



دانشگاه گورگان، دانشکده منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیست و چهارم، شماره سوم، ۱۳۹۶

<http://jwfst.gau.ac.ir>

تأثیر ترکیب تاج پوشش توده جنگلی بر چرخه بیوژئوشیمیایی گونه راش هیرکانی

(*Fagus orientalis* Lipsky)

(مطالعه موردی: جنگل آموزشی پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس – صلاح‌الدین کلا)

*یحیی کوچ^۱، کتابون حق‌وردی^۲ و فاطمه روستایی^۳

^۱استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ایران،

^۲استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران،

^۳دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۳۰

چکیده

سابقه و هدف: گونه راش به‌عنوان یکی از با ارزش‌ترین گونه‌های صنعتی ایران با حضور در ترکیب‌های تاجی گونه‌های مختلف اثرات متفاوتی بر حاصل‌خیزی خاک خواهد داشت. مطالعات متعددی به بررسی نقش ترکیب تاج پوشش بر چرخه‌های بیوژئوشیمیایی پرداختند و نتایج متفاوتی حاصل شده است. ترکیب‌های متفاوت تاج پوشش در مقیاس‌های مختلفی ناهمگنی ایجاد می‌کنند. این تفاوت‌ها با تأثیری که بر کمیت و کیفیت جریان وروی و خروجی آب و عناصر غذایی دارند بر جریان‌های بیوژئوشیمیایی نیز اثرات مختلفی خواهند داشت. هدف این پژوهش تعیین عملکرد تاج پوشش خالص و آمیخته راش هیرکانی در تغییرات چرخه بیوژئوشیمیایی این گونه است.

مواد و روش: چهار ترکیب تاج پوشش درخت راش در اشکوب فوقانی، شامل راش - ممرز، راش - افراپلت، راش آمیخته (راش - افراپلت - ممرز) و راش خالص در جنگل آموزشی - پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس مورد توجه قرار گرفت. برای هر ترکیب پنج تکرار مشخص و در مجموع بیست قطعه نمونه در جنگل ایجاد شد. در فصل رویش (تابستان)، نمونه‌های لاشبرگ و خاک (۱۰ × ۵۰ × ۵۰ سانتی‌متر) در نزدیک‌ترین فاصله به تنه اصلی درختان راش و از چهار سمت آن جمع‌آوری و یک نمونه ترکیبی به آزمایشگاه انتقال داده شد. مشخصه‌های کربن و نیتروژن لاشبرگ، مشخصه‌های فیزیکی - شیمیایی خاک شامل وزن مخصوص، بافت خاک، رطوبت، واکنش خاک، کربن آلی، نیتروژن کل و مشخصه‌های زیستی و تصاعد گازی شامل زیتوده میکروبی کربن و نیتروژن، جمعیت و زیتوده کرم خاکی، تصاعد گازی متان، دی‌اکسید کربن و نیتروژن‌اکسید اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: ترکیب آمیخته تاج پوشش بالاترین کیفیت لاشبرگ با بیشترین مقدار نیتروژن و کمترین مقدار کربن را نشان داد. کمترین مقدار چگالی ظاهری و بیشترین مقدار رطوبت خاک در ترکیب خالص راش مشاهده شد و بافت خاک تفاوت معنی‌داری نشان نداد. بیشترین میزان pH و نیتروژن خاک در ترکیب آمیخته و بیشترین مقدار کربن و نسبت کربن به نیتروژن خاک در ترکیب خالص راش مشاهده شد. بیشترین مقادیر زیتوده میکروبی کربن (۷۰۷/۸۰ میلی‌گرم

