اثر جاده‌های جنگلی بر تنوع پوشش گیاهی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در جنگل‌های کلاردشت

افشین ارجمند[۱]، هادی کیادلیری[۲*]، فرید کاظم نژاد[۳] و مجید اسحق نیموری[۴]

۱) دانشجوی دکتری علوم محیط زیست، گروه علوم محیط زیست و جنگل، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲) دانشیار گروه علوم محیط زیست و جنگل، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

*رایانامه نویسنده مسئول مکاتبات: h-kiadaliri@srbiau.ac.ir

۳) استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۴

چکیده

مطالعات بوم‌شناسی جاده برای پایش تاثیر جاده‌های جنگلی بر تنوع زیستی بسیار مهم و ارزشمند است. به‌منظور بررسی شدت اثرگذاری جاده‌های جنگلی بر تنوع زیستی گونه‌های علفی، زادآوری درختی و گلسنگ، از نمونه‌برداری در فواصل مختلف از جاده در دو منطقه کنترل و بهره‌برداری شده در جنگل‌های کلاردشت استفاده شد. اثرات جاده‌ها بر تنوع پوشش گیاهی در رابطه با خصوصیات خاک نیز بررسی گردید. نتایج نشان داد که جاده‌سازی در توده بهره‌برداری شده در مقایسه با شاهد، سبب تخریب زادآوری درختی، علفی و گلسنگ شده، اما خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تحت تاثیر قرار نگرفته است. با افزایش فاصله از جاده به‌وضوح تنوع و غنای زادآوری در هر دو منطقه شاهد و بهره‌برداری شده افزایش یافته و از شاخص یکنواختی کاسته شده است. در مقابل، تنوع و غنای گونه‌های علفی کاهش معنی‌داری از خود نشان داده است. این مطالعه فواصل ۱۵ تا ۴۵ متری را محدوده اثر بافری حاشیه جاده بر شاخص‌های تنوع زیستی و غنای زادآوری درختی، پوشش علفی و گلسنگ‌ها گزارش می‌نماید. اکثر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نیز با افزایش فاصله از جاده افزایش یافته است. همچنین بین اکثر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با زادآوری درختان و گونه‌های علفی همبستگی معنی داری وجود داشت.

واژه‌های کلیدی: جاده، خاک، غنا، کلاردشت، گونه علفی.

مقدمه

جنگل طبیعی، اکوسیستمی است که تحت تاثیر عوامل بیرونی و درونی فراوان در درازمدت شکل گرفته و اجزای متشکله آن در طول زمان به حالت تعادل رسیده‌اند (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷؛ Ghanbari Motlagh *et al.,* 2020). در سایه این تعادل طبیعی، موجودات به‌طور مستمر و سالیان متمادی به زندگی خود ادامه می‌دهند، مشروط به آنکه تعادل طبیعی جنگل توسط عوامل مختلف، به‌هم‌نخورده و تخریب نگردد (دلجویی و همکاران، ۱۳۹۴؛ بازیاری و همکاران، ۱۳۹۳). هر گونه دخالت در جنگل باید با توجه به درک صحیح از تمامی اجزای بوم‌سازگان جنگل صورت گیرد (Karim & Mallik, 2008؛ روحانی و همکاران، ۱۴۰۱). یکی از مهمترین دخالت‌های انسان در زیستگاه‌های طبیعی، ساخت جاده است (Berenji Tehrani *et al.,* 2015; Fallahchai *et al.,* 2018; Demir *et al.,* 2007؛ قاسمی‌آقباش و همکاران، ۱۳۹۷). آنها اساسی‌ترین رکن برنامه‌ریزی و مدیریت در جنگل هستند و بزرگ‌ترین سرمایه‌گذاری در جنگل را به خود اختصاص می‌دهند. در علم مدیریت جنگل، وجود جاده‌های

جنگلی برای فعالیت‌های مختلف مانند حفظ حیات‌وحش، توریسم، جنگل‌کاری و بهره‌برداری، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و مقابله با آتش‌سوزی‌ها مورد نیاز می‌باشند (نجفی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Rahbarisisakht *et al.,* 2021; Delgado *et al.,* 2007).

اگر چه تاثیرات مثبت جاده‌های جنگلی انکارناپذیر است نباید این نکته را نادیده گرفت که جاده‌ها موجب از بین رفتن سطحی از جنگل می‌شوند که پیامدهای خاصی را در برخواهد داشت. جاده‌های جنگلی با برداشت درختان جنگلی به‌صورت یک دالان سبب ایجاد تغییرات شگرفی در مقادیر نور و رطوبت دریافتی، تبخیر و تعرق، سرعت باد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شوند. همچنین رژیم نوری جنگل تغییر می-کند (کرمی‌راد و همکاران، ۱۳۹۵؛ لطفعلیان و همکاران، ۱۳۹۷؛ دلجویی و همکاران، ۱۳۹۴؛ Li *et al.,* 2022; Zamani *et al.,* 2019). کاهش تراکم تاج پوشش و رقابت نوری در حاشیه جاده، امکان دسترسی به تشعشعات خورشیدی را برای انواع گیاهان فراهم می‌نماید (قاسمی‌آقباش و همکاران، ۱۳۹۷؛ روحانی و همکاران، ۱۴۰۱؛ بازیاری و همکاران، ۱۳۹۳؛ Delgado *et al.,* 2013; Deljouei *et al.,* 2017; Avon *et al.,* 2010). جاده‌ها شرایط مطلوب برای رشد و تکثیر گونه‌های مهاجم گیاهی را ایجاد می‌کنند که این شرایط شامل نور زیاد و ایجاد آشفتگی در اجزای بوم‌سازگان جنگل است (Müllerová *et al.,* 2011; Zamani *et al.,* 2019). با اینکه جاده‌ها سهم کمی از مساحت جنگل را شامل می‌شوند. آنها مجراهای اولیه در گسترش گونه‌های جدید به‌ویژه به داخل توده‌های مدیریت شده هستند و در تغییر غنا و تنوع گیاهان در حاشیه جنگل تاثیر دارند. بدین ترتیب که تراکم گیاهان سریع‌الرشد و نورپسند افزایش می‌یابد (دلجویی و همکاران، ۱۳۹۴؛ حاجی‌پور و همکاران، ۱۴۰۰؛ Marcantonio *et al.,* 2013; Lisboa *et al.,* 2022).

بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند ترکیب گونه‌ای حاشیه جاده‌ها به نفع گونه‌های غیربومی تغییر کرده و ترکیب جامعه به‌طور قابل توجهی تغییر کرده است (کرمی‌راد و همکاران، ۱۳۹۵؛ Lotfalian *et al.* 2012; Karim & Mallik, 2008; Li *et al.,* 2022). از سوی دیگر خروج چوب از مسیر جاده‌ها باعث فرسایش خاک شده و به زادآوری درختی نیز صدمه وارد می‌کند. این در حالی است که کاهش صدمات به توده باقی‌مانده و خاک جنگل از اهداف مدیریت جنگل است. آسیب به خاک سبب ایجاد محیط ناسالم برای گیاهان و تاثیر منفی روی زنده‌مانی و رشد آنها می‌شود (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷؛ Deljouei *et al.,* 2018; Neher *et al.,* 2013 Li *et al.,* 2010). بسیاری از آثار ناشی از به هم خوردگی خاک نیز می‌توانند به فعالیت‌های اولیه اکوسیستم، چرخه‌های آبی، جابه‌جایی عناصر مغذی و قابلیت دسترسی آنها در خاک و توده لطمه وارد کند (Fallahchai *et al.,* 2018; McDougall *et al.,* 2018). اصولا پوشش گیاهی جنگلی در برابر خصوصیات فیزیکی خاک از خود حساسیت نشان می‌دهند (لطفعلیان و همکاران، ۱۳۹۷؛ Rahbarisisakht *et al.,* 2021). از سوی دیگر زادآوری طبیعی مهمترین عامل موثر بر پایداری جنگل‌های طبیعی تلقی می‌شود. زادآوری، آینده جنگل را تضمین می‌کند (Deljouei *et al.,* 2017; Avon *et al.,* 2010).

حفظ تنوع گیاهی نیز یکی از اهداف مهم مدیریت بوم‌سازگان طبیعی است. تنوع زیستی، ظرفیت باروری اکوسیستم‌های جنگلی را زیاد و توانایی آنها را برای سازگار شدن با تغییر وضعیت افزایش می‌دهد. تنوع گونه‌ای بالا نشان‌دهنده آن است که به‌دلیل وجود شرایط محیطی در منطقه مساعد گونه‌های متعدد می‌توانند در آن محل مستقر شوند (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷؛ نجفی و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین تنوع گونه‌ای اهمیت زیادی در ارزیابی عملکرد و دخالت انسانی در سیستم‌های طبیعی دارد. حیات و تداوم بقای یک جنگل در گرو حفظ تنوع زیستی و پایداری اکوسیستم آن می باشد (Lotfalian *et al.,* 2012). بنابراین ترکیب گونه ها و تنوع زیستی می‌توانند به‌عنوان شاخص‌هایی برای بررسی آشفتگی و فعالیت‌های مدیریتی در جنگل‌ها از جمله جاده‌سازی در نظر گرفته شوند (قاسمی‌آقباش و همکاران، ۱۳۹۷؛ Fallahchai *et al.,* 2018; Demir *et al.,* 2007; Delgado *et al.,* 2013; Zamani *et al.,* 2019).

