humus forms (b) in relation to different litter type. Fisher test (a) and (b): $P < 0.001$

هر سه مسیر چوب‌کشی داشت، درحالی‌که کمترین فراوانی برای هوموس مودر به‌دست آمد. اولیگومول، رایج‌ترین شکل هوموس مول در مسیرهای چوب‌کشی بود که بیشترین فراوانی آن در مسیر چوب‌کشی ۲۰ ساله مشاهده شد. مزومول و دیسمول از شکل‌های دیگر هوموس مول بودند که در هر سه مسیر چوب‌کشی وجود داشتند. یومزوآمفی، رایج‌ترین شکل

نتایج دیگر نشان داد که با افزایش سن مسیر چوب‌کشی، سیستم (شکل ۲- الف) و شکل هوموس (شکل ۲- ب) ترکیب یکنواخت‌تری پیدا می‌کنند. در مسیر چوب‌کشی با سن شش سال، سه نوع هوموس مول، آمفی و مودر مشاهده شد، اما ۲۰ سال پس از عملیات چوب‌کشی فقط هوموس‌های مول و آمفی وجود داشتند. هوموس مول، بیشترین فراوانی را در

داشت. هیمومودر به‌عنوان رایج‌ترین شکل هوموس مودر در مسیرهای چوب‌کشی شش و ۱۰ ساله مشاهده شد که در این مسیرها به‌همراه یومودر یا دیسمودر وجود داشتند (شکل ۲-ب).

هوموس آمفی در مسیرهای چوب‌کشی بود که بیشترین فراوانی آن‌ها در شش سال پس از عملیات چوب‌کشی مشاهده شد. از شکل‌های دیگر هوموس آمفی می‌توان به یوماکروآمفی اشاره کرد که در هر سه مسیر چوب‌کشی وجود



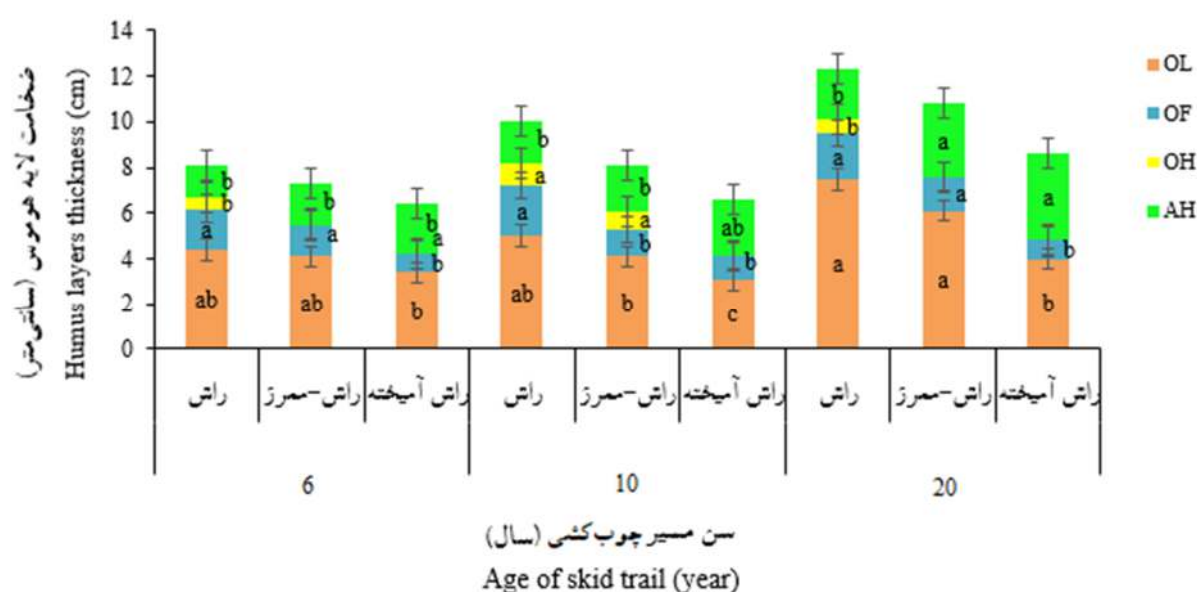
شکل ۲- فراوانی سیستم‌های هوموس (الف) و شکل‌های هوموس (ب) در رابطه با سن مسیر چوب‌کشی