*مسئول مکاتبه: yahya.kooch@modares.ac.ir

بر کیلوگرم)، زیتوده میکروبی نیتروژن (۵۰/۷۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، تصاعد دی‌اکسیدکربن (۰/۵۴ میلی‌گرم دی‌اکسیدکربن در مترمربع در روز) و نیتروژن‌اکسید (۳۸/ میلی‌گرم نیتروژن‌اکسید در مترمربع در روز) در ترکیب خالص راش و بیشترین تعداد (۲/۶۰ تعداد در مترمربع) و زیتوده کرم‌خاکی (۱۱/۲۹ میلی‌گرم در مترمربع) در ترکیب آمیخته مشاهده شد. تصاعد متان تفاوت آماری معنی‌داری در بین ترکیب‌های مختلف درختی نشان نداد.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش حاضر نشان داد ترکیب تاج پوشش خالص راش نسبت به دیگر ترکیب‌های درختی بر چرخه‌های کربن و نیتروژن تأثیر بیشتری داشته است و این تأثیر با توجه به مقادیر به دست آمده وابسته به سطح بالاتر رطوبت خاک و میزان کربن آلی بوده است. همچنین سایر مشخصه‌هایی که در مطالعات به تأثیر مثبت آن‌ها بر چرخه‌های مذکور اشاره شده است در این مطالعه تأثیری نشان ندادند.

واژه‌های کلیدی: تصاعد گاز، جنگل صلاح‌الدین کلا، خاک، راش خالص، راش آمیخته، کیفیت لاشبرگ

مقدمه

مدل‌های مفهومی متعددی برای چرخه عناصر غذایی در بوم‌سازگان‌های جنگلی گزارش شده است (۱۴، ۳۸، ۵۸، ۶۹). جانسون و همکاران (۲۰۰۹) سه جزء اصلی از چرخه عناصر غذایی را در بوم‌سازگان‌های جنگلی به شرح ذیل بیان نموده‌اند: (الف) چرخه ژئوشیمیایی^۱ که بیانگر تمامی ورودی‌ها^۲ و خروجی‌ها^۳ از یک بوم‌سازگان می‌باشد و اکثراً در ارتباط با چرخه هیدرولوژیکی و هوازدگی شیمیایی سنگ بستر است. (ب) چرخه بیوشیمیایی^۴ که شامل انتقال و جابجایی‌های عناصر غذایی در داخل خود گیاه می‌باشد. (ج) چرخه بیوژئوشیمیایی^۵ که بیانگر ارتباط گیاه با خاک بوده و شامل تمامی تغییر و تحولاتی است که در رابطه بین گیاه با خاک رخ می‌دهد و عموماً جامع‌ترین نوع مدل مفهومی چرخه عناصر غذایی در بوم‌سازگان‌های جنگلی محسوب می‌شود (۳۲). تاج پوشش یکی از مهمترین اجزای بوم‌سازگان‌های جنگلی به شمار می‌آید. آشکارا

پیداست که تاج پوشش جنگل بر روی بسیاری از فرآیندهای بیوژئوشیمیایی رویشگاه اثرگذار می‌باشد (۸۱). مشخصه‌های تاج پوشش به طرق مستقیم و غیرمستقیم بر کیفیت و کمیت لاشریزی، تاج‌بارش، ساقاب، خصوصیات خاک، الگوی ریشه‌دوانی و تنفس خاک مؤثر است. بنابراین در شرایط رویشگاهی مشابه، ناهمگونی ترکیب تاج پوشش می‌تواند بر حاصل‌خیزی بوم‌سازگان جنگلی اثرگذار باشد (۶۳). بر همین اساس می‌توان ترکیب تاج پوشش را به‌عنوان یک فاکتور تعیین‌کننده در تغییرپذیری شاخص‌های حاصل‌خیزی خاک‌های جنگلی به شمار آورد. لاشه‌ریزی و اشکال مختلف بارش (تاجی و یا ساقه‌ای) مهمترین مسیرهایی هستند که منجر به انتقال و جابجایی عناصر از تاج پوشش به داخل خاک می‌شوند. سهم هر یک از این دو مسیر به سرشت عناصر، مشخصه‌های شاخه و برگ درختان و همچنین اسیدیته آب باران بستگی دارد (۳۴). جهت دستیابی به بهترین راه به‌منظور حفظ و نگهداری عناصر غذایی خاک جنگل در شرایط محیطی موجود، آگاهی از تأثیر ترکیب تاج پوشش بر مقدار و مشخصه‌های شیمی لاشه‌ریزی، تاج‌بارش و ساقاب از ضروریات می‌باشد.