با وجودی که جاده‌های جنگلی نقش اساسی و مهمی در مدیریت، حفاظت و احیاء جنگل‌ها دارند، طراحی نامناسب آنها می‌تواند منجر به تکه تکه شدن بوم‌سازگان جنگلی شده و در ادامه می‌تواند بر پایداری، ترکیب و تنوع زیستی جوامع گیاهی

اثرگذار باشد (روحانی و همکاران، ۱۴۰۱). به خاطر نگرانی عمومی که در مورد تاثیرات کوتاه‌مدت و بلندمدت جاده‌های جنگلی بر محیط اطرافش وجود دارد و ارزشی که اراضی جنگلی دارند، مخالفت افکار عمومی برای ساخت جاده در اراضی جنگلی بسیار زیاد شده است (Delgado *et al.*, 2013). بنابراین بررسی تنوع و ترکیب گونه‌های گیاهی از حاشیه جاده به عمق جنگل ما را به درک بهتری از اثرات محیط زیستی جاده‌های جنگلی می‌رساند. در سال‌های اخیر نیز پژوهشگران به مطالعه آثار اکولوژیکی جاده‌ها بر مولفه‌های مختلف اکوسیستم جنگل علاقمند شده‌اند.

در ایران در جنگل‌های نکا – ظالمرود، Lotfalian و همکاران (۲۰۱۲) دریافتند مقادیر شاخص‌های منهینیک، مارگالف، شانون و سیمپسون در فاصله ۰–۲۰ متر بالاتر از فواصل ۴۰–۶۰ و ۸۰–۱۰۰ متر می‌باشد. همچنین نتایج مطالعه Zamani و همکاران (۲۰۱۹) در جنگل‌های غرب استان گیلان نشان داد با افزایش فاصله از جاده، تنوع و غنای گونه‌ای کاهش یافته و یکنواختی گونه‌ای افزایش یافته است. نجفی و همکاران (۱۳۸۹) در جنگل‌های چمستان و لاویج شهرستان نور دریافتند شاخص‌های تنوع گونه‌ای (شانون–وینی و سیمپسون) در فاصله ۷/۵ متر و شاخص‌های غنای گونه‌ای (منهینگ و مارگالف) در فاصله ۲/۵ و ۱۵ متری از لبه جاده، دارای بیشترین مقدار بوده‌اند. نتایج آنالیز واریانس در مطالعه کرمی‌راد و همکاران (۱۳۹۵) در جنگل خیرود نشان داد فاصله از جاده به طور معنی‌داری بر ترکیب و تنوع گونه‌های علفی و زادآوری درختی تاثیر دارد. نتایج آنالیز CCA نشان داد از بین عوامل محیطی موثر، کربن، اسیدیته و نیتروژن بیشترین اثر را در پراکنش گونه‌ها دارند. در خارج از ایران، Avon و همکاران (۲۰۱۰) تاثیر فاصله جاده‌های جنگلی را بر تنوع گیاهان در توده‌های بلوط در فرانسه با سابقه طولانی مدیریت و ساخت‌وساز جاده مورد مطالعه قرار دادند. Müllerová و همکاران (۲۰۱۱) در کوه‌های Krkonoše، جمهوری چک دریافتند در امتداد جاده‌ها، تغییرات سریع و عمیق در خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و به‌خصوص pH رخ داده است. پوشش گیاهی کنار جاده در طول دهه مورد مطالعه دو برابر شده است. Karim و Mallik (۲۰۰۸) در پارک ملی ترانوا واقع در کانادا دریافتند کمترین میزان رطوبت و مواد آلی و بالاترین وزن مخصوص ظاهری در شانه جاده‌ها دیده می‌شود. با افزایش فاصله از جاده از میزان فشردگی خاک کاسته شده و بر میزان زادآوری گونه‌های درختی سایه‌پسند افزوده شده است. بررسی تنوع گونه‌های گیاهی در رابطه با فاصله از جاده توسط Delgado و همکاران (۲۰۱۳) در جزایر قناری نشان داد با افزایش فاصله از جاده تنوع گونه‌های گیاهی کاهش یافته و بیشترین تنوع در کنار جاده وجود دارد. Li و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی محدوده اثر جاده بر تنوع گونه‌ای در جنگل هوژانگ چین نشان دادند پوشش گیاهی علفی و درختچه‌ای تا فاصله ۲۰ تا ۳۴ متر متاثر از جاده هستند. در توسکانی ایتالیا یافته‌های Marcantonio و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد یک رابطه واضح بین فاصله از جاده و تنوع زیستی گیاهی به‌ویژه در ۲۰ متر اول وجود دارد.

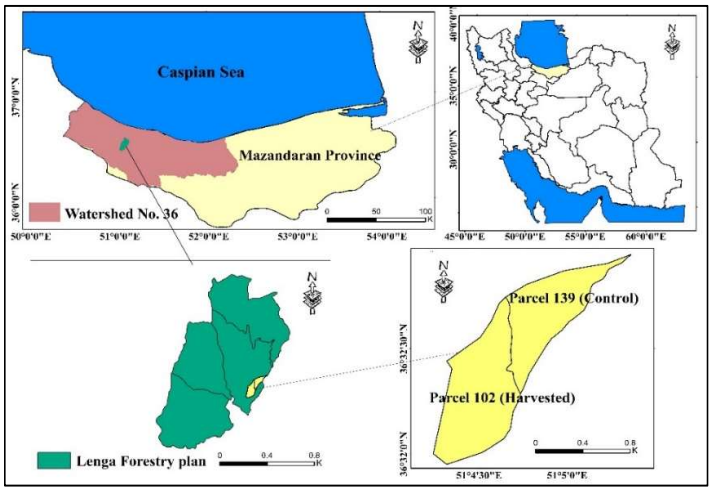
جنگل‌های هیرکانی در شمال ایران از جنگل‌های پهن برگ خزان‌کننده، به جا مانده از دوران سوم زمین‌شناسی و جز زیست‌بوم‌های طبیعی با ارزش و منحصربه فرد هستند. با این وجود فعالیت‌های انسانی در موارد بسیاری منجر به تخریب این بوم‌سازگان ارزشمند شده است. از جمله این فعالیت‌های انسانی می‌توان به احداث جاده‌های بین روستایی و جنگلی اشاره کرد. بررسی اثرات حاشیه جاده‌های جنگلی برای درک تغییرات ناشی از شبکه جاده‌های جنگلی بر این اکوسیستم جنگلی دارای اهمیت زیادی می‌باشد. هدف اول این مقاله بررسی شدت تاثیرگذاری جاده‌های جنگلی بر تنوع زیستی گونه‌های علفی، زادآوری درختی و گلسنگ در جنگل‌های معتدله شمال ایران است. هدف دوم بررسی اثرات جاده‌ها بر تنوع پوشش گیاهی در رابطه با خصوصیات خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در طرح جنگل‌داری لنگا در حوضه آبخیز شماره ۳۶ (کلاردشت مازندران) در جنگل‌های شمال ایران انجام شده است. بر اساس جنگل‌گردشی پارسل ۱۳۹ (جنگل شاهد با مساحت ۴۷/۷ هکتار) و پارسل ۱۰۲ (جنگل بهره‌برداری شده با مساحت ۶۹/۱ هکتار) انتخاب شد (شکل ۱). متوسط ارتفاع از سطح دریا در منطقه ۱۷۰۰–۱۸۵۰ متر است. سیمای عمومی، یک جنگل دانه‌زاد نامنظم را نشان

می‌دهد و تیپ جنگل راش- ممرز است. میزان بارندگی سالانه حدود ۹۰۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه حدود ۹ درجه سانتی‌گراد است. آب‌وهوا در این منطقه از نوع معتدل کوهستانی است. بیشترین مقدار بارندگی مربوط به ماه‌های سپتامبر تا دسامبر و خشک‌ترین ماه‌های سال از اواخر می تا آگوست است. از نظر زمین‌شناسی، رسوب‌های این ناحیه مربوط به دوران دوم زمین‌شناسی و دوره ژوراسیک است. دارای سنگ مادری از نوع ماسه‌سنگ، سیلستون و آرژیلیت است. خاک منطقه از نوع قهوه‌ای جنگلی است. pH خاک در بیشتر مناطق غالبا اسیدی ضعیف است. عمق خاک به علت خاک‌زایی مناسب سنگ‌های مادری و فراهم شدن شرایط، نسبتا عمیق تا عمیق است (بی‌نام، ۱۳۹۰).



شکل ۱. نقشه موقعیت مکانی مناطق مورد مطالعه در شمال ایران

روش تحقیق

در این مطالعه اثرات اکولوژیکی جاده بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و تنوع گیاهان (پوشش علفی، زادآوری درختی و گلسنگ) با شاخص تنوع زیستی شانون، شاخص غنای مارگالف و شاخص یکنواختی پیلو بررسی شد.

جمع‌آوری داده‌ها: بر اساس مرور مطالعات سایر پژوهشگران، حداکثر فاصله اثرگذار جاده بر محیط اطرافش در مطالعات مختلف غالبا تا ۱۰۰ متر در عمق جنگل مطرح شده است (Deljouei *et al.*, 2018; Berenji Tehrani *et al.*, 2015; Avon *et al.*, 2010; Rahbarisisakht *et al.*, 2021). برای آماربرداری و برداشت اطلاعات پوشش گیاهی و خاک، بافری ۱۲۰ متری از طرف شانه خاک‌برداری ایجاد شد. سپس این بافر به فواصل کنار جاده، ۱۵، ۴۵، ۷۵ و ۱۰۵ متری از حاشیه جاده تقسیم شد. طول خط نمونه تا انتهای مسیر جاده انتخابی بر روی نقشه تعیین شد. در انتخاب خط نمونه‌ها سعی بر آن شد متوسط شیب دو جنگل، تقریبا شبیه به هم باشد. خطوط نمونه با فاصله عرضی ۵۰ متر از هم در جنگل‌های مورد مطالعه پیاده شدند. سپس عمود بر این جاده، قطعات نمونه مربعی شکل با مساحت ۴۰۰ مترمربع پیاده شد (Marcantonio *et al.*, 2013). فاصله این قطعات نمونه از حاشیه جاده ۰، ۱۵، ۴۵، ۷۵ و ۱۰۵ متری و تعداد آنها در مجموع ۴۰ عدد بود. در داخل هر قطعه نمونه، ۴ قطعه نمونه مستطیل شکل با مساحت ۲ مترمربعی برای برداشت و ثبت نوع گونه، فراوانی پوشش علفی و زادآوری ایجاد شد. شناسایی نمونه‌های گیاهی بر اساس روش‌های رایج و با استفاده از کلیدهای شناسایی رایج انجام گرفت. در میکروپلات‌ها، نمونه‌های خاک پس از برداشتن لایه لاشبرگ سطحی از عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متری برای بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک و با استفاده از سیلندر فلزی از خاک معدنی گرفته شد. سپس به‌صورت ترکیبی در داخل پلاستیک گذاشته شده و به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌های خاک پس از تعیین وزن تر، در آون با درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت خشک و دوباره وزن شدند. عوامل درصد رطوبت خاک (SM)، جرم مخصوص ظاهری (BD)، تخلخل کل (TP)، مقاومت به نفوذ خاک (PR)، اسیدیته خاک، کربن آلی خاک، نیتروژن

خاک، فسفر خاک، پتاسیم، کلسیم و منیزیم قابل جذب خاک مورد اندازه گیری یا محاسبه قرار گرفت (Walkley & Black, 1934; Bremmer & Mulvaney, 1983; Thomas, 1982; Blake and Hartage,1986).

