اثر جاده‌های جنگلی بر تنوع گونه‌های گیاهی، ماده آلی و میزان کربن آلی (مطالعه موردی: جنگل خیرود نوشهر)

- **فاطمه برنجی تهرانی***؛ کارشناسی ارشد مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران
- **باریس مجنونیان؛** استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران
- **احسان عبدی؛** استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران
- **قوام الدین زاهدی امیری؛** دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۹/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۹)

چکیده

جاده‌ها تأثیرات مثبت و منفی قابل توجهی بر محیط اطراف خود دارند که این تأثیرات در قالب علم بوم‌شناسی جاده بررسی می‌شود. در این پژوهش تأثیر جاده روی تنوع گونه‌های گیاهی، میزان ماده آلی و کربن آلی بررسی شد. اندازه‌گیری‌ها در ۱۰ نقطه با فاصله ۱۰۰ متر از یکدیگر در طول جاده در جنگل آموزشی-پژوهشی خیرود انجام گرفت. در هر نقطه در سمت ترانشه خاکبرداری و ترانشه خاکریزی خط‌نمونه ۱۰۰متری عمود بر محور جاده پیاده شد و در طول هر خط‌نمونه ۱۰ قطعه نمونه ۱۰×۱۰متر برای بررسی گونه‌های درختی، ۱۰زیر قطعه نمونه ۲×۲ متر برای بررسی گونه‌های علفی و ۱۰ زیر قطعه نمونه ۰/۵ × ۰/۵ متر برای نمونه‌های لاشبرگ پیاده شد. بر اساس نتایج بدست آمده جاده جنگلی خیرود از نظر آماری تأثیر معنی‌داری بر تنوع گونه‌های گیاهی، میزان ماده آلی و کربن آلی نداشت. تنها بین دو دامنه خاکبرداری و خاکریزی در برخی فواصل تفاوت تنوع گونه‌های درختی، میزان ماده آلی و کربن آلی از نظر آماری معنی‌دار بود. این نتایج بیانگر این مطلب است که جاده مورد مطالعه به‌دلیل محدود بودن ترافیک، عرض کم، طراحی و ساخت همخوان با طبیعت که توسط کارشناسان جنگل صورت گرفته و از خاکبرداری و خاکریزی‌های بی‌مورد اجتناب شده است اثر بوم‌شناختی کمتری نسبت به جاده‌های مطالعه شده در پژوهش‌های قبلی داشته است و پدیده جزیره‌ای شدن در این جاده آن‌چنان قابل‌توجه نیست.

کلمات کلیدی: بوم‌شناسی جاده، تنوع گونه‌های گیاهی، ماده آلی، کربن آلی، جزیره‌ای شدن.

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۲۲۲۶۰۶۲۷ Email: fb.tehrani@yahoo.com

مقدمه

جنگل یک بوم‌سامانه طبیعی و پویاست که تمام اجزای آن از گیاهان تا لاشبرگ و از موجودات زنده بسیار ریز تا موجودات زنده بزرگ در تعامل با یکدیگر هستند تا جنگل به‌حالت کلیماکس خود برسد. گاهی عوامل بیرونی ازجمله دخالت‌های انسانی موجب برهم زدن این تعادل می‌شود. ازجمله این دخالت‌ها ساخت جاده‌های جنگلی است. اگرچه جاده‌ها نقش اساسی در بهره‌برداری از تولیدهای جنگلی اعم از فراهم آوردن امکانات حمل‌ونقل چوب، ایجاد امکانات در جهت اعمال فنون و روش‌های پرورش جنگل و تجدید حیات، کنترل آتش‌سوزی و همچنین کنترل حشرات و آفات ایفا می‌کنند و این اثرات مثبت جاده‌ها غیر قابل انکار است، اما نباید این نکته را نادیده گرفت که احداث جاده به‌معنای از بین بردن سطحی از جنگل است که پیامدهای خاص خود را به‌دنبال خواهد داشت. در واقع جاده‌سازی دخل و تصرف در بوم سامانه طبیعی جنگل است و مانعی بر سر راه تعاملات موجود بین اجزای این بوم‌سامانه محسوب می‌شود. جاده‌های جنگلی سیستم زهکشی طبیعی را به هم می‌زنند. در واقع جریان‌های آب سطحی و زیرسطحی قطع می‌شود و الگوی توزیع آب در جنگل به هم می‌خورد. نتیجه اختلال در سیستم زهکشی طبیعی، افزایش تولید رسوب است که باعث انتقال به آبراهه‌ها و تأثیر در بوم‌سامانه‌های آبی می‌شود (Appelboom *et al*., 2002; Lopez *et al*., 2008; Baihua *et al*., 2009; Wemple, 1998; Ramos-Scharron, 2012; Imaizumi & Sidle, 2012; Brown *et al*., 2013; Wear *et al*., 2013). جاده‌ها بر تنوع گونه‌های گیاهی نیز اثر می‌گذارند. پژوهش‌های متعددی در این زمینه در کشورهای مختلفی ازجمله فرانسه، کانادا، بلژیک، آمریکا و جمهوری چک صورت گرفت. فواصل مورد بررسی در این پژوهش‌ها از حداقل ۴۰ متر تا ۳۶۰ متر از جاده بود (Buckley *et al*., 2003; Godefroid & Koedam, 2004; Marchand & Houle, 2006; Avon *et al*., 2010; Cepelova & Münzbergová, 2012, Rotholz & Mandelik, 2013). در تمامی این پژوهش‌ها تنوع گونه‌های گیاهی با فاصله از جاده رابطه معکوس داشت. به این معنی که هرچه از جاده دورتر می‌شویم تنوع گونه‌های گیاهی کاهش می‌یابد و در کنار جاده بیشترین تنوع وجود دارد. اثرهای جاده‌ها روی ماده آلی و میزان کربن آلی خاک نیز قابل توجه است. پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه نشان داد که هرچه از جاده به‌سمت داخل جنگل پیش رویم میزان ماده آلی کاهش می‌یابد و این موضوع تا فاصله ۱۰۰ متری از جاده صادق بود (Haskell, 2001; Delgado *et al*., 2013; Mc Cay *et al*., 2013). کشور ما ایران، از نظر جغرافیایی در منطقه‌ای از نیمکره شمالی واقع شده است که معمولاً از جنگل فقیر است. طبق آخرین اطلاعات و آمار کشور ایران در حدود ۱۲ میلیون هکتار جنگل دارد که این سطح فقط ۷/۳ درصد کل کشور را در بر می‌گیرد (Marvie Mohadjer, 2005). این آمار به‌وضوح اهمیت حفاظت از جنگل‌ها را بیان می‌کند. با این وجود اثر جاده‌ها بر جوامع گیاهی به‌خصوص در مسیر چوب‌کشی و جاده‌های جنگلی، در ایران کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. همان‌طور که گفته شد قطع درختان به‌منظور احداث مسیرهای مختلف دخالت در بوم‌سامانه جنگل است که کاهش باران ربایی، فرسایش خاک، افزایش میزان نور در جنگل و از بین رفتن زیستگاه حیات وحش را به‌دنبال دارد اما میزان این تغییرات در عرصه‌ها، شیب‌ها و ارتفاعات مختلف و همچنین در انواع جاده‌ها متفاوت است، از طرفی تمامی عوامل بوم‌شناختی بحث شده در بالا که در اثر جاده‌سازی دستخوش تغییرات متعدد می‌شوند در مدیریت جنگل و برنامه‌ریزی اثر مستقیم دارند. با این توضیح و با توجه به کوهستانی بودن جنگل‌های ایران اهمیت بررسی این موضوع در جاده‌های جنگلی ایران کاملاً محسوس است. در واقع با بررسی میزان اثرات جاده روی عوامل بوم‌شناختی و مقایسه آن با مناطق دست‌نخورده و بدون جاده از یک طرف، در عین حال در نظر گرفتن میزان حساسیت منطقه به تغییرات بوم‌شناختی و همچنین درجهٔ نیاز به احداث جاده در هر منطقه می‌توان در مورد احداث جاده در منطقه موردنظر تصمیم گرفت. در این پژوهش ۱- اثر

