نشریه علمی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۸ شماره ۱، صفحه ۹۶-۸۵، (۱۳۹۹)
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijfpr.2020.341983.1909
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0883.1399.28.7.79.1.1575.1585

اثر گونه‌های درختی پهن‌برگ بر مشخصه‌های شیمیایی و میکروبی خاک در جنگل جلگه‌ای نور

محمدباقر محمودی [۱*]، یحیی کوچ [۲] و آتنا کیانمهر [۳]

۱*- نویسنده مسئول، دانش‌آموخته دکترای جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
پست الکترونیک: mahmoodi2010.m@gmail.com
۲- استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت‌مدرس، نور، ایران
۳- دانش‌آموخته دکترای جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۱۸

چکیده

مشخصه‌های خاک جنگل می‌تواند به‌شدت تحت تأثیر فصل و گونه درختی باشد، اما پژوهش‌های اندکی، تأثیر تک‌درختان در فصل‌های مختلف را بر مشخصه‌های خاک بررسی کرده‌اند. در پژوهش پیش‌رو که در جنگل جلگه‌ای نور واقع در شمال کشور انجام گرفت، تأثیر چهار گونه درختی انجیلی (*Parrotia persica* (DC.) C. A. Mey.)، اوجا (*Ulmus minor* Miller)، بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) و سفیدپلت (*Populus caspica* Bornm.) بر ویژگی‌های شیمیایی و زیستی خاک در دو فصل خزان (آبان ۱۳۹۵) و رویش (شهریور ۱۳۹۶) بررسی شد. با انتخاب پنج تکرار از هر گونه، نمونه‌های خاک از عمق ۱۵ سانتی‌متری در چهارطرف تنه اصلی درختان برداشت شد. این نمونه‌ها تا روز آزمایش در دمای چهار درجه سانتیگراد نگهداری شدند. سپس، مشخصه‌های شیمیایی (کربن آلی، نیتروژن کل و نسبت کربن به نیتروژن) و شاخص‌های میکروبی خاک (تنفس پایه، کربن و نیتروژن زی‌توده میکروبی و نسبت آن‌ها) اندازه‌گیری و محاسبه شد. به‌منظور بررسی آماری مشخصه‌ها از تجزیه واریانس دوطرفه و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد. نتایج نشان داد که برخلاف شاخص‌های میکروبی، مشخصه‌های شیمیایی خاک تحت تأثیر تغییرات فصل قرار نمی‌گیرند. کربن زی‌توده میکروبی، نسبت کربن به نیتروژن زی‌توده و درصد کربن آلی در خاک بستر بلندمازو بیشتر بود، درحالی‌که بیشترین نیتروژن زی‌توده میکروبی و درصد نیتروژن کل و کمترین نسبت کربن به نیتروژن در خاک بستر سفیدپلت مشاهده شد. در یک نتیجه‌گیری کلی، سفیدپلت به‌دلیل‌های ذکرشده می‌تواند شرایط مناسب‌تری را برای فعالیت‌های میکروبی نسبت به گونه‌های دیگر فراهم کند، بنابراین پیشنهاد می‌شود که این گونه برای بهبود کیفیت خاک منطقه موردتوجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تک‌درخت، تنفس پایه، زی‌توده میکروبی، کربن، نیتروژن.

مقدمه

خاک بخش مهمی از بوم‌سازگان‌های خشکی است. گونه‌های مختلف درختی با تفاوت در زی‌توده روزمینی و زیرزمینی، ساختار تاج و نیز کیفیت و کمیت لاش‌برگ، اثرات مختلفی بر ویژگی‌های خاک دارند، به‌طوری‌که این گونه‌ها باعث بروز تفاوت در انباشتگی و معدنی شدن کربن آلی و نیتروژن خاک می‌شوند (Misir & Misir, 2013). گونه‌های مختلف درختی، لاشه‌ریزی متفاوتی دارند و باعث

اختلاف در ترکیب مواد غذایی زیر تاج‌پوشش تک‌درختان (Single Trees) می‌شوند (Gurmesa *et al.*, 2013). تک‌درختان در کنترل پوشش گیاهی و تغییر مشخصه‌های خاک بسیار اهمیت دارند (Wu *et al.*, 2019). آن‌ها از طریق ایجاد زیستگاه مناسب و تنظیم و تسهیل دسترسی به منابع به‌روش‌های مختلف، عملکرد موجودات دیگر را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Liu *et al.*, 2019). در پژوهشی، Kooch و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی تأثیر تک‌درختان بر ویژگی‌های خاک گزارش کردند که گونه‌های درختی استفاده‌شده در جنگل‌کاری‌های مختلف، اثرات متفاوتی بر ویژگی‌های مختلف شیمیایی و زیستی خاک مانند تنفس پایه، کربن و نیتروژن زی‌توده میکروبی دارند. در پژوهش Lovett و همکاران (۲۰۰۲) نیز مشخص شد که هر گونه درختی ممکن است بر چرخه کربن، نیتروژن و انواع مواد مغذی موجود در خاک زیرآشکوب خود و سپس فرایندهای بوم‌سازگان منطقه تأثیر بگذارد.

تجزیه کربن آلی خاک که به‌واسطه فرایند جذب میکروبی روی می‌دهد، به نام تنفس میکروبی پایه خاک شناخته می‌شود. تنفس پایه یکی از شاخص‌های بسیار پویا و از فرایندهای اصلی در کنترل کربن بوم‌سازگان‌های زمینی محسوب می‌شود که بیانگر فعالیت زیستی خاک است (Žifčáková *et al.*, 2016). این فرایند همراه با تجزیه اولیه کربن جدید در خاک توسط گیاه اتفاق می‌افتد (Xu *et al.*, 2016). جریان جهانی دی‌اکسید کربن از طریق تنفس خاک حدود ۸۰ تا ۹۸ پیکوگرم کربن در سال است. خروج سالانه آن از طریق تنفس خاک حدود ۱۰ برابر میزان انتشار دی‌اکسید کربن سالانه حاصل از سوخت‌های فسیلی برآورد شده و مقدار آن همواره تحت تأثیر گونه‌های درختی قرار دارد (Burton *et al.*, 2010). گونه‌های مختلف درختی با تأثیر بر کمیت و کیفیت لاش‌برگ تولیدی در بخش روزمینی و زیرزمینی بر تنفس خاک اثر می‌گذارند (Weand *et al.*, 2010). این گونه‌ها بـا تأثیر بر حاصلخیزی خاک و ترکیب جوامع میکروبی منجر به تغییر در زی‌تـوده میکروبـی خـاک و بازدهی آن در مصـرف کـربن می‌شوند (Ravindran & Yang, 2015).

