

## اثر جاده‌های جنگلی بر تغییرپذیری مشخصه‌های حاصلخیزی خاک (پژوهش موردی: جنگل خیرود، نوشهر)

آزاده دلجویی<sup>۱\*</sup>، احسان عبدی<sup>۲</sup> و باریس مجنونیان<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج  
<sup>۲</sup> دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج  
<sup>۳</sup> استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۷/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱/۲۱)

### چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر جاده‌های جنگلی بر مقادیر مشخصه‌های نیتروژن، فسفر، پتاسیم و pH خاک در جنگل‌های بخش نم‌خانه از جنگل خیرود نوشهر در شمال کشور صورت گرفته است. ۱۶ خطنمونه (هشت خطنمونه در جاده اصلی و هشت خطنمونه در جاده فرعی) هر یک به طول ۱۰۰ متر از حاشیه جاده تا داخل جنگل و چهار قطعه نمونه در فواصل صفر (حاشیه جاده)، ۵، ۶۰ و ۱۰۰ متری از جاده‌های جنگلی خاکی اصلی و فرعی مستقر شد. براساس نتایج آزمون توکی، در جاده اصلی و دامنه خاکبرداری، مقدار نیتروژن در فواصل ۶۰ و ۱۰۰ متری به صورت معنی‌داری از حاشیه جاده بیشتر است، در جاده فرعی، هر دو دامنه خاکبرداری و خاکریزی، نیتروژن در حاشیه جاده، به طور معنی‌داری کمتر از دیگر فواصل است. فسفر فقط در جاده اصلی و دامنه خاکریزی و در حاشیه جاده به طور معنی‌داری بیشتر از فاصله ۱۰۰ متری در داخل جنگل بود و در مورد پتاسیم، بین فواصل مختلف در جاده‌های اصلی و فرعی و در دامنه‌های خاکریزی و خاکبرداری، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اغلب pH در حاشیه جاده به طور معنی‌داری بیشتر از فواصل دیگر در جاده‌های اصلی و فرعی بود. نتایج این پژوهش نشان داد که تغییرات ناشی از به هم خوردگی خاک بر اثر جاده‌سازی، تأثیرات زیادی بر مشخصه‌های حاصلخیزی خاک دارد، به همین سبب لازم است هنگام احداث جاده‌های جنگلی، با رعایت هر چه بیشتر اصول فنی و پیروی از طبیعت، از شدت تخریب و به هم خوردگی‌ها تا حد ممکن کاست.

واژه‌های کلیدی: جاده اصلی، جاده فرعی، دامنه خاکبرداری، دامنه خاکریزی.

### مقدمه

اختصاص می‌دهد (Salehi et al., 2015;—) مدیریت پایدار جنگل، نیاز است که شبکه جاده‌های جنگلی احداث و نگهداری شود و به تبع ساخت جاده، شرایط محیطی (مانند تغییر در میزان نور دریافتی، مقدار رطوبت، سرعت باد و دمای سطح) در آن منطقه از جنگل تغییر می‌یابد (Forman et al., 2003) که

با توجه به شرایط پیچیده متغیرهای موجود در بوم‌سازگان‌های جنگلی، نیاز به مدیریت عرصه‌های جنگلی ضروری به نظر می‌رسد و برای انجام مدیریت در آن، شبکه جاده‌های جنگلی اصلی‌ترین رکن برنامه‌ریزی و مدیریت جنگل محسوب می‌شود و نیز بزرگ‌ترین سهم سرمایه‌گذاری در جنگل را به خود

در زمینه مقایسه مشخصه‌های خاک جاده‌های جنگلی و حاشیه آن با خاک داخل جنگل، تنها دو مقاله در داخل کشور به چاپ رسیده است که (Naghdi et al., 2014) به بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (درصد رطوبت طبیعی، درصد رطوبت اشباع، وزن مخصوص ظاهری، درصد‌های رس، سیلت، شن، تخلخل، مقدار اسیدیت و مقدار ماده آلی) در بین چهار فاصله از جاده (فواصل ۵، ۱۵، ۲۵ و ۳۵ متری) در جنگل‌های سفارود استان گیلان پرداختند. نتایج تحقیق مذکور نشان داد که بین فواصل مختلف فاصله از جاده، از نظر تمام خصوصیات خاک (به جز درصد سیلت)، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در پژوهش دیگر، (Rahbari Sisakht et al., 2017) به بررسی اثر طرح هندسی جاده (پیچ، قوس و جاده مستقیم) بر برخی شاخص‌های شیمیایی و بیوشیمیایی خاک توده‌های جنگلی مجاور در طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا گرگان پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که کمترین فاصله اثر جاده مربوط به حالت مستقیم جاده به میزان ۱۳ متر و بیشترین آن مربوط به داخل پیچ به میزان ۴۲ متر بود. همچنین پژوهش‌های اندکی در سطح دنیا در خصوص مقایسه تأثیر جاده‌های جنگلی و حاشیه آن با خاک داخل جنگل از نظر مقادیر نیتروژن و pH (Akbar et al., 2012; Iwara et al., 2013; Neher et al., 2013) انجام گرفته است که برآیند این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که ساخت جاده بر تغییر عناصر خاک و نیز pH مؤثر است. برای نمونه، (Akbar et al., 2012) به مقایسه حاصلخیزی خاک حاشیه جاده‌ها با داخل جنگل در انگلستان پرداختند. براساس نتایج به‌دست‌آمده با افزایش فاصله از جاده‌های آسفالتی، حاصلخیزی خاک افزایش می‌یابد و بیان داشتند که از شروط لازم برای طراحی بهتر و مدیریت مناسب زیستگاه‌های حاشیه جاده‌ها، اطلاع از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به‌منظور حفاظت از طبیعت

برآیند این تغییرات سبب ایجاد دگرگونی در جمعیت گونه‌های گیاهی حاشیه جاده و داخل جنگل (تا عمق مشخصی) و نیز تغییرات مشخصه‌های خاک می‌شود (Neher et al., 2013; Naghdi et al., 2014).