جاده روی تنوع گونه‌های گیاهی اعم از درختی و علفی ۲- اثر جاده بر میزان ماده آلی۳- اثر جاده بر میزان کربن آلی خاک بررسی شده است تا به این پرسش پاسخ داده شود که "آیا جاده‌های جنگلی بر تنوع گونه‌های گیاهی و میزان ماده آلی و کربن آلی خاک اثر دارند؟" تا در نهایت به راهکارهایی در جهت ساخت جاده‌هایی همگام و همخوان با طبیعت دست یابیم و درعین‌حال که کارکردهای جاده حفظ می‌شود به تنوع زیستی نیز آسیبی نرسد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه جنگل آموزشی- پژوهشی خیرود واقع در ۷ کیلومتری شهرستان نوشهر است که در ۵۱° ۳۲′ تا ۵۱° ۳۵′ طول جغرافیایی شرقی و ۳۶° ۳۴′ تا ۳۶° ۳۷′ عرض شمالی قرار دارد. این منطقه از شمال به نوار ساحلی و روستای نجارده و از جنوب به ارتفاعات ییلاقی و روستای کلیک محدود می‌شود. مساحت این جنگل حدود ۸۰۰۰ هکتار است و کمترین ارتفاع از سطح دریا صفر و بیشترین ۲۲۰۰ متر است که به‌دلیل همین دامنه ارتفاعی گسترده، جوامع و تیپ‌های گیاهی و خاک و سنگ‌بستر متفاوتی مشاهده می‌شود. جامعه گیاهی غالب بخش پاتم بلوط- ممرزستان است. سنگ مادر در این بخش آهکی دولومیتی دوره ژوراسیک و آهکی شکاف‌دار دوره کرتاسه بالایی است. تیپ خاک در این بخش رانـدزین، قهوه‌ای جنگلی، قهوه‌ای اسیدی و هیدرومورف است. در راشستان‌ها قهوه‌ای جنگلی، مولی‌سول، قهوه‌ای شسته شده با بافت رسی و لومی رسی و در بلوط ممرزستان قهوه‌ای جنگلی، قهوه‌ای اسیدی و قهوه‌ای هیدرومورف با بافت رسی است. جنگل خیرود شامل ۷ بخش است. بخش پاتم اولین بخش از این جنگل است که در حدود ۹۰۰ هکتار وسعت دارد. حدود ارتفاع این بخش از صفر متر بالاتر از سطح دریا تا ۹۳۴ متر است. بخش پاتم شامل ۱۸ پارسل است که ۵ پارسل آن به مساحت ۳۲۶ هکتار (پارسل‌های ۱۰۳،۱۰۴،۱۰۵،۱۰۶،۱۰۷) حمایتی[1] است و ۱۳ پارسل به مساحت ۵۷۴ هکتار از سال ۱۳۴۸ تاکنون مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. این مطالعه در طول ۱۰۰۰ متر از جاده اصلی در بخش پاتم که شامل پارسل‌های ۱۱۱،۱۱۱و ۱۱۲ است صورت گرفته است.

برداشت‌های میدانی

در این پژوهش در ۱۰ نقطه از طول جاده به‌فاصله ۱۰۰ متر از یکدیگر در هر دو سمت ترانشه خاکبرداری و خاکریزی خطنمونه‌های ۱۰۰ متری عمود بر محور جاده پیاده شد. در طول هر خطنمونه ۱۰ قطعه نمونه ۱۰m × ۱۰m (Avon *et al.*, 2010) برای بررسی تنوع و تعداد گونه‌های درختی و زیر قطعه نمونه‌های ۲m × ۲m (Buckley *et al.*, 2003) برای بررسی نوع و تعداد گونه‌های علفی پیاده شد. نمونه‌های لاشبرگ نیز در سطح ۰/۵m × ۰/۵m برای اندازه‌گیری ماده آلی و میزان کربن برداشته شد (Zahedi, 1998). موقعیت نقاط در طول جاده با استفاده از دستگاه GPS (Colorado 300) ثبت شد. تنوع گونه‌ای با استفاده از نرم‌افزار Past و با شاخص Shannon محاسبه شد.

روش‌های آزمایشگاهی

برای اندازه‌گیری ماده آلی میزان لاشبرگ جمع‌آوری شده از هر قطعه نمونه به ابعاد ۰/۵m × ۰/۵m وزن شد. برای اندازه‌گیری درصد کربن میزان ۲ گرم از هر نمونه لاشبرگ وزن شد و به مدت ۲۴ ساعت در کوره در دمای ۳۵۰ درجه سلسیوس قرار داده شد و پس از گذشت یک شبانه روز نمونه‌ها مجدداً وزن شد. برای محاسبه میزان کربن آلی از رابطه‌های (۱) تا (۵) استفاده شد (Zahedi, 1998):

$$B - A = C \qquad \text{رابطه (۱)}$$

۱. قسمت‌هایی که به علت شرایط طبیعی بهره‌برداری از آن مشکل است و تنها برای امور مطالعاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

رابطه (۲) $$D = \frac{C \times ۱۰۰}{۲}$$

رابطه (۳) $$\text{درصد کربن} = D \times ۰/۵ \left(gr/m^۲ \right)$$

رابطه (۴) $$\text{زیست توده} \left(gr/m^۲ \right) = \frac{\text{وزن لاشبرگ}}{۰/۵ \times ۰/۵}$$

رابطه (۵) $$\text{میزان کربن} = \frac{\text{زیست توده} \times \text{درصد کربن}}{100}$$

که در آن،

A: وزن ظرف خالی به گرم
B: وزن لاشبرگ سوخته + ظرف به گرم
C: وزن خشک است.