برای برداشت نمونه‌های گلسنگ، قاب‌هایی با ابعاد ۴۰×۶۰ سانتی‌متری تهیه شد. نمونه‌برداری از ارتفاع ۱/۳۰ متری به سمت یقه درخت و در ۴ جهت درخت انجام شد (اسحاق‌نیموری و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین برای پایه‌های فاقد قطر لازم جهت استفاده از قاب و دارای قطر بیش از هفت سانتی‌متر از روش پیرامونی استفاده شد (Asta *et al*., 2002). در هر دو روش جمع‌آوری گلسنگ، هر پایه درختی به‌عنوان یک قطعه نمونه در نظر گرفته شد. نمونه‌های گلسنگی پس از جمع‌آوری در پاکت‌های ویژه حمل گلسنگ نگهداری شد تا برای انجام عملیات شناسایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. نمونه‌های گلسنگ پوست‌زی (Corticolous lichen) توسط منابع معتبر گلسنگ‌شناسی و با استفاده از مطالعات آزمایشگاهی و کلیدهای شناسایی موجود مورد شناسایی قرار گرفتند (Purvis *et al.,* 1992; Zedda, 2000).

در این پژوهش از شاخص‌های غنای گونه (Margalf's richness index)، شاخص تنوع زیستی شانون- وینر (Shannon-Wiener's diversity) و شاخص یکنواختی (Pielou's evenness index) استفاده شد که متداول‌ترین شاخص‌های تنوع‌زیستی مورد بررسی درباره اثرات بوم‌شناختی جاده‌ها به شمار می‌آیند (Simpson, 1949; Morris *et al.,* 2014).

تجزیه‌وتحلیل‌های آماری: برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف و برای بررسی همگن بودن واریانس‌ها از آزمون لون استفاده شد. شاخص‌های تنوع زیستی با نرم‌افزار PAST محاسبه گردید. از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) برای مقایسه مقدار هر کدام از شاخص‌های تنوع زیستی در فواصل مختلف از جاده بهره گرفته شد. از همین آزمون برای بررسی اثر فاصله از جاده بر خصوصیات خاک استفاده شد. کلیه مقایسات آماری در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد انجام گرفت. از تحلیل همبستگی پیرسون برای بررسی رابطه پارامترهای خاک با فراوانی زادآوری درختی، گونه‌های علفی و گلسنگ استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها در SPSS (Ver 21) و Excel انجام شد.

نتایج

فراوانی گونه‌های زادآوری درختی، علفی و گلسنگ

نتایج این تحقیق نشان داد در دو جنگل مورد بررسی، با افزایش فاصله از جاده، فراوانی زادآوری افزایش یافته است (جدول ۱). به‌طوری‌که در منطقه بهره‌برداری شده و شاهد بیشترین زادآوری در حداکثر فاصله تا جاده (۱۰۵ متر) و کمترین زادآوری در حداقل فاصله (۰ متر) تا جاده بود. بیشترین زادآوری به‌ترتیب مربوط به گونه‌های راش (Fagus orientalis) و ممرز (Carpinus betulus) در حداکثر فاصله تا جاده (۱۰۵ متر) بود. همچنین تعداد زادآوری گونه‌های درختی در جنگل شاهد بیشتر از جنگل‌های بهره‌برداری شده بوده است (جدول ۱).

جدول ۱. فراوانی زادآوری گونه‌های درختی در فواصل مختلف از جاده در منطقه بهره‌برداری شده و شاهد

گونه‌ها	منطقه بهره‌برداری شده فاصله از جاده‌ها (m)					منطقه شاهد فاصله از جاده‌ها (m)				
	۰	۱۵	۴۵	۷۵	۱۰۵	۰	۱۵	۴۵	۷۵	۱۰۵
Fagus orientalis Lipsky	۲	۹	۱۶	۲۰	۲۷	۶	۱۲	۲۳	۲۹	۳۴
Ulmus glabra Huds.	۰	۰	۱	۳	۴	۰	۰	۵	۵	۶
Alnus subcordata C. A. Mey	۰	۲	۲	۰	۰	۱	۳	۲	۰	۰
Carpinus betulus L.	۰	۳	۷	۱۰	۱۵	۲	۶	۱۱	۱۵	۲۱
Prunus divaricata Ledeb.	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۲	۱
Acer velutinum Boiss.	۱	۳	۶	۱۱	۱۲	۲	۵	۹	۱۳	۱۸
Acer cappadocium Gled.	۱	۲	۴	۷	۱۰	۰	۱	۵	۸	۱۲
Parrotia persica C. A. Mey.	۱	۳	۲	۲	۴	۱	۴	۳	۴	۵

در هر دو منطقه بهره برداری شده و شاهد، درصد فراوانی گونه‌های علفی شناسایی شده با افزایش فاصله از جاده کاهش یافت. گونه .Rubus sp L تمشک غالب‌ترین گونه در هر دو منطقه بود، به‌طوری‌که بیشترین درصد این گونه در فاصله ۱۵ متری جاده مشاهده شد. همچنین درصد فراوانی تمامی گونه-های علفی در جنگل شاهد بیشتر از جنگل بهره‌برداری شده بود (جدول ۲). نتایج این تحقیق نشان داد ۸ گونه گلسنگ متعلق به ۷ جنس و ۵ خانواده در جنگل‌های بهره‌برداری شده در تمام فواصل جاده وجود دارد (جدول ۳). در جنگل بهره‌برداری شده، بیشترین گونه گلسنگ متعلق به جنس .Lecanora sp بود. همچنین خانواده Parmeliaceae بیشترین گونه گلسنگ را داشت. ۱۵ گونه گلسنگ متعلق به ۱۳ جنس و ۱۰ خانواده در جنگل شاهد ثبت شد. در جنگل شاهد، بیشترین گونه گلسنگ متعلق به ۲ جنس Lecanora و Pertusaria با دو گونه بود. همچنین خانواده Parmeliaceae با ۴ گونه بیشترین گونه گلسنگ را داشت (جدول ۳).

جدول ۲. فراوانی گونه‌های علفی غالب در فواصل مختلف از جاده

گونه علفی	خانواده	منطقه بهره‌برداری شده					منطقه شاهد				
		فاصله از جاده‌ها (m)					فاصله از جاده‌ها (m)				
		۰	۱۵	۴۵	۷۵	۱۰۵	۰	۱۵	۴۵	۷۵	۱۰۵
Euphorbia helioscopia	Euphorbiaceae	۱۰	۳	۱۵	۱۲	۲	۸	۶	۱۶	۱۴	۴
Hypericum androsaemum L.	Hypericaceae	۱۰	۱۲	۵	۰	۰	۱۴	۱۶	۹	۴	۰
Asperula odorata L.	Rubiaceae	۱۲	۱۰	۱۳	۱۶	۱۳	۱۵	۱۱	۱۵	۲۰	۱۷
Pteridium equilimum	Polypodiaceae	۱۸	۶	۱۴	۸	۲	۶	۴	۱۰	۱۵	۶
Rubus hyrcanus	Rosaceae	۵۲	۶۲	۴۱	۳۷	۱۵	۶۰	۷۱	۵۰	۵۵	۱۹
Viscum album	Loranthaceae	۳	۰	۷	۶	۱۰	۷	۳	۷	۱۰	۱۲
Viola odorata L.	Violaceae	۷	۱۲	۱۳	۱۲	۱۵	۲۶	۱۰	۲۰	۱۵	۶
Oplismenus nudulatifolius	Poaceae	۱۴	۲۶	۱۴	۱۰	۳	۲۳	۳۴	۱۵	۱۷	۵
Asplenium ceterach	Polypodiaceae	۴	۲	۹	۱۱	۴	۱۳	۱۰	۲۰	۱۵	۶
Covulvulus arvensis	Convolvulaceae	۱۷	۱۷	۱۵	۱۲	۸	۶	۱	۸	۱۱	۵
Asplenium scolopendrium L.	Araliaceae	۵	۵	۶	۲	۰	۹	۵	۸	۳	۳
Other species	Polypodiaceae	۴۰	۵۴	۳۳	۲۴	۱۵	۴۰	۷۳	۴۲	۳۰	۲۴