مرور منابع موجود نشان می‌دهد که ساخت جاده‌های جنگلی، از آشفته‌گی‌هایی است که سبب تغییر مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک جنگل، نسبت به داخل جنگل می‌شود (Neher et al., 2013; Naghdi et al., 2014). بیشترین گزارش از این آشفته‌گی‌ها عبارت‌اند از کوبیدگی خاک (به‌خصوص در اطراف جاده)، گرد و خاک و نیز گازهای خارج‌شده از اگزوز ماشین‌آلات (Cape et al., 2004). همچنین، قطع کردن درختان در مسیر جاده، اغلب سبب کاهش ریزش لاشبرگ درختان و در نتیجه تغییر مشخصه‌های شیمیایی خاک می‌شود (Iwara et al., 2013). از طرف دیگر، برای زیرسازی جاده‌های جنگلی، به‌خصوص در مناطقی که بستر خاک، رسی است، به‌طور معمول از آهک استفاده می‌کنند که سبب افزایش pH خاک حاشیه جاده می‌شود. همچنین، میزان نور ورودی به بوم‌سازگان با ساخت جاده تغییر می‌کند و در پی آن، فعالیت‌های زیستی و شیمیایی در توده‌های حاشیه و نزدیک به جاده نیز متفاوت خواهد بود و در نتیجه ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک نیز ممکن است دگرگون شود (Neher et al., 2013).

در میان عوامل متعدد زیست‌محیطی تعیین‌کننده پراکنش پوشش گیاهی، خاک عاملی است که مواد غذایی، رطوبت و بستر گیاهان را فراهم می‌کند و بنابراین عامل زیست‌محیطی بسیار تأثیرگذار در پراکنش گیاهان در جنگل در سطح ریزمقیاس است (Akbar et al., 2012). از سوی دیگر، با ساخت جاده‌های جنگلی، خصوصیات خاک حاشیه و داخل جنگل تغییر می‌کند، اگرچه هنوز عمق اثرگذاری جاده‌سازی بر تغییر خصوصیات خاک داخل جنگل به‌درستی آشکار نشده است (Neher et al., 2013).

مدیریت ساخت و نگهداری جاده‌های جنگلی کاربرد داشته باشد.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه پژوهش

منطقه پژوهش در جنگل آموزشی-پژوهشی خیرود (تحت مدیریت دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران) واقع شده است. مطالعه صورت گرفته در بخش نم‌خانه انجام پذیرفت. طول جاده‌های موجود در این بخش، ۱۵/۶ کیلومتر و کمینه و بیشینه ارتفاع از سطح دریای این بخش به ترتیب ۳۵۰ و ۱۲۹۰ متر است. سنگ مادر بخش نم‌خانه آهکی و در بعضی نقاط از طبقه‌های سفت شکافدار و طبقه‌های نرم که به طور متناوب روی هم قرار گرفته‌اند، پوشیده شده است (Azaryan et al., 2015). همچنین غالب درختان این بخش را راش، ممرز، افرا توسکا و بلندمازو تشکیل می‌دهند. مقدار بارش رسیده ۱۳۵۰ میلی‌متر در سال و متوسط دمای هوای سالانه ۱۶/۱ درجه سانتی‌گراد است (Etemad et al., 2013).

#### شیوه اجرای پژوهش

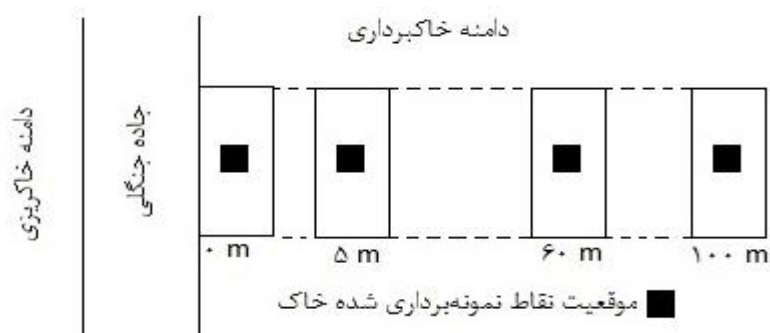
این مطالعه بر روی دو نوع جاده جنگلی اصلی و فرعی که از نظر شیب دامنه‌های خاکبرداری و خاکریزی و تیپ جنگل (ممرز-راش) شرایط یکسانی داشتند، صورت گرفت. تعداد ۱۶ خط‌نمونه (هشت خط‌نمونه در جاده اصلی و هشت خط‌نمونه در جاده فرعی) به طول ۱۰۰ متر از حاشیه جاده تا داخل جنگل در دو دامنه خاکبرداری و خاکریزی به منظور اندازه‌گیری خصوصیات شیمیایی خاک انتخاب شدند. خط‌نمونه‌ها به صورت عمود بر محور وسط جاده قرار داشتند. در طول هر یک از خط‌نمونه‌ها چهار قطعه نمونه موازی با عرض جاده در فواصل صفر (حاشیه جاده)، ۵، ۶۰ و ۱۰۰ متری مستقر شد (شکل ۱). از مرکز هر قطعه نمونه با مساحت ۱×۲ متر، نمونه‌برداری خاک از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری انجام گرفت (Gade, 2010). نمونه خاک‌های جمع‌آوری شده

است. (Iwara et al. (2013) طی مطالعه‌ای به بررسی تأثیر ساخت جاده بر ویژگی‌های خاک جنگل در نیجریه پرداختند. نتایج نشان داد که غلظت بازی، منیزیم، رس و pH (به‌طور متوسط ۵/۱۱) در حاشیه جاده‌ها به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر فعالیت‌های مربوط به ساخت جاده است و مقدار آنها در جاده‌های تازه‌ساخت، کاهش می‌یابد. (Neher et al. (2013) به بررسی خصوصیات شیمیایی خاک در کنار جاده و داخل جنگل (تا فاصله ۵۰ متر) در جنگل‌های پهن‌برگ آمریکا پرداختند و به این نتیجه رسیدند که pH در کنار جاده بیشترین مقدار و به‌سمت داخل جنگل، روندی کاهنده دارد.