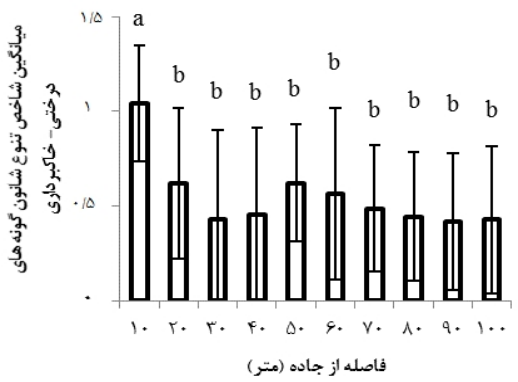
شاخص شانون محاسبه‌شده در نرم‌افزار Past برای هر یک از پلات‌های کنار جاده مربوط به گونه‌های درختی و میکروپلات‌های مربوط به گونه‌های علفی و همچنین مقادیر بدست آمده برای میزان کربن و ماده آلی حاصل از آزمایش لاشبرگ در فواصل ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ متری از جاده برای هر دو دامنه خاکبرداری و خاکریزی به‌طور جداگانه وارد نرم‌افزار Excel ۲۰۰۷ شد. تجزیه‌وتحلیل با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با روش GLM صورت گرفت. با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون کولموگروف-اسمیرنوف[1] نرمال بودن داده‌ها بررسی شد. در مرحلهٔ بعد با استفاده از آزمون ANOVA تحلیل واریانس یک‌طرفه برای متغیرهای تنوع گونه‌های درختی، علفی و نهال‌ها، میزان کربن و ماده آلی انجام شد. با استفاده از آزمون ANOVA مقایسه میانگین گروه‌ها انجام شد. تمامی تحلیل‌های ذکر شده برای دامنه خاکبرداری و دامنه خاکریزی به‌طور جداگانه بررسی شد. سپس با استفاده از آزمون t متغیرها در دو دامنه خاکبرداری و خاکریزی باهم مقایسه شد.

نتایج

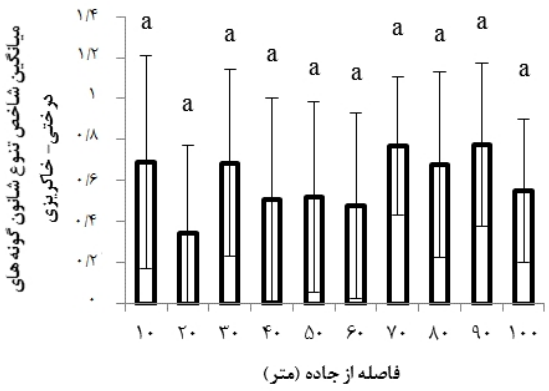
اثر جاده بر تنوع و غنای گونه‌های گیاهی

نتایج نشان داد که فاصله از جاده تأثیر معنی‌دار بر تنوع گونه‌های درختی در دامنه خاکبرداری (در سمت ترانشه خاکبرداری تا فاصله ۱۰۰متری از جاده در داخل جنگل) دارد، البته تفاوت معنی‌دار تنوع تنها مربوط به فاصله اول است (شکل ۱). شاخص تنوع شانون گونه‌های درختی در دامنه خاکریزی (در سمت ترانشه خاکریزی تا فاصله ۱۰۰متری از جاده در داخل جنگل) با فاصله گرفتن از جاده از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نشان نداد (شکل ۲) (P=۰/۰۷۹). شاخص تنوع شانون نهال‌ها نیز در دامنه خاکبرداری (شکل ۳) (P=۰/۰۹۱) و هم در دامنه خاکریزی (شکل۴) (P=۰/۰۶۸) با فاصله گرفتن از جاده تفاوت معنی‌داری نشان نداد. شاخص تنوع شانون گونه‌های علفی در دامنه خاکبرداری پاسخ معنی‌داری به متغیر فاصله از جاده نشان نداد (شکل ۵) (P=۰/۱۵۷). در دامنه خاکریزی نیز این عامل با فاصله گرفتن از جاده از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نشان نداد (شکل ۶) (P=۰/۱۷۱). به‌طور کلی نتایج نشان داد که با فاصله گرفتن از جاده، تفاوت معنی‌داری در غنای گونه‌های درختی هم در دامنه خاکبرداری (شکل ۷) و هم در دامنه خاکریزی (شکل ۸) وجود نداشت. با توجه به شکل (۹) با فاصله گرفتن از جاده تفاوت در غنای نهال‌ها در دامنه خاکبرداری از نظر آماری معنی‌دار بود، درحالی‌که غنای گونه‌ای نهال‌ها با فاصله گرفتن از جاده در دامنه خاکریزی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۱۰). نتایج نشان داد غنای گونه‌های علفی هم در دامنه خاکبرداری (شکل ۱۱) و هم در دامنه خاکریزی (شکل ۱۲) با فاصله گرفتن از جاده از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت.

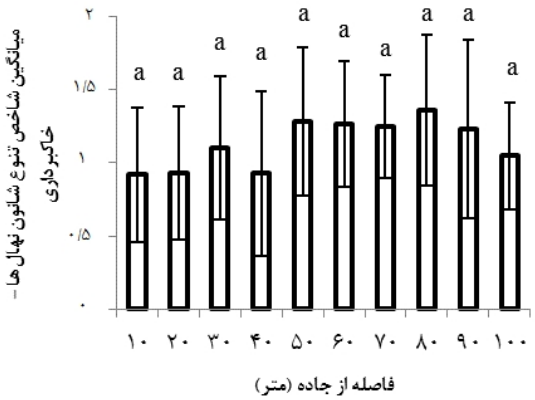
1. Kolmogorov - Smirnov



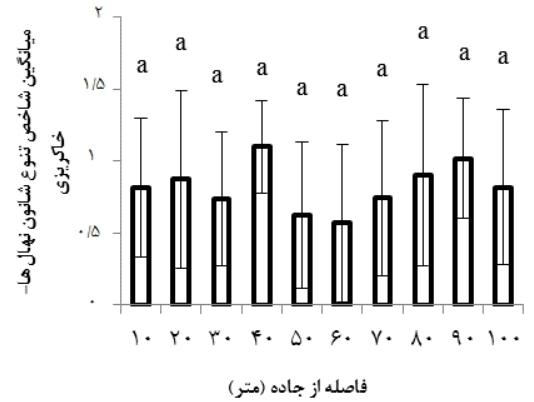
شکل ۱- اثر جاده بر تنوع گونه‌های درختی در دامنه خاکبرداری



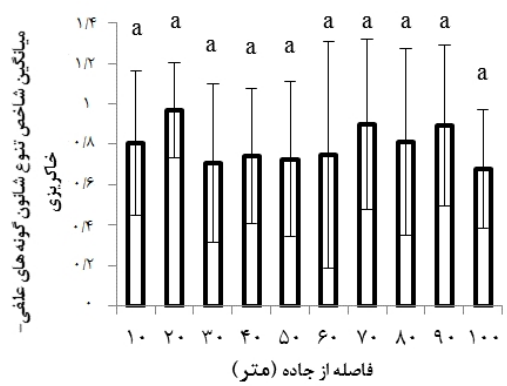
شکل ۲- اثر جاده بر تنوع گونه‌های درختی در دامنه خاکریزی



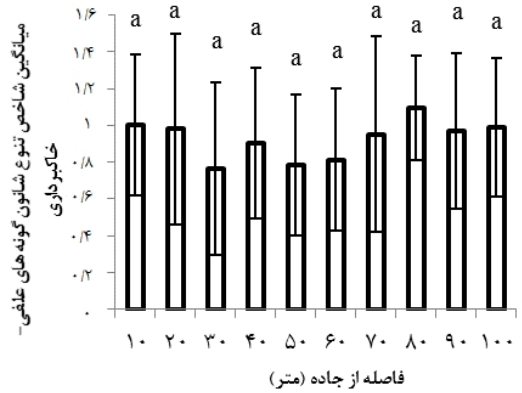
شکل ۳- اثر جاده بر تنوع گونه‌ای نهال‌ها در دامنه خاکبرداری



