فصلنامهٔ علمی - پژوهشی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۴، شماره ۲، صفحه ۱۶۰-۱۴۵، (۱۳۹۷)

ارزیابی اثر حاشیه‌ای طرح هندسی جادهٔ جنگلی در تیپ‌های مختلف بر تنوع گونه‌ای گیاهان اکوسیستم مجاور (بررسی موردی: سری یکم جنگل دکتر بهرام‌نیا، گرگان)

سعید راهبری سی‌سخت[۱]، محمدهادی معیری*[۲]، احسان عبدی[۳]، رامین رحمانی[٤] و محمدهادی پهلوانی[٥]

۱- دانشجوی دکتری علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۲- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۳- دانشیار، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران.
٤- دانشیار، گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۵- دانشیار، گروه بیوتکنولوژی و اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

تاریخ دریافت: ۹٦/۰۸/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹٦/۱۰/۱٤

چکیده

هدف این پژوهش ارزیابی مقدار تأثیر هرکدام از طرح‌های مختلف هندسی جادهٔ جنگلی بر روی تنوع زیستی و ترکیب توده‌های گیاهان در دو سمت آن بود. برای این منظور از مقایسهٔ شاخص‌های تنوع زیستی شانون، غنای گونه‌ای منهینیک و یکنواختی اسمیت- ویلسون برای بررسی وضعیت تنوع گونه‌های توده‌های جانبی و از آنالیزهای تطبیقی قوس‌گیری‌شده (DCA) و تطبیقی متعارفی (CCA) به‌منظور بررسی تأثیر متغیرهای محیطی در وضعیت استقرار گونه‌های گیاهی در فواصل مختلف از جاده با توجه به طرح هندسی آن استفاده شد. نتایج مقایسهٔ شاخص‌های تنوع نشان داد که مقدار شاخص تنوع شانون و غنای گونه‌ای منهینیک در دو سمت جاده از حالت مستقیم به سمت درون پیچ افزاینده بود؛ اما شاخص یکنواختی اسمیت- ویلسون روند عکسی را نشان می‌داد. نتایج آنالیز تطبیقی قوس‌گیری‌شده و تطبیقی متعارفی نشان داد که پراکنش گونه‌های نورپسند با افزایش متغیرهای شدت نور و درجه حرارت در حاشیهٔ جاده همبستگی مثبتی داشت. همچنین اثر جاده بر روی این گونه‌ها تا عمق ۱۰ متری از لبهٔ آن بود. گونه-های سایه‌پسند در عمق بیشتری از جنگل نسبت به جاده مستقر شده بودند.

واژه‌های کلیدی: جاده جنگلی، طرح هندسی راه، تنوع زیستی، تحلیل تطبیقی متعارفی.

* نویسنده مسئول: Email: moayeri38@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

تقابل بین سازه‌های ساخت انسان و اکوسیستم مجاور آن همواره چالش‌برانگیز بوده است. جاده‌ها به‌عنوان زیرساخت‌های حمل‌ونقل همچون شریان‌هایی هستند که سراسر یک سرزمین را در برگرفته و سیمای سرزمین را دستخوش تغییر کرده‌اند (Forman and Alexander, 1998). امروزه جاده‌ها به‌منظور دسترسی سریع و دائمی به مناطق مختلف جنگل به‌منظور اعمال اهداف و انجام فعالیت‌های مدیریتی، طراحی و ساخته می‌شوند؛ اما این جاده‌ها اثرهای متفاوتی را به صورت‌های مستقیم و غیرمستقیم بر روی توده‌های مجاور خود دارند. جاده‌های جنگلی با گذر از میان توده‌های گیاهی موجب تغییر عوامل بوم‌شناختی حاشیهٔ آن شده و این موضوع جوامع گیاهی و محیط جنگل را دستخوش تغییرات می‌کند (Benitez Lopez *et al.,* 2010). چندتکه شدن اکوسیستم یکپارچهٔ جنگل (Trombulak and Frissell, 2000)، اثرهای بوم‌شناختی بر گونه‌ها و اکوسیستم‌ها (Fahrig and Rytwinski, 2009) و درنتیجه تأثیر بر جوامع گیاهی (Benitez Lopez *et al.,* 2010)، پراکنده شدن گونه‌های مهاجم در اطراف جاده‌ها (Flory and Clay, 2006)، تغییر در خواص خاک و زیستگاه که منجر به تغییر تراکنش‌های زیستی و پویایی جمعیت می‌شود (Mullerova *et al.,* 2011)، مانند بخشی از اثرهایی است که جاده‌ها در مناطق جنگلی ایجاد می‌کنند. در هنگام ساخت جادهٔ جنگلی، قطع متناوب گیاهان و تغییر در شرایط نور و رطوبت به‌علت باز شدن تاج (Deljouei *et al.,* 2016) سبب بهم خوردن شرایط خاک به نفع زیستگاه‌های باز و هجوم گونه‌های نورپسند و گاه بیگانه و دارای توان رقابتی بالاتر می‌شود که موجب بهم خوردن تعادل زیستی اکوسیستم جنگل می‌شود (Watkins *et al.,* 2003، Buckely *et al.,* 2003). گونه‌های مهاجم یا غیربومی می‌توانند بعد از ساخت جاده در اطراف آن رشد کنند، هرچند که با افزایش فاصله از جاده تعداد این گیاهان کاهش می‌یابد (Arveloa *et al.,* 2005). امروزه مقولهٔ تنوع زیستی از دغدغه‌های مهم فعالان محیط‌زیست است، از این‌رو حفظ تنوع زیستی از مهم‌ترین اهداف در مدیریت پایدار جنگل‌ها محسوب می‌شود (Hermy and Verheyen, 2007). مطالعات گذشته بیشتر بر روی حضور و توسعهٔ گونه‌های مهاجم (بیگانه) تمرکز داشته‌اند (Flory and Clay, 2006، Hansen and Clevenger, 2005، Parendes and Jones; 2000)، بنابراین دانش ما در زمینهٔ عکس‌العمل جوامع گیاهی درون جنگل به تغییرات ناشی از جادهٔ جنگلی و عمق نفوذ اثر جاده به درون آن اندک است (Pauchard and Alaback, 2004).

نور مهم‌ترین عامل اکولوژیک درون جنگل است که با تغییر در مقدار آن بسیاری از فرآیندهای زیستی درون جنگل دستخوش تغییرات می‌شود (Forman and Alexander, 1998). طرح‌های هندسی جاده (مستقیم، قوس و پیچ) هرکدام به مقدار مختلف سبب باز شدن فضا در اطراف خود می‌شوند و مقدار متفاوتی از نور را وارد محیط جنگل می‌کنند (Schuman *et al.,* 2002، Rahbari-Sisakht *et al.,* 2017). علاوه بر این حجم عملیات خاکی و دست‌کاری در طبیعت هنگام ساخت جاده، از حالت مستقیم به سمت پیچ افزایش می‌یابد و این خود می‌تواند بر روند استقرار گونه‌ها و ترکیب آنها مؤثر باشد. حاشیهٔ جادهٔ جنگلی یک منطقهٔ باز و زیستگاهی است که نسبت به درون جنگل دارای شرایط آب و هوایی و خاک متمایز است (Parendes and Jones, 2000، Watkins *et al.,* 2003). در واقع حاشیهٔ جاده مانند زیستگاهی است که در دوران ابتدایی توالی قرار دارد