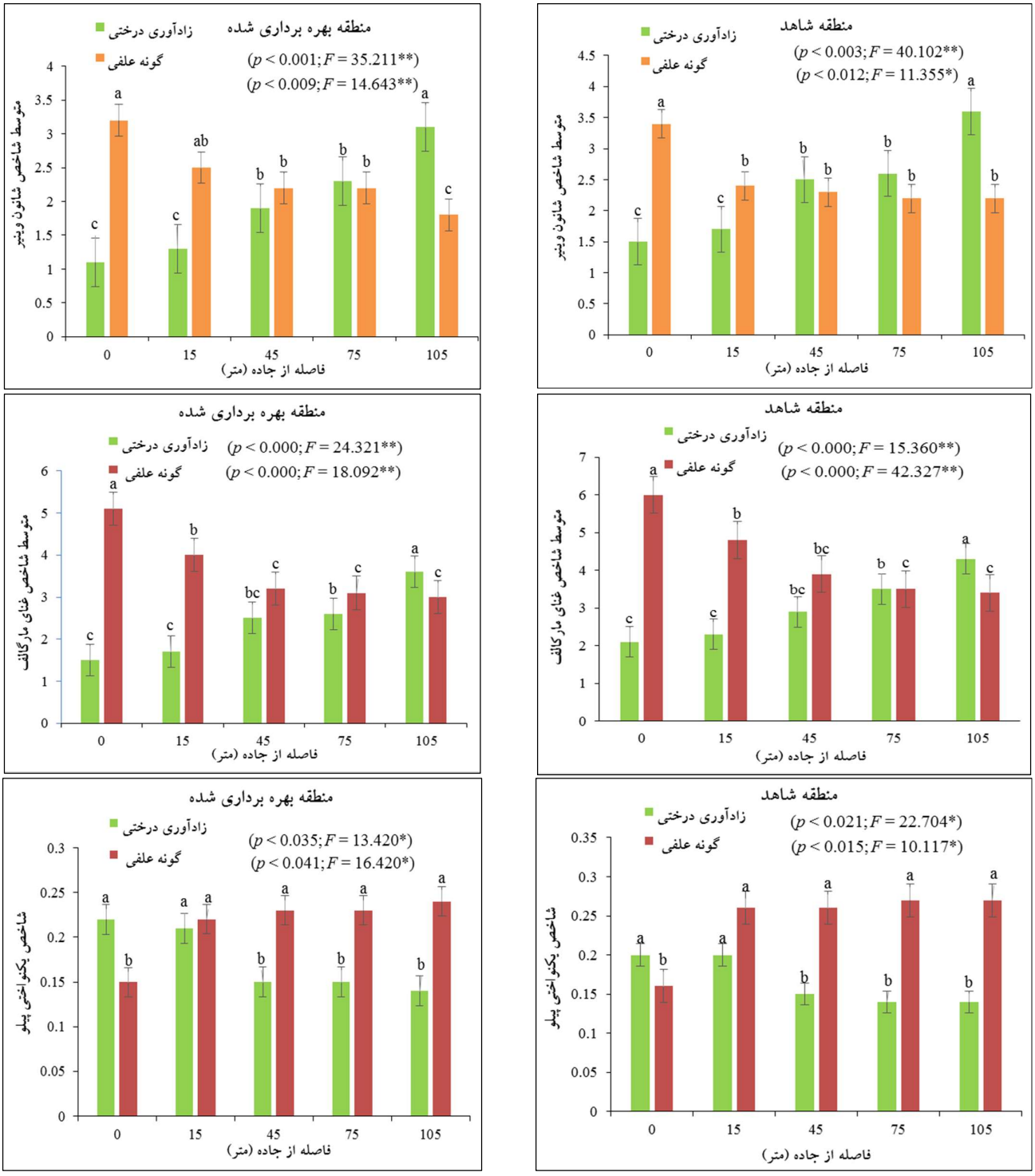
جدول ۳. گونه‌های گلسنگ شناسایی شده در جنگل‌های بهره برداری شده و شاهد

گونه گلسنگ	جنس	خانواده	منطقه بهره‌برداری شده	منطقه شاهد
Bactrospora dryina (Ach.) A. Massal	Bactrospora	Arthoniaceae	-	*
Graphis scripta (L.) Ach.	Graphis	Graphidaceae	*	*
Lecanora allophana (Ach.) Röhl.	Lecanora	Lecanoraceae	*	*
Lecanora thysanophora R. C. Harris	Lecanora	Lecanoraceae	*	*
Nephroma parile (Ach.) Ach.	Nephroma	Nephromataceae	*	*
Cetrelia olivetorum (Nyl.) W. L. Culb. & C. H. Culb.	Cetrelia	Parmeliaceae	-	*
Flavoparmelia caperata (L.) Hale	Flavoparmelia	Parmeliaceae	*	*
Melanelixia glabra (Schaer.) O. Blanco	Melanelixia	Parmeliaceae	*	*
Parmotrema perlatum (Huds.) M. Choisy	Parmotrema	Parmeliaceae	*	*
Pertusaria albescens (Huds.) M. Choisy & Werner	Pertusaria	Pertusariaceae	-	*
Pertusaria multipuncta (Turner) Nyl.	Pertusaria	Pertusariaceae	-	*
Physcia biziana (A. Massal.) Zahlbr	Physcia	Physciaceae	-	*
Ramalina thrausta (Ach.) Nyl.	Ramalina	Ramalinaceae	*	*
Opegrapha vulgata (Ach.) Ach.	Opegrapha	Roccellaceae	-	*
Lepraria lobificans Nyl.	Lepraria	Stereocaulaceae	-	*

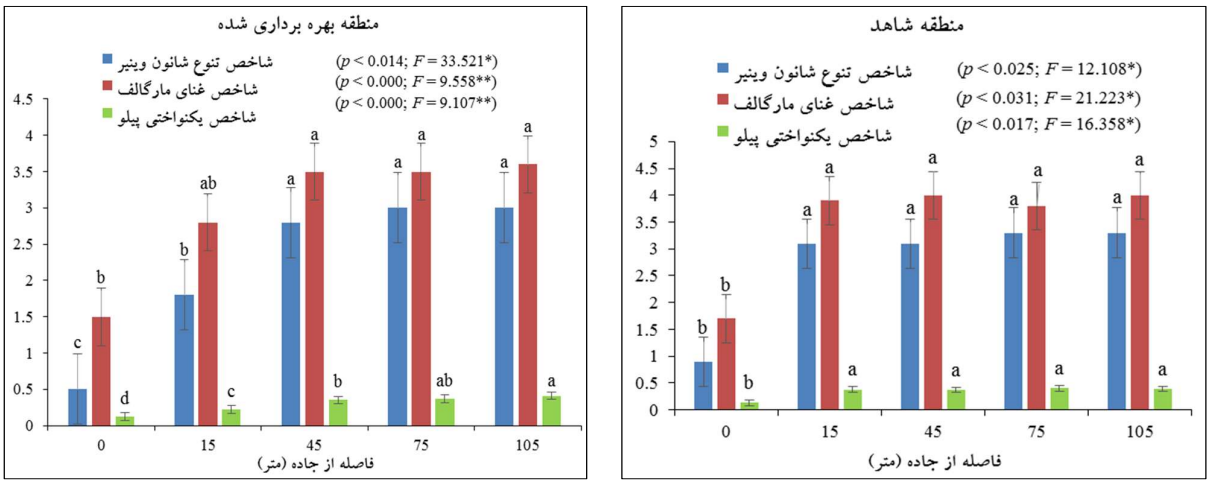
تنوع، غنا و یکنواختی پوشش گیاهی

نتایج تحلیل ANOVA نشان داد مقادیر شاخص تنوع شانون- وینر، غنای مارگالف و یکنواختی پیلو برای زادآوری گونه‌های درختی و علفی در فواصل مختلف از جاده‌ها در جنگل برداشت‌شده و شاهد دارای تفاوت‌های آماری معنی‌داری هستند (شکل ۲). بر اساس آزمون توکی، مقادیر شاخص تنوع شانون- وینر و غنای مارگالف برای گونه‌های علفی کنار جاده (فاصله ۰ متر) به‌طور قابل توجهی بیشتر از سایر فواصل بود. در مقابل، برای زادآوری درختی، مقدار این شاخص‌ها در حداکثر فاصله (۱۰۵ متر) از جاده به‌طور قابل توجهی بیشتر از سایر فواصل بود. نتایج آزمون توکی برای شاخص یکنواختی پیلو برعکس شاخص تنوع شانون- وینر و شاخص غنای

مارگالف بود. بنابراین، شاخص یکنواختی Pielou برای گونه‌های علفی کنار جاده (فاصله ۰ متر) به‌طور قابل توجهی کمتر و برای زادآوری درختی در حداکثر فاصله (۱۰۵ متر) از جاده، به‌طور قابل توجهی بالاتر از سایر فواصل بود (شکل ۲). نتایج برای گونه‌های گلسنگ در جنگل‌های برداشت شده و شاهد نشان داد مقادیر شاخص تنوع شانون- وینر، غنای مارگالف و یکنواختی پیلو با فاصله از جاده افزایش یافته و در فواصل مختلف با یکدیگر تفاوت معنی‌داری دارند. بیشترین و کمترین مقدار هر شاخص به‌ترتیب در حداکثر فاصله (۱۰۵ متر) و حاشیه جاده (۰ متر) به دست آمد (شکل ۳).