از میان اندک بررسی‌های صورت گرفته در دنیا در خصوص تأثیرات جاده‌های جنگلی بر خصوصیات خاک حاشیه جاده‌ها در مقایسه با داخل جنگل، بیشتر پژوهش‌ها به بررسی میزان آلودگی‌های سرب، کادمیوم و گوگرد ناشی از تردد ماشین‌آلات پرداخته‌اند (Neher et al., 2013) و تاکنون پژوهشی که همزمان روی عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم که معرف حاصلخیزی خاک هستند، انجام نگرفته است. در داخل کشور نیز در تنها پژوهش چاپ‌شده به‌صورت مقاله، شدت تأثیرگذاری اکولوژیکی جاده جنگلی بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک با افزایش فاصله از جاده گزارش شده است (Naghdi et al., 2014). نگاهی به این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که شناخت و درک ویژگی‌های خاک حاشیه جاده‌های جنگلی به بررسی‌های بیشتری نیاز دارد. بر این اساس، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر ساخت جاده‌های اصلی و فرعی بر عناصر شیمیایی خاک شامل نیتروژن و پتاسیم به‌عنوان عناصر معرف حاصلخیزی خاک (Akbar et al., 2012)، فسفر (Akbar et al., 2012) و pH خاک (Panahi et al., 2007) در شمال کشور صورت گرفته است. نتایج این پژوهش می‌تواند مقدار اثرگذاری ساخت جاده‌های جنگلی بر بوم‌سازگان مجاور خود را نمایان کند و در

به‌منظور آنالیز ویژگی‌های شیمیایی به آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران منتقل شدند. نمونه‌ها پس از خشک شدن و کوبیدن، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند و چهار مشخصه که در بیشتر مطالعات حاصلخیزی خاک جنگل لحاظ می‌شوند، عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و pH خاک بررسی شدند (Panahi et al., 2007; Hofman et al., 2012; Akbar et al., 2012). در این پژوهش غلظت نیتروژن با استفاده از روش کج‌لدال (Bremner & Mulvaney, 1982)، فسفر با روش اولسن (Olsen et al., 1954)، پتاسیم با روش استات آمونیوم (Allen, 1994) و اسیدیته خاک با pH متر آزمایش و اندازه‌گیری شدند.

به‌منظور آنالیز ویژگی‌های شیمیایی به آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران منتقل شدند. نمونه‌ها پس از خشک شدن و کوبیدن، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند و چهار مشخصه که در بیشتر مطالعات حاصلخیزی خاک جنگل لحاظ می‌شوند، عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و pH خاک بررسی شدند (Panahi et al., 2007; Hofman et al., 2012; Akbar et al., 2012). در این پژوهش غلظت نیتروژن با استفاده از روش کج‌لدال (Bremner & Mulvaney, 1982)، فسفر با روش اولسن (Olsen et al., 1954)، پتاسیم با روش استات آمونیوم (Allen, 1994) و اسیدیته خاک با pH متر آزمایش و اندازه‌گیری شدند.



شکل ۱- موقعیت نقاط نمونه‌برداری شده خاک در دامنه خاکبرداری (در دامنه خاکریزی نیز مشابه با دامنه خاکبرداری نمونه‌برداری انجام گرفت)

نیتروژن در جاده فرعی بیشتر از جاده اصلی بود، این در حالی است که مقادیر پتاسیم و فسفر در جاده اصلی بیشتر از جاده فرعی بود (جدول ۱). نتایج تجزیه واریانس عناصر نیتروژن ( $F=15/72$ )، فسفر ( $F=4/54$ )، پتاسیم ( $F=3/44$ ) و pH ( $F=470/47$ ) بیانگر وجود تفاوت معنی‌داری در فواصل مختلف از حاشیه جاده‌های جنگلی تا داخل جنگل است ( $p < 0/05$ ).

در مورد عنصر نیتروژن، براساس آزمون توکی، در جاده اصلی و دامنه خاکبرداری، فواصل ۶۰ و ۱۰۰ متری به‌صورت معنی‌داری مقدار نیتروژن از فاصله صفر متر بیشتر است، این در حالی است که در جاده فرعی، در هر دو دامنه خاکبرداری و خاکریزی، مقدار نیتروژن در فاصله صفر متر، به‌طور معنی‌داری کمتر از دیگر فواصل است (شکل ۲).

## روش تحلیل

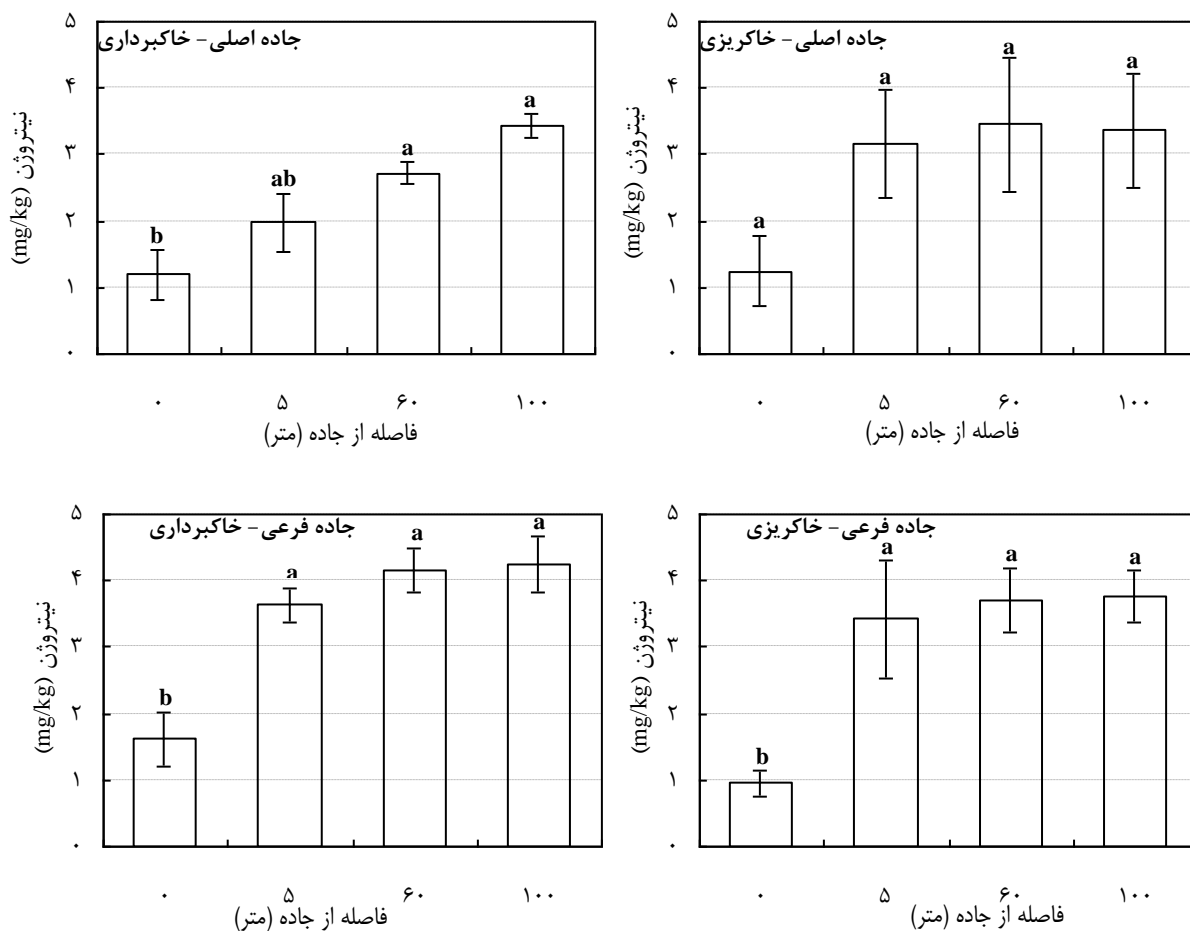
داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ تجزیه و تحلیل شدند. بررسی وجود تفاوت معنی‌دار بین جاده‌های اصلی و فرعی، در دو دامنه خاکبرداری و خاکریزی در فواصل مختلف با استفاده از تجزیه واریانس دوطرفه عناصر مختلف بررسی شد. همچنین برای بررسی تفاوت معنی‌دار بین مقدار عناصر در فواصل مختلف در یک دامنه (خاکبرداری یا خاکریزی) و یک جاده (اصلی یا فرعی)، از آزمون توکی استفاده شد.