Archive of SID

www.SID.ir

(Avon *et al.,* 2010). رفته‌رفته مقدار برد اثر جاده‌ها به عمق درون جنگل نیز موردتوجه پژوهشگران مختلف قرار گرفت که هرکدام نتایج مختلفی را در زمینهٔ دامنهٔ تغییرات در شرایط نوری و استقرار و تنوع گیاهان در مسافت‌های مختلف از لبهٔ جادهٔ جنگلی گزارش کرده است. این تغییرات دامنه‌ای بین ۵ متر (Avon *et al.,* 2013) تا ۱۵۰ متر (Hansen and Clevenger, 2005) را مورد بررسی قرار داده‌اند. هرچند که حتی اگر تأثیر جاده تنها به چند متر ابتدایی ختم شود، در نهایت و با گذر زمان این اثر، برای برخی گونه‌ها تا فواصل بیشتر به سمت درون جنگل گسترش می‌یابد (Avon *et al.,* 2010). جاده‌های جنگلی در مناطق کوهستانی در طول مسیر خود با توجه به وضعیت زمین دارای طرح‌های مختلف هندسی (پیچ، قوس و جادهٔ مستقیم) هستند. این جاده‌ها بسته به ارتفاعی که طی می‌کنند از میان تیپ‌های مختلف جنگلی عبور کرده و درنتیجه آن اثرهای مختلفی را بر روی گونه‌های درختی و درختچه‌ای محیط اطراف خود می‌گذارند. هرچند از دیدگاه علوم جنگل، مدت‌زمان زیادی از عمر طرح‌های جنگل در ایران نمی‌گذرد، اما با توجه به نوع نگرش و برنامه‌های مدیریت طرح‌های جنگلداری، اثرهای جاده بر روی تنوع زیستی و گونه‌ای توده‌های مجاور متفاوت است. کنش و واکنش بین فعالیت‌های مدیریتی و تأثیر جاده‌های جنگلی بر روی تنوع گونه‌ای گیاهان جنگل یک مسئلهٔ مهم برای فعالیت‌های حفاظتی و اهداف پایداری است.

از این‌رو هدف از انجام این پژوهش بررسی نوع و مقدار اثر جاده‌های جنگلی شمال کشور بر عوامل محیطی و متقابلاً تأثیر این عوامل بر روی تنوع گونه‌های اطراف جاده با توجه به وضعیت طرح هندسی آن در تیپ‌های جنگلی مجاور آن بود. این اطلاعات می‌تواند برای مدیران جنگل و همچنین طراحان و برنامه‌ریزان شبکهٔ جاده‌های جنگلی و برای توسعهٔ ذخیره‌گاه‌های گونه‌های بومی و همچنین به‌منظور کنترل گونه‌های مهاجم، مفید و راهبردی باشد.

مواد و روش‌ها

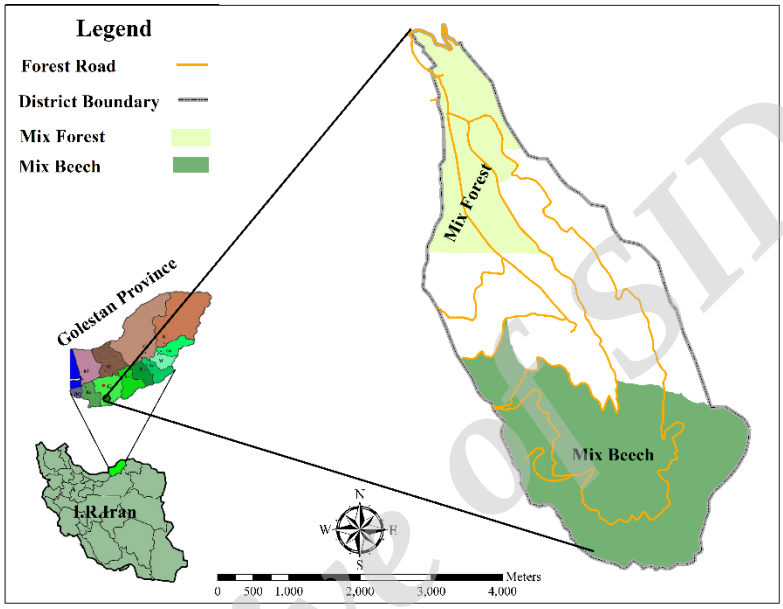
این پژوهش در طول شبکه جادهٔ جنگلی سری یک از جنگل آموزشی و پژوهشی طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا متعلق به دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان طی ماه‌های خرداد و تیر ۱۳۹٤ انجام گرفت. این جنگل با مساحت ۱۷۱۳/۳ هکتار بین ″٦ ′٤٨ ٤ ٣٦–″٢٧ ′٤٣ ٣٦ عرض جغرافیایی و ″٢٦ ′٢١ ٥٤–″٥٧ ′٢٤ ٥٤ طول جغرافیایی قرار دارد. تعداد پارسل‌های این سری ۳۳ پارسل است که دارای شبکه جاده به طول ۳۱ کیلومتر و با تراکم ۱۸/۱۳ متر در هر هکتار است. فاصله متوسط جاده‌ها در سری یک حدود ۵۵۱/۱۸ متر است و با توجه با اطلاعات مربوط به پروانه‌های قطع و ساخت جاده‌ها به‌طور متوسط ۲٦ سال از زمان ساخت جاده‌های سری یک می‌گذرد. این سری از شمال با ارتفاع ۲۱۰ متری از سطح دریا به‌طرف جنوب با ارتفاع ۱۰۱۰ متر گسترده شده و جهت غالب آن به سمت جهت شمال است (شکل ۱).

طی چندین مرحله پیمایش و بررسی نقاط مختلف در طول جادهٔ جنگلی منطقهٔ مورد بررسی، در نهایت تعداد ٢٤ نقطه در دو تیپ جنگل آمیخته و راشستان آمیخته با توجه به نوع طرح هندسی راه، انتخاب شد. در محل هر نقطه، از مرکز جاده به سمت درون جنگل ترانسکت‌هایی به طول ۱۰۰ متر (Avon *et al.,* 2010 ،Delgado *et al.,* 2007) عمود بر محور وسط جاده، در دو سمت دامنهٔ بالا و پایین‌دست (ترانشه‌های خاک‌برداری و خاک‌ریزی) جاده در نظر گرفته شد. در طول هر ترانسکت، قطعات