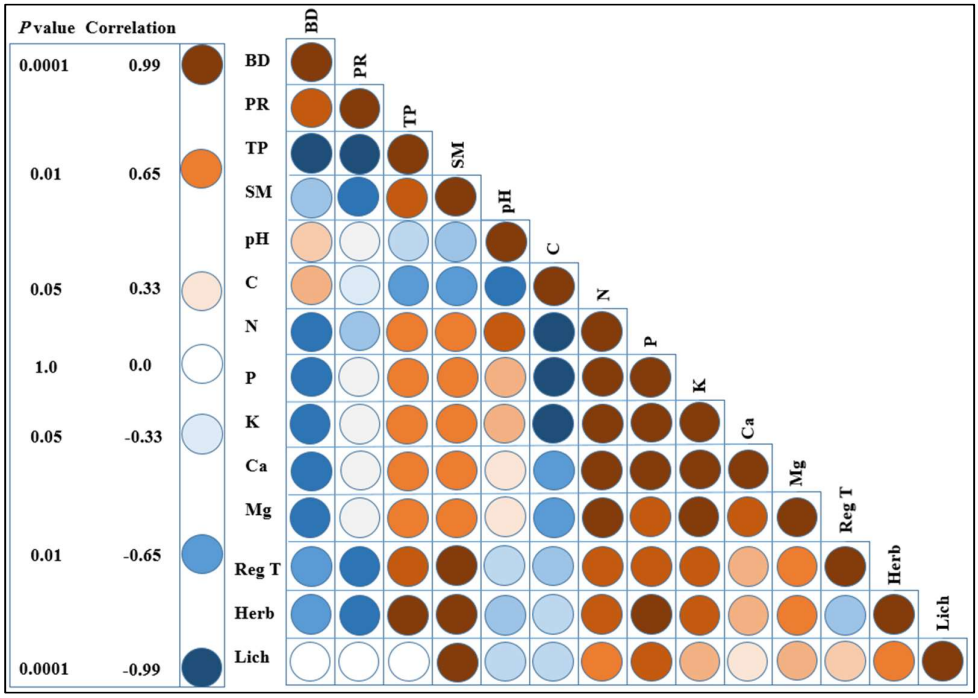
شکل ۲. مقادیر میانگین شاخص تنوع شانون- وینر، غنای مارگالف و یکنواختی پیلو برای زادآوری درختان و گونه‌های علفی در جنگل‌های بهره‌برداری شده و شاهد



شکل ۳. مقادیر میانگین شاخص تنوع شانون- وینر، غنای مارگالوف و یکنواختی پیلو برای گونه‌های گلسنگ در جنگل‌های بهره‌برداری شده و شاهد

خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و ارتباط آن با تنوع زیستی

نتایج تجزیه و تحلیل همبستگی پیرسون نشان داد بین اکثر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با زادآوری درختان و گونه‌های علفی همبستگی معنی‌داری وجود دارد. BD، PR با TP، SM، مواد مغذی موجود (P، K، Ca و Mg موجود در خاک)، رابطه منفی دارد. همچنین BD و PR با زادآوری درختان و گونه‌های علفی نیز همبستگی منفی داشتند. درحالی‌که TP، SM و N عناصر غذایی موجود (P، K، Ca، Mg) همبستگی مثبتی با فراوانی زادآوری درختان، گونه‌های علفی و گلسنگ داشتند. همچنین pH و C با حضور گونه‌های گلسنگ همبستگی منفی داشتند (شکل ۴).



شکل ۴. همبستگی پیرسون بین خواص فیزیکی و شیمیایی خاک با زادآوری درختان، گونه‌های علفی و گلسنگ

خواص فیزیکی (BD: جرم مخصوص ظاهری؛ PR: مقاومت در برابر نفوذ؛ TP: تخلخل کل و SM: رطوبت خاک)، خواص شیمیایی (C: کربن آلی؛ N: محتوی نیتروژن؛ P: فسفر موجود؛ K: پتاسیم در دسترس؛ Ca: کلسیم موجود، Mg: منیزیم موجود)، Reg T: زادآوری درختان، Herb: گونه‌های علفی و Lich: گونه گلسنگ

بر اساس جدول (۴) کلیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (به جز C) در فواصل مختلف از جاده و در هر دو منطقه برداشت و شاهد تفاوت معنی‌داری دارند. به جز BD، PR و pH سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با افزایش فاصله از جاده افزایش یافته، به‌طوری‌که بیشترین مقادیر این ویژگی‌ها در حداکثر فاصله از جاده (۱۰۵ متر) به‌دست آمد. از سوی دیگر، بیشترین مقادیر BD، PR و pH در حداقل فاصله از جاده (۰ متر) به‌دست آمد و با افزایش فاصله از جاده کاهش یافت (جدول ۴).

جدول ۴. تغییرات در خواص فیزیکی و شیمیایی خاک در فواصل مختلف از جاده در مناطق بهره‌برداری شده و شاهد

ویژگی‌های خاک	منطقه بهره‌برداری شده					منطقه شاهد				
	فاصله تا جاده‌ها (m)					فاصله تا جاده‌ها (m)				
	۰	۱۵	۴۵	۷۵	۱۰۵	۰	۱۵	۴۵	۷۵	۱۰۵
BD (g cm−3)	۱,۲۵a	۱,۲b	۱,۱۸b	۱,۱۳c	۱,۱۱c	۱,۱۸a	۱,۱۹a	۱,۱۵b	۱,۰۵c	۱,۰۱c
PR (MPa)	۳,۲۵a	۳,۰۴ab	۲,۹۰b	۲,۴۵c	۲,۰۵d	۳,۱۰a	۳,۰۲a	۲,۵۵b	۲,۱۰c	۱,۹۰d
TP (%)	۴۰,۷۱d	۴۴,۶۸d	۵۸,۳۴c	۶۲,۵۵b	۷۰,۱۵a	۴۳,۶۲d	۵۴,۱۴c	۶۴,۲۵b	۷۱,۳۳a	۷۵,۶a
SM (%)	۳۵,۲۰b	۳۸,۵۶b	۴۱,۰۵ab	۴۱,۶۶ab	۴۳,۱۸a	۳۸,۵۶c	۴۰,۲۰c	۴۰,۳۵c	۴۲,۵۵b	۴۵,۶۲a
pH (1:2.5 H2O)	۶,۹۲a	۶,۶۵b	۶,۳۸c	۶,۳۳c	۵,۸۲d	۷,۰۳a	۶,۵۷b	۶,۴۴c	۶,۰۵d	۵,۹۷d
C (%)	۳,۳۱a	۳,۳۲a	۳,۳۵a	۳,۳۶a	۳,۴۰a	۳,۵۵a	۳,۵۶a	۳,۵۸a	۳,۶۰a	۳,۶۲a
N (%)	۰,۲۰d	۰,۲۶cd	۰,۳۳c	۰,۴۰b	۰,۵۶a	۰,۲۵c	۰,۲۸bc	۰,۳۸b	۰,۴۱b	۰,۶۲a
Available P (mg kg−1)	۶,۵۱d	۱۱,۲۵c	۱۴,۷۲c	۱۷,۲۱b	۲۱,۸۴a	۶,۶۱d	۱۳,۲۱c	۱۵,۱۴c	۱۸,۴۷b	۲۲,۳۴a
Available K (mg kg−1)	۱۳۷,۳d	۱۴۴,۸d	۲۲۰,۴c	۲۶۲,۷b	۲۹۵,۳a	۱۴۰,۲d	۱۵۵,۷d	۲۳۵,۶c	۲۷۰,۲b	۳۰۲,۸a
Available Ca(mg kg−1)	۱۰۲,۶d	۱۲۸,۷c	۱۳۵,۶c	۱۸۲,۴b	۲۱۰,۱a	۱۰۶,۵d	۱۳۹,۲c	۱۴۲,۶c	۲۱۰,۳b	۲۳۰,۵a
Available Mg(mg kg−1)	۲۶,۵۱d	۳۵,۱۲c	۴۱,۵۸c	۴۹,۵۰b	۶۰,۱۶a	۲۹,۸۵d	۳۸,۴۴c	۴۵,۱۵bc	۵۲,۸۸b	۶۳,۲۴a

نتایج تحلیل واریانس تاثیر منبع تغییرات (مناطق بهره‌برداری شده و شاهد، فاصله از جاده و اثر متقابل آنها) بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نشان داد مناطق برداشت و شاهد تاثیر معنی‌داری بر هیچ یک از خصوصیات خاک‌ها (به جز PR) نداشتند. از طرفی فاصله تا جاده بر تمامی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (به جز C) تاثیر معنی‌داری داشت. اثر متقابل منابع تغییر (منطقه برداشت و شاهد × فواصل تا جاده) بر BD، PR، Ca و Mg خاک معنی‌دار بود، درحالی‌که تاثیر معنی‌داری بر سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نداشتند (جدول ۵).

جدول ۵. تجزیه و تحلیل ANOVA اثر تیمارها بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک.

ویژگی های خاک	منابع	df	MS	F
BD	منطقه بهره‌برداری و شاهد	۱	۰,۱۴۶	۰,۸۱ns
	فاصله تا جاده‌ها	۴	۰,۲۲۲	۰,۱۵*
	منطقه بهره‌برداری و شاهد × فاصله تا جاده‌ها	۴	۳,۰۶۵	۰,۰۷*
PR	منطقه بهره‌برداری و شاهد	۱	۲۵,۳۰۱	۲۰۳۵**
	فاصله تا جاده‌ها	۴	۱۲,۰۶۱	۱۰,۴۴**
	منطقه بهره‌برداری و شاهد × فاصله تا جاده‌ها	۴	۲۴,۶۵۵	۰,۷۰**
TP	منطقه بهره‌برداری و شاهد	۱	۰,۰۳۸	۵,۵۲ns
	فاصله تا جاده‌ها	۴	۰,۰۲۳	۰,۱۴*
	منطقه بهره‌برداری و شاهد × فاصله تا جاده‌ها	۴	۰,۰۰۸	۶,۴۷ns
SM	منطقه بهره‌برداری و شاهد	۱	۱۲,۰۲۲	۰,۲۲ns
	فاصله تا جاده‌ها	۴	۶,۴۴۱	۰,۱۷**
	منطقه بهره‌برداری و شاهد × فاصله تا جاده‌ها	۴	۱۱,۰۲۲	۰,۶۵ns
pH	منطقه بهره‌برداری و شاهد	۱	۰,۱۰۶	۲۲,۱۴ns
	فاصله تا جاده‌ها	۴	۰,۳۲۲	۰,۳۱*
	منطقه بهره‌برداری و شاهد × فاصله تا جاده‌ها	۴	۰,۰۴۴	۰,۱۷ns