- 1- Geochemical cycle
- 2- Inputs
- 3- Outputs
- 4- Biochemical cycle
- 5- Biogeochemical cycle

ورودی‌های متفاوت عناصر غذایی از طریق مسیرهای هیدرولوژیکی، فرآیندهای متفاوت لاشه‌ریزی و بیوشیمیایی در لایه‌های آلی و معدنی خاک منجر به تغییرپذیری مکانی و موقتی شیمی محلول خاک می‌شوند (۶۲). در بوم‌سازگان‌های جنگلی، الگوی پراکنش تاج پوشش درختان با تأثیر بر مشخصه‌های کیفی لاشبرگ و خاک بر فعالیت‌های میکروبی تأثیر گذاشته و ناهمگنی مکانی را در انتشار گازها ایجاد می‌نمایند (۹). شناخت ویژگی‌های خاک یکی از پایه‌های مدیریت اصولی جنگل است که بسیاری از گزینه‌های اکولوژی و جنگل‌شناسی از جمله انتخاب گونه، تعیین حاصل‌خیزی رویشگاه و نرخ رویش توده تحت تأثیر آن قرار دارند (۶۷). مفهوم "چرخه تأثیر تک درخت" اولین بار بوسیله زینک (۱۹۶۲) در پژوهش‌های مربوط به ویژگی‌های خاک از قبیل کاتیونهای قابل تبادل و اسیدیته خاک عنوان شده است. اثر گونه‌های درختی منفرد بر روی خاک‌ها با عناوین مختلفی چون "جزیره حاصل‌خیزی"، "میکروسایته‌های تجدیدحیات" و یا "تئوری مدل لوله" نامگذاری شده‌اند (۴۱). ترکیب آمیخته گونه‌های درختی ممکن است اثرات متعددی بر بیوژئوشیمی بوم‌سازگان‌های جنگلی داشته باشد. این موضوع در مناطقی که مقادیر کاتیون‌های خاک پایین است برجسته‌تر به نظر می‌رسد (۶۵).

راش^۵ یکی از با ارزش‌ترین درختان صنعتی کشور می‌باشد که به‌طور عمده در ارتفاعات میان‌بند جنگل‌های شمال در خاک‌های سبک و غنی از مواد غذایی و شرایط اسیدی و آهکی یافت می‌شود. حفظ شرایط تولیدی رویشگاه‌های این‌گونه به هنگام