مقدار کربن زی‌توده میکروبی تابعی از مقدار کربن آلی خـاک است و رابطه مستقیمی با آن دارد، به‌طوری‌که این شاخص حدود دو تا سه درصد کربن آلی کل را تشکیل می‌دهد و حاوی منبع بزرگ مواد غذایی ناپایدار در خاک است، بنابراین کربن زی‌توده میکروبی، نقش بسیار مهمی در تبدیل مواد غذایی و حفاظت از بوم‌سازگان‌های جنگلی و مراتع در مناطق معتدله و گرمسیری ایفا می‌کند (Liu *et al.*, 2019). در ارتباط با پویایی زی‌توده میکروبی خاک، پژوهش‌های انجام‌شده در جنگل‌های مناطق معتدله نشان دادند که بیشترین زی‌توده میکروبی خاک در تابستان وجود دارد (Zhong & Makeschin, 2006). از سوی دیگر، برخی پژوهشگران گزارش کردند که تغییرات فصلی، تأثیری بر زی‌توده میکروبی خاک ندارد (Bauhus & Barthel, 1995) یا تغییرات فصلی در زی‌توده میکروبی خاک به بوم‌سازگان جنگلی و عوامل آب‌وهوایی وابسته است (Yang *et al.*, 2010). به‌طور کلی، کربن و نیتروژن زی‌توده میکروبی به محتوای ماده آلی خاک ربط دارند. نوسان در اندازه آن‌ها در طول فصل رشد به‌عنوان یکی از عوامل مهم در کنترل جریان کربن و نیتروژن خاک شناخته شده است، بنابراین اطلاعات درمورد تغییرات فصلی زی‌توده میکروبی خاک برای افزایش دانش پژوهشگران در ارتباط با تغییرات عناصر تغذیه‌ای خاک و در دسترس بودن آن لازم است (Yang *et al.*, 2010).

به‌رغم اهمیت شاخص‌های شیمیایی و زیستی خاک در جنگل‌های پهن‌برگ معتدله و تأثیرپذیری این شاخص‌ها از تک‌درختان جنگلی (به‌ویژه در جنگل‌های پهن‌برگ شمال کشور)، بررسی‌های انجام‌شده در این زمینه بسیار اندک بوده و اطلاعات چندانی نیز وجود ندارد، بنابراین هدف از پژوهش پیش‌رو، بررسی تأثیرپذیری مشخصه‌های شیمیایی و شاخص‌های میکروبی خاک در زیر تاج‌پوشش چهار گونه درختی شامل انجیلی (*Parrotia persica* C. A. Mey.)، اوجا (*Ulmus minor* Mill.)، بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) و سفیدپلت (*Populus*

caspica Bornm.) در جنگل جلگه‌ای نور طی دو فصل خزان و رویش بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پژوهش پیش‌رو در جنگل جلگه‌ای نور به‌وسعت حدود ۱۰۰ هکتار انجام شد. این جنگل در عرض جغرافیایی ″۲۳ ′۳۴ °۳۶ تا ″۵۰ ′۳۴ °۳۶ شمالی و طول ″۱۴ ′۳ °۵۲ تا ″۲۶ ′۶ °۵۲ شرقی قرار دارد. جنگل نور با شیب کمتر از هشت درصد و متوسط ارتفاع از سطح دریا ۹- متر دارای متوسط دما و بارندگی سالانه به‌ترتیب ۱۷ درجه سانتیگراد و ۸۰۳ میلی‌متر است. خاک این جنگل، عمیق با بافت سیلتی- لومی (جدول ۱) و از رده آلفی‌سول است. بلندمازو، انجیلی، اوجا و سفیدپلت به‌همراه ممرز، لرگ، افرا، ون و توسکای قشلاقی گونه‌های درختی غالب را در این جنگل تشکیل می‌دهند (Kooch *et al*., 2017).

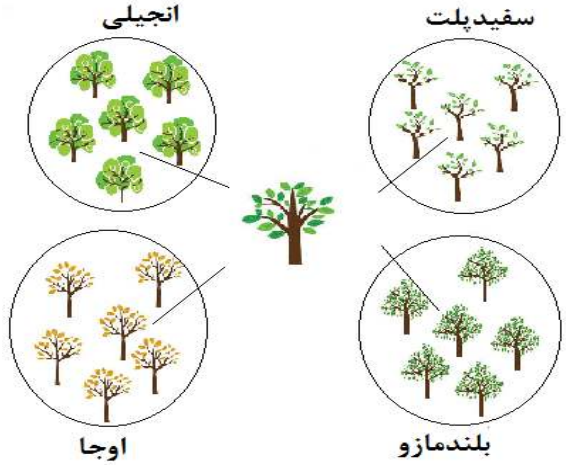
جدول ۱- میانگین (± اشتباه معیار) اجزای بافت خاک در منطقه مورد مطالعه

(Samadzadeh *et al.*, 2017; Tarighat & Kooch, 2018)

مشخصه	بلندمازو	سفیدپلت	انجیلی	اوجا
شن (درصد)	۳۵/۷ ± ۴/۲۹	۲۴/۸ ± ۵/۸۲	۲۵ ± ۳/۹۲	۲۰/۴ ± ۲/۲
سیلت (درصد)	۳۶/۷ ± ۲/۴۲	۳۸/۸ ± ۴/۰۴	۴۵/۸ ± ۲/۸۸	۴۸/۲ ± ۲/۴۶
رس (درصد)	۲۷/۶ ± ۲/۱۶	۳۶/۴ ± ۴/۲۹	۲۹/۲ ± ۲/۲۵	۳۱/۴ ± ۱/۶۶