## نتایج

مطابق با نتایج به‌دست آمده، متوسط pH در جاده اصلی بیشتر از جاده فرعی بود و بیشترین مقدار متوسط آن در دامنه خاکریزی جاده اصلی مشاهده شد (۶/۵۵). همچنین به‌طور متوسط، مقدار عنصر

جدول ۱- آمار توصیفی مقادیر pH، نیتروژن (N، میلی‌گرم در کیلوگرم)، فسفر (P، میلی‌گرم در کیلوگرم) و پتاسیم (K، میلی‌گرم در کیلوگرم) در دامنه‌های خاکبرداری و خاکریزی به تفکیک جاده‌های اصلی و فرعی

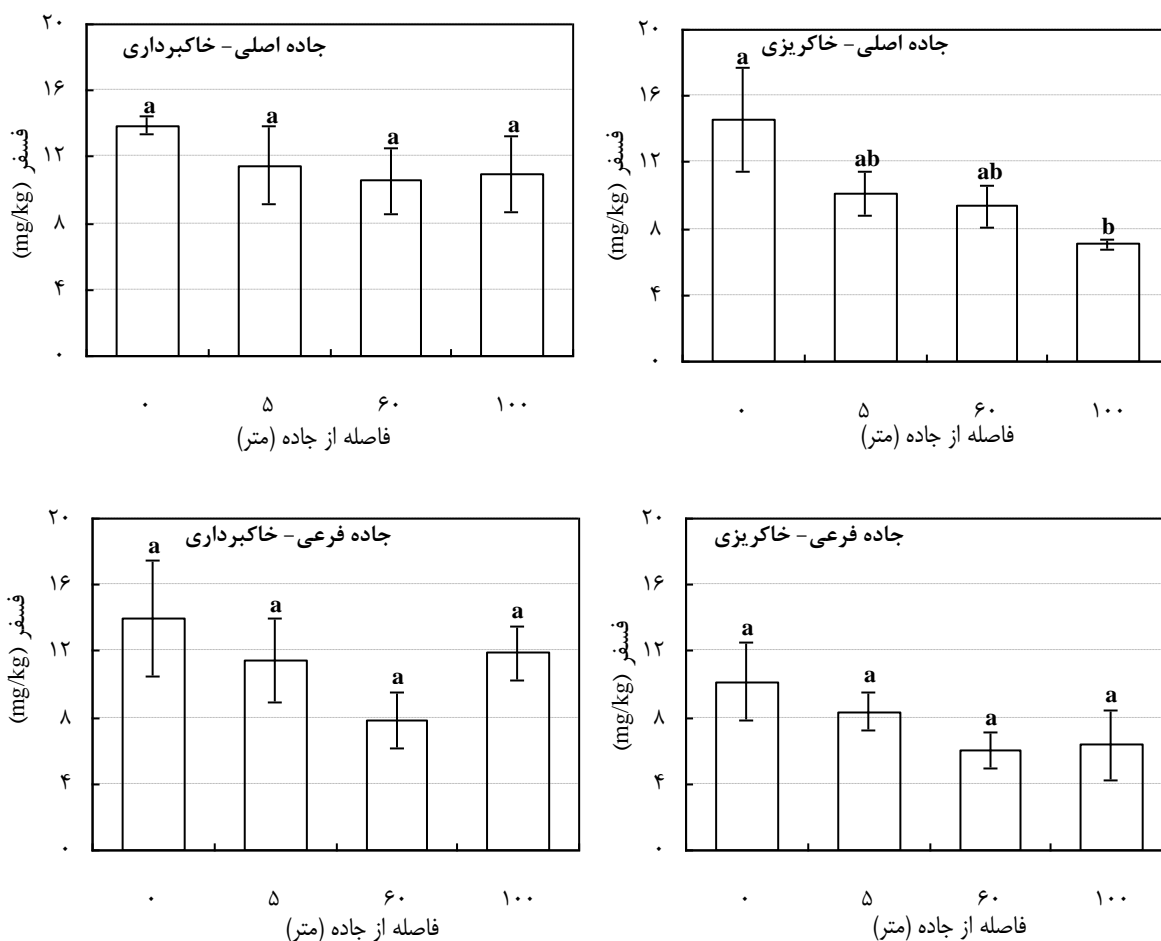
آماره	جاده اصلی												جاده فرعی			
	دامنه خاکبرداری				دامنه خاکریزی				دامنه خاکبرداری				دامنه خاکریزی			
	pH	K	P	N	pH	K	P	N	pH	K	P	N	pH	K	P	N
میانگین	۶/۰۴	۲۳۵/۳۵	۱۱/۷۳	۲/۳۳	۶/۱۸۱	۲۵۵/۵۳	۱۰/۲۹	۳/۱۴۲	۶/۱۵۵	۲۵۵/۵۳	۱۰/۲۹	۳/۱۴۲	۵/۱۸۱	۲۰۹/۷۹	۱۱/۳۰	۳/۱۴۲
پهنای	۷/۵۰	۴۱۱/۸۰	۱۸/۳۲	۳/۱۸۰	۷/۴۷	۶۶۱/۲۵	۲۳/۷۳	۶/۴۶	۷/۴۷	۶۶۱/۲۵	۲۳/۷۳	۶/۴۶	۷/۳۲	۳۵۱/۹۵	۲۱/۰۷	۵/۵۳
کمینه	۴/۹۰	۱۲۲/۵۰	۵/۰۶	۰/۴۰	۵/۲۲	۱۱۲/۵۲	۶/۱۳	۰/۴۶	۵/۲۲	۱۱۲/۵۲	۶/۱۳	۰/۴۶	۴/۸۹	۹۲/۵۷	۴/۵۵	۰/۶۷
SE (±)	۰/۲۱	۲۰/۵۴	۰/۹۲	۰/۲۶	۰/۲۲	۲۹/۸۴	۱/۰۸	۰/۴۴	۰/۲۲	۲۹/۸۴	۱/۰۸	۰/۴۴	۰/۱۹	۲۰/۰۵	۱/۲۵	۰/۳۲