C	منطقه بهره‌برداری و شاهد	۱	۴۱۴٫۵۶	۴٫۵۵ns
	فاصله تا جاده‌ها	۴	۱۰۲٫۳۵	۳۳٫۸۴ns
	منطقه بهره‌برداری و شاهد × فاصله تا جاده‌ها	۴	۱۰٫۸۱۷	1.47ns
N	منطقه بهره‌برداری و شاهد	۱	۵٫۳۶۶	۰٫۳۵ns
	فاصله تا جاده‌ها	۴	۱۵٫۴۸۰	۶٫۸۳**
	منطقه بهره‌برداری و شاهد × فاصله تا جاده‌ها	۴	۱۳٫۱۰۸	۰٫۷۷ns
Available P	منطقه بهره‌برداری و شاهد	۱	۰٫۰۴۵	۱۱٫۲۳ns
	فاصله تا جاده‌ها	۴	۰٫۰۰۴	۰٫۰۷**
	منطقه بهره‌برداری و شاهد × فاصله تا جاده‌ها	۴	۵۴۰٫۲	۰٫۰۵ns
Available K	منطقه بهره‌برداری و شاهد	۱	۱۱۴٫۳	۰٫۳۵ns
	فاصله تا جاده‌ها	۴	۱۰٫۴۱	۲٫۸۲*
	منطقه بهره‌برداری و شاهد × فاصله تا جاده‌ها	۴	۰٫۶۰۵	۱۵٫۶۹ns
Available Ca	منطقه بهره‌برداری و شاهد	۱	۲۳٫۰۱	۳٫۴۴ns
	فاصله تا جاده‌ها	۴	۲۶٫۵۵	۶٫۷۵**
	منطقه بهره‌برداری و شاهد × فاصله تا جاده‌ها	۴	۱۶٫۱۸۴	۰٫۱۲*
Available Mg	منطقه بهره‌برداری و شاهد	۱	۰٫۰۷۰	۰٫۰۸*
	فاصله تا جاده‌ها	۴	۹٫۳۶۵	۱٫۳۵**
	منطقه بهره‌برداری و شاهد × فاصله تا جاده‌ها	۴	۱۵٫۸۵۱	۰٫۱۶*

بحث و نتیجه‌گیری

فراوانی و تنوع زیستی گونه‌ها در فواصل مختلف از جاده

نتایج این تحقیق نشان داد درصد فراوانی زادآوری درختی، گونه‌های علفی و گلسنگ در جنگل شاهد بیشتر از جنگل بهره برداری شده بود. در هر دو منطقه شاهد و بهره‌برداری شده فراوانی زادآوری گونه‌های درختی با افزایش فاصله از جاده افزایش یافته است. کمترین فراوانی زادآوری در کنار جاده و بیشتر از گونه‌های غالب منطقه F. orientalis و C. betulus بوده است. در هر دو منطقه شاهد و بهره برداری شده فراوانی گونه‌های علفی با افزایش فاصله از جاده کاهش یافته، یعنی در مجاورت جاده فراوانی گونه‌های علفی حداکثر می‌باشد. در کل بیشترین فراوانی متعلق به Rubus hyrcanus بوده است. در منطقه بهره‌برداری شده بیشترین فراوانی مربوط به گونه‌های علفی Rubus hyrcanus، Pteridium equilimum و Covulvulus arvensis و در منطقه شاهد Rubus hyrcanus، Viola odorata، Oplismenus nudulatifolius و Asperula odorata گزارش می‌شود. در حاشیه جاده نسبت به داخل جنگل، مقادیر نور و دما بیشتر است. از این‌رو، گونه‌های علفی مهاجم مانند Rubus sp. و گونه‌های آفتاب‌دوست مانندPteridium equilimum و Covulvulus arvensis به‌ویژه در جنگل بهره‌برداری شده بیشتر بوده است. در جنگل‌های معتدله (مانند منطقه پژوهش)، تمشک با داشتن قدرت رقابت بالا و رویش سریع و پراکنش راحت بذرهای‌شان به وسیله پرندگان و حیوانات مختلف، یکی از رقیبان اصلی زادآوری در کنار جاده‌ها به‌شمار می‌آیند (Delgado *et al.*, 2007). درحالی‌که در جنگل شاهد همانند مطالعه میرزایی و همکاران (۱۳۹۴) حضور گونه‌هایی مانند *Asperula odorata* و*Viola odorata* مشهود و متفاوت بوده است. به‌ویژه بنفشه جنگلی گونه‌ای که در راشستان‌های ایران به‌فور یافت می‌شود، مبین شرایط حاصلخیزی خاک است (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۴). در مطالعه بازیاری و همکاران (۱۳۹۳) در طرح جنگلداری گلندرود در شمال ایران گونه‌های نورپسند مانند Alnus glutinosa، Sambacus ebulus و Rubus sp. در حاشیه جاده‌ها حضور داشتند. نتایج این مطالعه همچنین با نتایج مطالعات Delgado و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد. برخی مطالعات نشان دادند جاده‌ها پناهگاهی برای گونه‌های بومی هستند. بنابراین، جاده‌ها حتی ممکن است تاثیر مثبتی بر گونه‌های بومی در مناطق پرجمعیت داشته باشند (McDougall *et al.*, 2018). با این حال، جاده‌ها روی گونه‌های بومی در بیشتر مناطق بکر تاثیر منفی داشته‌اند. برداشت چوب و تردد ماشین‌آلات در جاده جنگلی، در سطح خاک آشفتگی ایجاد نموده و به گونه‌های غیرجنگلی اجازه می‌دهد تا مدت بیشتری در توده‌های جنگلی باقی بمانند و بذر

خود را بهتر پراکنده سازند (Avon *et al.*, 2010). هرچند در جاده مورد بررسی در این مطالعه تردد ماشین‌آلات کم است.

بررسی شاخص‌های تنوع شانون- وینر، غنای مارگالف و یکنواختی پیلو برای زادآوری گونه‌های درختی و علفی در فواصل مختلف از جاده‌ها در هر دوی مناطق بهره‌برداری شده و شاهد دارای تفاوت‌های آماری معنی‌داری بود. در منطقه شاهد مقادیر این شاخص‌ها بالاتر بودند. با افزایش فاصله از جاده به وضوح تنوع و غنای زادآوری در هر دو منطقه افزایش یافته و از شاخص یکنواختی کاسته شده است. در مطالعه حاضر تنوع و غنای گونه‌های گیاهی علفی با فاصله گرفتن از جاده کاهش معنی‌داری از خود نشان داد. این نتیجه در مطالعات بازیاری و همکاران (۱۳۹۳) در طرح جنگلداری گلندرود، Fallahchaiو همکاران (۲۰۱۸) در جنگل‌های شبستان اسالم، Zamani و همکاران (۲۰۱۹) در جنگل‌های غرب استان گیلان، Avon و همکاران (۲۰۱۰) در جنگل‌های بلوط فرانسه، Delgado و همکاران (۲۰۱۳) در جنگل‌های تنریف اسپانیا نیز گزارش شده است.

این مطالعه فواصل ۱۵ تا ۴۵ متری را محدوده اثر جاده بر شاخص‌های تنوع زیستی و غنای زادآوری و پوشش علفی و گلسنگ‌ها گزارش می‌نماید. مطالعات مختلف نشان داده است جاده‌ها می‌توانند عمق اثرگذاری متفاوتی داشته باشند. Li و همکاران (۲۰۱۰) محدوده اثر جاده بر تنوع گونه‌ای پوشش گیاهی و درختچه‌ای تا فاصله ۲۰ تا ۳۴ متر از جاده گزارش نموده‌اند. Deljouei و همکاران (۲۰۱۷) در منطقه خیرودکنار منطقه تخمینی اثر جاده تا ۳۰ متر از لبه جاده گزارش نموده‌اند. در مقابل Berenji Tehrani و همکاران (۲۰۱۵) در جنگل خیرود نوشهر، جاده‌های جنگلی را دارای تاثیر آماری معنی‌داری بر تنوع زیستی گونه‌های گیاهی (درختی نهال و علفی) نیافته‌اند.

نتایج این پژوهش نشان داد ۷ گونه گلسنگ پوست‌زی تنها در جنگل شاهد وجود داشتند که در جنگل بهره‌برداری یافت نشدند. گونه‌هایی که تنها در جنگل شاهد حضور داشتند شامل Bactrospora dryina، Cetralia olivetorum و ۲ گونه .Pertusaria sp، Opegrapha vulgate، Ramalina thrausta، Physcia biziana و Leparia lobicans بودند.

بررسی و مقایسه این گونه‌های شاخص و معرف در جنگل‌های بهره‌برداری نشده، شدت اثرگذاری بهره‌برداری در جنگل‌های راش را نشان می‌دهد. گونه‌های نشانگر زیستی گلسنگ در این پژوهش شامل گونه‌های Graphis scripta، Opegrapha vulgata و Parmotrema perlatum هستند. گلسنگ پوست‌زی Graphis scripta در جنگل‌های راش اروپا محیط نیمه‌اسیدی تا خنثی را برای رشد ترجیح می‌دهند (Ellenberg *et al.*, 2001; MalíČek *et al.*, 2019). گلسنگ Opegrapha vulgata به‌عنوان گونه‌ای سایه‌پسند در جنگل‌های معتدله اروپا معرفی شده است که در نواحی با تاج‌پوشش کامل (تاج‌پوشش بسته) حضور دارد (Pentecost, 2014). از آنجایی که مقادیر درصد تاج‌پوشش و شاخص سطح برگ در جنگل‌های بهره‌برداری نشده راش بیشتر از جنگل‌های بهره‌برداری شده است، می‌توان حضور گونه گلسنگی .O vulgata را به‌عنوان معرف در جنگل‌های بهره‌برداری‌نشده راش توجیه کرد. همچنین گلسنگ‌ها در کنار جاده‌ها ممکن است توسط دود اگزوز وسایل نقلیه از بین روند. کاهش فراوانی برخی از گونه‌های گلسنگ، به‌ویژه Cladonia portentosa و Calluna vulgaris در نزدیکی جاده توسط Angold (۱۹۹۷) نشان داده شده است.

ارتباط خصوصیات خاک و تنوع زیستی در فواصل مختلف از جاده

نتایج تجزیه و تحلیل همبستگی نشان داد بین اکثر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با زادآوری درختان و گونه‌های علفی همبستگی معنی‌داری وجود داشته است. با افزایش مقادیر TP، SM، عناصر غذایی موجود (P، N، K، Ca و Mg)، زادآوری درختان، گونه‌های علفی و گلسنگ افزایش می‌یابد. نتایج این مطالعه با این واقعیت همخوانی دارد که جاده بر تنوع و خواص خاک جنگل تاثیر می‌گذارد.