روش پژوهش

برای انجام این پژوهش پس از جنگل‌گردشی در منطقه مورد مطالعه، گروه‌هایی از درختان انجیلی، اوجا، بلندمازو و سفیدپلت شناسایی شدند. این گونه‌ها، پهن‌برگ خزان‌کننده و بومی جنگل‌های هیرکانی هستند. از هر گونه، پنج درخت سالم در یک طبقه قطری یکسان که توسط درختان همان گونه احاطه شده بودند، انتخاب شد (شکل ۱). سپس در پاییز ۱۳۹۵ (فصل خزان) از زیر هر تک‌درخت (چهار طرف تنه اصلی و در فاصله برابر از محدوده آشکوب)، نمونه‌برداری از عمق ۱۵ سانتی‌متری خاک انجام شد. نمونه‌برداری در تابستان ۱۳۹۶ (فصل رویش) نیز تکرار شد. نمونه‌های برداشت‌شده از چهار طرف هر درخت باهم مخلوط شدند و نمونه‌ای واحد برای هر تک‌درخت استخراج شد. نمونه‌های مذکور بلافاصله به آزمایشگاه انتقال داده شدند و تا زمان انجام آزمون‌ها در دمای چهار درجه سانتیگراد نگهداری شدند (Kooch *et al*., 2017). اندازه‌گیری کربن آلی و ازت کل به‌ترتیب به‌روش‌های والکلی- بلاک و کجلدال انجام شد (Jafari Haghighi, 2003)، سپس نسبت آن‌ها محاسبه شد. برای اندازه‌گیری تنفس پایه با استفاده از نمونه‌های تازه خاک از روش بطری بسته برحسب میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در روز و برای اندازه‌گیری کربن و نیتروژن زی‌توده میکروبی خاک نیز از روش تدخین- استخراج استفاده شد (Alef, 1995).



شکل ۱- نحوه تعیین درخت هدف برای نمونه‌برداری خاک در هریک از گروه‌ها

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها ابتدا با استفاده از آزمون‌های کولموگروف- سمیرنوف و لون به‌ترتیب نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس‌ها بررسی شد. سپس برای بررسی معنی‌داری مشخصه‌های مورد نظر در گروه‌های مذکور در فصل‌های خزان و رویش از تجزیه واریانس دوطرفه و برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد. تمام تجزیه‌وتحلیل‌های آماری در بسته نرم‌افزاری SPSS نسخه ۱۷ و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد. همچنین، برای تجزیه‌وتحلیل چندمتغیره و تعیین ارتباط مشخصه‌های شیمیایی و میکروبی مورد بررسی خاک در گروه‌های درختی از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) با ایجاد ماتریس حاصل در برنامه PC-ORD تحت ویندوز استفاده شد.

نتایج

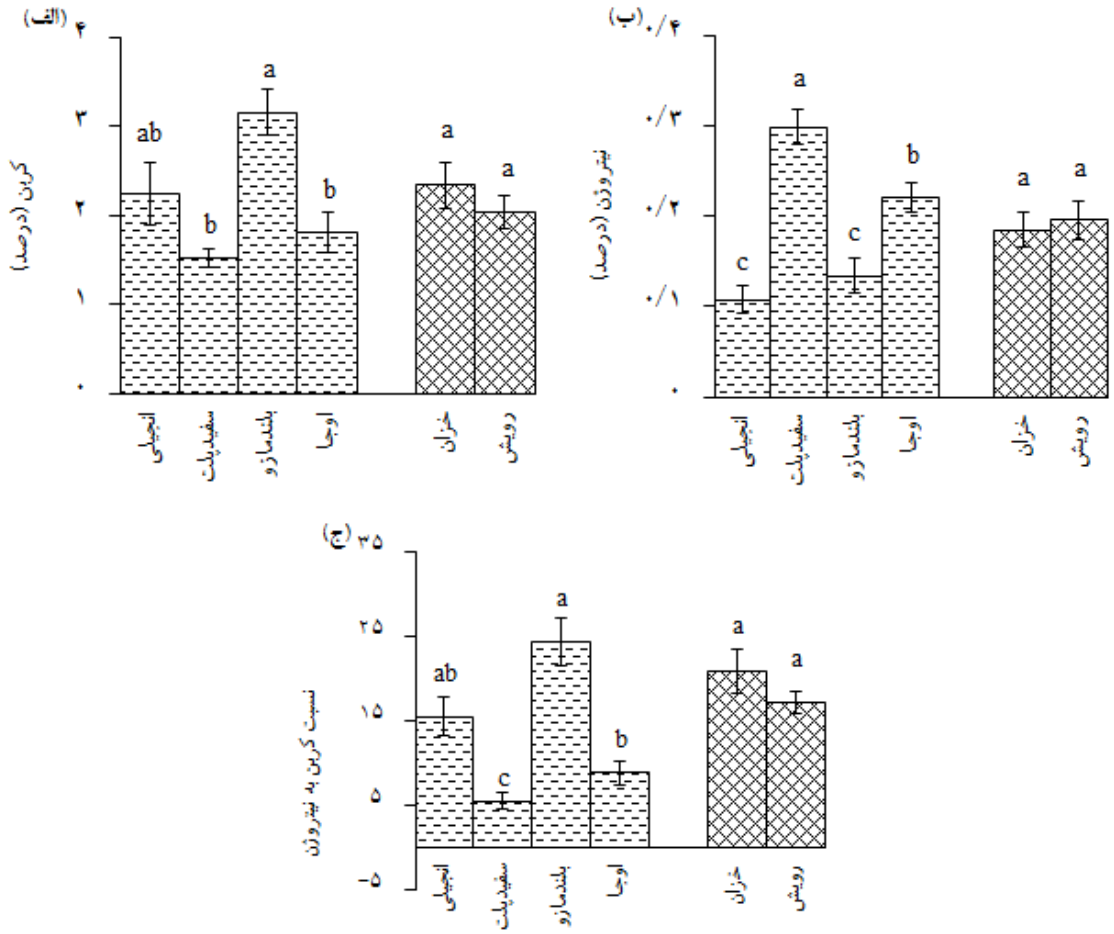
نتایج آزمون تجزیه واریانس دوطرفه برای مشخصه‌های شیمیایی و میکروبی خاک بیانگر وجود تفاوت‌های معنی‌دار در ارتباط با اثر گونه‌ها بر همه متغیرهای مورد بررسی بود. اثر فصل بر شاخص‌های تنفس پایه و نیز کربن و نیتروژن زی‌توده میکروبی معنی‌دار بود، اما درمورد نسبت کربن به نیتروژن زی‌توده و مشخصه‌های شیمیایی مورد مطالعه، اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. از سوی دیگر، اثر متقابل گونه و فصل برای هیچ‌کدام از مشخصه‌های مورد بررسی معنی‌دار نبود (جدول ۲).

بر اساس نتایج آزمون دانکن، بیشترین مقدار کربن و نسبت کربن به نیتروژن در خاک بستر بلندمازو وجود داشت (شکل‌های ۲- الف و ج)، در حالی‌که بیشترین نیتروژن در خاک زیر سفیدپلت و کمترین مقدار آن در خاک بستر بلندمازو و انجیلی مشاهده شد (شکل ۲- ب). همچنین، کمترین نسبت کربن به نیتروژن نیز متعلق به خاک زیر سفیدپلت بود (شکل ۲- ج). درمورد اثر فصل بر ویژگی‌های شیمیایی مطالعه‌شده نیز تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (شکل ۲).