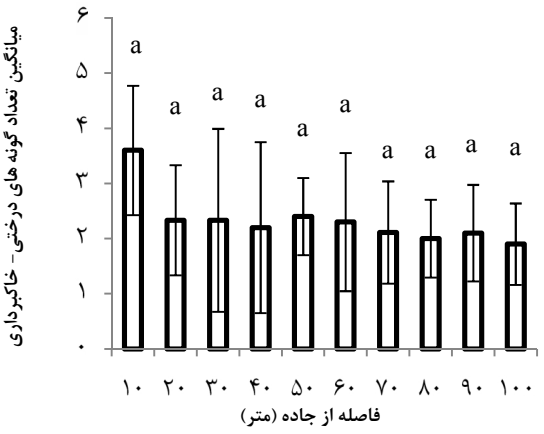
شکل ۴- اثر جاده بر تنوع گونه‌ای نهال‌ها در دامنه خاکریزی



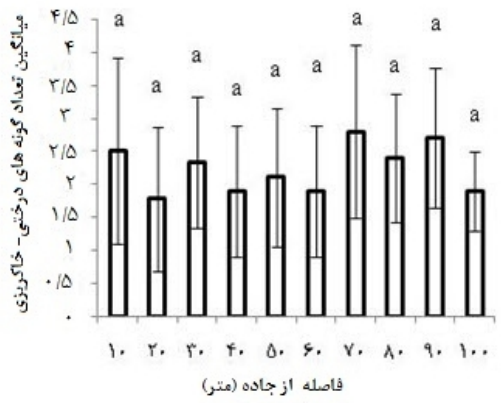
شکل ۵- اثر جاده بر تنوع گونه‌های علفی در دامنه خاکبرداری



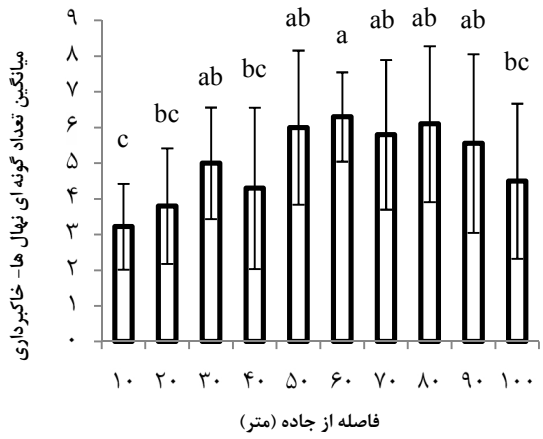
شکل ۶- اثر جاده بر تنوع گونه‌های علفی در دامنه خاکریزی



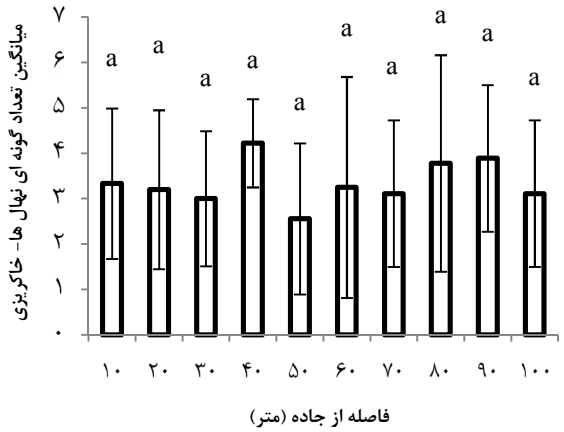
شکل ۷- اثر جاده بر غنای گونه‌های درختی در دامنه خاکبرداری



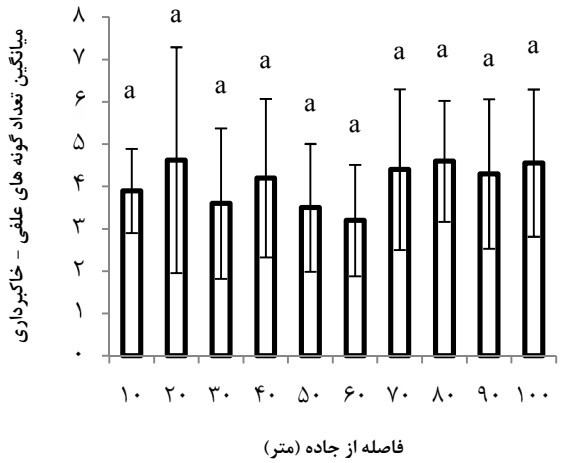
شکل ۸- اثر جاده بر غنای گونه‌های درختی در دامنه خاکریزی



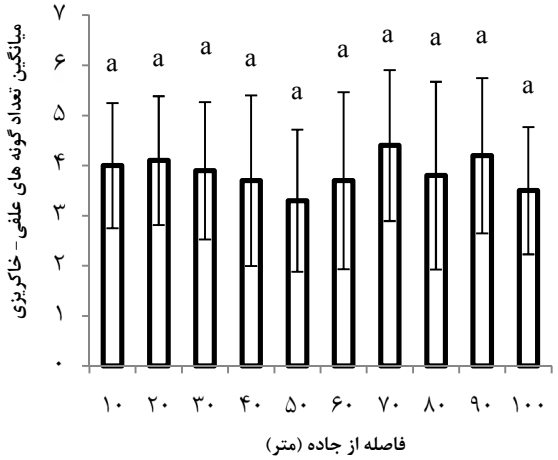
شکل ۹- اثر جاده بر غنای گونه‌ای نهال‌ها در دامنه خاکبرداری



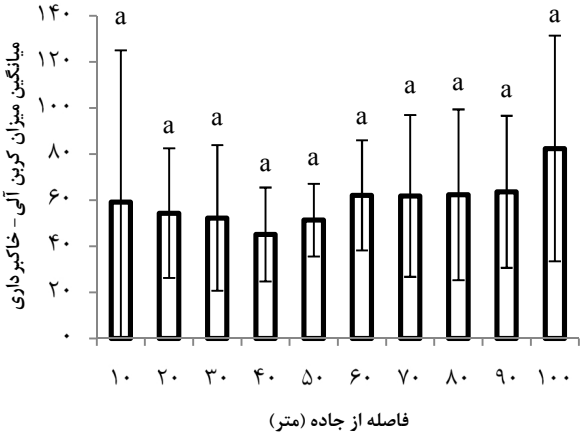
شکل ۱۰- اثر جاده بر غنای گونه‌ای نهال‌ها در دامنه خاکریزی



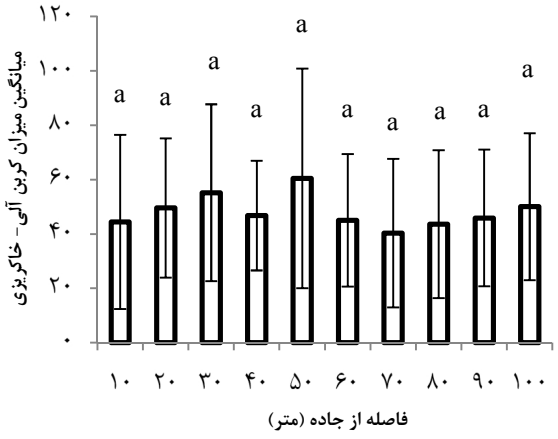
شکل ۱۱- اثر جاده بر غنای گونه‌های علفی در دامنه خاکبرداری