خاک می‌تواند عاملی در فراوانی پوشش علفی در کنار جاده باشد. دلیل حضور و وفور بسیاری از گونه‌های علفی به‌دلیل دسترسی بیشتر به نور و یا نیتروژن خاک بوده که بر رشد، ترکیب و تنوع گونه‌ها موثر است (کرمی‌راد و همکاران، ۱۳۹۵؛ حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷؛ Fallahchai *et al.*, 2018; Lotfalian *et al.* 2012; Lisboa *et al.*, 2022; Avon *et al.*, 2010; Karim & Mallik, 2008). خاک ویژگی است

که به شدت تحت تاثیر جاده سازی قرار گرفته و بسیاری از خصوصیات آن می‌تواند تغییر کند. در این مطالعه بهره‌برداری از جنگل تاثیر چندانی بر خصوصیات خاک نداشته است (به‌جز ویژگی PR). این بدین دلیل است که نوع بهره‌برداری از این جنگل‌ها تک‌گزینی می‌باشد که اثر عمده‌ای بر تخریب خاک ندارد. اما بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل همبستگی، فاصله از جاده اثر معنی‌داری بر خصوصیات خاک داشته است. مقادیر تمام خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (به‌جز BD و PR)، با افزایش فاصله از جاده افزایش یافته است. بیشترین مقادیر این ویژگی‌ها در فاصله ۱۰۵ متری و بیشترین مقادیر BD و PR در حاشیه جاده به‌دست آمده است. در پژوهش Neher و همکاران (۲۰۱۳) در ورمونت آمریکا نشان داده شد جاده‌های جنگلی، بر جوامع گیاهی مجاور و خصوصیات شیمی خاک تاثیر می‌گذارند. بر خلاف مطالعه حاضر در مطالعه Deljouei و همکاران (۲۰۱۸)، خاک را عامل مهمی در تنوع و غنای پوشش علفی نمی‌دانند. آنها نور را عامل مهمتر تاثیرگذار بر غنا و تنوع معرفی نموده‌اند. اما با افزایش فاصله از جاده، تاثیر جاده بر خواص خاک کاهش یافته است. Lisboa و همکاران (۲۰۲۲) معتقدند نسبت بالای گونه‌های بیگانه در کنار جاده با تغییرات در خواص فیزیکی و شیمیایی خاک ارتباط دارد. در کنار جاده‌ها، تاج پوشش بازتر بوده نور افزایش یافته و رطوبت خاک کاهش می‌یابد. در پژوهش Lotfalian و همکاران (۲۰۱۲) مقادیر BD با فاصله از جاده همبستگی منفی داشت. در مطالعه حاضر نیز بیشترین مقادیر در حاشیه جاده دیده شد (D0). BD، شاخصی برای تراکم خاک است. مقادیر PR با افزایش BD زیاد می‌شود. پارامترهای TP، pH، SM، N، P، K و Ca خاک بیشترین تاثیر را بر شاخص‌های تنوع و غنا داشته‌اند. بنابراین با افزایش فاصله از جاده حاصلخیزی خاک افزایش یافته است. افزایش قابل توجه مقدار SOC و TN در فواصل دورتر از حاشیه جاده در مطالعه Rahbarisisakht و همکاران (۲۰۲۱) نیز مشاهده شد. مواد مغذی خاک از جمله فسفر و پتاسیم، کلسیم و منیزیم در دسترس، معمولا در خاک‌های کنار جاده به‌دلیل فشرده شدن خاک، کاهش می‌یابد. کلا تخریب خاک در حاشیه جاده افزایش پیامدهای مرتبط با اختلال در چرخه مواد مغذی را دارد (Deljouei *et al.*, 2018). Lotfalian و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند کربن آلی خاک، سیلت، رطوبت، آهک، کلسیم و رس هیچ تاثیری بر شاخص‌های تنوع زیستی ندارند. نتایج مطالعه Karim و Mallik (۲۰۰۸) نشان داد کمترین میزان رطوبت و مواد آلی و بالاترین BD در شانه جاده‌ها دیده می‌شود و با افزایش فاصله از میزان فشردگی خاک کاسته شده است.

نتیجه‌گیری نهایی و پیشنهادها

مطالعات اکولوژی جاده برای پایش و کنترل تاثیر جاده‌های جنگلی بر تنوع زیستی بسیار مهم و ارزشمند هستند، زیرا جاده ها، مسیرهای دستیابی به اکوسیستم‌های جنگلی، هم برای انسان و هم برای گونه‌های گیاهی و جانوری مهاجم محسوب می‌شود. طراحی دقیق و مناسب مسیرهای جاده جنگلی به‌منظور به حداقل رساندن خسارات وارده به پوشش گیاهی و خاک نیازمند آگاهی از شرایط فلورستیکی و ادافیکی منطقه تحت مدیریت می‌باشد. نتایج این مطالعه نشان‌دهنده اثر بهره‌برداری بر غنا و تنوع گونه‌ای زادآوری درختی، پوشش علفی و گلسنگ بود. در یک فاز دیگر اثر جاده بر تنوع زیستی پوشش علفی، گلسنگ و زادآوری و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نشان داده شد. مدیران جنگل‌ها باید تاثیر جاده‌ها بر تنوع زیستی را در نظر گیرند، زیرا واکنش به تغییرات اقلیمی قرار است تاثیر جاده‌های جنگلی را تشدید کند. یکی از راه‌های جلوگیری از تکه تکه شدن در مناطق جنگلی و خطر از بین رفتن گونه‌ها، به حداقل رساندن تراکم و ساخت‌وساز جاده‌های جدید و به‌کارگیری تکنیک‌ها و معیارهای سازگار با محیط زیست است. علاوه بر این، پیشنهاد می‌شود تا نظارت طولانی‌مدت از جنبه‌های تنوع زیستی، حیات‌وحش، خزه‌ها و تنوع گلسنگ و همچنین ساختار جوامع جنگلی هنگام ارزیابی اثر جاده‌ها در نظر گرفته شود.

منابع

اسحق‌نیموری، م.، متاجی، ا.، حاجی‌منیری، م. و حسینی، س.م. (۱۳۹۲) تنوع گونه‌ای گلسنگ‌های پوست‌زی در تیپ اوری-لور به تفکیک گونه‌های درختی، مطالعه موردی جنگل‌های بالابند نوشهر. مجله جنگل ایران، ۵(۲): ۱۱۹-۱۳۰.

بازیاری، م.، جلیلوند، ح.، کوچ، ی. و حسینی، س.ع. (۱۳۹۳) اثرات اکولوژیکی جاده‌های جنگلی بر روی تنوع‌زیستی و ترکیب گونه‌های گیاهی، مطالعه موردی طرح‌های

جنگلداری لیره‌سر، گلندرود و مکارود. مجله پژوهش‌های گیاهی، ۲۷(۱): ۴۱-۵۱.

بی‌نام، (۱۳۹۰) طرح جنگلداری لنگا سری ۱، حوضه آبخیز ۳۶ کاظم‌رود و تجدیدنظر پنجم. سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، تهران.

حاجی‌پور، م.، کیوان‌بهجو، ف.، نقدی، ر.، پورقلی، ز. و غنایی، ص. (۱۴۰۰) تاثیرگذاری بوم‌شناختی جاده‌های جنگلی بر تنوع زیستی، مطالعه موردی طرح جنگل‌داری ذیلکی شهرستان رودبار. مجله علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۲۳(۱): ۲۱۳-۲۲۳.

حسین‌زاده، ر.، سوسنی، ج. و رزم‌آهنگ، س. (۱۳۹۷) بررسی تاثیر جاده بر تنوع گونه‌های چوبی جنگل‌های بلوط خرم‌آباد، مطالعه موردی جنگل‌های سامان عرفی پرک واقع در منطقه قلعه گل. مجله پژوهش‌های گیاهی، ۳۱(۱): ۸۰-۹۱.

دلجویی، آ.، عبدی، ا. و مجنونیان، ب. (۱۳۹۴) تغییرات شاخص‌های تنوع و غنا با فاصله از جاده‌های اصلی و فرعی جنگلی. نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، ۶۸(۴): ۸۲۹-۸۴۲.

روحانی، ک.، حسینی‌نصر، م.، اسدی، ح. و تفضلی، و. (۱۴۰۱) تاثیر تفرج، جمعیت روستایی و جاده‌های جنگلی بر تنوع گونه‌های زیراشکوب جنگل، پژوهش موردی جنگل زرین‌آباد ساری. فصلنامه علمی- پژوهش و توسعه جنگل، ۸(۲): ۱۶۵-۱۷۹.

قاسمی‌آقباش، ف.، عبدی، ع.ع. و حیدری، م. (۱۳۹۷) اثرات جاده‌های جنگلی بر زیست‌بوم‌های جنگلی بلوط ایرانی از نظر تنوع گیاهی زیرآشکوب و ویژگی‌های فیزیکو- شیمیایی خاک. حفاظت زیست‌بوم گیاهان، ۶(۱۲): ۵۹-۷۶.

کرمی‌راد، س.، عبدی، ا.، مجنونیان، ب.، اعتماد، و. و سهرابی، ه. (۱۳۹۵) اثر جاده جنگلی بر تنوع گونه‌ای علفی و استقرار زادآوری درختی، مطالعه موردی بخش‌های پاتم و نمخانه. نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، ۶۹(۱): ۲۹-۴۰.

لطفعلیان، م.، زارع، ن.، فلاح، ا.، حجتی، م. و ایمانی، پ. (۱۳۹۷) اثرات زیست محیطی خروج چوب از منظر ترکیب و تنوع زیستی زادآوری، مطالعه موردی سری گردشی جنگل چوب و کاغذ مازندران. محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، ۷۱(۱): ۹۳-۱۰۷.

میرزایی، ج.، حیدری، م. و عطارروشن، س. (۱۳۹۴) تغییرات پوشش و تنوع زیستی گونه‌های گیاهی اثر در بهره‌برداری صنعتی در جنگل شفارود گیلان. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران). ۲۸(۲): ۴۳۵-۴۴۴.