جدول ۲- نتایج آزمون تجزیه واریانس دوطرفه مشخصه‌های اندازه‌گیری‌شده

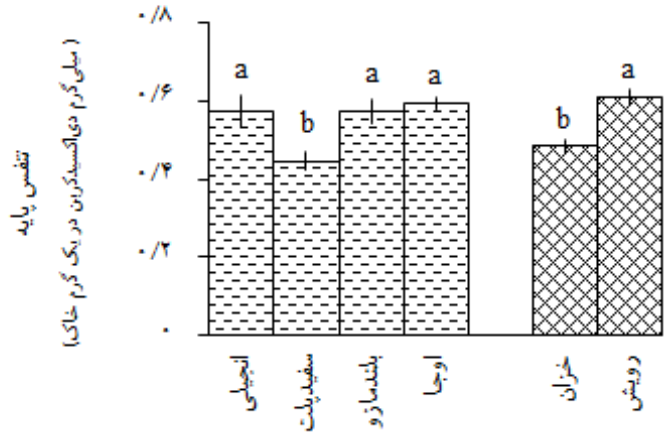
مشخصه	گونه		فصل		گونه × فصل	
	درجه آزادی	F	درجه آزادی	F	درجه آزادی	F
کربن	۳	۸/۲۰۵**	۱	۱/۴۹ns	۳	۱/۲۲۱ns
نیتروژن	۳	۲۳/۶۷۸**	۱	۰/۳۴۷ns	۳	۰/۸۵۴ns
نسبت کربن به نیتروژن	۳	۶/۳۶۵**	۱	۰/۷۳۲ns	۳	۱/۱ns
تنفس پایه	۳	۱۳/۷۴۶**	۱	۴۸/۲۰۸**	۳	۵/۲۹۳ns
کربن زی‌توده میکروبی	۳	۲۳/۶۹۲**	۱	۱۰/۶۲۸**	۳	۰/۲۶۶ns
نیتروژن زی‌توده میکروبی	۳	۶/۲۳۷**	۱	۲۵/۸۵۷**	۳	۰/۰۶۳ns
نسبت کربن به نیتروژن زی‌توده	۳	۲۱/۹۷۷**	۱	۱/۱۱۴ns	۳	۰/۰۴۵ns

** معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ ns غیرمعنی‌دار



شکل ۲- مقایسه میانگین (± اشتباه معیار) الف) کربن، ب) نیتروژن و ج) نسبت کربن به نیتروژن خاک در ارتباط با فصل و گونه‌های درختی مورد مطالعه (حروف انگلیسی متفاوت بیانگر وجود اختلاف آماری معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد هستند.)

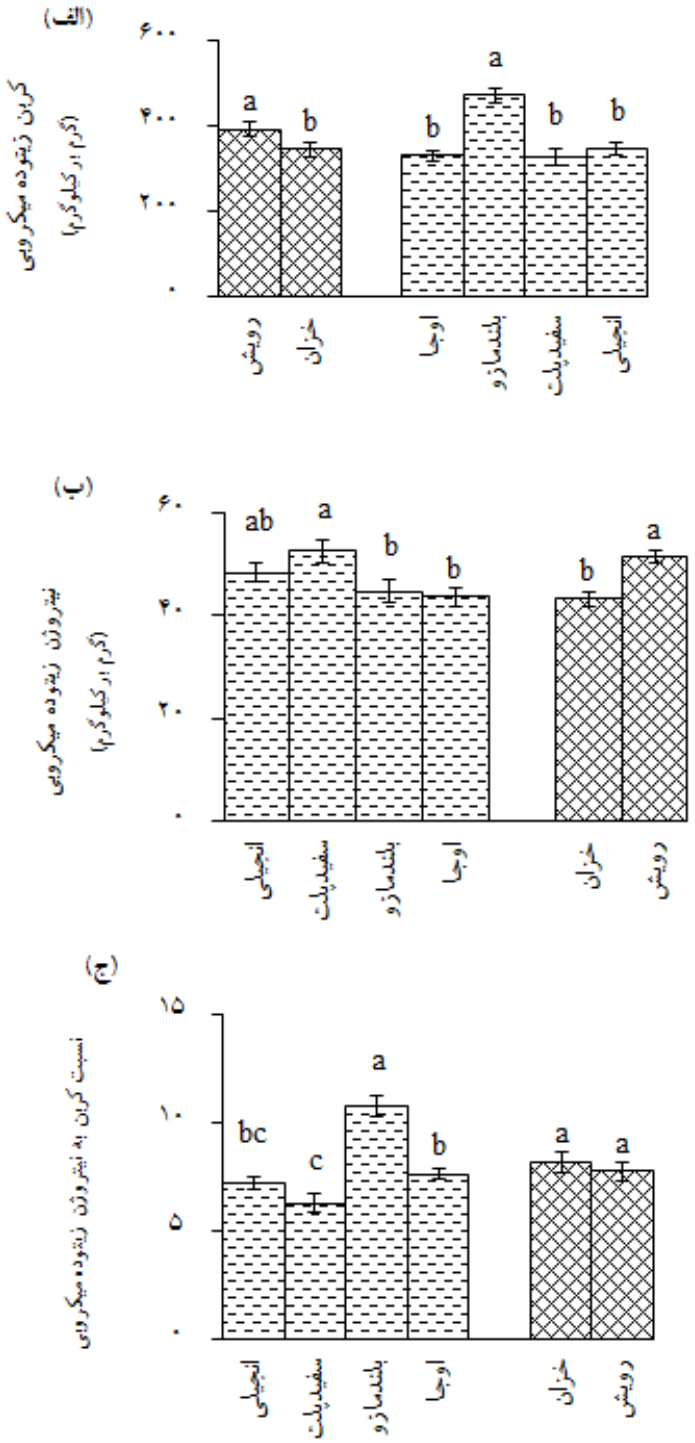
نتایج مقایسه میانگین برای تنفس پایه خاک نشان داد که کمترین مقدار این شاخص مربوط به خاک تحت پوشش سفیدپلت بود، در حالی‌که بین گونه‌های دیگر، تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. همچنین، در بررسی اثر فصل بر تنفس پایه خاک مشخص شد که تنفس پایه در فصل رویش به‌طور معنی‌داری بیشتر از فصل خزان بود (شکل ۳).