آزمون فیشر (الف) و (ب): $P < 0.019$

Figure 2. Abundance of humus systems (a) and humus forms (b) in relation to age of skid trail Fisher test (a) and (b): $P < 0.019$

آلی - معدنی (AH) افزایش یافت. افق هوموسی (OH) در تیمار مذکور مشاهده نشد، اما بیشترین ضخامت این لایه به تیمار راش خالص و به دنبال آن تیمار راش - ممرز در مسیر چوب‌کشی ۱۰ ساله تعلق داشت. بیشترین و کمترین ضخامت افق آلی - معدنی (AH) به ترتیب در تیمارهای لاش‌برگ راش آمیخته از مسیر چوب‌کشی ۲۰ ساله و راش خالص از مسیر چوب‌کشی شش‌ساله مشاهده شدند (شکل ۳).

با افزایش سن مسیر چوب‌کشی، ضخامت متوسط افق‌های آلی خاک به طور قابل توجهی افزایش یافت. این افزایش در مسیر چوب‌کشی ۲۰ ساله و در تیمار لاش‌برگ راش خالص، بیشتر از تیمارهای دیگر بود (شکل ۳). میانگین ضخامت همه افق‌های آلی (OH، OF و OH) در تیمار لاش‌برگ راش خالص بیشتر بود. در این بین، افق لاش‌برگ سطحی (OL) بیشترین ضخامت را داشت. در مقابل، در تیمار لاش‌برگ راش آمیخته، ضخامت افق‌های آلی کاهش و ضخامت افق



شکل ۳- ضخامت لایه‌های هوموس آلی (OL، OF و OH) و آلی- معدنی (AH) در رابطه با اثرات متقابل نوع لاش‌برگ و سن مسیر چوب‌کشی

نوارهای عمودی نشان‌دهنده خطای استاندارد هستند. حرف‌های متفاوت لاتین نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در هر لایه هوموس در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

Figure 3. Thickness of organic humus (OL, OF and OH) and organic-mineral (AH) layers in relation to the interaction effects of different litter type and age of skid trail

The vertical bars indicate the standard error. Different Latin letters indicate a significant difference in each humus layer at the 95% confidence level.

نتایج پژوهش (al., 2004; Bayranvand *et al.*, 2017) پیش‌رو نشان داد که از بین سه سیستم هوموس شناسایی شده در منطقه مورد مطالعه، فراوانی مول بیشتر بود، در حالی که شکل مودر، کمترین فراوانی را داشت. هوموس مول، رایج‌ترین سیستم هوموس در زیر لاش‌برگ‌های متعلق به توده‌های راش آمیخته و راش - ممرز بود، در حالی که فراوان‌ترین آن در زیر لاش‌برگ راش خالص به هوموس

بحث

ریخت‌شناختی هوموس و تغییرپذیری آن در اثر عوامل مختلف توسط پژوهشگران بسیاری بررسی شده است (Labaz *et al.*, 2014; Bayranvand *et al.*, 2021). ترکیب گونه‌های درختی و لاش‌برگ تولیدی آن‌ها، عوامل محیطی (ارتفاع، شیب، درجه حرارت و رطوبت) و نحوه مدیریت توده‌ها سبب تغییر شکل‌های هوموس می‌شوند (Sajedi *et*

مختلف پس از عملیات چوب‌کشی به‌طور معنی‌داری تغییر نکرده است. اما با افزایش سن رها شدن مسیرهای چوب‌کشی پس از عملیات چوب‌کشی، فراوانی سیستم هوموس مول بیشتر شد، درحالی‌که سیستم‌های هوموس در سال‌های اول پس از عملیات چوب‌کشی (شش سال)، شکل‌های متنوع‌تری داشتند. در مسیر چوب‌کشی شش‌ساله، اختلال و مخلوط شدن لایه‌های خاک در اثر عملیات چوب‌کشی، کاهش لاش‌برگ سطحی و به‌هم خوردن شرایط حرارتی و رطوبتی سطح خاک، کاهش در کیفیت زیستگاه و فعالیت ارگانسیم‌های خاک سبب ایجاد مخلوطی نامناسب از مواد آلی و ذرات معدنی در ساختار خردشده خاک سطحی می‌شوند (Sohrabi *et al.*, 2022). این تغییرات ممکن است سبب کاهش فراوانی هوموس مول و افزایش شکل هوموس‌های مودر و آمفی در سال‌های ابتدایی پس از عملیات چوب‌کشی شوند. با افزایش سن مسیر چوب‌کشی و بهبود شرایط سطح لاش‌برگ و خاک در مسیرهای چوب‌کشی (افزایش ضخامت لایه لاش‌برگ، بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش در عناصر غذایی و فعالیت اندامگان خاک) هوموس مول غالب شد و فراوانی هوموس‌های مودر و آمفی کاهش یافت.