شکل ۲- میانگین مقدار نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم) در جاده‌های اصلی و فرعی به تفکیک دامنه خاکبرداری و خاکریزی در جنگل خیرود، نوشهر. حروف متفاوت نشانگر اختلاف میانگین در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشند.

عنصر در فاصله صفر متر به طور معنی‌داری بیشتر از فاصله ۱۰۰ متری در داخل جنگل است (شکل ۳).

نتایج آزمون توکی در مورد عنصر فسفر نشان داد که تنها در جاده اصلی و دامنه خاکریزی، مقدار این



شکل ۳- میانگین مقدار فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم) در جاده‌های اصلی و فرعی به تفکیک دامنه خاکبرداری و خاکریزی در جنگل خیرود، نوشهر. حروف متفاوت نشانگر اختلاف میانگین در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشند.

فواصل مختلف از جاده بر روی pH نشان داد که اغلب pH در فاصله صفر متر به طور معنی‌داری بیشتر از فواصل دیگر است (شکل ۵).

### بحث

براساس یافته‌های این پژوهش، بیشترین مقدار نیتروژن در فاصله ۱۰۰ متری داخل جنگل مشاهده شد که همسو با یافته‌های دیگر پژوهشگران است (Akbar et al., 2012). در حقیقت کوبیدگی و

نتایج آزمون توکی در خصوص عنصر پتاسیم حاکی از این موضوع است که بین فواصل مختلف در جاده‌های اصلی و فرعی و در دامنه‌های خاکریزی و خاکبرداری، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۴).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که pH در جاده‌های اصلی و فرعی ( $F = 13/91$ ) و در دو دامنه خاکبرداری و خاکریزی ( $F = 14/17$ ) تفاوت معنی‌دار داشته است ( $p < 0/05$ ). نتایج بررسی تفاوت بین

از آنجا که میانگین pH در حاشیه جاده بیشتر از داخل جنگل به دست آمد (شکل ۵)، دلیل اصلی کاهش فسفر در داخل جنگل، کاهش مقدار pH است (Zhou et al., 2010).

اغلب مقدار pH در کنار جاده نسبت به دیگر فواصل اختلاف معنی داری دارد که مشابه نتایج دیگر پژوهشگران است (Neher et al., 2013; Naghdi et al., 2014)، به طوری که مقدار pH کنار جاده به طور معنی داری از فواصل دیگر بیشتر است (Neher et al., 2013; Naghdi et al., 2014). برای نمونه، Neher et al. (2013) به بررسی خصوصیات شیمیایی خاک در کنار جاده و داخل جنگل (تا فاصله ۵۰ متر) در جنگل‌های پهن برگ آمریکا پرداختند و به این نتیجه رسیدند که pH در کنار جاده بیشترین مقدار و به سمت داخل جنگل، روندی کاهنده دارد. از دلایل بیشتر بودن مقدار pH در کنار جاده نسبت به داخل جنگل، ممکن است گردوغبار حاصل از تردد ماشین‌آلات از جاده باشد که سبب افزایش مقدار pH حاشیه جاده نسبت به داخل جنگل می‌شود (Neher et al., 2013)، زیرا تردد ماشین‌آلات در جاده‌های شنی که بیشتر مصالح روسازی آن سنگ‌های آهکی است (مانند جاده خیرود)، سبب تولید گردوغبار آهکی به دلیل حرکت تایر روی ذرات خاک جاده می‌شود (Forman et al., 2003). همچنین یکی دیگر از دلایل ممکن است تجمع لاشبرگ‌ها و سرعت تجزیه کند آنها در داخل جنگل نسبت به حاشیه جاده‌های جنگلی باشد، که سبب می‌شود pH خاک کم شده و در نتیجه خاک اسیدی‌تر شود (Zarinkafsh, 1997). براساس مرور منابع در داخل کشور، تاکنون پژوهشی در خصوص بررسی مقدار pH گردوغبار حاصل از تردد ماشین‌آلات صورت نگرفته و لازم است در پژوهش‌های آتی، این مهم آزمایش شود تا بتوان قضاوت صحیح‌تری در این زمینه داشت.