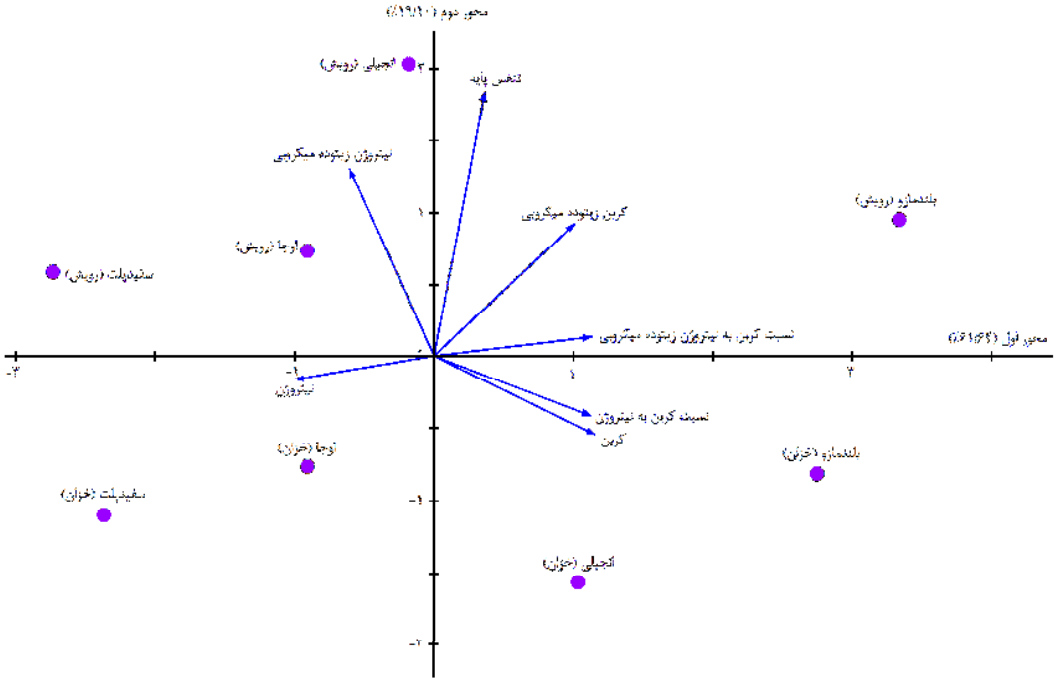
شکل ۳- مقایسه میانگین (± اشتباه معیار) تنفس پایه خاک در گونه‌ها و فصل‌های مختلف (حروف انگلیسی متفاوت بیانگر وجود اختلاف آماری معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد هستند.)

براساس نتایج، بیشترین مقدار کربن زی‌توده میکروبی خاک مربوط به بلوط بلندمازو بود، در حالی‌که از این نظر بین انجیلی، اوجا و سفیدپلت، تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (شکل ۴- الف). همچنین، نتایج مقایسه میانگین نیتروژن زی‌توده میکروبی در منطقه مورد مطالعه نشان داد که مقدار آن در خاک بستر سفیدپلت بیشتر از گونه‌های دیگر بود. بین بلندمازو و اوجا، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اما مقدار آن‌ها کمتر از انجیلی بود (شکل ۴- ب). یافته‌های این پژوهش درمورد اثر فصل بر کربن و نیتروژن زی‌توده میکروبی خاک نشان داد که مقدار هر دو متغیر مذکور در فصل رویش به‌صورت معنی‌داری بیشتر از فصل خزان بود (شکل ۴). بیشترین نسبت کربن به نیتروژن زی‌توده میکروبی در خاک زیر تاج‌پوشش بلندمازو و کمترین آن در خاک سفیدپلت بود، اما بین فصل‌های مختلف از این نظر، تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (شکل ۴- ج).

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مربوط به ارتباط مشخصه‌های شیمیایی و میکروبی خاک با گونه‌های مختلف در فصل‌های خزان و رویش نشان داد که مؤلفه‌های اصلی اول و دوم به‌ترتیب ۶۱/۶۴ و ۱۹/۱ درصد از تغییرات واریانس کل را توجیه می‌کنند. همه متغیرهای میکروبی، ارتباط بسیار نزدیکی با گونه‌های موردمطالعه در فصل رویش نشان دادند، در حالی‌که متغیرهای شیمیایی با گونه‌های درختی در فصل خزان در ارتباط بودند. خاک تحت پوشش بلندمازو در فصل رویش، بیشترین مقدار کربن زی‌توده میکروبی و نسبت کربن به نیتروژن زی‌توده میکروبی را داشت. در فصل خزان نیز بیشترین مقدار کربن و نسبت کربن به نیتروژن متعلق به این خاک بود. بیشترین مقدار نیتروژن در خاک زیر سفیدپلت مشاهده شد (شکل ۵).



شکل ۴- مقایسه میانگین (± اشتباه معیار) کربن زی‌توده میکروبی، نیتروژن زی‌توده میکروبی و نسبت کربن به نیتروژن زی‌توده میکروبی خاک در گونه‌ها و فصل‌های مختلف (حروف انگلیسی متفاوت بیانگر وجود اختلاف آماری معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد هستند.)



شکل ۵- توزیع مکانی گونه‌ها، فصل‌های مختلف و مشخصه‌های شیمیایی و میکروبی خاک در تحلیل PCA

بحث

به‌طور کلی، گونه‌هایی که کیفیت لاشبرگ بهتری دارند (نیتروژن زیاد، کربن آلی و نسبت کربن به نیتروژن کم)، تجزیه لاشبرگ آن‌ها در بوم‌سازگان سریع‌تر است، بنابراین این موضوع می‌تواند باعث تقویت و انباشتگی نیتروژن خاک در بخش تحتانی این نوع گونه‌های درختی شود (Perakis *et al.*, 2014). در پژوهش پیش‌رو، بیشترین نیتروژن، کمترین مقدار کربن و نسبت کربن به نیتروژن خاک در سفیدپلت مشاهده شد. از سویی، خاک بستر بلندمازو با داشتن بیشترین نسبت کربن به نیتروژن، کمترین مقدار نیتروژن خاک (فقر نیتروژن) را نشان داد، اما کربن زی‌توده میکروبی بیشتری نسبت به خاک گونه‌های دیگر داشت که می‌تواند به‌دلیل وجود کربن زیاد در خاک تحت پوشش این گونه باشد. گزارش شده است که نیتروژن کل خاک با درصد رس، ارتباط معنی‌دار دارد (Tarighat & Kooch, 2018). در پژوهش پیش‌رو، سفیدپلت (برعکس بلندمازو) بیشترین مقدار رس (جدول ۱) و به‌دنبال آن، بیشترین مقدار نیتروژن را داشت.