Archive of SID

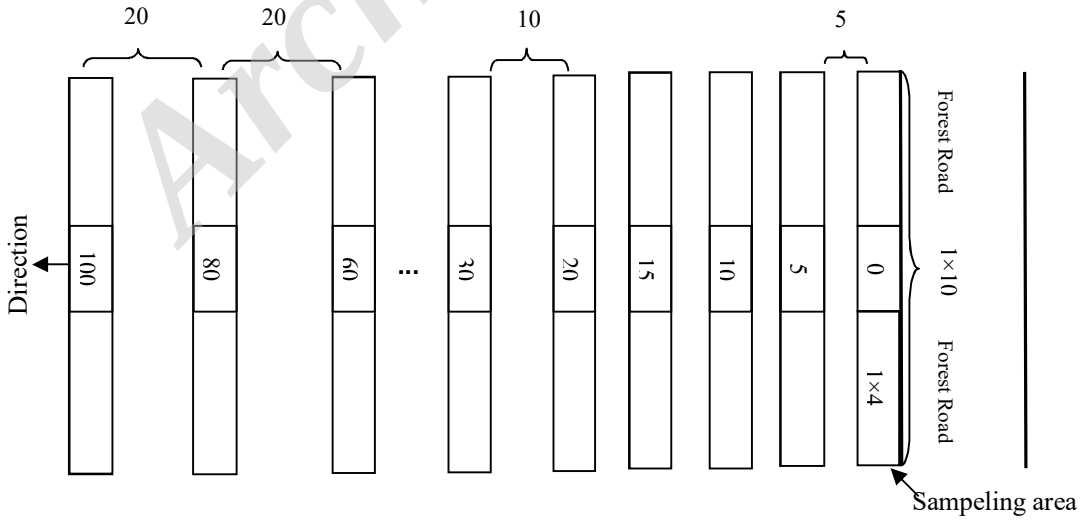
www.SID.ir

نمونه اصلی با ابعاد ۱×۱۰ متری در فواصل صفر (لبه جاده)، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ متری (Auerbach *et al.*, 1997 ،Avon *et al.*, 2013) انتخاب و یک پلات فرعی ۱×٤ متری (Tahmasebi *et al.*, 2012)، به‌گونه‌ای که عرض آن در جهت شیب و طول آن در جهت عمود بر شیب عرصه بود، به‌صورت تصادفی انتخاب شد. تعداد و انواع تمامی گونه‌های علفی، نونهال و نهال‌ها، درختچه‌ها و درختان به ترتیب در پلات‌های فرعی ۱×٤ مترمربعی برای گونه‌های علفی و پلات‌های ۱×۱۰ مترمربعی برای گونه‌ها در مرحلهٔ نهال، درختچه‌ای و درختی ثبت شد (شکل ۲).



شکل ۱- موقعیت سری یکم جنگل شصت‌کلاته و وضعیت تیپ‌ها و جاده‌های جنگلی

Figure 1. Location of the first district of Shast-kolateh forest and its forest types and roads



شکل ۲- وضعیت ترانسکت نسبت به جادهٔ جنگلی و پلات‌های نمونه‌برداری در طول آن

Figure 2. Transect position relative to forest road and sampling plots along it

Archive of SID
www.SID.ir

از شاخص‌های تنوع زیستی شانون، غنای گونه‌ای منهینیک و یکنواختی اسمیت- ویلسون با استفاده از نرم‌افزار Past (نسخهٔ 4.5) و Ecological Methodology (نسخهٔ 7.2) به‌منظور ارزیابی تنوع اثر جاده بر تنوع گونه‌های مستقرشده در اطراف آن تا در بازهٔ صد متری استفاده شد. در ادامه این شاخص‌ها توسط آزمون مقایسهٔ میانگین دوطرفه با توجه به طرح هندسی جاده مورد بررسی قرار گرفتند. به‌منظور بررسی روابط بین گیاهان و تغییر ایجادشده در عوامل محیطی (درجه حرارت خاک (Soil Tem)، شدت نور (Light De)، درجه حرارت هوا (Air Temp)، کربن آلی خاک (Carbon)، درصد تاج پوشش (Canopy C)، رطوبت خاک (Soil Moi)، ازت خاک (Nitrogen) و فعالیت دو آنزیم دهیدروژناز (Dhy) و اوره‌آز (Ureas)) در اثر وجود جاده، از روش Laps and Smilaure (2003) برای تعیین روش مناسب (خطی یا غیرخطی) در تجزیه‌وتحلیل بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی و موقعیت پوشش گیاهی استفاده شد. با توجه به طول گرادیان می‌توان از آنالیز تطبیقی قوس‌گیری‌شده یا DCA (Detrended Correspondence Analysis) و یا از آنالیز تطبیقی متعارفی یا CCA (Canonical Correspondence Analysis)، به کمک نرم‌افزار Canoco v.4.5 با تعداد ۹۹۹ جایگشت (Varasteh-Moradi, 2011)، استفاده شد (Avon *et al.,* 2013). آنالیز تطبیقی متعارفی یکی از بهترین و مناسب‌ترین روش‌های رسته‌بندی است که به‌منظور بررسی روابط میان گونه‌ها و عوامل محیطی به کار می‌رود (Eshaghi Rad *et al.,* 2017). تمامی آزمون‌ها و محاسبات آماری اعم از مقایسهٔ میانگین‌های دوطرفه در محیط برنامه SASWin v.9.1 انجام گرفت.

نتایج

نتایج حاصل از شناسایی گونه‌های گیاهی مشاهده شده درون پلات‌های اصلی و فرعی نشان‌دهندهٔ ۲۲ گونهٔ علفی، ۷ نهال، ٤ درختچه و ۱۰ درخت بود (جدول ۱).

نتایج مقایسهٔ میانگین دوطرفهٔ هرکدام از شاخص‌های تنوع زیستی اندازه‌گیری‌شده نشان داد که تأثیر طرح هندسی جاده و دو سمت بالا و پایین‌دست جاده بر روی هرکدام از مؤلفه‌های مورد بررسی بود. هرچند که مقدار شاخص تنوع شانون و غنای گونه‌ای منهینیک در هر دو تیپ مورد بررسی و دو سمت جاده از حالت مستقیم به سمت درون‌پیچ افزاینده بود؛ اما شاخص یکنواختی اسمیت- ویلسون روند کاهشی را نشان می‌داد. لازم به ذکر است، به‌طورکلی تأثیر طرح هندسی جاده در قسمت بالادست بر روی هر یک از شاخص‌های مورد بررسی بیشتر از سمت دیگر بود (جدول ۲).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- اسامی علمی و درصد گونه‌های علفی و درختی مشاهده‌شده در پلات‌های اصلی و فرعی

Table 1. Scientific name and percentage of herbaceous and tree species observed in main and secondary plots

گونه Species	خانواده Family	فاصله از جاده (متر) Distance to road (m)									
		0	5	10	15	20	30	40	60	80	100
Asperula odorata L.	Rubiaceae	0	0	0	7.59	2.50	2.42	0.67	1.02	0.00	0.97
Sambucus ebulus L.	Adoxaceae	6.09	1.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Potentilla reptans L.	Rosaceae	0.00	0.00	0.00	9.38	3.80	4.88	3.57	6.25	14.0	0.00
Mentha longifolia (L.) Hudson.	Hypericaceae	2.07	2.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Convolvulus silvaticus L.	Convolvulaceae	0.64	0.00	6.52	0.00	5.33	0.00	3.31	0.00	0.00	0.00
Rumex patientia L.	Polygonaceae	4.14	1.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rubus hirtus L.	Rosaceae	13.3	2.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Juncus silvaticus	Juncaceae	5.77	0.75	8.70	0.00	0.00	1.61	0.00	0.00	0.00	0.00
Equisetum ramosissimum Desf.	Equisetaceae	4.81	5.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pteridum aquilium (L.) Kuhn	Dennstaedtiaceae	0.00	0.00	4.35	0.00	5.59	0.00	5.33	0.00	0.00	8.74
Athyrium filix-femina (L.) Roth.	Woodsiaceae	0.00	0.00	0.00	3.80	0.00	0.00	4.00	0.00	11.90	2.91
Circaea lutetiana L.	Onagraceae	0.00	0.00	0.00	3.80	6.33	2.42	0.00	6.12	0.00	7.77
Hedera pastuchowii Woronow.	Araliaceae	2.84	6.26	4.35	0.00	0.00	2.42	0.00	0.00	0.00	0.00
Mercurialis perennis L.	Euphorbiaceae	0.00	2.00	10.9	7.59	0.00	24.1	32.0	16.3	0.00	5.83
Malva sp.	Malvaceae	0.00	1.75	0.00	7.59	2.53	8.06	0.67	2.04	0.00	0.00
Festuca pratensis Huds.	Poaceae	5.13	4.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ephorbia amigdaloides L.	Euphorbiaceae	0.00	1.75	0.00	2.53	0.00	0.81	0.00	3.06	2.38	0.00
Lamium album L.	Lamiaceae	4.81	6.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Urtica dioica L.	Urticaceae	8.01	9.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lamium galeobdolon (L.) L.	Lamiaceae	6.09	4.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