تاج‌پوشش جنگل اصلی‌ترین سطح دریافت‌کننده بارش است و با تغییراتی که در توزیع مکانی بارش (تاج‌بارش - ساقاب) ایجاد می‌کند اثر مهمی بر رژیم‌های هیدرولوژیکی جنگل دارد (۸۵). تاج پوشش، نحوه توزیع بارش در کف جنگل، الگوهای رطوبتی و در نتیجه فرآیندهای نفوذ سطحی و عمقی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۷۱). تغییرات مکانی تاج‌بارش بر ناهمگنی فرآیندهای هیدرولوژیک، بیوژئوشیمیایی و اکولوژیک کف جنگل اثر می‌گذارد (۳۵). اگر الگوهای مکانی بارش در مدتی طولانی پایدار باشند، تغییرات آن‌ها تحت شرایط خاص تغییرات مکانی حاصل‌خیزی خاک را نشان می‌دهند (۷۹). با توجه به ظرفیت تبدلات و مشخصه‌های تاجی، مشخصه‌های شیمی آب باران با عبور از فضای داخل تاج پوشش تغییر پیدا می‌کند (۴۷). تاج پوشش بوم‌سازگان‌های جنگلی عناصر غذایی را در شاخه و برگ ذخیره نموده و از طریق لاشه‌ریزی به خاک برمی‌گرداند (۵۹). ریشه‌های درختان بر اساس اندازه به دو دسته ریزریشه (قطر کمتر از دو میلی‌متر) و درشت‌ریشه (قطر بیشتر از دو میلی‌متر) تقسیم می‌شوند. رشد، مرگ و تجزیه ریزریشه‌ها از مسیرهای اصلی چرخه کربن و نیتروژن بوده و در بازیابی عناصر منیزیم، کلسیم و فسفر نقش اساسی دارند (۲۲). درشت‌ریشه‌ها با اندازه بزرگ‌تر و نقش ساختاری موجب پایداری بخش رزمینی درختان می‌شوند. نرخ بازگشت درشت‌ریشه‌ها به شکلی کند، کربن و عناصر غذایی را به خاک آزاد می‌کند و بر تولید و تنفس خاک مؤثر می‌باشد (۵۰). محلول خاک رابطی بین بخش‌های زیستی، آلی و معدنی می‌باشد و نقش بسیار مهمی در چرخه بیوژئوشیمیایی بوم‌سازگان‌های جنگلی ایفا می‌کند (۱). گونه‌های درختی مختلف،

- 1- Single tree influence cycle
- 2- Fertility island
- 3- Regeneration micro sites
- 4- Pipe model theory
- 5- *Fagus orientalis* Lipsky

آمیختگی کم یا زیاد تأثیری بر کل زیستوده پوشش زیرآشکوب نشان نداده است (۳۹). هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی و تحلیل چرخه بیوزئوشیمیایی گونه راش در ترکیب تاج پوشش خالص، آمیخته با گونه‌های ممرز و افراپلت و معرفی ترکیب تاجی تأثیرگذار بر روند چرخه بیوزئوشیمیایی در توده‌های مورد مطالعه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: این تحقیق در جنگل آموزشی-پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس واقع در صلاح‌الدین کلا از توابع شهرستان نوشهر انجام گردید. این منطقه در سری ۳ حوزه آبخیز آغوزچال واقع گردیده که دارای دامنه ارتفاعی ۱۷۰۰ - ۱۰۰ متر از سطح دریا و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۷ دقیقه ۳۹ ثانیه تا ۵۱ درجه و ۴۳ دقیقه ۲۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۲ دقیقه ۵۶ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه ۲۳ ثانیه شمالی می‌باشد. منطقه مورد مطالعه در تقسیم‌بندی اقلیمی ایران، جزء نواحی با بارش متوسط و اختلاف ارتفاع بیش از ۲۰۰ متر واقع شده و بر اساس دما در اقلیم خیلی سرد قرار می‌گیرد (۴۱). میانگین بارندگی سالیانه ۱۳۰۸/۸ میلی‌متر بوده که با گرادیان منفی به سمت ارتفاعات به حدود ۲۴۰ میلی‌متر در بالا دست کاهش می‌یابد. حداکثر و حداقل متوسط بارندگی ماهیانه به ترتیب در مهرماه و تیرماه با ۲۸۰/۴ و ۳۷/۴ میلی‌متر رخ می‌دهد و حداکثر و حداقل میانگین دمای ماهیانه به ترتیب در تیر و مرداد ۲۵ و در بهمن ۶/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. به منظور انجام این پژوهش، قطعه شماره ۳۰۱ واقع در جنگل مذکور مدنظر قرار گرفت. این قطعه با مساحت ۷۸ هکتار، عرصه حفاظتی بوده و در