براساس نتایج دیگر پژوهش پیش‌رو، فراوان‌ترین شکل هوموس مول تحت لاش‌برگ راش آمیخته به اولیگومول تعلق داشت، درحالی‌که یوماکروآمفی، یومزوآمفی و هیمومودر، رایج‌ترین شکل‌های هوموس‌های آمفی و مودر در مسیرهای تحت لاش‌برگ راش خالص بودند. هم‌راستا با این نتایج، بررسی پویایی شکل‌های هوموس در طول شیب ارتفاعی در جنگل‌های مازندران نشان داد که اولیگومول و لپتوآمفی در جنگل‌های راش آمیخته فراوان‌تر بودند، درحالی‌که یومزوآمفی، یوماکروآمفی و پاچی‌آمفی فقط در جنگل‌های راش خالص مشاهده شدند (Bayranvand *et al.*, 2021). همچنین، شناسایی شکل‌های هوموس در جنگل‌های مدیترانه‌ای ایتالیا حاکی از وجود هوموس‌های مول، مودر و آمفی و عدم وجود هوموس‌های مور و تانجل بود (De Nicola *et al.*, 2014). نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که فراوانی شکل‌های هوموس مول از مسیرهای چوب‌کشی تحت

آمفی تعلق داشت. بررسی تنوع شکل‌های هوموس در یک توده راش آمیخته در جنگل‌های مدیریت‌نشده گرگان نیز نشان‌دهنده فراوانی بیشتر شکل‌های هوموس مول زیر ترکیب گونه‌های درختی با کیفیت لاش‌برگی مطلوب بود (Waez-Mousavi & Habashi, 2012). این پدیده اغلب در نتیجه فعالیت زیاد کرم خاکی و باکتری‌ها رخ می‌دهد که سبب ایجاد مخلوط خوبی از مواد آلی و ذرات معدنی در ساختار خردشده خاک سطحی می‌شوند. نتایج دیگر پژوهش مذکور نشان داد که لاش‌برگ در مسیر چوب‌کشی با راش آمیخته به‌راحتی تجزیه می‌شود، درحالی‌که در مسیرهای تحت لاش‌برگ راش خالص، شکل‌های هوموس مودر و آمفی با تولید لاش‌برگ با کیفیت کم (کربن زیاد و نیتروژن کم)، فراوانی بیشتری نسبت به مول داشتند. Waez-Mousavi (۲۰۱۸) نیز عنوان کرد که مول و آمفی، غالب‌ترین سیستم‌های هوموس در توده‌های راش آمیخته و خالص در جنگل‌های هیرکانی هستند. هم‌راستا با نتایج پژوهش پیش‌رو، Ponge و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی تغییرات هوموس خاک تحت تأثیر ارتفاع از سطح دریا در جنگل‌های اسپانیا گزارش کردند که در توده‌های جنگلی آمیخته با تنوع بیشتر گونه‌های درختی و شرایط تغذیه‌ای غنی، سیستم مول، فراوان‌تر است. در مقابل، سیستم‌های هوموس مودر و آمفی با ضخامت بیشتر لایه‌های OF و OH اغلب در محیط‌های سردتر (افزایش ارتفاع منطقه) و توده‌هایی با تنوع گونه‌ای کم مشاهده شدند (Badía-Villas & Girona-García, 2018). در مسیرهای چوب‌کشی با لاش‌برگ راش خالص و pH کم خاک، سیستم هوموس مودر فراوان هستند. افزایش هوموس آمفی در زیر لاش‌برگ راش خالص در پژوهش پیش‌رو می‌تواند به دلیل pH بیشتر خاک باشد که به دنبال غلظت زیاد کلسیم‌کربنات (CaCO_3) رخ می‌دهد (Li *et al.*, 2018). افزایش غلظت CaCO_3 می‌تواند تأثیر مثبتی بر سرعت تجزیه لاش‌برگ و فعالیت میکروبی خاک (Guo *et al.*, 2019) و تسهیل انتقال از حالت مودر به آمفی داشته باشد (Labaz *et al.*, 2014; Bonifacio *et al.*, 2018).