* نهال درختان و درختچه‌ها.

* Sapling and shrubs

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول ۱.

Continued table 1.

گونه Species	خانواده Family	فاصله از جاده (متر) Distance to road (m)									
		0	5	10	15	20	30	40	60	80	100
Oplismenus undulatifolius (Ard.) P.	Plantaginaceae	0.00	0.00	4.35	22.78	32.91	38.1	37.3	40.8	33.19	55.3
Hypericum androsaemum L.	Hypericaceae	7.37	3.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zelkova carpinifolia (Pall.) Dippel	Ulmacae	0.47	3.56	13.3	0.00	5.56	0.00	0.00	0.00	12.00	0.00
Mespilus germanica L.	Poaceae	0.00	6.39	8.70	1.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acer velutinum Boiss.	Aceraceae	1.92	2.75	0.00	2.53	0.00	0.81	1.33	0.00	0.00	0.97
Acer cappadocicum Gled.	Aceraceae	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00
Prunus divaricata Ledeb.	Rosaceae	1.60	1.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ficus caracia L.	Moraceae	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Parrotia persica (DC.) C.A. May.	Hamamelidaceae	2.56	6.39	5.52	2.22	2.53	3.23	1.33	3.06	1.19	1.94
Quercus castaneifolia C. A. May.	Fagaceae	1.92	3.63	0.00	5.33	2.53	0.00	0.00	0.00	1.19	0.00
Alnus subcordata C. A. May.	Betulaceae	1.92	1.75	0.00	0.00	1.27	0.00	0.00	1.02	0.00	0.00
Diospyros lotus L.	Ebenaceae	3.85	5.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fagus orientalis Lipesky.	Fagaceae	0.96	3.63	15.2	9.13	11.39	6.45	3.33	4.08	5.11	6.83
Carpinus betulus L.	Betulaceae	1.60	1.75	5.07	3.80	5.06	1.61	0.67	2.04	8.33	2.91

* نهال درختان و درختچه‌ها.

* Sapling and shrubs

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول ۱.

Continued table 1.

گونه Species	خانواده Family	فاصله از جاده (متر) Distance to road (m) 0	5	10	15	20	30	40	60	80	100
Crataegus sp.	Rosaceae	0.64	0.00	0.00	0.00	1.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acer velutinum Boiss.*	Aceraceae	0.96	1.75	0.00	2.53	0.00	1.61	0.00	1.02	5.95	0.00
Acer cappadocicum Gled.*	Aceraceae	0.96	1.04	0.00	0.00	1.27	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00
Ficus caracia L.*	Moraceae	0.96	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Parrotia persica (DC.) C.A. May.*	Hamamelidaceae	0.96	3.75	2.17	0.00	0.00	1.47	0.00	2.04	1.19	0.00
Alnus subcordata C. A. May. *	Betulaceae	3.56	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Diospyros lotus L.*	Ebenaceae	2.81	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fagus orientalis Lipesky.*	Fagaceae	0.00	0.00	6.52	8.13	6.33	0.00	1.33	5.03	3.57	5.83

* نهال درختان و درختچه‌ها.

* Sapling and shrubs

جدول ۲- مقایسه میانگین دوطرفهٔ تأثیر دو سمت جاده با توجه به طرح هندسی آن بر روی شاخص‌های مختلف تنوع زیستی

Table 2. Comparison of the paired average effect of two sides of the road on different indices of biodiversity according to its geometric plan

یکنواختی اسمیت- ویلسون Smith-Wilson's evenness			غنای منهینیک Menhinick richness			تنوع شانون Shannon index (H)				
پیچ Switch	قوس Curve	مستقیم Straight	پیچ Switch	قوس Curve	مستقیم Straight	پیچ Switch	قوس Curve	مستقیم Straight	طرح هندسی G-Plan	
0.340[b]	0.382[a]	[a]0.490	2.85[b]	2.23[a]	2.22[a]	2.33[b]	1.26[a]	1.10[a]	بالادست Uphill	جنگل آمیخته Mix-Forest
0.415[a]	0.482[a]	0.451[a]	2.87[b]	1.37[a]	1.25[a]	1.31[a]	1.16[a]	1.28[a]	پایین‌دست Downhill	
0.512[b]	0.830[a]	0.871[a]	1.61[a]	1.22[a]	1.40[a]	2.02[b]	1.52[a]	1.48[a]	بالادست Uphill	راشستان Mix-Beech
0.647[a]	0.626[a]	0.660[a]	1.42[b]	1.24[a]	1.19[a]	1.23[a]	1.01[a]	1.12[a]	پایین‌دست Downhill	

* حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهندهٔ عدم تفاوت معنی‌دار آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد آزمون دانکن است.

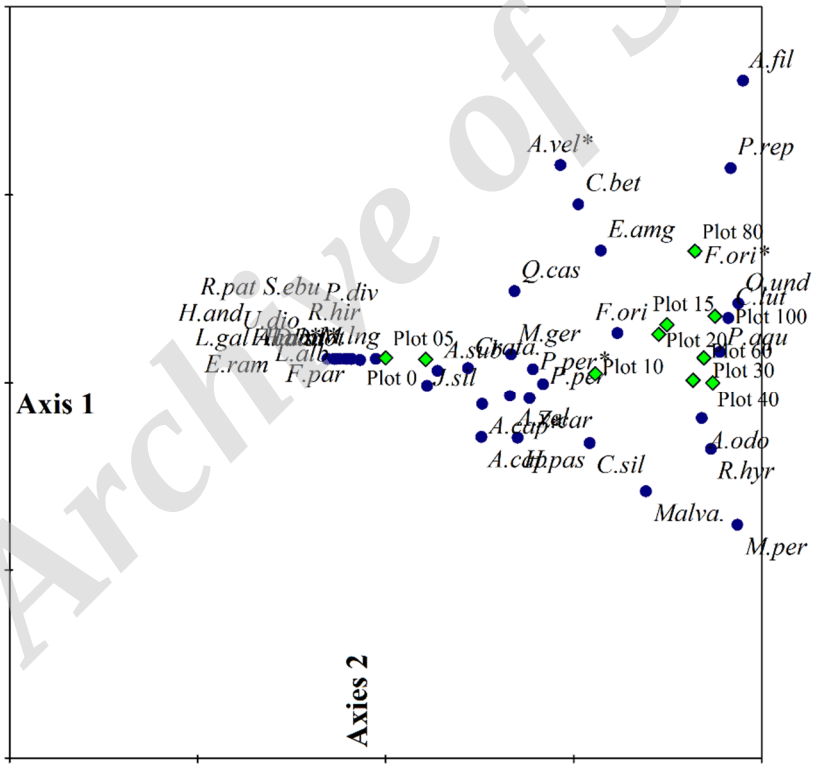
* Common letters in each column indicate no significant difference at the 95% confidence level of Duncan's test.