شکل ۱۲- اثر جاده بر غنای گونه‌های علفی در دامنه خاکریزی



شکل ۱۳- اثر جاده بر میزان کربن آلی در دامنه خاکبرداری



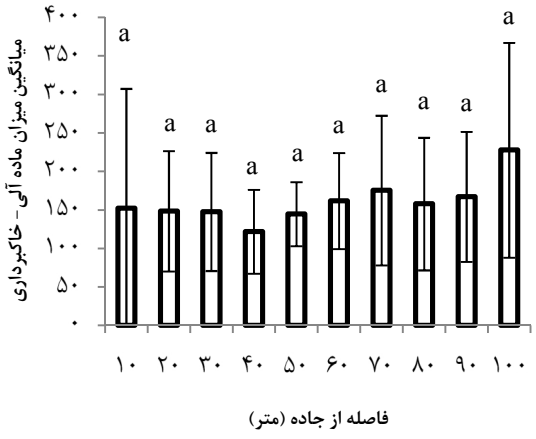
شکل ۱۴- اثر جاده بر میزان کربن آلی در دامنه خاکریزی

اثر جاده بر میزان کربن آلی

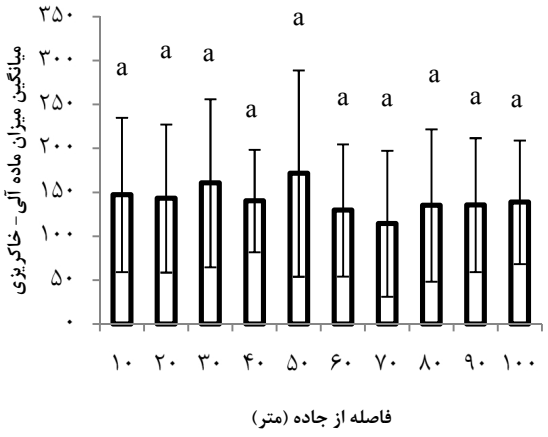
با فاصله گرفتن از جاده میزان کربن آلی در دامنه خاکبرداری (شکل ۱۳) (P=۰/۰۵۸) و دامنه خاکریزی (شکل ۱۴) (P=۰/۱۹۵) از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهد.

اثر جاده بر میزان ماده آلی

با فاصله گرفتن از جاده میزان ماده آلی در دامنه خاکبرداری (شکل ۱۵) (P=۰/۲۹۱) و دامنه خاکریزی (شکل ۱۶) (P=۰/۲۱۵) از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهد.



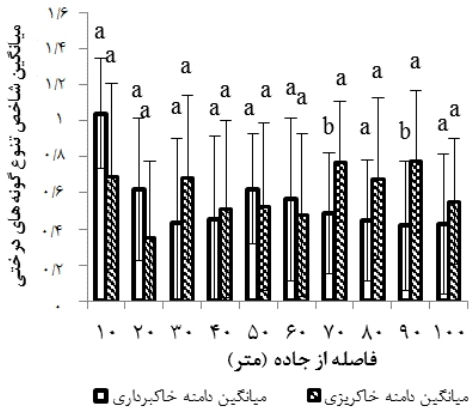
شکل ۱۵- اثر جاده بر میزان ماده آلی در دامنه خاکبرداری



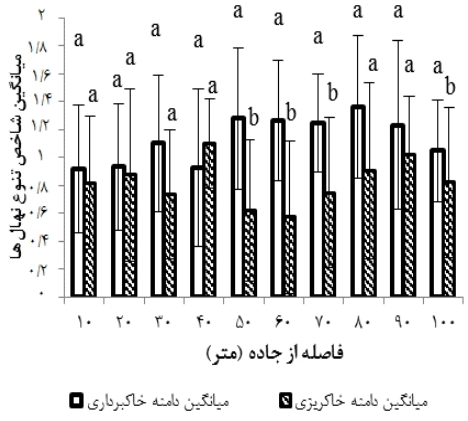
شکل ۱۶- اثر جاده بر میزان ماده آلی در دامنه خاکریزی

مقایسه اثر فاصله از جاده بر تنوع و غنای گونه‌های گیاهی در دو دامنه خاکبرداری و خاکریزی

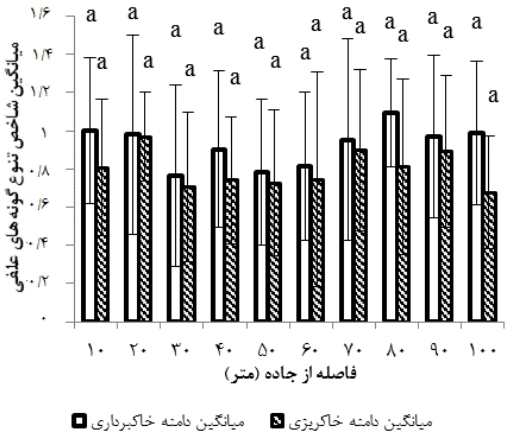
شاخص تنوع شانون گونه‌های درختی تنها در فواصل ۷۰ متر و ۹۰ متر با یکدیگر از نظر آماری تفاوت معنی‌دار دارند. در هر دو فاصله ذکر شده میانگین شاخص تنوع شانون گونه‌های درختی دامنه خاکبرداری میزان کمتری را نشان داد (شکل ۱۷). تنوع نهال‌ها نیز تنها در فواصل ۵۰، ۶۰ و ۷۰ متری معنی‌دار بود که در این فواصل شاخص تنوع شانون نهال‌ها در دامنه خاکریزی از نظر آماری کمتر از دامنه خاکبرداری بود (شکل ۱۸). میانگین تنوع گونه‌های علفی در دو دامنه خاکبرداری و خاکریزی در تمام فواصل از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (شکل ۱۹). نتایج نشان می‌دهد که غنای گونه‌های درختی در دامنه خاکبرداری و خاکریزی در تمام فواصل از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشت (شکل ۲۰). غنای گونه‌ای نهال‌ها در هر دو دامنه جز در فواصل ۳۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰ متری با یکدیگر از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. در این فواصل غنای گونه‌ای نهال‌ها در دامنه خاکریزی کمتر از خاکبرداری بود (شکل ۲۱). همچنین غنای گونه‌های علفی در هر دو دامنه خاکبرداری و خاکریزی در تمام فواصل با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۲۲).