بر اساس فرضیه دوم سیستم هوموس طی بازه‌های زمانی

همکاران (۲۰۱۸) در جنگل‌های شمال غربی ایتالیا نشان دادند که ضخامت لایه هوموسی در جنگل‌های راش شرقی (*Fagus sylvatica* L.) با کیفیت کم لاش‌برگ، بیشتر از جنگل‌های ون (*Fraxinus ornus* L.) است (Labaz et al., 2014). بنابراین افزایش ضخامت لایه هوموسی را می‌توان به کاهش کیفیت لاش‌برگ راش خالص (Bayranvand et al., 2017) و رطوبت بیشتر خاک (Zanella et al., 2011) نسبت داد که نرخ کانی‌سازی را کاهش می‌دهد (Badía-Villas & Girona-García, 2018). وجود یا عدم وجود افق H به‌عنوان مهم‌ترین متغیر تعیین‌کننده الگوی پراکنش انواع شکل‌های هوموس محسوب می‌شود (Hellwig, 2019). همچنین، Zanella و همکاران (۲۰۱۱) در طبقه‌بندی شکل هوموس، عدم وجود افق H را تعیین‌کننده هوموس مول و ضخامت این افق را جزء مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده هوموس‌های آمفی و مودر دانستند.

در پژوهش پیش‌رو، شکل‌های هوموس زمینی در مسیرهای چوب‌کشی طی سال‌های مختلف پس از عملیات چوب‌کشی بررسی شد. همچنین، دو عامل نوع لاش‌برگ درختان مختلف و سن مسیر چوب‌کشی به‌عنوان شاخص‌های تغییرپذیری انواع هوموس ارزیابی شدند. نوع لاش‌برگ، اثر معنی‌داری بر نوع سیستم و ضخامت لایه هوموس نشان داد، درحالی‌که از بین نوع سیستم و ضخامت لایه هوموس، فقط ضخامت لایه لاش‌برگ سطحی (OL) و لایه تجزیه (OF) به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سن مسیر چوب‌کشی بودند. در مسیرهای چوب‌کشی تحت تأثیر لاش‌برگ راش آمیخته (لاش‌برگ با کیفیت زیاد)، هوموس مول غالب شده بود، درحالی‌که فراوان‌ترین شکل هوموس در لاش‌برگ راش خالص به آمفی تعلق داشت. در مسیر چوب‌کشی با لاش‌برگ راش-ممرز، هر سه نوع هوموس مول، مودر و آمفی مشاهده شد. نتایج به‌دست آمده به پژوهشگران در درک بهتر عوامل بوم‌شناختی مؤثر بر بهبود وضعیت خاک‌های تخریب‌شده کمک می‌کنند. به‌طوری‌که ۲۰ سال پس از عملیات بهره‌برداری، تیپ جنگلی راش آمیخته شرایط بهتری را برای بهبود ویژگی‌های خاک داشت. براساس نتایج این پژوهش، فعالیت‌های مدیریتی که

لاش‌برگ راش آمیخته به مسیر با لاش‌برگ راش خالص کم می‌شود، درحالی‌که فراوانی شکل‌های هوموس آمفی و مودر افزایش یافتند. این تغییر می‌تواند ناشی از وجود لاش‌برگ‌های درختان مختلف با ویژگی‌های متفاوت و در نتیجه، تحت تأثیر قرار گرفتن ویژگی‌های خاک زیر آن‌ها باشد. Bonifacio و همکاران (۲۰۱۸) نیز به این مورد اشاره کردند.