با توجه به اینکه طول گرادیان در تحلیل تطبیقی قوس‌گیری شده بیشتر از ۳ بود (۳/۱۳)، از این‌رو از دو آنالیز DCA و CCA استفاده شد (Eshaghi Rad *et al.*, 2009). نتایج رسته‌بندی DCA نشان داد که

Archive of SID

www.SID.ir

بیشترین مقادیر ارزش ویژه (Eigenvalues) متعلق به محورهای اول و دوم بوده (به ترتیب ۰/۷۹ و ۰/۱۳) درنتیجه از این دو محور به‌منظور نشان دادن تغییرات موجود در ساختار پوشش گیاهی منطقه نسبت به جادهٔ جنگلی استفاده شد. لازم به ذکر است که نام گونه‌ها به‌اختصار به‌صورت حرف اول نام جنس (با حرف بزرگ) و سه حرف اول نام گونه (با حروف کوچک) نشان داده شده است. نتایج حاصل از آنالیز DCA نشان داد که هر چه از جادهٔ جنگلی به سمت درون جنگل پیش برویم تعداد گونه‌های سایه‌پسند افزایش می‌یافت. به‌طوری‌که نهال راش بیشتر در اطراف پلات‌های با فاصلهٔ دورتر نسبت به جاده (بعد از ۶۰ متری) مستقر بود. همچنین نتایج نشان داد که نونهال و نهال گونه‌های نورپسندی همچون خرمندی و انجیر در لبهٔ جاده و انجیلی و افرا در فواصل بین ۵ متر تا ۱۰ متری از جاده بیشترین فراوانی را داشتند. از طرفی گونه‌های علفی مانند آقطی (پلم)، ترشک، انواع گزنهٔ سفید و دوپایه و دم اسبی در لبهٔ جاده بیشترین حضور را داشتند درحالی‌که کوله‌خاس و آسپرولا در راشستان فواصل دورتر از جاده را ترجیح داده بودند. نتایج همچنین نشان داد که در فواصل نزدیک به جاده گونه‌های درختچه و درختی همچون آلوچه، توسکا، ازگیل بیشترین فراوانی را داشتند (شکل ۳).



شکل ۳- دیاگرام حاصل از DCA، دایره‌ها (●) بیانگر گونه‌های گیاهی و لوزی (◆) بیانگر پلات‌های اندازه‌گیری در فواصل مختلف از جادهٔ جنگلی است.

Figure 3. The DCA derived diagram, circles (●) representing plant species and diamonds (◆) indicating the plot of measurements at different distances from the forest road.

در ادامه به‌منظور بررسی روابط میان گونه‌ها استقرار یافته در بازهٔ ۱۰۰ متری اطراف جادهٔ جنگلی و عوامل محیطی از روش آنالیز تطبیقی متعارفی (CCA) استفاده شد. نتایج نشان داد که چهار محور اول بیش

Archive of SID

www.SID.ir

از ۹۰ درصد تغییرات داده‌ها را در بر گرفت که حاکی از ساختار قابل‌قبول داده‌های نتایج تجزیه و اعتبار محورهای معرفی شده بود. با توجه به اینکه محورهای اول و دوم حاصل از CCA به ترتیب با ۰/۷۸۱ و ۰/۱٦٤ بیشترین ارزش ویژه (Eigenvalues) را دارا بودند، برای نمایش انتخاب شدند. نتایج آنالیز همبستگی به‌منظور متغیرهای محیطی نشان داد که شدت نور، درجه حرارت خاک و دمای هوا با محور اول همبستگی مثبتی داشتند. درحالی‌که درصد تاج-پوشش، کربن آلی، ازت و دو آنزیم دهیدروژناز و اوره‌آز خاک با این محور همبستگی منفی‌ای داشتند. جهت محور دوم نتایج تحلیل همبستگی نشان داد که شدت نور، ازت و دو آنزیم دهیدروژناز و اوره‌آز همبستگی منفی و درصد تاج‌پوشش، درجه حرارت خاک، دمای هوا و درصد کربن آلی خاک با این محور همبستگی مثبتی داشتند (جدول ۳).

جدول ۳- جدول همبستگی متغیرهای محیطی اندازه‌گیری شده و محورها در آنالیز CCA

Table 3: The correlation table of measured environmental variables and axes in the CCA analysis

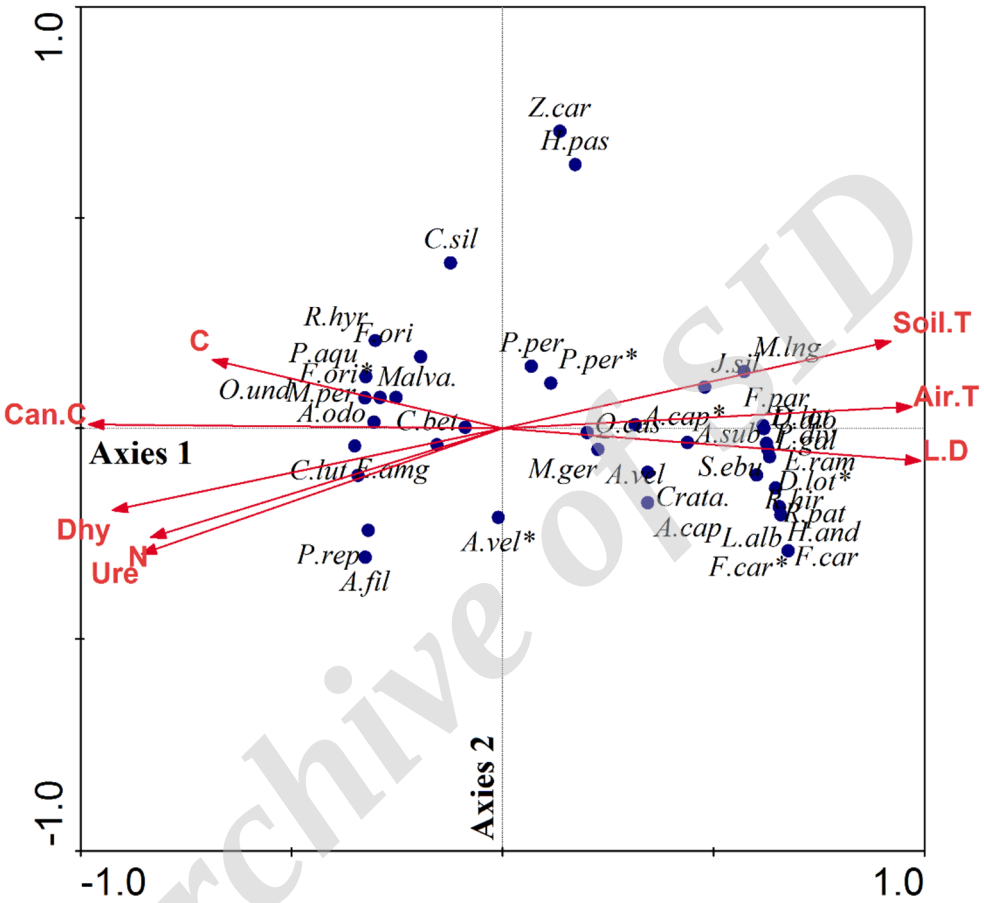
متغیرها Variables	محور ۱ Axis 1	محور ۲ Axis 2
شدت نور Light density (L.D)	0.98^{ns}	-0.07^{**}
درصد تاج پوشش Canopy cover (Can.C)	-0.97^{**}	0.01^{ns}
درجه حرارت خاک Soil temperature (Soil.T)	0.91^{**}	0.20^{**}
دمای هوا Air temperature (Air.T)	0.96^{**}	0.05^{**}
درصد کربن Carbon (C)	-0.68^{ns}	0.18^{**}
نیتروژن Nitrogen (N)	-0.83^{**}	-0.26^{ns}
دهیدروژناز Dehydrogenase (Dhy)	-0.92^{**}	-0.19^{**}
اوره‌آز Urease (Ure)	-0.85^{**}	-0.29^{**}