پژوهش‌های متعددی نشان داده‌اند که کیفیت لاشبرگ گونه‌های گیاهی مختلف، تأثیر متفاوتی بر شاخص‌های میکروبی خاک می‌گذارد (Kooch *et al.*, 2017; Wu *et al.*, 2019). در پژوهشی، Wu و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که لاشبرگ‌های با مقدار نیتروژن بیشتر و کربن کمتر می‌توانند موجب افزایش تنفس میکروبی خاک شوند. در پژوهش پیش‌رو، به‌دلیل نیتروژن بیشتر و کربن کمتر در خاک بستر سفیدپلت انتظار می‌رفت که تنفس میکروبی خاک زیر این گونه بیشتر باشد، اما مقدار آن نسبت به گونه‌های دیگر کمتر بود. در این راستا، Liao و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که تنفس خاک ممکن است به‌واسطه رطوبت خاک تغییر کند. همچنین، بیشترین مقدار تنفس خاک زمانی اتفاق می‌افتد که خاک، زهکشی مناسبی داشته باشد و مقدار آب خاک در محدوده متوسط قرار گیرد. اگرچه خاک تحت پوشش سفیدپلت، مقدار نیتروژن بیشتری داشت، اما بافت سنگین (رس زیاد و شن کم) آن نسبت به انجیلی و بلندمازو (جدول ۱) باعث نامساعد شدن

شرایط تهویه (زهکشی) خاک و درنتیجه، کاهش تنفس میکروبی می‌شود. کاهش تنفس در خاک مرطوب مناطق جنگل‌کاری (بیشتر از ۳۰ درصد) می‌تواند به‌دلیل کم شدن مقدار تخلخل هوا در خاک و اکسیژن در دسترس برای ریزاندامگان خاک و درنهایت، کاهش فعالیت‌های آن‌ها در خاک باشد (Lipson *et al*., 2006).

در پژوهش Ayres و همکاران (۲۰۰۹) مشخص شد که نرخ تجزیه و تنفس خاک با کیفیت لاش‌برگ، همبستگی مثبت دارد، بنابراین کیفیت بهتر لاش‌برگ موجب بهبود نرخ تنفس خاک می‌شود. همچنین، Bini و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که سطح تنفس خاک در حضور لاش‌برگ‌هایی با میزان نیتروژن زیاد و کربن کمتر افزایش می‌یابد، بنابراین مقدار بیشتر تنفس پایه در زیر تاج درختان انجیلی می‌تواند به‌دلیل داشتن لاش‌برگ‌هایی با مقدار بیشتر نیتروژن و مقدار کمتر لیگنین و با تجزیه راحت‌تر باشد (Sinha *et al*., 2009). تنفس پایه خاک در بوم‌سازگان‌های جنگلی تحت تأثیر عوامل متعددی مانند رطوبت و دما متفاوت است که اغلب به‌دلیل تغییر فصل در جنگل‌های معتدله ثابت نیست. نتایج پژوهش‌های دیگر نیز نشان می‌دهند که تغییرات دمایی، اثرات متفاوتی بر تنفس میکروبی خاک خواهند داشت (Yang *et al*., 2007). در پژوهش پیش‌رو، مقدار این مشخصه تحت تأثیر تغییرات دمایی در فصل رویش به‌طور معنی‌داری بیشتر از فصل خزان بود.

نتایج دیگر این پژوهش نشان داد که کربن زی‌توده میکروبی در خاک زیر بلندمازو به‌طور معنی‌داری بیشتر از گونه‌های دیگر بود، در حالی‌که بیشترین مقدار نیتروژن میکروبی خاک در خاک بستر سفیدپلت مشاهده شد. پژوهش‌های متعددی نشان داده‌اند که مقدار کربن و نیتروژن زی‌توده میکروبی تحت تأثیر نوع گونه‌های درختی متفاوت است (Kooch *et al*., 2019; Liu *et al*., 2019). در این خصوص، Zak و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که الگوی تغییرات میکروبی در خاک بستر گونه‌های مختلف درختی می‌تواند به تفاوت‌های مقدار کربن و منابع عناصر تغذیه‌ای خاک در اثر تغییر نوع گونه‌های مختلف نسبت داده شود. Gleixner و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که در بوم‌سازگان‌های جنگلی، ورودی‌های کربن به میزان زیادی تحت تأثیر تجزیه مواد آلی خاک مانند ریشه و لاش‌برگ، بقایای گیاهان جنگلی و مواد مترشحه از ریشه‌ها قرار دارد. سهم هریک از این مؤلفه‌ها به نوع گونه‌های گیاهی بستگی دارد. در این بین، Kara و Bolat (۲۰۰۸) علت تجمع بیشتر کربن میکروبی در خاک تحتانی سفیدمازو (*Quercus petraea*) را رشد و فعالیت بیشتر جمعیت‌های میکروبی خاک و تجمع بیشتر زی‌توده میکروبی خاک اعلام کردند که منطبق با نتایج پژوهش پیش‌رو است. از سویی، کیفیت زیاد لاش‌برگ سفیدپلت و نرخ تجزیه زیاد آن در پژوهش‌های متعدد به اثبات رسیده است (Tarighat & Kooch, 2018). همچنین، Norton و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که گونه‌های غنی از نیتروژن موجب افزایش نیتروژن زی‌توده میکروبی می‌شوند، بنابراین با توجه به دلایل بیان‌شده قابل انتظار است که در پژوهش پیش‌رو نیز نیتروژن زی‌توده میکروبی در خاک بستر سفیدپلت بیشتر از گونه‌های دیگر باشد.