نجفی، ا.، حسینی، س.، عزتی، س.، ترابی‌ورکی، م. و فخاری، م. (۱۳۸۹) مقایسه زادآوری و تنوع زیستی درختان در ترانشه خاک‌برداری و خاک‌ریزی جاده جنگلی با افزایش فاصله از آن، مطالعه موردی جنگل‌های چمستان و لاویج، نور. پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۱۷(۴): ۱۳۹-۱۵۲.

Angold, P.G. (1997) The impact of a road upon adjacent heathland vegetation: Effects on plant species composition. Journal of Applied Ecology, 34(9): 409-417.

Asta, J., Erhardt, W., Ferretti, M., Fornasier, F., Kirschbaum, U., Nimis, P.L., Purvis, O.W., Pirintsos, S., Scheidegger, C., Van Haluwyn, C. and Wirth, V. (2002) European guideline for Mapping lichen diversity as an indicator of environmental stress. NATO Science Series, British Lichen Society, Series IV(7): 273-279.

Avon, C., Bergès, L., Dumas, Y. and Dupouey, J.L. (2010) Does the effect of forest roads extend a few meters or more into the adjacent forest? A study on understory plant diversity in managed oak stands. Forest Ecology and Management, 259(8): 1546-1555.

Berenji Tehrani, F., Majnounian, B., Abdi, E. and Zahedi Amiri, G. (2015) Impacts of forest road on plant species diversity in a Hyrcanian forest, Iran. Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering, 36(1): 63-71.

Blake, G.R. and Hartge, K.H. (1986) Bulk density, 363–375. In: A. Klute (Ed.) Methods of soil analysis, Part 1. 2nd Ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

Bremmer, J.M. and Mulvaney, C.S. (1983) Nitrogen—total, Methods of soil analysis, part 2 chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 9: 595-624.

Delgado, J.D., Arroyo, N.L., Arévalo, J.R. and Fernández-Palacios, J.M. (2007) Edge effects of roads on temperature, light, canopy cover, and canopy height in laurel and pine forests

Frontiers in Conservation Science, 3(2022): 829690.

Lotfalian, M., Riahifar, N., Fallah, A. and Hodjati, S.M. (2012) Effects of roads on understory plant communities in a broadleaved forest in Hyrcanian zone. Journal of Forest Science, 58(10): 446-455

Malíček, J., Palice, Z., Vondrák, J., Kostovčík, M., Lenzová, V. and Hofmeister, J. (2019) Lichens in old-growth and managed mountain spruce forests in the Czech Republic: Assessment of biodiversity, functional traits and bioindicators. Biodiversity and Conservation, 28(13): 3497-3528.

Marcantonio, M., Rocchini, D., Geri, F., Bacaro, G. and Amici, V. (2013) Biodiversity, roads, and landscape fragmentation: Two Mediterranean cases. Applied Geography, 42(2013): 63-72.

McDougall, K.L., Lembrechts, J., Rew, L.J., Haider, S., Cavieres, L.A., Kueffer, C., Milbau, A., Naylor, B.J., Nuñez, M.A., Pauchard, A. and Seipel, T. (2018) Running off the road: Roadside non-native plants invading mountain vegetation. Biological Invasions, 20(12): 3461-3473.

Morris, E.K., Caruso, T., Buscot, F., Fischer, M., Hancock, C., Maier, T.S., Meiners, T., Müller, C., Obermaier, E., Prati, D. and Socher, S.A. (2014) Choosing and using diversity indices: Insights for ecological applications from the German Biodiversity Exploratories. Ecology and Evolution, 4(18): 3514-3524.

Müllerová, J., Vítková, M. and Vítek, O. (2011) The impacts of road and walking trails upon adjacent vegetation: Effects of road building materials on species composition in a nutrient poor environment. Science of the total environment, 409(19): 3839-3849.

Neher, D.A., Asmussen, D. and Lovell, S.T. (2013) Roads in northern hardwood forests affect adjacent plant communities and soil chemistry in proportion to the maintained roadside area. Science of the Total Environment, 449(2013): 320-327.

Pentecost, A. (2014) The cryptogamic epiphytes of ash (Fraxinus excelsior L.) in an ancient pasture-woodland: Relationships with some environmental variables of relevance to woodland epiphyte management. Cryptogamie, Bryologie, 35(1): 19-36.

Purvis, O.W., Coppins, B.J., Hawksworth, D.L., James, P.W. and Moore, D.M. (1992) The lichen flora of Great Britain and Ireland. London: Natural History Museum, Publications in association with the British Lichen Society, pp. 217-223.

(Tenerife, Canary Islands). Landscape and Urban planning, 81(4): 328-340.

Delgado, J.D., Arroyo, N.L., Arévalo, J.R. and Fernández-Palacios, J.M. (2013) Road edge effects on litter invertebrate communities of subtropical forests. Journal of Natural History, 47(3-4): 203-236.

Deljouei, A., Abdi, E., Marcantonio, M., Majnounian, B., Amici, V. and Sohrabi, H. (2017) The impact of forest roads on understory plant diversity in temperate hornbeam-beech forests of Northern Iran. Environmental Monitoring and Assessment, 189(8): 1-15.

Deljouei, A., Sadeghi, S.M.M., Abdi, E., Bernhardt-Römermann, M., Pascoe, E.L. and Marcantonio, M. (2018) The impact of road disturbance on vegetation and soil properties in a beech stand, Hyrcanian forest. European Journal of Forest Research, 137(6): 759-770.

Demir, M., Makineci, E. and Yilmaz, E. (2007) Investigation of timber harvesting impacts on herbaceous cover, forest floor and surface soil properties on skid road in an oak (Quercus petrea L.) stand. Building and Environment, 42(3): 1194-1199.

Ellenberg, H., Weber, H.E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W. and Paulißen, D. (2001) Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica, 18: 1-248.

Fallahchai, M.M., Haghverdi, K. and Mojaddam, M.S. (2018) Ecological effects of forest roads on plant species diversity in Caspian forests of Iran. Acta Ecologica Sinica, 38(3): 255-261.

Ghanbari Motlagh, M., Babaie Kafaky, S., Mataji, A., Akhavan, R. and Amraei, B. (2020) An introduction to the distribution of carbon stocks in temperate broadleaf forests of northern Iran. Journal of Forest Science, 66(2): 70-79.

Karim, M.N. and Mallik, A.U. (2008) Roadside revegetation by native plants: I. Roadside microhabitats, floristic zonation and species traits. Ecological Engineering, 32(3): 222-237.

Li, H., Luo, P., Yang, H., Li, T., Luo, C., Wu, S., Jia, H. and Cheng, Y. (2022) Effect of road corridors on plant diversity in the Qionglai mountain range, China. Ecological Indicators, 134(2022): 108504.

Li, Y.H., Hu, Y., Chang, Y., Li, X.Z., Bu, R., Hu, C. and Wang, C. (2010) Effect zone of forest road on plant species diversity in Great Hing'an Mountians. Yingyong Shengtai Xuebao, 21(5): 1112-1119.

Lisboa, S.N., Domingos, F., Vallius, E., Lensu, A., Macamo, E. and Sitoe, A. (2022) Assessing the Impact of Road and Land Use on Species Diversity of Trees, Shrubs, Herbs and Grasses in the Mountain Landscape in Southern Africa.

Rahbarisisakht, S., Moayeri, M.H., Hayati, E., Sadeghi, S.M.M., Kepfer-Rojas, S., Pahlavani, M.H., Kappel Schmidt, I. and Borz, S.A. (2021) Changes in soil's chemical and biochemical properties induced by road geometry in the Hyrcanian Temperate Forests. Forests, 12(12): 1805-1805.

Simpson, E. H. (1949) Measurement of diversity. Nature, 163(4148): 688-688.

Thomas, G.W. (1982) Exchangeable cations. In methods of soil analysis, part 2, Page AL, Chemical and microbiological properties, Madison, USA, American Society of Agronomy, 2 edition, 9(2): 159-165

Walkley, A. and Black, I.A. (1934) An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science, 37(1): 29-38.

Zamani, M., Nikooy, M., Pourbabaei, H. and Naghdi, R. (2019) The effects of roadside on composition of tree communities in forests of West Guilan Province, Iran. Caspian Journal of Environmental Sciences, 17(4): 305-317.

Zedda, L. (2000) The lichen genera Lepraria and Leproloma in Sardinia (Italy). Cryptogamie Mycologie, 21(4): 249-267.

Effect of forest roads on vegetation biodiversity and physicochemical characteristics of soil in the Kalardasht forest

Afshin Arjmand[1], Hadi Kiadaliri[2*], Farid Kazemnezhad[3] and Majid Eshagh Nimvari[3]

1) Ph.D. Student of Environmental Sciences, Department of Environment and Forest Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2) Associate Professor, Department of Environment and Forest Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
*Corresponding Author Email Address: h-kiadaliri@srbiau.ac.ir
3) Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Chalus Branch, Islamic Azad University, Chalus, Iran.

Date of Submission: 2023/10/24 Date of Acceptance: 2024/01/14

Abstract

Road ecology studies are very important and valuable for monitoring the impact of forest roads on biodiversity. In order to investigate the influence intensity of forest roads on the biodiversity of herbaceous species, tree regeneration, and lichen sampling at different distances from the road were used in two controlled and harvested areas in Kalardasht forests. The effects of roads on vegetation diversity in relation to soil characteristics were also investigated. The results showed that harvesting caused the destruction and reduction of tree regeneration, herbaceous, and lichen, but the physical and chemical properties of the soil were not affected. The distance from the road has affected the diversity and richness of herbaceous cover, lichen, and tree regeneration and the physical and chemical properties of the soil. There was a significant correlation between most of the physical and chemical properties of the soil with the regeneration of trees and herbaceous species. Also, most of the physical and chemical properties of soil were increased with increasing distance from the road. The results showed that the buffering effect of the roadside in these forests up to a distance of 45 m had an effect on diversity and richness.

Keywords: Herbaceous species, Kalardasht, Road, Richness, Soil.