نتایج آنالیز تطبیقی متعارفی همبستگی معکوسی را بین متغیرهای محیطی درجه حرارت خاک، درجه حرارت هوا و شدت نور با مقدار کربن آلی و ازت خاک، درصد تاج پوشش و مقدار فعالیت آنزیم‌های دهیدروژناز و اوره آز نشان داد. نتایج این پژوهش همچنین نشان داد با فاصله گرفتن از جاده جنگلی شرایط حاصلخیزی خاک در پلات‌های با فاصلهٔ بیشتر از ۳۰ متر رو به بهبودی گذاشت (شکل ٤) و در منطقهٔ مورد بررسی افزایش شدت نور که موجب افزایش درجه حرارت خاک و محیط می‌شود، با حضور گونه-هایی همچون توسکا، بلوط، پلت، خرمندی و انجیلی همبستگی مثبتی دارد. نتایج نشان داد که هرچند که گونهٔ درختی ممرز تمایل بیشتری برای استقرار در محیط با خاک حاصلخیزتر و شدت نور کمتر دارد، اما همبستگی گونهٔ راش با محیط‌های با شدت تاج پوشش بالا و مواد معدنی خاک بیشتر در خاک، قوی-

Archive of SID

www.SID.ir

تر بود. همچنین نتایج مؤید این موضوع بود که حضور گونه‌های علفی همچون آسپرولا، علف جیوه، ملف، سرخس عقابی و گونهٔ خاص همبستگی زیادی با افزایش کربن خاک داشتند. درحالی‌که پونه، ترشک، گزنهٔ سفید و گزنهٔ دوپایه، فستوکا و دم‌اسبی همبستگی مستقیمی را با افزایش شدت نور و درجه حرارت محیط نشان دادند.



شکل ٤- دیاگرام حاصل از CCA، دایره‌ها (●) بیانگر گونه‌های گیاهی در فواصل مختلف از جادهٔ جنگلی همچنین بردارها و جهت آنها به ترتیب بیانگر متغیرهای محیطی و نوع همبستگی آنهاست. در شکل حروف لاتین بیانگر درجه حرارت خاک (Soil.T)، شدت نور (L.D)، درجه حرارت هوا (Air.T)، کربن آلی خاک (C)، درصد تاج پوشش (Can.C)، ازت خاک (N)، آنزیم دهیدروژناز (Dhy) و اوره‌آز (Ureas) است.

Figure 4. The CCA derived diagram, circles (●) representing plant species at different distances from the forest road. Also, the vectors and their orientation represent the environmental variables and type of their correlation respectively. In the figure, Latin letters represented as the degree of soil heat (Soil.T), light density (L.D), air temperature (Air.T), organic carbon (Carbon), canopy cover (Can.C), soil nitrogen (N), dehydrogenase (Dhy) and urease (Urea) enzyms.

Archive of SID

www.SID.ir

بحث

نتایج این پژوهش نشان‌دهندهٔ اثر معنی‌دار تیپ جنگلی، طرح هندسی جاده و فاصله از جاده بر روی شاخص‌های تنوع گونه‌ای در تودهٔ مجاور بود. بیشترین مقدار تنوع و کمترین مقدار یکنواختی در اطراف پیچ‌ها بخصوص سمت داخل آن مشاهده شد که علت آن را می‌توان قطع بیشتر درختان و فضای بازشدهٔ بیشتر در ساخت پیچ نسبت به دیگر طرح‌های هندسی دیگر دانست. از طرفی با فاصله گرفتن از جاده، صدمات و عوارض ناشی از ساخت جاده جنگلی و همچنین تغییرات ایجاد شده در تاج پوشش کاهش می‌یابد و به حالت تودهٔ اصلی (کلیمامس) بر می‌گردد (Deljouei *et al.,* 2016)، بنابراین در این مناطق شاخص‌های تنوع کمتر و یکنواختی افزایش می‌یابد (Zenner and Berger, 2008، Bulkly *et al.,* 2003). علاوه بر این، به‌طور متوسط مقدار نور، عمق لایه لاشبرگی، نسبت کربن به نیتروژن (C/N) و درصد تاج پوشش در لبهٔ جاده به‌گونه‌ای است که فضای بازِ بیشتر و شرایط مواد غذایی متفاوت نسبت به درون جنگل، سبب ایجاد شرایط مطلوب برای حضور گونه‌های نورپسند و تند رشد می‌شود (Avon *et al.,* 2013). هجوم این گونه‌ها به حاشیهٔ جاده و وجود گونه‌هایی که قبل از ساخت جاده در محل بوده‌اند، موجب تغییر در شاخص‌های تنوع و همچنین کاهش یکنواختی گونه‌ای در اطراف جاده می‌شود.

همان‌طور که در نتایج مشاهده شد بیشتر بودن دمای خاک در اطراف جادهٔ جنگلی نیز موجب از دست دادن رطوبت خاک خواهد شد. علاوه بر این عملیات جاده‌سازی و رفت‌وآمد وسایل سنگین حمل‌ونقل چوب به‌مرورزمان سبب کوبیدگی بیشتر خاک و از بین رفتن خلل و فرج درون خاک مناطق نزدیک به حاشیهٔ جادهٔ جنگلی می‌شود (Karim and Mallik, 2008). این کوبیدگی و فشرده شدن خاک اطراف جاده موجب کاهش هوا و رطوبت درون خاک می‌شود (Amelung *et al.,* 1999، Naghdi *et al.,* 2014). استفاده از سنگ‌آهک برای ساخت و فعالیت‌های تعمیر و نگهداری جاده جنگلی و تولید و انتقال رسوب از بستر جاده به سمت لبه‌های آن (Rahbari-Sisakht *et al.,* 2014)، اسیدیتهٔ خاک را کاهش می‌دهد (Mrotzek *et al.,* 2000). تمام عوامل ذکرشده موجب تغییر پوشش گیاهی و تنوع آنها در لبهٔ جاده نسبت به شرایط با ثبات‌تر درون جنگل می‌شود که نتایج تحقیق حاضر نیز مؤید همین موضوع است.