افزایش سن مسیر چوب‌کشی و کیفیت نوع لاش‌برگ از راش خالص به راش آمیخته سبب افزایش نرخ تجزیه لاش‌برگ و نهایتاً توزیع مناسب و یکنواخت تر افق‌های آلی خاک شد. این نتیجه می‌تواند به دلیل وجود شرایط مطلوب و زمان کافی برای تجزیه مواد آلی در جنگل‌های آمیخته (درجه حرارت مطلوب، رطوبت خوب خاک و کیفیت مناسب لاش‌برگ) باشد (Salmon, 2018). در همه مسیرهای چوب‌کشی، ضخامت افق‌های آلی (OL, OF, OH) تحت تأثیر لاش‌برگ راش خالص در مقایسه با تیمارهای دیگر بیشتر بود، درحالی‌که میانگین ضخامت افق آلی-معدنی در زیر لاش‌برگ راش آمیخته روبه افزایش بود. علت آن ممکن است مربوط به کاهش pH لاش‌برگ راش خالص (Bauhus et al., 2004) و تجزیه بیشتر لاش‌برگ درختان توده راش آمیخته باشد (Hobbie et al., 2013). کمیت بیشتر کربن آلی و نسبت زیاد C/N (نرخ تجزیه کم) در لایه‌های هوموس، دلیل مهمی برای انباشت و افزایش ضخامت لاش‌برگ در هوموس‌های آمفی تحت لاش‌برگ راش خالص نسبت به هوموس مول با ضخامت کمتر مواد آلی تحت لاش‌برگ راش آمیخته است (Bayranvand et al., 2017). در این زمینه، Zanella و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند که نسبت C/N در لایه‌های آلی هوموس مول و خاک کمتر از لایه‌های آمفی است. به‌طوری‌که این نسبت، شاخصی بسیار مهم برای نشان دادن سرعت تجزیه و چرخه عناصر غذایی در شکل‌های مختلف هوموس و خاک محسوب می‌شود.

در پژوهش پیش‌رو، بیشترین ضخامت لایه هوموسی (OH) در مسیرهای چوب‌کشی تحت تأثیر لاش‌برگ راش خالص مشاهده شد. مطابق با این نتیجه، Bonifacio و

- Bayranvand, M., Akbarinia, M., Salehi Jouzani, G., Gharechahi, J. and Alberti, G., 2021. Dynamics of humus forms and soil characteristics along a forest altitudinal gradient in Hyrcanian forest. *iForest*, 14(1): 26-33.
- Bayranvand, M., Kooch, Y., Hosseini, S.M. and Alberti, G., 2017. Humus forms in relation to altitude and forest type in the Northern mountainous regions of Iran. *Forest Ecology and Management*, 385: 78-86.
- Bohlen, P.J., 2002. Earthworms. Oligochaeta: Arch Pheretima, Meta Pheretima, Plan Pheretima, Pleinogaster and Polypheretima. *Encyclopedia of Soil Science*, Bulletin of the British Museum Natural History, Archbold Biological Station, Venus, FL, USA, pp. 1-128.
- Bonifacio, E., D'Amico, M., Catoni, M. and Stanchi, S., 2018. Humus forms as a synthetic parameter for ecological investigations. Some examples in the Ligurian Alps (North-Western Italy). *Applied Soil Ecology*, 123: 568-571.
- Crawford, L.J., Heinse, R., Kimsey, M.J. and Page-Dumroese, D.S., 2021. Soil sustainability and harvest operations: A review. *Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-421*. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 39 p., 421.
- De Nicola, C., Zanella, A., Testi, A., Fanelli, G. and Pignatti, S., 2014. Humus forms in a Mediterranean area (Castelporziano Reserve, Rome, Italy): classification, functioning and organic carbon storage. *Geoderma*, 235-236: 90-99.
- Ezzati, S., Najafi, A., Rab, M.A. and 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.
- Graefe, U. and Beylich, A., 2006. Humus forms as tool for upscaling soil biodiversity data to landscape level. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 108(6-7108): 6-7.
- Green, R.N., Trowbridge, R.L. and Klinka, K., 1993. Towards a taxonomic classification of humus forms. *Forest Science*, 39(1): a0001-z0002.
- Guo, A., Ding, L., Tang, Z., Zhao, Z. and Duan, G., 2019. Microbial response to CaCO₃ application in an acid soil in southern China. *Journal of Environmental Sciences*, 79: 321-329.
- Hellwig, N., Tatti, D., Sartori, G., Anschlag, K., Graefe, U., Egli, M., and Broll, G., 2019. Modeling spatial patterns of humus forms in montane and subalpine forests: implications of local variability for upscaling. *Sustainability*, 11(1): 48.
- Jourholami, M., Khoramizadeh, A., Lo Monaco, A., Venanzi, R., Latterini, F., Tavankar, F. and Picchio,

می‌توانند برای بهبود وضعیت خاک در شرایط طبیعی و بوم‌شناختی جنگل انجام شوند، شامل موارد زیر هستند:

- طی عملیات چوب‌کشی با استفاده از فعالیت‌های حفاظتی خاک (استفاده از مالچ شاخ‌ویرگ‌های مختلف و تشک‌های محافظ، محدود کردن عملیات چوب‌کشی زمینی به شیب ملایم، کاهش تردد ماشین‌آلات، انتخاب فصل و شرایط آب‌وهوایی مناسب عملیات) از حذف بیش‌از حد لاش‌برگ کف جنگل جلوگیری شود.