نسبت کربن به نیتروژن زی‌توده میکروبی اغلب به‌منظور توصیف ساختار و وضعیت اجتماعات میکروبی خاک استفاده می‌شود (Liu *et al*., 2019). در این ارتباط، Paul و Clark (۱۹۹۶) نشان دادند زمانی‌که جمعیت باکتریایی در خاک غالب باشند، نسبت کربن به نیتروژن در محدوده سه تا پنج خواهد بود و زمانی‌که جمعیت قارچی غالب باشند، این نسبت بین ۱۰ تا ۱۵ تغییر خواهد کرد. از آنجایی‌که در زیر تاج بلندمازو که از گونه‌های همزیست با قارچ‌های اکتومایکوریز است (Parad *et al*., 2018)، این نسبت بیشتر از ۱۰ به‌دست آمد، بنابراین به‌نظر می‌رسد که علت این نسبت زیاد، حضور فراوان جمعیت‌های قارچی در خاک بستر این گونه باشد، در حالی‌که مقدار کمتر این نسبت در زیر تاج گونه‌های دیگر بیانگر غالب بودن جمعیت‌های باکتریایی در خاک بستر گونه‌های مورد نظر است (Liu *et al*., 2019).

نتایج دیگر پژوهش پیش‌رو نشان داد که مشخصه‌های کربن زی‌توده میکروبی (در بلندمازو) و نیتروژن زی‌توده

میکروبی در فصل‌های رویش و خزان متغیر هستند. تفاوت‌های فصلی در این مشخصه‌ها می‌تواند بیانگر درجه تثبیت- معدنی شدن کربن و نیترون خاک باشد (Yang *et al*., 2010). از سویی، تفاوت شرایط آب‌وهوایی بین فصل‌های خزان و رویش، تأثیر زیادی بر عملکرد زی‌توده میکروبی خاک خواهد داشت (Yang *et al*., 2010). براساس یافته‌های پژوهش پیش‌رو، مناسب بودن محتوای رطوبت خاک و دما در فصل رویش نسبت به فصل خزان (کم بودن دمای خاک) و به‌دنبال آن، فعالیت بیشتر ریشه‌ها در فصل رویش، شرایط مناسبی را برای فعالیت‌های زی‌توده میکروبی خاک فراهم می‌کند. مجموع این عوامل باعث افزایش زی‌توده میکروبی خاک در فصل رویش می‌شود (Yang *et al*., 2010; Pang *et al*., 2019). کاهش در مشخصه‌های میکروبی خاک در فصل خزان می‌تواند به‌علت معدنی شدن عناصر غذایی در اثر کاهش فعالیت‌های میکروبی خاک رخ دهد، اما افزایش آن در فصل رویش به‌دلیل تثبیت مواد غذایی در خاک به‌دنبال افزایش فعالیت‌های میکروبی خاک باشد (Pang et al., 2019).

پژوهش پیش‌رو با هدف بررسی اثرات تغییر فصل و گونه‌های درختی پهن‌برگ (بلندمازو، اوجا، سفیدپلت و انجیلی) بر مشخصه‌های شیمیایی و شاخص‌های میکروبی خاک انجام شد. مهم‌ترین نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که همه مشخصه‌های مورد بررسی به‌طور کامل تحت تأثیر نوع گونه درختی قرار دارند، اما اثر تغییر فصل بر متغیرهای شیمیایی خاک، معنی‌دار نبود. همچنین، مشخص شد که همه مشخصه‌های میکروبی مورد بررسی (به‌جز نسبت کربن به نیتروژن زی‌توده میکروبی) به‌علت تأثیر سرمای پاییز کاهش یافتند. درمجموع، سفیدپلت با داشتن بیشترین مقدار شاخص نیتروژن زی‌توده میکروبی و کمترین نسبت کربن به نیتروژن زی‌توده می‌تواند به‌عنوان گونه‌ای مناسب برای بهبود کیفیت و سلامت خاک در برنامه‌های احیا جنگل استفاده شود.

منابع مورد استفاده

- Alef, K., 1995. Field methods: 464-470. In: Alef, K. and Nannipieri, P. (Eds.). Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, London, 608p.
- Ayres, E., Steltzer, H., Berg, S., Wallenstein, M.D., Simmons, B.L. and Wall, D.H., 2009. Tree species traits influence soil physical, chemical, and biological properties in high elevation forests. PLoS One, 4(6): e5964.
- Bauhus, J. and Barthel, R., 1995. Mechanisms for carbon and nutrient release and retention in beech forest gaps: II. The role of soil microbial biomass. Plant and Soil, 168-169: 585-592.
- Bini, D., dos Santos, C.A., Bouillet, J.P., Gonçalves, J.L.M. and Cardoso, E.J.B.N., 2013. *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium* in monoculture and intercropped plantations: Evolution of soil and litter microbial and chemical attributes during early stages of plant development. Applied Soil Ecology, 63: 57-66.
- Burton, J., Chen, C., Xu, Z. and Ghadiri, H., 2010. Soil microbial biomass, activity and community composition in adjacent native and plantation forests of subtropical Australia. Journal of Soils and Sediments, 10(7): 1267-1277.
- Gleixner, G., Kramer, C., Hahn, V. and Sachse, D., 2005. The effect of biodiversity on carbon storage in soils: 165-183. In: Scherer Lorenzen, M., Körner, C. and Schulze, E.D. (Eds.). Forest Diversity and Function: Temperate and Boreal Systems. Springer, Berlin, 401p.
- Gurmesa, G.A., Schmidt, I.K., Gundersen, P. and Vesterdal, L., 2013. Soil carbon accumulation and nitrogen retention traits of four tree species grown in common gardens. Forest Ecology and Management, 309: 47-57.
- Jafari Haghighi, M., 2003. Methods of Soil Analysis: Sampling and Important Physical & Chemical Analysis. Nedaye Zoha Press, Sari, 236p (In Persian).
- Kara, Ö. and Bolat, I., 2008. The effect of different land uses on soil microbial biomass carbon and nitrogen in Bartln province. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 32(4): 281-288.
- Kooch, Y., Ehsani, S. and Akbarinia, M., 2019. Stoichiometry of microbial indicators shows clearly more soil responses to land cover changes than absolute microbial activities. Ecological Engineering, 131: 99-106.
- Kooch, Y., Samadzadeh, B. and Hosseini, S.M., 2017. The effects of broad-leaved tree species on litter quality and soil properties in a plain forest stand. Catena, 150: 223-229.
- Liao, C., Luo, Y., Fang, C. and Li, B., 2010. Ecosystem carbon stock influenced by plantation