همان‌گونه که آنالیز DCA نشان داد، قسمت‌های درون جنگل مطلوبیت بیشتری برای گونه‌های سایه‌پسند و حساس به آشفتگی داشتند. نونهال و نهال‌های گونهٔ سایه‌پسندی همچون راش در فواصل دورتر از جاده فراوانی بیشتری داشت. درحالی‌که درختان راش در لبهٔ جاده نیز به همراه گونه‌های نورپسندی مانند انجیر، افرا پلت و خرمندی حضور داشتند. گونهٔ فرصت‌طلب و مهاجمی همچون تمشک نیز در قطعات نمونه نزدیک به لبهٔ جاده فراوانی بیشتری داشت. در تیپ جنگلی آمیخته ترکیب اصلی رویشی (انجیلی و ممرز و بلوط) به همراه گونه‌هایی مانند آزاد، پلت و توسکا در طول ترانسکت قابل مشاهده بود. در این تیپ و در پلات‌های نزدیک به جاده در بازهٔ صفر تا ۱۰ متری از لبهٔ جادهٔ جنگلی، گونه‌های علفی آقطی، تمشک، انواع گزنهٔ سفید و دوپایه، دم‌اسبی، عشرق و گونه‌هایی مانند آلوچه و خرمندی فراوانی بیشتری داشتند. هرچند که جوامع گیاهی بین لبهٔ جاده و درون (پلات‌های بالاتر از ۱۰ متر) جنگل متفاوت بود، اما ترانشه‌ها نیز (بازهٔ صفر تا ۵ متری) به‌عنوان یک زیستگاه سوم، بیشتر پذیرای گونه‌های علفی مانند پونه و جگن جنگلی بودند. در واقع دریافت مقدار معنی-

Archive of SID

www.SID.ir

داری نور از فضای باز شده توسط جاده و بستر خاکی به همراه مواد غذایی بیشتر نسبت به لبهٔ جاده، سبب افزایش فعالیت باکتریایی خاک و بهبود شرایط برای هجوم گونه‌های علفی ذکر شده بود (Collins *et al.*,1985، Luczaj and Sadowska, 1997، Ries *et al.*, 2004، Naghdi *et al.*, 2014).

نتایج CCA نیز نشان‌دهندهٔ همبستگی منفی بین شدت نور، درجه حرارت خاک و محیط با درصد تاج پوشش، رطوبت، کربن آلی و نیتروژن و فعالیت آنزیم‌های دهیدروژناز و اوره‌آز خاک بود. با فاصله گرفتن از جاده و کاهش شدت نور ورودی به درون توده و از طرفی افزایش درصد تاج پوشش، علاوه بر کاهش تبخیر و حفظ رطوبت خاک، سبب می‌شود مواد آلی بیشتری که ناشی از ریزش لاشبرگ درختان هستند بر روی هم انباشته شده و به‌مرورزمان مقدار کربن آلی و ازت خاک و همچنین فعالیت آنزیم‌های دهیدروژناز و اوره‌آز افزایش یابد (Baldrian and Štrasová, 2011). از طرفی کمبود مواد غذایی در حاشیهٔ جاده به‌علاوهٔ شدت نور بالاتر نسبت به درون جنگل شرایط را برای گونه‌های علفی و گونه‌های مهاجم فراهم می‌آورد (Avon *et al.*,2010, 2013).

باوجوداینکه عمق اثر جادهٔ جنگلی بر روی گیاهان و تنوع آنها کم بود، در مقیاس زمین منظر اثر حاشیه‌ای قابل‌چشم‌پوشی نیست. به‌عنوان‌مثال در جنگل مورد بررسی طولی حدود ٦٢ کیلومتر از منظر حاشیهٔ جاده دستخوش تغییرات ناشی از وجود جادهٔ جنگلی شده است. جاده‌های جنگلی در حاشیهٔ خود و مناطق نزدیک به آن ترکیب گونه‌ها را دچار دستخوش می‌کنند. مقدار تغییرات درون تودهٔ جانبی به نوع تیپ، طرح هندسی جاده و فاصله از آن بستگی دارد. با توجه به زمان ساخت جاده هنوز نمی‌توان به‌طورقطع بیان کرد که آیا جادهٔ جنگلی مورد بررسی، ترکیب و تنوع گونه‌های جامعهٔ جنگلی را دستخوش تغییرات می‌کند یا خیر، همان‌گونه که T Findlay and Bourdages (2000) بیان کرده‌اند، در واکنش تنوع زیستی یک تأخیر زمانی ٤٠ ساله وجود دارد. نتایج ما نشان داد که هنوز ترکیب اصلی توده حفظ شده، اما در حاشیهٔ جاده بخصوص در سمت درون پیچ‌ها، این ترکیب به‌شدت تغییر یافته است.

References

- Amelung, B., P. J. Beers, J. Rotmans, M. B. S. Van Asselt & J. Hogervorst, 1999. Global tourism, towards an integrated approach, Maastricht University Press, 59 p.
- Arévalo, J. R., J. D. Delgado, R. Otto, A. Naranjo, M. Salas & J. M. Fernandez-Palacios, 2005. Exotic species in the roadside plant communities through an altitudinal gradient in Tenerife and Gran Canaria (Canary Islands), *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematic*, 7: 185-202
- Auerbach, N. A., M. D. Marilyn & D. A. Walker, 1997. Effects of Roadside Disturbance on Substrate and Vegetation Properties in Arctic Tundra, *Ecological Application*, 7(1): 218-235
- Avon, C., L. Bergès, Y. Dumas & J. L. Dupouey, 2010. Does the effect of forest roads extend a few meters or more into the adjacent forest? A study on understory plant biodiversity in managed oak stands, *Forest Ecology and Management*, 259(8): 1546-1555
- Avon, C., Y. Dumas & L. Berges, 2013. Management practices increase the impact of roads on plant communities in forests, *Biological Conservation*, 159: 24-31.
- Baldrian, P. & M. Štursova, 2011. Enzymes in Forest Soils. In: Shukla, G. & A. Varma (Eds.), Soil Enzymology, Springer Press, Germany, pp. 61-73
- Benitez-Lopez, A., R. Alkemade & P. A. Verweij, 2010. The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: a meta-analysis, *Biological Conservation*, 143(6): 1307-1316
- Buckley, D. S., T. R. Crow, E. A. Nauertz & K. E. Schulz, 2003. Influence of skid trails