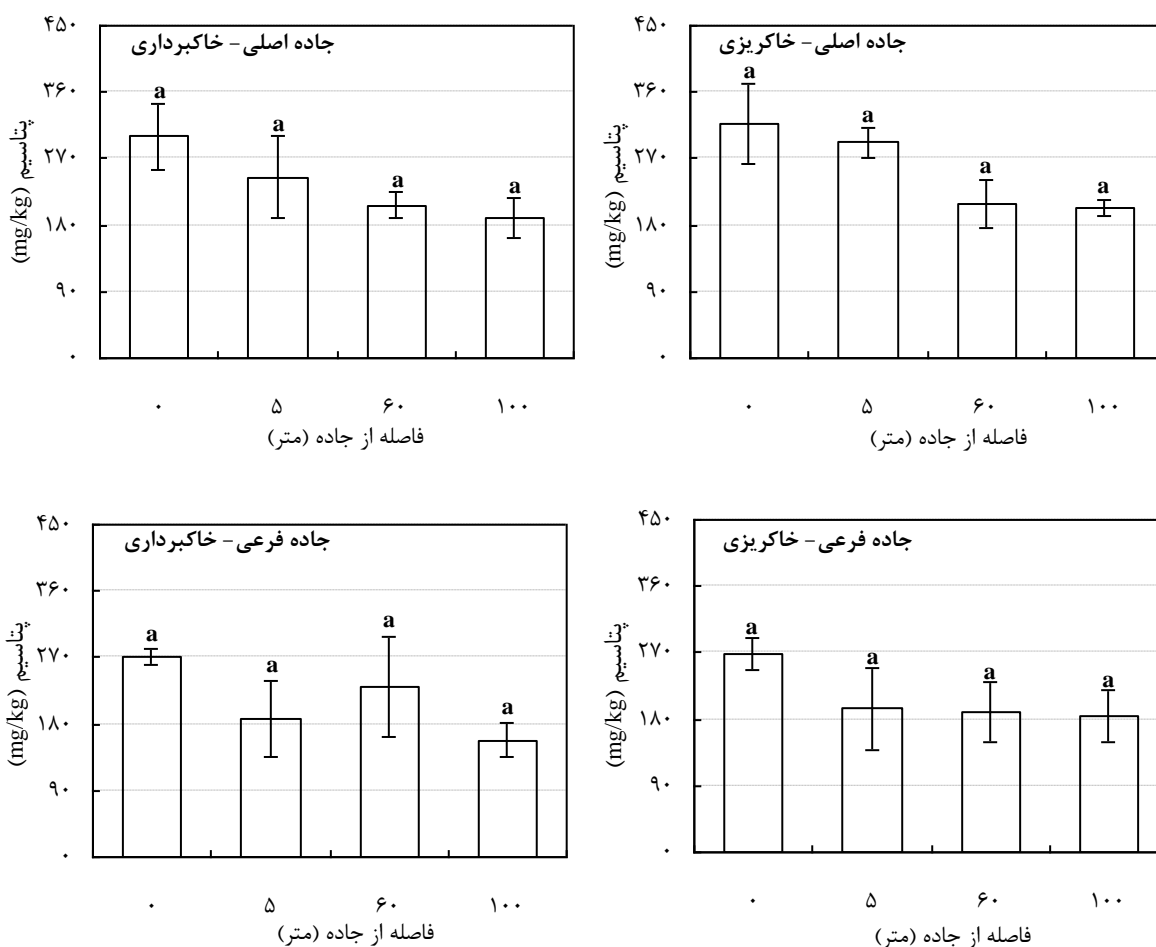
در داخل کشور مطالعات اکولوژی جاده قدمت

فشرده‌گی خاک در میزان دسترسی عنصر نیتروژن بسیار تأثیرگذار است، زیرا فشرده‌گی خاک موجب کاهش فعالیت‌های میکروبی مانند تنفس خاک و فعالیت‌های آنزیمی به واسطه پر شدن فضاهای خالی می‌شود و در نتیجه سرعت تجزیه عنصر نیتروژن کاهش می‌یابد (Dick et al., 1988; Wronski & Murphy, 1994; Hofman et al., 2012; Akbar et al., 2012). همچنین آبشویی عنصر نیتروژن هنگام بارندگی از طریق برخورد باران با تاج‌پوشش (فرایند تاج‌بارش) نیز می‌تواند از دلایل احتمالی افزایش مقدار نیتروژن در داخل جنگل نسبت به فاصله صفر متر باشد (Yi-Hua et al., 2002). برای نمونه، تحقیق Hofman et al. (2012) در جمهوری چک، بر روی جاده‌های جنگلی نیز به افزایش مقدار نیتروژن با افزایش فاصله از جاده اشاره دارد و همانند سایر محققان، عقیده دارند که مهم‌ترین دلیل آن، کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌ها در کنار جاده است (به دلیل کوبیدگی خاک). به علاوه، به طور کلی مقدار نیتروژن با کاهش تراکم تاج‌پوشش گیاهان و پوشش گیاهی کاهش می‌یابد، چراکه با کاهش تراکم تاج‌پوشش، مقدار عناصر تولیدشده در اثر فرایند تجزیه لاشبرگ، تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Iwara et al., 2013).

در مورد عنصر فسفر، نتایج این پژوهش حاکی از این است که تنها در جاده اصلی و دامنه خاکریزی، مقدار این عنصر در فاصله صفر متر به طور معنی داری بیشتر از فاصله ۱۰۰ متری در داخل جنگل است. دیگر محققان نیز ابراز می‌دارند که به طور معمول مقدار فسفر در حاشیه جاده بیشتر از داخل جنگل است (Akbar et al., 2012). میزان دسترسی به فسفر در خاک تحت تأثیر pH خاک قرار می‌گیرد (Akbar et al., 2012). در pH زیاد (۷-۸)، یون‌های فسفر به هم گره می‌خورند و در این حالت کمتر در دسترس گیاهان قرار می‌گیرند. در نتیجه مقدار آن در حاشیه جاده‌ها افزایش می‌یابد (Akbar et al., 2012).