- کاشت مخلوطی از درختان با کیفیت مناسب لاش‌برگ مانند راش، ممرز، توسکا بیلاقی، نمدار، افرا و شیردار (*Acer cappadocicum* C.A.M.) به‌عنوان پاسخ بوم‌شناختی به اختلال خاک در مسیرهای چوب‌کشی باعث تولید هوموس مناسب و بهبود ویژگی‌های خاک می‌شود.

سپاسگزاری

این مقاله یکی از نتایج پروژه تحقیقاتی پسادکتری به شماره ۹۹۰۱۱۲۲۷ برای نویسنده اول است. نویسندگان لازم می‌دانند که از حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF) قدردانی کنند. همچنین، نویسندگان از دانشگاه تهران برای تأیید این پروژه به‌عنوان یک پروژه تحقیقاتی پسادکتری، کمال تقدیر و تشکر را دارند.

منابع مورد استفاده

- Andretta, A., Cecchini, G., Bonifacio, E., Comolli, R., Vingiani, S. and Carnicelli, S., 2016. Tree or soil? Factors influencing humus form differentiation in Italian forests. *Geoderma*, 264: 195-204.
- Anschlag, K., Tatti, D., Hellwig, N., Sartori, G., Gobat, J.M. and Broll, G., 2017. Vegetation-based bioindication of humus forms in coniferous mountain forests. *Journal of Mountain Science*, 14(4): 662-673.
- Badía-Villas, D. and Girona-García, A., 2018. Soil humus changes with elevation in Scots pine stands of the Moncayo Massif (NE Spain). *Applied Soil Ecology*, 123: 617-621.
- Bauhus, J., Vor, T., Bartsch, N. and Cowling, A., 2004. The effects of gaps and liming on forest floor decomposition and soil C and N dynamics in a *Fagus sylvatica* forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 34(3): 509-518.