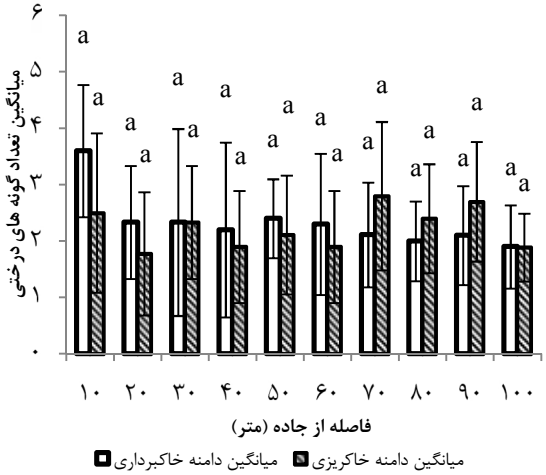
شکل ۱۷- اثر جاده بر تنوع گونه‌های درختی در دامنه خاکبرداری و خاکریزی



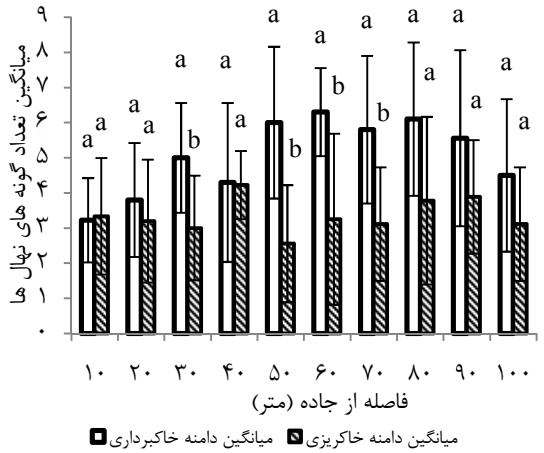
شکل ۱۸- اثر جاده بر تنوع گونه‌های نهال‌ها در دامنه خاکبرداری و خاکریزی



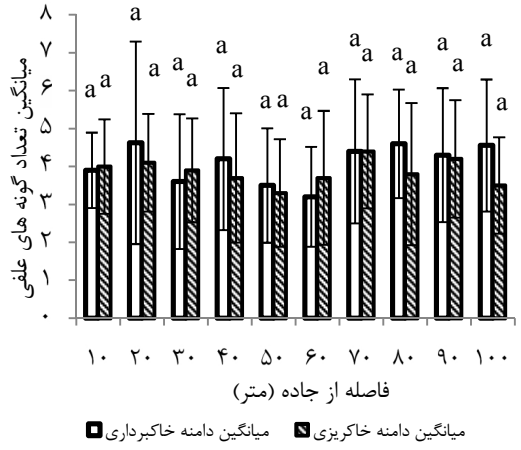
شکل ۱۹- اثر جاده بر تنوع گونه‌های علفی در دامنه خاکبرداری و خاکریزی



شکل ۲۰- اثر جاده بر غنای گونه‌های درختی در دامنه خاکبرداری و خاکریزی



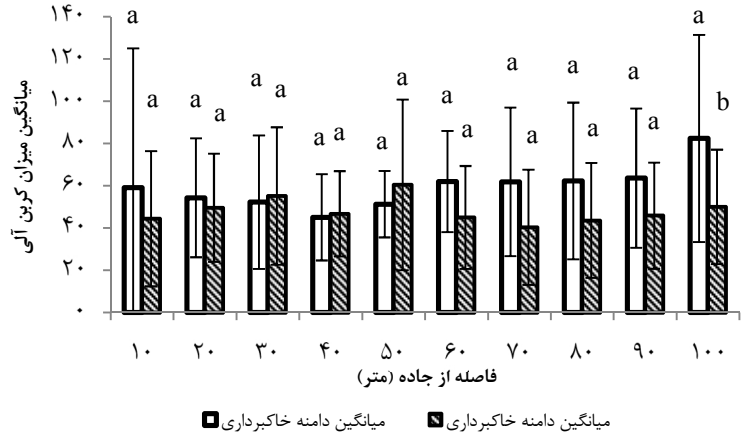
شکل ۲۱- اثر جاده بر غنای گونه نهال‌ها در دامنه خاکبرداری و خاکریزی



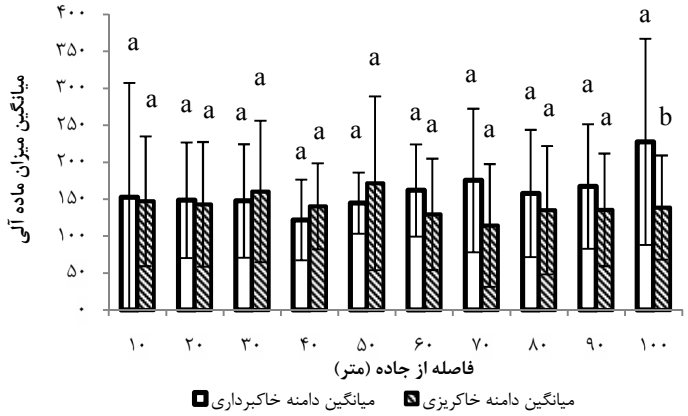
شکل ۲۲- اثر جاده بر غنای گونه‌های علفی در دامنه خاکبرداری و خاکریزی

مقایسه اثرات فاصله از جاده بر میزان کربن آلی در دو دامنه خاکبرداری و خاکریزی

نتایج نشان داد که میانگین میزان کربن آلی در دامنه خاکبرداری و خاکریزی جز در فاصله ۱۰۰ متری از جاده از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشت. در این فاصله میانگین میزان کربن آلی دامنه خاکبرداری از خاکریزی بیشتر بود (شکل ۲۳).



شکل ۲۳- اثر جاده بر میزان کربن آلی در دامنه خاکبرداری و خاکریزی



شکل ۲۴- اثر جاده بر میزان ماده آلی در دامنه خاکبرداری و خاکریزی

اثرات فاصله از جاده بر میزان ماده آلی در دو دامنه خاکبرداری و خاکریزی با استفاده از آزمون t

با توجه به نتایج تنها در فاصله ۱۰۰ متری از جاده تفاوت در میزان ماده آلی دامنه خاکبرداری و خاکریزی معنی‌دار بود که در این فاصله میانگین میزان ماده آلی در دامنه خاکبرداری بیشتر بود (شکل ۲۴).

بحث و نتیجه‌گیری

اغلب تصور بر این است که جاده‌های جنگلی باعث برهم خوردن تعادل بوم‌شناختی می‌شوند. یکی از دلایل این تفکر این است که جاده‌ها سیستم زهکشی طبیعی را تغییر می‌دهند و باعث تمرکز آب می‌شوند. تمرکز آب باعث تغییر در گونه‌های گیاهی و افزایش رسوب می‌شود (Appelboom *et al*., 2002; Lopez *et al*., 2008; Baihua *et al*., 2009; Wemple, 1998; Ramos-Scharron, 2012; Imaizumi & Sidle, 2012; Brown *et al*., 2013; Wear *et al*., 2013). جاده‌هایی با طراحی نامناسب به‌ویژه طراحی نادرست زهکش‌ها می‌تواند با قطع جریان آب باعث خشکی در مناطق پایین‌دست جاده و افزایش آب جاری در مناطق خروجی آبروها و به دنبال آن افزایش خطر جاری شدن سیل و فرسایش در منطقه دیگر می‌شوند. علاوه بر برهم زدن تعادل بوم‌شناختی، از دیگر تأثیرات منفی مطرح شده در مورد جاده‌ها بحث جدایی بوم‌شناختی است که امروزه به‌عنوان بزرگ‌ترین تهدید برای تنوع زیستی و درنتیجه بزرگ‌ترین عامل انقراض است (Noss, 1987; Bennet, 1999; Henle *et al*., 2004). عبور جاده از نقاط حساس به فرسایش از جمله اثرات منفی دیگر جاده‌هاست. در اثر عبور جاده از این نواحی در واقع بار مضاعفی بر طبیعت تحمیل می‌شود که جبران خسارات آن به‌مراتب هزینه‌ای گزاف هم از نظر اقتصادی و هم از نظر بوم‌شناختی به‌دنبال خواهد داشت. اما این مسائل به‌معنای این نیست که تأثیرات منفی جاده‌ها قابل کنترل نیستند. چنانچه در ساخت جاده‌های جنگلی علاوه بر رعایت استانداردهای جاده‌سازی از جمله فاصله زهکش‌ها، شیب جاده، طراحی قوس‌ها و پیچ‌ها مسائل بوم‌شناختی نیز در نظر گرفته شود می‌توان اثرات سوء جاده‌ها را به حداقل رسانید. در نظر گرفتن مسائلی در طراحی و ساخت جاده‌های جنگلی از جمله هماهنگ بودن جاده با