بهره‌برداری آن در راستای اصل تولید مستمر و بهینه مورد توجه مدیران جنگل قرار دارد. از این رو مطالعه و شناسایی شرایط رویشگاهی این گونه ارزشمند از ضروریات است. این گونه در جنگل‌های آمیخته شمال ایران با گونه‌های درختی متعددی همراه می‌شود که هر یک از این گونه‌های همراه می‌توانند در نوع و شکل اثرگذاری گونه راش بر حاصل‌خیزی رویشگاه اثرگذار باشند. آبرت و همکاران (۲۰۰۳) نقش ترکیب تاج پوشش راش خالص^۱ و راش-ممرز^۲ را بر جمعیت بی‌مهرگان بزرگ بررسی کردند. تفاوت زیادی بین جمعیت دو ترکیب مشاهده نشد و فراوانی جوامع ماکروفون در توده خالص راش بیش از توده آمیخته بوده است. تنوع غذایی در توده آمیخته، تأثیری بر تنوع و ناهمگنی فون خاک نشان نداده است (۲). حجتی و لامرسدورف (۲۰۱۰) تأثیر ترکیب تاج پوشش خالص راش^۳، خالص نراد^۴، آمیخته راش-نراد را بر تصاعد دی‌اکسید کربن بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیشترین تصاعد دی‌اکسید کربن در ترکیب آمیخته راش-نراد بوده است (۲۸). کارا و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر ترکیب تاج پوشش گونه‌های نوئل سیاه^۵، صنوبر لرزان^۶ و کاج بانکسیا^۷ را بر جریان عناصر غذایی و پویایی فعالیت پوشش‌های زیرآشکوب در جنگل‌های کبک و انتاریو کانادا بررسی کردند. مطابق با نتایج پژوهش آن‌ها، حضور پایه‌های صنوبر موجب افزایش دسترسی به عناصر غذایی و زیستوده تولیدی پوشش‌های آوندی زیرآشکوب شده است. در این بررسی حضور خزه‌ها همبستگی مثبتی با سوزنی‌برگان داشته است. شدت

- 1- *Fagus sylvatica* L.
- 2- *Fagus sylvatica* L. – *Carpinus betulus* L.
- 3- *Fagus sylvatica* L.
- 4- *Picea abies* L. Karst
- 5- *Picea mariana* (Mill.) BSP
- 6- *Populus tremuloides* Michx
- 7- *Pinus banksiana* Lamb

قرار گرفت. در فصل رویش (تابستان)، نمونه‌های لاشبرگ و خاک (۱۰ × ۵۰ × ۵۰ سانتی‌متر) در نزدیک‌ترین فاصله به تنه اصلی درختان راش (۲۹) و از چهار سمت آن جمع‌آوری و یک نمونه ترکیبی به آزمایشگاه انتقال داده شد (شکل ۱).

یک بخش از نمونه‌های خاک جهت انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی، پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده و بخش دوم نمونه‌ها برای انجام آزمایش‌های زیستی تا زمان آزمایش در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. چگالی ظاهری به روش سیلندر، بافت خاک (درصد اجزاء تشکیل دهنده خاک) با استفاده از روش هیدرومتری، رطوبت خاک به روش توزین، اسیدیته به روش پتانسیومتری از طریق دستگاه pH متر الکتریکی، کربن آلی به روش اکسیداسیون تر والکلی‌بلاک، نیتروژن کل به روش کجلدال (۲۳)، زیتوده میکربی کربن و نیتروژن به روش تدخین- استخراج (۶) در محیط آزمایشگاه مورد سنجش قرار گرفت. همچنین، همزمان با نمونه‌برداری خاک، گرم‌های خاکی به روش دستی جمع‌آوری و زی‌توده آن‌ها با توجه به وزن آن‌ها بعد از ۴۸ ساعت خشک شدن روی کاغذهای فیلتر در آزمایشگاه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (۴۳). به‌منظور سنجش تصاعد گازی، مقدار ۵۰ گرم خاک تازه مربوط به هر یک از موقعیت‌ها در بطری‌های شیشه‌ای با حجم یکسان قرار داده شد و درب بطری‌ها به مدت ۳ ساعت به‌طور کامل بسته شد به‌طوری‌که هیچ ارتباطی با محیط بیرون نداشته باشد. سپس نمونه‌های گاز موجود از داخل بطری‌های محفوظ شده با استفاده از سرنگ برداشت و نمونه‌های گاز (دی اکسید کربن، متان و نیتروژن اکسید) توسط دستگاه گاز کروماتوگراف قرائت شد (۴۲).