Archive of SID

www.SID.ir

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

- Collins, B. S., K. P. Dunne & S. T. A. Pickett, 1985. Responses of forest herbs to canopy gaps. In: Pickett, S. T. A. & P. S. White (Eds.), The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics. Academic Press, New York, pp. 217-233
- Deljouei, A., S. M. M. Sadeghi & E. Abdi, 2016. Comparing leaf area index at different distances from constructed forest roads edge in Hyrcanian forest (Case study: a hornbeambeech forest in Kheyrud, Mazandaran), *Forest Research and Development*, 2(2): 167-178 (In Persian)
- Delgado, J. D., N. L. Arroyo, J. R. Arevalo & J. M. Fernández-Placios, 2007. Edge effects of roads on temperature, light, canopy cover, and canopy height in laurel and pine forests (Tenerife, Canary, and Islands), *Landscape and Urban Planning*, 81(4): 328-340
- Eshaghi Rad, J., G. Zahedi-Amiri, M. R. Marvi-Mohajer & A. Mataji, 2009. Relationship between vegetation and physical and chemical properties of soil in *Fagetum* communities (Case study: Kheiroudkenar forest), *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 17(2): 174-187 (In Persian)
- Eshaghi Rad, J., N. Pakgohar, A. Banj Shafiei & J. Alavi, 2017. Comparison of direct Ordination methods in vegetation analysis in Jamand district of Noshahr Forests, *Iranian Journal of Forests*, 9(1): 119-130 (In Persian)
- Fahrig, L. & T. Rytwinski, 2009. Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis, *Ecology and Society*, 14(1): 1-21
- T Findlay, C. S. & J. Bourdages, 2000. Response time of wetland biobiodiversity to road construction on adjacent lands, *Conservation Biology*, 14(1): 86-94
- Flory, S. L. & K. Clay, 2006. Invasive shrub distribution varies with distance to roads and stand age in eastern deciduous forests in Indiana, USA, *Plant Ecology*, 184(1): 131-141

-Forman, R. T. T. & L. E. Alexander, 1998. Roads and their major ecological effects, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29(1): 207-231

- Hansen, M. J. & A. P. Clevenger, 2005. The influence of disturbance and habitat on the presence of non-native plant species along transport corridors, *Biological Conservation*, 125(2): 249-259.
- Hermy, M. & K. Verheyen, 2007. Legacies of the past in the present-day forest biodiversity: a review of past land-use effects on forest plant species composition and diversity, *Ecological Research*, 22(3): 361-371.
- Karim, M. N. & A. U. Mallik, 2008. Roadside revegetation by native plants: I. Roadside microhabitats, floristic zonation and species traits, *Ecological Engineering*, 32(3): 222-237.
- Leps, J. & P. Smilauer, 2003. Multivarite analysis of ecological data using CANOCO. New York: Cambridge University Press, Cambridge, 376 p.
- Luczaj, L. & B. Sadowska, 1997. Edge effect in different groups of organisms: vascular plant, bryophyte and fungi species richness across a forest-grassland border, *Folia Geobotanica & Phytotaxonomica*, 32(4): 343-353
- Mrotzek, R., H. Pfirrmann & U. Barge, 2000. Effect of road construction material and light on the vegetation along the roadsides and adjoining forest using the example of roads in the forest district Bramwald in Niedersachsen, *Forest archive*, 71(6): 234-244
- Mullerova, J., M. Vitkova & O. Vitek, 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
- Naghdi, R., H. Pourbabaei, M. Heidari & M. Nouri, 2014. The effects of forest road on vegetation and some physical and chemical properties of soil, Case study: Shafarood forests, Districts No. 2, *Iranian Forests Ecology*, 2(3): 49-64 (In Persian)
- Parendes, L. A. & J. A. Jones, 2000. Role of light availability and dispersal in exotic plant invasion along roads and streams in the H.J. Andrews experimental forest, Oregon, *Conversation Biology*, 14(1): 64-75
- Pauchard, A. & P. B. Alaback, 2004. Influence of elevation, land use, and landscape context on patterns of alien plant invasions along roadsides in protected areas

Archive of SID

www.SID.ir

of south-central Chile, *Conservation Biology*, 18(1): 238-248
- Rahbari-Sisakht, S., B. Majnounian, M. M. Saravi, E. Abdi & C. Surfleet, 2014. Impact of rainfall intensity and cutslope material on sediment concentration from forest roads in northern Iran, *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 7(1): 48-52
- Rahbari-Sisakht, S., M. H. Moayeri, E. Abdi, R. Rahmani & M. H. Pahlavani, 2017. Road Geometric plan and its effect on some chemical and bio-chemical indicators of adjacent forest soil, *Iranian Journal of Forest*, 9(3): 315-331 (In Persian)
- Ries, L., R. J. Fletcher Jr, J. Battin & T. D. Sisk, 2004. Ecological responses to habitat edges: mechanisms, models, and variability explained, *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematic*, 35: 491-522
- Schuman G. E., H. H. Janzen & J. E. Herrick, 2002. Soil Carbon Information and Potential Carbon Sequestration by Rangelands, *Environmental Pollution*, 116(3): 391-396
- Tahmasbi, P., A. A. Ebrahimi & N. A. Yarali. 2012. The Most Appropriate Quadrate Size and Shape for Determining Some Characteristics of a Semi-Steppic Rangeland, *Iranian Journal of Natural Resources*, 65(2): 203-216 (In Persian).
- Trombulak, S. C. & C. A. Frissell, 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities, *Conservation Biology*, 14(1): 18-30
- Varasteh-Moradi, H., 2011. Evaluation of the effects of the Tehran-Mashhad Asian Highway on the Society of Birds in Golestan National Park, *Environmental Researches*, 2(3): 21-34 (In Persian).
- Watkins, R. Z., J. Chen, J. Pickens & K. D. Brosofske, 2003. Effects of forest roads on understory plants in a managed hardwood landscape, *Conservation Biology*, 17(2): 411- 419
- Zenner, E. K. & A. L. Berger, 2008. Influence of skidder traffic and canopy removal intensities on the ground flora in a clearcut-with-reserves northern hardwood stand in Minnesota, USA, *Forest Ecolology and Management*, 256(10): 1785-1794.

Archive of SID

www.SID.ir

Assessing the edge effect of forest road geometric plan in various forest types on plants biodiversity of adjacent stands (Case study: district No. 1 Dr. Bahram-nia forest- Gorgan)

S. Rahbari Sisakht[1], M. H. Moayeri[*2], E. Abdi[3], R. Rahmani[4] and M. H. Pahlavani[5]

1- PhD candidate of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran.
2- Associated Professor, Department of forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran.
3- Associated Professor, Department of Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, I. R. Iran.
4- Associated Professor, Department of Forest ecology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran.
5- Associated Professor, Department of Biotechnology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran.

Received: 23.10.2017 Accepted: 04.01.2018

Abstract

The aim of this research was to assess the effect and range of each forest road geometric plans on biodiversity and composition of plants on its two sides. To this end, to study the biodiversity of species of lateral stands and the effects of environmental variables in the situation of establishment of plant species at different distances of the road, the comparison of Shannon biodiversity Index (H), Menhinick species richness and Smith-Wilson's index of evenness, detrended correspondence analysis (DCA) and canonical correspondence analysis (CCA) were used respectively, according to its geometric plans. Results of comparison between biodiversity indexes showed that in both sides of straight road to switch back, Shannon index and Menhinik richness increased, while Smith-Wilson evenness had inverse trend. The results of DCA and CCA analysis showed that the distribution of demanding species was positively correlated with increasing light intensity and temperature on the road verge. The effect of the road on these species was up to a depth of 10 meters from its edge as well. Shade tolerant species were more in depth of forest than the road.

Keywords: Adjacent stands, Biodiversity, CCA, Forest road, Road geometric plan.

Archive of SID

[*] Corresponding author: Email: moayeri38@yahoo.com

www.SID.ir