طبیعت، شناخت نقاط حساس به فرسایش، بررسی ویژگی‌های فیزیکی خاک، بررسی وضعیت آبراهه‌ها و میزان آب جاری در نقاط مختلف و در نظر گرفتن وجود گونه‌های با ارزش به‌ویژه گونه‌های در معرض انقراض باعث تعدیل و یا تقلیل برهم خوردن تعادل بوم‌شناختی توسط جاده می‌شود و ساخت یک جاده استاندارد از نقطه نظر بوم‌شناختی را تضمین می‌کنند.

تأثیر فاصله از جاده بر تنوع گونه‌های گیاهی

همان‌طور که قبلاً گفته شد نتایج پژوهش‌های پژوهشگران نشان می‌دهد که با فاصله گرفتن از جاده تنوع گونه‌های گیاهی کاهش می‌یابد (Buckley *et al*., 2003; Godefroid & Koedam, 2004; Marchand & Houle, 2006; Avon *et al*., 2010; Cepelova & Münzbergová, 2012; Rotholz & Mandelik, 2013). در مطالعه حاضر تنوع گونه‌های گیاهی (درختی، نهال و علفی) و همچنین غنای گونه‌ای با فاصله گرفتن از جاده تغییر معنی‌داری از خود نشان نداد. علت را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که از یک طرف جاده جنگلی خیرود نه تنها مطابق با استانداردهای جاده‌های جنگلی ساخته شده بلکه در طراحی این جاده مسئله هماهنگ بودن با طبیعت و توپوگرافی منطقه یعنی تطابق مسیر جاده با شکل زمین از طرف طراحان و سازندگان این جاده کاملاً در نظر گرفته شده است. هماهنگ بودن جاده با طبیعت به‌معنای خاکبرداری و خاکریزی کمتر است که نه‌تنها از فرسایش خاک و تولید رسوب جلوگیری خواهد شد بلکه جاده‌ای با ابعاد کم خواهیم داشت که باعث کاهش به‌هم خوردن تعادل بوم‌شناختی می‌شود. یعنی دو زیستگاه تکه‌ای[1] جدید ایجاد شده در دو طرف جاده نسبت به حالت اول خود از نظر ابعاد تغییر محسوسی نداشتند و کماکان بزرگ باقی‌مانده است، بدین ترتیب ارتباط بوم‌شناختی دو طرف جاده قطع نشده است و چون هر چه ابعاد زیستگاه‌های جدید بیشتر باشد گونه‌های بیشتری را در خود پناه می‌دهند و احتمال حفظ گونه‌های بومی افزایش می‌یابد (Laurance, 2000; Fahrig*et al*., 2009; Delgado *et al*., 2013; Mc Cay *et al*., 2013) درستی نتیجه این مطالعه ثابت می‌شود. علاوه بر این موضوع، توانایی بالای بوم سامانه خزری در ترمیم خود را نیز نباید نادیده گرفت. نتایج مطالعه‌های حاضر نشان داد که تنها غنای گونه‌ای نهال‌ها در دامنه خاکبرداری تفاوت معنی‌داری نشان می‌دهد. در واقع در کنار جاده غنای گونه‌ای نهال‌ها کم است و این موضوع این‌گونه قابل توجیه است که در کنار جاده به دلیل وجود دام در جنگل و چرای حیوانات خطر از بین رفتن نهال‌ها بیشتر و احتمال غنای گونه‌ای کمتر است. از طرفی در اطراف جاده نسبت به داخل جنگل بارش برف و باران و وزش باد شدیدتر است, که این موضوع به‌ویژه در شل‌گروه‌ها باعث از بین رفتن گیاه می‌شود.

نتایج اثرات فاصله گرفتن از جاده بر میزان کربن آلی و بر میزان ماده آلی

گفته شده است که جاده بر ضخامت لایه لاشبرگ اثر دارد. هرچه از جاده فاصله می‌گیریم و به عمق جنگل پیش می‌رویم ضخامت لاشبرگ افزایش می‌یابد.کاهش لاشبرگ به میزان تاج پوشش بستگی دارد (Haskell, 2001; Delgado *et al*., 2013; Mc Cay *et al*., 2013). در مطالعه حاضر میزان کربن آلی و میزان ماده آلی با فاصله گرفتن از جاده تغییرات معنی‌داری نداشت. علت را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که کاهش میزان تاج پوشش با عرض جاده رابطه مستقیم دارد با توجه به عرض کم جاده‌های جنگلی خیرود کاهش میزان تاج‌پوشش آن‌چنان چشم‌گیر نیست. بنابراین تغییر در میزان ماده آلی و به‌تناسب آن تغییر در میزان کربن آلی دیده نمی‌شود. علاوه بر آن در این پژوهش اثر جاده بر تنوع گونه‌های گیاهی معنی‌دار نبود که خود دلیل دیگری بر عدم تأثیر جاده خیرود بر ماده آلی و میزان کربن آلی منطقه است. به‌عبارت دیگر وقتی تغییری در تنوع گونه‌های گیاهی صورت نگیرد به‌دنبال آن تغییری نیز در میزان لاشبرگ موجود در واحد سطح و میزان ماده آلی صورت

1. patch

نمی‌گیرد و در نهایت تغییری نیز در میزان کربن دیده نخواهد شد.