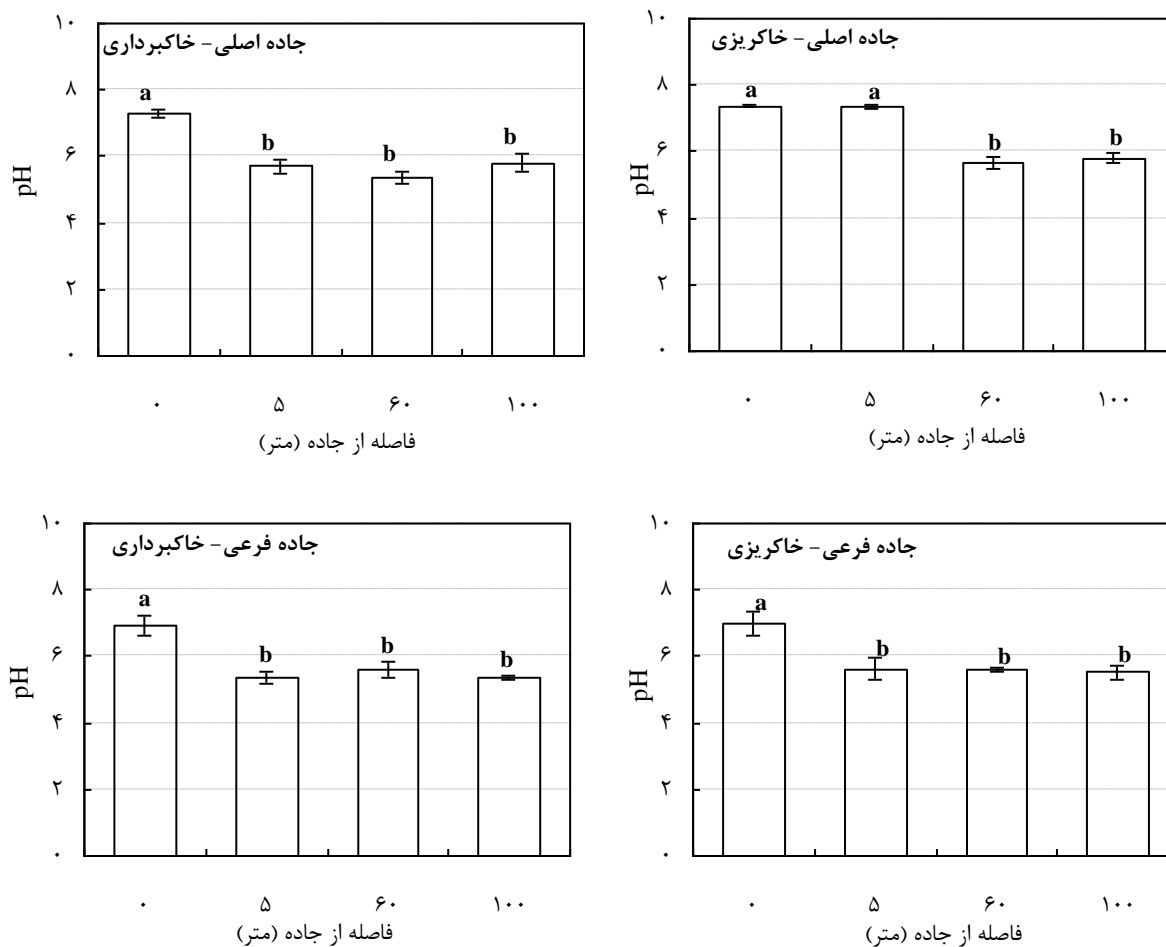
می‌یابد و خاک اسیدی می‌شود. همچنین مقدار نیتروژن اغلب در فاصله صفر متری کمتر از دیگر فواصل از جاده است. مقدار عنصر فسفر تنها در جاده اصلی و دامنه خاکریزی، فاصله صفر متر به‌طور معنی‌داری بیشتر از فاصله ۱۰۰ متری در داخل جنگل است و اختلاف بین مقادیر پتاسیم در فواصل مختلف نیز تفاوت آماری معنی‌داری را نشان نداد.

چندانی ندارد و وجود عامل‌های بسیار زیاد شناخته و ناشناخته و نیز جوان بودن این دانش در زمینه توان تحلیل برهم‌کنش‌ها، امکان تفسیر صریح و قاطع علل پیدایش تغییرات مقادیر عناصر شیمیایی و pH را در فواصل متفاوت از جاده‌های اصلی و فرعی و همچنین در دامنه‌های خاکبرداری و خاکریزی سخت می‌کند. براساس نتایج به‌دست‌آمده با افزایش فاصله از جاده‌های جنگلی، خاصیت قلیایی خاک کاهش



شکل ۴- میانگین مقدار پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم) در جاده‌های اصلی و فرعی به تفکیک دامنه خاکبرداری و خاکریزی در جنگل خیرود، نوشهر. حروف متفاوت نشانگر اختلاف میانگین در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشند.





شکل ۵- میانگین pH در جاده‌های اصلی و فرعی به تفکیک دامنه خاکبرداری و خاکریزی در جنگل خیرود، نوشهر. حروف متفاوت نشانگر اختلاف میانگین در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشند.

دریافت کرد که میزان تأثیر جاده‌های جنگلی به اطراف خود به میزان تخریب و به هم خوردگی طبیعت در اثر مجموعه سلسله عملیات طراحی، تهیه پروژه و ساخت جاده برمی‌گردد. کاهش به هم خوردگی طبیعت و تطبیق پروژه با عوارض و شکل زمین و حفظ استانداردهای حداقل در طراحی و ساخت جاده می‌تواند تأثیرات آن به محیط طبیعی اطراف خود را در حداقل ممکن نگه دارد.

از آنجا که پژوهش صورت گرفته، اولین مطالعه در زمینه بررسی تأثیرات جاده‌های اصلی و فرعی جنگلی بر روی عناصر شیمیایی و pH خاک جنگل در ایران است، نیاز است پژوهش‌های بیشتری در دیگر جنگل‌های شمال کشور به منظور تکمیل این پژوهش صورت پذیرد و همچنین عناصری مثل کربن در پژوهش‌های آتی اندازه‌گیری شود. از همین پژوهش‌های اندک هم می‌توان یک نتیجه کلی