practice: implications for planting forests as a measure of climate change mitigation. PLoS One, 5(5): e10867.
- Lipson, D.A., Blair, M., Barron-Gafford, G., Grieve, K. and Murthy, R., 2006. Relationships between microbial community structure and soil processes under elevated atmospheric carbon dioxide. Microbial Ecology, 51(3): 302-314.
- Liu, M., Sui, X., Hu, Y. and Feng, F., 2019. Microbial community structure and the relationship with soil carbon and nitrogen in an original Korean pine forest of Changbai Mountain, China. BMC Microbiology, 19(1): 218.
- Lovett, G.M., Weathers, K.C. and Arthur, M.A., 2002. Control of nitrogen loss from forested watersheds by soil carbon: nitrogen ratio and tree species composition. Ecosystems, 5: 712-718.
- Misir, M. and Misir, N., 2013. Root biomass and carbon storage for *Fagus orientalis* Lipsky. (northeastern Anatolia). International Journal of Education and Research, 4(1): 1-8.
- Norton, J.B., Sandor, J.A. and White, C.S., 2003. Hillslope soils and organic matter dynamics within a native American agroecosystem on the Colorado Plateau. Soil Science Society of America Journal, 67(1): 225-234.
- Pang, D., Wang, G., Liu, Y., Cao, J., Wan, L., Wu, X. and Zhou, J., 2019. The impacts of vegetation types and soil properties on soil microbial activity and metabolic diversity in subtropical forests. Forests, 10(6): 497.
- Parad, Gh.A., Ghobad-Nejhad, M., Tabari, M., Yousefzadeh, H., Esmaeilzadeh, O., Tedersoo, L. and Buyck, B., 2018. *Cantharellus alborufescens* and *C. ferruginascens* (Cantharellaceae, Basidiomycota) new to Iran. Cryptogamie, Mycologie, 39(3): 299-310.
- Paul, E.A. and Clark, F.E., 1996. Soil Microbiology and Biochemistry, Second Edition. Academic Press, San Diego, 340p.
- Perakis, S.S., Matkins, J.J., Hibbs, D.E. and Huso, M., 2014. Erratum to: N2-fixing red alder indirectly accelerates ecosystem nitrogen cycling. Ecosystems, 17: 750-750.
- Ravindran, A. and Yang, S.S., 2015. Effects of vegetation type on microbial biomass carbon and nitrogen in subalpine mountain forest soils. Journal of Microbiology, Immunology and Infection, 48(4): 362-369.
- Samadzadeh, B., Kooch, Y. and Hosseini, S.M., 2017. The effect of tree covers on topsoil biological indices in a plain forest ecosystem. Journal of Water and Soil Conservation, 23(5): 105-121 (In Persian).
- Sinha, S., Masto, R.E., Ram, L.C., Selvi, V.A., Srivastava, N.K., Tripathi, R.C. and George, J., 2009. Rhizosphere soil microbial index of tree species in a coal mining ecosystem. Soil Biology and Biochemistry, 41(9): 1824-1832.
- Tarighat, F.S. and Kooch, Y., 2018. The effect of four types of broad-leaved trees on soil C and N storage and mineralization in forest areas of Noor city. Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources), 22(2): 175-188 (In Persian).
- Weand, M.P., Arthur, M.A., Lovett, G.M., McCulley, R.L. and Weathers, K.C., 2010. Effects of tree species and N additions on forest floor microbial communities and extracellular enzyme activities. Soil Biology and Biochemistry, 42(12): 2161-2173.
- Wu, R., Cheng, X., Zhou, W. and Han, H., 2019. Microbial regulation of soil carbon properties under nitrogen addition and plant inputs removal. PeerJ, 7: e7343.
- Xu, X., Shi, Z., Li, D., Rey, A., Ruan, H., Craine, J.M., … and Luo, Y., 2016. Soil properties control decomposition of soil organic carbon: Results from data-assimilation analysis. Geoderma, 262: 235-242.
- Yang, K., Zhu, J., Zhang, M., Yan, Q. and Sun, O.J., 2010. Soil microbial biomass carbon and nitrogen in forest ecosystems of Northeast China: a comparison between natural secondary forest and larch plantation. Journal of Plant Ecology, 3(3): 175-182.
- Yang, Y.S., Chen, G.S., Guo, J.F., Xie, J.S. and Wang, X.G., 2007. Soil respiration and carbon balance in a subtropical native forest and two managed plantations. Plant Ecology, 193(1): 71-84.
- Zak, D.R., Holmes, W.E., White, D.C., Peacock, A.D. and Tilman, D., 2003. Plant diversity, soil microbial communities, and ecosystem function: are there any links?. Ecology, 84(8): 2042-2050.
- Zhong, Z. and Makeschin, F., 2006. Differences of soil microbial biomass and nitrogen transformation under two forest types in central Germany. Plant and Soil, 283: 287-297.
- Žifčáková, L., Větrovský, T., Howe, A. and Barldrian, P., 2016. Microbial activity in forest soil reflects the changes in ecosystem properties between summer and winter. Environmental Microbiology, 18(1): 288-301.

Effect of broadleaved tree species on chemical and microbial soil properties in plain forest of Noor

M.B. Mahmoodi [1*], Y. Kooch [2] and A. Kianmehr[3]

1*- Corresponding author, Ph.D. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: mahmoodi2010.m@gmail.com
2- Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran
3- Ph.D. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Received: 15.02.2020 Accepted: 07.05.2020

Abstract

Forest soil characteristics can be strongly influenced by tree species and seasons. A few studies have been carried on the effect of single trees in different seasons on soil characteristics. Therefore, in this study, the effect of *Parrotia persica* (DC.) C. A. Mey., *Ulmus minor* Miller, *Quercus castaneifolia* C. A. Mey. and *Populus caspica* Bornm. species on some of chemical and microbial features of topsoil were considered in the fall (November 2016) and summer (August 2018) seasons in plain forest of Noor city (Mazandaran province, northern Iran). Five replication of each species was regarded; soil samples were taken from 15 cm of depth under tree canopy cover from four sides of the tree trunk and kept at 4° C for experimentation. Afterward, some chemical characteristics [i.e. organic carbon (C), total nitrogen (N) and C/N ratio], and microbial indices [i.e., basal respiration, microbial biomass carbon (MBC) and nitrogen (MBN) and their ratio] were measured and calculated. Two-way ANOVA and the Duncan multiple tests were employed to analyzing statistical characteristics. Results showed that seasonal changes, in spite of significant differences in microbial indices, had no effect on chemical characteristics. The highest MBC, MBC/MBN ratio, and organic carbon content were observed in the soil of *Q. castaneifolia*, while MBN and total N content were higher in soil of *P. caspica*. The findings indicated that *P. caspica* due to having the highest MBN, total N, and lowest C/N ratio, creates better conditions for microbial activities than other species and can be considered to improve soil quality in the region.

Keywords: Basal respiration, carbon, microbial biomass, nitrogen, single tree.