به‌طور کلی می‌توان اظهار داشت که وقتی در ساخت جاده تمامی مسائل بوم‌شناختی در نظر گرفته شود و این مسائل بر اساس میزان اهمیت اولویت‌بندی شوند، جاده‌ای خواهیم داشت که نه‌تنها باعث برهم خوردن تعادل بوم‌شناختی و جدایی زیستگاه‌ها نمی‌شود بلکه اثرات مثبتی نیز به‌همراه دارد. از جمله این اثرات ایجاد امکان دسترسی به‌نقاط مختلف جنگل به‌خصوص در زمان آتش‌سوزی و یا حمله آفات و حتی عملیات جنگل‌شناسی و جنگلداری است. مسئله مهم دیگری که در اینجا به‌وضوح نمایان می‌شود موضوع طراحی و احداث جاده‌های جنگلی توسط کارشناسان جنگل است. یک کارشناس جنگل، جنگل را به‌عنوان یک بوم سامانه پیچیده شامل موجودات زنده بسیار ریز و موجودات زنده بزرگ می‌بینند که در تعادل با یکدیگر به‌سر می‌برند حفاظت از تمامی آن‌ها به‌طور یقین در اولویت بالاتری نسبت به داشتن جاده‌ای تنها با استانداردهای ساختمانی، ترافیکی و عمرانی قرار دارد. برای یک کارشناس جنگل معیار طراحی جاده طبیعت و توپوگرافی منطقه، حفظ مسیر طبیعی جریان آب، حفاظت خاک و تنوع زیستی منطقه است. به‌عبارت‌دیگر در ساخت جاده‌های جنگلی طبیعت قربانی جاده نمی‌شود بلکه جاده است که هماهنگ و همخوان با طبیعت طراحی و ساخته می‌شود. به‌همین دلیل طراحی و ساخت جاده‌های جنگلی و پارک‌های ملی و طبیعی باید ترجیحاً توسط مهندسین جنگل انجام شود و از ورود و نظرخواهی افراد ناآشنا به بوم-سامانه‌های طبیعی نظیر مهندسین راه و ساختمان و عمران شدیداً جلوگیری شود تا از بروز اثرات منفی جاده‌ها که در مطالعه‌های بین‌المللی ذکر شده مطرح شد پیشگیری شود. مثال زنده این منطق را در نتایج این پژوهش در رابطه با طراحی و ساخت جاده جنگلی خیرود که کاملاً توسط کارشناسان جنگل انجام گرفته است، می‌توان مشاهده کرد.

منابع

1. Appelboom, T.W., Chescheir, G.M., Skaggs, R.W. and Hesterberg, D.L., 2002. Management practices for sediment reduction from forest roads in the coastal plains. Transactions of the Asae, 45 (2): 337–344.
2. 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.
3. Baihua, F., Newham, L.T.H. and Field, J., 2009. Modeling erosion and sediment delivery from unsealed roads in southeast Australia. Mathematics and Computers in Simulation, 79(9): 2679-2688.
4. Bennett, A. F., 1999. Linkages in the landscape: The role of corridors and connectivity in wildlife conservation. Gland, Switzerland: World Conservation Union. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 254p.
5. Brown, R. K., Aust, M. W. and McGuire, J. K., 2013. Sediment delivery from bare and graveled forest road stream crossing approaches in the Virginia Piedmont. Forest Ecology and Management, 310:836-846.
6. Buckley, D.S., Crow, T.R., Nauertz, E.A. and Schulz, K.E., 2003. Influence of skid trails and haul roads on understory plant richness and composition in managed forest landscapes in Upper Michigan, USA. Forest Ecology and Management, 175(1): 509-520.
7. Čepelová, B. and Münzbergová, Z., 2012. Factors determining the plant species diversity and species composition in a suburban landscape. Landscape and Urban Planning, 106(4): 336-346.
8. Delgado, D. J., Arroyo, L. N., Arévalo, R. J. and Fernández-Palacios, M. J., 2013. Road edge effects on litter invertebrate communities of subtropical forests. Journal of Natural History, 47(3-4): 203-236.
9. Fahrig, L. and Rytwinski, T., 2009. Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. Ecology and Society, 14(1):1- 21.
10. Godefroid, S. and Koedam, N., 2004. The impact of forest paths upon adjacent vegetation: effects of the path surfacing material on the species composition and soil compaction. Biological Conservation, 119(3): 405-419.
11. Haskell, D.G., 2001. Effects of forest roads on macro invertebrate roil fauna of the southern Appalachian Mountains. Conservation Biology, 14(1): 57-63.
12. Imaizumi, F. and Sidle, C.R., 2012. Effect of forest harvesting on hydrogeomorphic processes in steep terrain of central Japan. Geomorphology, 169: 109-122.
13. Laurance, W.F., 2000. Do edge effects occur over large spatial scales? Trends in Ecology and Evolution, 15(4): 134-135.
14. López, A.J., Zavala, L.M. and Bellinfante, N., 2008. Impact of different parts of unpaved forest roads on runoff and sediment yield in a Mediterranean area. Science of the Total Environment, 407(2): 937-944.
15. Marchand, P. and Houle, G., 2006. Spatial patterns of plant species richness along a forest edge: What are their determinants?. Forest Ecology and Management, 223(1): 113–124.
16. Marvie Mohadjer, M.R., 2005. Silviculture. Tehran, University of Tehran Press, 387p.
17. McCay, S. T., Cardelus, L.C. and Neatrour, A.M., 2013. Rate of litter decay and litter macroinvertebrates in limed and unlimed forests of the Adirondack Mountains, USA. Forest Ecology and Management, 304: 254-260.
18. Noss, R. F., 1987. Corridors in real landscapes: A reply to Simberloff and Cox. Conservation Biology, 1(2): 159–164.

19. Ramos-Scharrón, C. E., 2012. Effectiveness of drainage improvements in reducing sediment production rates from an unpaved road. Journal of Soil and Water Conservation, 67(2): 87-100.
20. Rotholz, E. and Mandelik, Y., 2013. Roadside habitats: effects on diversity and composition of plant, arthropod, and small mammal communities. Biodiversity and Conservation, 22(4): 1017-1031.
21. Wear, R. L., Aust, W.M., Bolding, C.M., Strahm, D.B. and Dolloff, A.C., 2013. Effectiveness of best management practices for sediment reduction at operational forest stream crossings. Forest Ecology and Management, 289: 551-561.
22. Wemple, B. C., 1998. Investigations of runoff production and sedimentation on forest roads. Ph.D. dissertation. Department of forest science, Oregon State University, Corvallis.
23. Zahedi, A. Gh., 1998. Relation between ground vegetation and soil characteristics in a mixed hardwood stand. Ph.D. dissertation. Faculty of Agriculture and Applied Biological Sciences. University Gent, 319p.

The impact of forest road on plant species diversity, organic matter and carbon content (Case study: Patom district of Kheyroud forest)

- **F. Berenji Tehrani*;** M. Sc. Student Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran
- **B. Majnounian;** Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran
- **E. Abdi;** Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran
- **Gh. Zahedi Amiri;** Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran

(Received: 09- Dec- 2013 Accepted: 29- Apr- 2014)

Abstract

Roads have different advantages and disadvantages and also various effects on their adjacent environment. All these effects are studied by the science of road ecology. In this study the impact of roads on species diversity, organic matter and Carbon content was investigated. The current research was carried out in Patom district of Educational and Experimental forest of Kheyroud. At 10 points along the road-with distance of 100 m from each other- toward fill slope and cut slope, we established a 100-meter- transect perpendicular to the road, within which we consider ten 10×10 m plots to record the tree species, ten 2×2 m plots to record the herbal species and ten 0.5×0.5 m plots to sample soil and tree litter. According to the results, the road did not have any significant impacts on species diversity, organic matter and carbon content. The comparison between fill slope and cut slope shows some significant differences just in some distances. To conclude, the studied road is almost narrow and has limited traffic. Moreover, given that this road is constructed by forest engineers, unnecessary cut and fill operations are avoided, so the road is in balance with nature as much as possible and the habitat fragmentation is not so considerable. All these items can be numerated as important factors of moderating the negative effects of this road compared to previous studies, in which the roads are wider and less in balance with nature.

Keywords: road ecology, plant species diversity, organic matter, carbon content, habitat fragmentation.

* Corresponding Author Tel: 09122260627 Email: fb.tehrani@yahoo.com