- Iran. Proceeding of the 7th International Beech Symposium: Improvement and Silviculture of Beech. Tehran, Iran, 10-20 May 2004: 105-113.
- Salmon, S., 2018. Changes in humus forms, soil invertebrate communities and soil functioning with forest dynamics. *Applied Soil Ecology*, 123: 345-354.
 - Sohrabi, H., Jourgholami, M., Lo Monaco, A. and Picchio, R., 2022. Effects of forest harvesting operations on the recovery of earthworms and nematodes in the Hyrcanian old-growth forest: Assessment, mitigation, and best management practice. *Land*, 11(5): 746.
 - Van Calster, H., Baeten, L., De Schrijver, A., De Keersmaecker, L., Rogister, J.E., Verheyen, K. and Hermy, M., 2007. Management driven changes (1967–2005) in soil acidity and the understory plant community following conversion of a coppice-with-standards forest. *Forest Ecology and Management*, 241(1-3): 258-271.
 - Van Delft, B., De Waal, R., Kemmers, R., Mekink, P. and Sevink, J., 2006. *Field Guide Humus Forms, Description and Classification of Humus Forms for Ecological Applications* (translation). Research Institute for the Green Environment, Wageningen, the Netherlands, 92p.
 - Waez-Mousavi, S.M. and Habashi, H., 2012. Evaluating humus forms variation in an unmanaged mixed beech forest using two different classification methods. *iForest*, 5(5): 272-275.
 - Waez-Mousavi, S.M., 2018. Humus systems in the Caspian Hyrcanian temperate forests. *Applied Soil Ecology*, 123: 664-667.
 - Zanella, A., Jabiol, B., Ponge, J.F., Sartori, G., De Waal, R., Van Delft, B., ... and Englisch, M., 2011. A European morpho-functional classification of humus forms. *Geoderma*, 164(3-4): 138-145.
 - Zanella, A., Ponge, J.F., Jabiol, B., Sartori, G., Kolb, E., Le Bayon, R.C., ... and Viola, F., 2018. Humusica 1, article 5: Terrestrial humus systems and forms — Keys of classification of humus systems and forms. *Applied Soil Ecology*, 122: 75-86.
 - R., 2021. Evaluation of leaf litter mulching and incorporation on skid trails for the recovery of soil physico-chemical and biological properties of mixed broadleaved forests. *Land*, 10(6), p.625.
 - Jourgholami, M., Soltanpour, S., Etehad Abari, M. and Zenner, E.K., 2014. Influence of slope on physical soil disturbance due to farm tractor forwarding in a Hyrcanian forest of northern Iran. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 7(5), p.342.
 - Labaz, B., Galka, B., Bogacz, A., Waroszewski, J. and Kabala, C., 2014. Factors influencing humus forms and forest litter properties in the mid-mountains under temperate climate of southwestern Poland. *Geoderma*, 230-231: 265-273.
 - Li, Z., Wei, B., Wang, X., Zhang, Y. and Zhang, A., 2018. Response of soil organic carbon fractions and CO₂ emissions to exogenous composted manure and calcium carbonate. *Journal of Soils and Sediments*, 18(5): 1832-1843.
 - Ponge, J.F., Jabiol, B. and Gégout, J.C., 2011. Geology and climate conditions affect more humus forms than forest canopies at large scale in temperate forests. *Geoderma*, 162(1-2): 187-195.
 - Ponge, J.F., Sartori, G., Garlato, A., Ungaro, F., Zanella, A., Jabiol, B. and Obber, S., 2014. The impact of parent material, climate, soil type and vegetation on Venetian forest humus forms: a direct gradient approach. *Geoderma*, 226-227: 290-299.
 - Rizvi, S.H., Gauquelin, T., Gers, C., Guérold, F., Pagnout, C. and Baldy, V., 2012. Calcium–magnesium liming of acidified forested catchments: Effects on humus morphology and functioning. *Applied Soil Ecology*, 62: 81-87.
 - Sadeghi, M., Habashi, H., Esmailzadeh, O., Mohamadi, J. and Sajedi, T., 2020. Model humus forms changes in the beech and hornbeam stands in the old growth and managed forest (Case study: Shast-kalate forest of Gorgan). *Journal of Forest Research and Development*, 6(3): 429-444 (In Persian with English summary).
 - Sajedi, T., Zahedi Amiri, Gh. and Marvie-Mohadjer, M.R., 2004. Variation of humus forms and nutrient properties in pure and mixed beech stands in north of

The variability of humus form in different forest types and different years after skidding operations

H. Sohrabi ^{1*} and M. Jourgholami ²

1*- Corresponding author, Ph.D. of Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
E-mail: hadi.sohrabi@ut.ac.ir

2- Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received: 09.06.2022

Accepted: 26.07.2022

Abstract

The type of litter produced by trees is an influencing factor in ecological processes and the formation of soil horizons plays a key role in the function of the forest ecosystem. In this study, the form of humus was investigated in different forest types on skid trails in different time intervals after skidding operation (6, 10 and 20 years) in Kheyroud forest of Nowshahr County, Iran. Each skid trail was identified with three replications in pure beech (*Fagus orientalis* Lipsky), beech-hornbeam (*Carpinus betulus* L.) and mixed beech stands. In total, 81 profiles with dimensions of 30×30 cm² were drilled in them to be classified using the European Humus Group proposal (EHGP). The mull of the most dominant humus was under the mixed beech litter, while in the pure beech litter the amphi humus was the most abundant system of humus. Three types of humus mull, moder and amphi were observed in the skid trail under beech-hornbeam litter. Oligomull was the most abundant form of humus mull in the skid trail under mixed beech litter, while in the trails under pure beech Eumacroamphi, Eumesoamphi and Hemimoder were the most common forms of humus. The highest thickness of the organic horizons in the 20-year skid trail was under pure beech litter (10.1 cm), while the highest thickness of the organic-mineral horizon was under mixed beech litter (3.8 cm). After 20 years, the humus form in the mixed beech forest stand has become closer to its original form compared to the undisturbed area and has provided better conditions for improving the soil condition.

Keywords: Humus classification, Hyrcanian forests, organic horizons, skidding operations, tree litter.