## References

- Akbar, K.F., Hale, W.H.G., Sera, B., & Ashraf, I. (2012). Phytometric assessment of fertility of roadside soils and its relationship with major nutrients. *Polish Journal of Environmental Studies*, 21(5), 1141–1145.
- Allen, S.E. (1994). *Chemical analysis of Ecological materials* (2<sup>nd</sup> Eds.). Oxford: Blackwell Scientific publication, 1989 pp.
- Azaryan, M., Marvie Mohadjer, M.R., Etemaad, V., Shirvany, A., & Sadeghi, S.M.M. (2015). Morphological characteristics of old trees in Hyrcanian forest (Case study: Pattom and Namkhaneh districts, Kheyroud). *Journal of Forest and Wood Products*, 68(1), 47–59.
- Bremner, J.M., & Mulvaney, C.S. (1982). *Methods of Soil Analysis: Part 2* (2<sup>nd</sup> Eds.). Agronomy. Monogram, Madison: ASA Publisher, 1122 pp.
- Cape, J.N., Tang, Y.S., Van Dijk, N., Love, L., Sutton, M.A., & Palmer, S.C.F. (2004). Concentrations of ammonia and nitrogen dioxide at roadside verges, and their contribution to nitrogen deposition. *Environmental Pollution*, 132, 469–78.
- Deljouei, A., Abdi, E., Marcantonio, M., Amici, V., & and Sohrai, H. (2017). The impact of forest roads on understory plant diversity in temperate hornbeam-beech forests of Northern Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, doi:10.1007/s10661-017-6105-1.
- Dick, R.P., Myrold, D.D. & Perle, E.A. (1988). Microbial biomass and enzyme activities in compacted and rehabilitated skid trail soils. *Soil Science Society of America*, 52, 512–516.
- Etemad, V., Namiranian, M., Zobeiri, M., Majnounian, B., & Moradi, G.H. (2013). Qualitative and Quantitative Variation of Forest Stands after one Period of Forest Management Plan (Case study: Namkhane District Kheyroud Forest). *Journal of Forest and Wood Products*, 66(3), 243-256.
- Forman, R.T.T., Sperling, D., Bissonette, J.A., Clevenger, A.P., Cutshall, A.P., Dale, V.H., Fahrig, L., France, R., Goldman, C.R., Heanue, K., Jones, J.A., Swanson, F.J., Turrentine, T., & Winter, T.C. (2003). *Road Ecology-Science and Solutions*, Washington D.C.: Island Press, 504 pp.
- Gade, K.J. (2010). Plant migration along freeways in and around an arid urban Area: Phoenix, Arizona. PhD thesis, Arizona State University, USA, 219 pp.
- Heidari, M.J., Najafi, A., & Alavi, S.J. (2017). The impact of equivalent axle load on pavement deterioration of forest roads. *Iranian Journal of Forest*, 9(1), 131–143.
- Hofman, J., Travinckova, E., & Andel, P. (2012). Road salts effects on soil chemical and microbial properties at grassland and forest site in protected natural areas. *Plant, Soil and Environment*, 58(6), 282–288.
- Iwara, A.I., Gani, B.S., Adeyemi, J.A., & Ewa, E.E., (2013). Effect of road construction on adjoining soil properties in Tinapa Resort, south-southern Nigeria. *Open Journal of Advanced Engineering Techniques*, 1(3), 42–48.
- Naghdi, R., Pourbabaei, H., Heidari, M., & Nouri, M., (2014). The effects of forest road on vegetation and some physical and chemical properties of soil, case study: Shafarood forests, District No.2. *Iranian Forests Ecology*, 2(3), 49–64.
- Neher, A.D., Asmussen, D., & Lovell, S.T. (2013). Roads in northern hardwood forests affect adjacent plant communities and soil chemistry in proportion to maintained roadside area. *Science of the Total Environment*, 449, 320–327.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., & Dean, L.A. (1954). *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate* (USDA Circular no. 939). Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

- Panahi, M., Saiid, A., Koopahi, M., Makhdoom, M., & Zahedi, G. (2007). How much is the monetary value of soil protection function of Caspian forests? A survey on three forest areas in the north of Iran. *Pajouhesh & Sazandegi*, 76, 2–10.
- Rahbari Sisakht, S., Moayeri, M.H., Abdi, E., Rahmani, R., & Pahlavani, M.H. (2017). Road geometric design and its effect on some chemical and biochemical indicators of soil of adjacent forest stands. *Iranian Journal of Forest*, 9(3), 315–331.
- Salehi, A., Rahbari Sisakht, S., & Jahangirian, S. (2015). Assessment of planning status of roads in Yasouj Forest Park from the natural landscapes aspects. *Iranian Journal of Forest*, 7(3), 377–388.
- Wronski, E.B. & Murphy, G. (1994). *Responses of forest crops to soil compaction*. In: Soane, B.D. and Ouwerkerk, C. van (ed). Amsterdam: Soil compaction in crop production. Elsevier, 317–342.
- Yi-Hua, X., Li-Min, D., De-Kui, N., Fu-Chun, T., Gao, C., & Hong-Bing, D. (2002). Influence of canopy on precipitation and its nutrient elements in broadleaved/Korean pine forest on the northern slope of Changbai Mountain. *Journal of Forestry Research*, 13(3), 201–204.
- Zarinkafsh, M. (1997). *Fundamental of Soil Sciences in Relation to Plant and Environment*. Tehran: Scientific Central of Islamic Azad University, 808 pp.
- Zhou, T., Peng, S., WU, J., Liu, J., & Wu, K. (2010). Edge effects of roads on forest plant diversity and ecosystem properties: A case study from Southern China, 95<sup>th</sup> ESA Annual Meeting, Pittsburgh, Pennsylvania, USA, 99–106 pp.



## Effect of forest roads on variability of soil fertility parameters (Case Study: Kheyroud Forest, Nowshahr)

A. Deljouei<sup>1\*</sup>, E. Abdi<sup>2</sup>, and B. Majnounian<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PhD student, Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

<sup>2</sup>Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

<sup>3</sup>Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

(Received: 18 October 2015, Accepted: 09 April 2016)

### Abstract

This study aimed to investigate the effect of forest roads on the amount of soil elements: nitrogen, phosphorus, potassium, and pH in the Caspian forests of Iran. For this purpose, main and secondary forest roads were chosen in the second district of Kheyroud forest. 16 transects (8 transects in the main roads and 8 transects in the secondary roads) was established with 100 meters in length from roadside into the forest interior. Four plots were laid out at 0, 5, 60 and 100 m distances. The amount of nitrogen was significant in 60 and 100 m distances in the main roads and cut slope according to the Tukey test, and their values were more than 0 distance. However, in the edge of secondary roads, there was a significant difference, in both cut and fill slopes and its value was less than other distances. Phosphorus only in roadside and on the fill slope of the main road was significantly more than 100 m and there was no significant difference for potassium at different distances of the main and the secondary roads, cut and fill slopes. pH, in 0 m distance had a significant difference and its value was more than other distances in the main and the secondary roads. The results showed that changes due to soil disturbance caused by road construction affect the chemical elements of soil and pH, hence, it is necessary to reduce the degree of destruction and disturbance in road construction as much as possible, with respect to technical principle and following the nature.

**Keywords:** Cut slope, Fill slope, Main road, Secondary road.