آن راش^۱ با گونه‌های ممرز^۲، انجیلی^۳، نمدار^۴، شیردار^۵، افراپلت^۶ و بارانک^۷ همراه می‌باشد. بیش از ۵۰ درصد سطح قطعه توسط گونه راش اشغال شده و هر یک از گونه‌های فوق‌الذکر کمتر از ۱۰ درصد مساحت قطعه را در بر گرفته‌اند (جدول ۱). ساختار توده، دانه‌زاد ناهمسال بوده و کیفیت توده نیز مناسب می‌باشد. حداقل و حداکثر ارتفاع از سطح دریا به ترتیب ۲۵۰ تا ۸۰۰ متر بوده و اکثر سطوح این عرصه دارای شیب تند می‌باشند. جهت عمومی قطعه، شمال‌شرقی بوده و دارای سنگ مادر آهکی- دولومیتی می‌باشد. خاک محدوده مورد مطالعه، آلفی سول و بافت خاک، سیلتی کلی لومی می‌باشد (۴۱).

نمونه‌برداری و تجزیه آزمایشگاهی: به‌منظور انجام پژوهش حاضر، پس از جنگل‌گردشی در عرصه جنگلی موردنظر و با کمک قرقبان‌های مجرب، گروه‌ها یا لکه‌هایی (با سطح حداقل نیم هکتار) از گونه‌های درختی [درخت راش محاط شده توسط درختان ممرز (ترکیب تاج پوشش راش- ممرز)، درخت راش محاط شده توسط درختان افراپلت (ترکیب تاج پوشش راش- افراپلت)، درخت راش محاط شده توسط درختان ممرز و افراپلت (ترکیب تاج پوشش راش آمیخته) و درخت راش محاط شده توسط درختان راش دیگر (ترکیب تاج پوشش خالص راش)] در اشکوب فوقانی جنگل با شرایط فیزیوگرافی تقریباً یکسان (دامنه ارتفاعی ۷۹۰-۸۰۰ متر، جهت جغرافیایی شمال‌شرقی و شیب ۳۵-۳۰ درصد) شناسایی گردید. برای هر ترکیب پنج تکرار و در مجموع تعداد بیست قطعه نمونه در جنگل مدنظر

- 1- *Fagus orientalis* Lipsky
- 2- *Carpinus betulus* L.
- 3- *Parrotia persica*
- 4- *Tilia begonifolia*
- 5- *Acer cappadocicum*
- 6- *Acer insigne*
- 7- *Sorbus torminalis*

جدول ۱- میانگین (\pm اشتباه معیار) درصد پوشش گونه‌های درختی در قطعه حفاظتی جنگل آموزشی- پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس (۱۴۰).

نام گونه (Species)	راش (Beech)	ممرز (Hornbeam)	انجیلی (Persian ironwood)	نمدار (Basswood)	شیردار (Cappadocian maple)	افراپلت (Persian maple)	بارانک (wild service tree)
درصد پوشش Cover (%)	58.13 \pm 9.12	9.86 \pm 2.19	8.11 \pm 3.09	5.16 \pm 1.77	7.48 \pm 2.11	9.11 \pm 1.23	1.01 \pm 0.09



شکل ۱- طرح شماتیکی از محل نمونه‌برداری لاشبرگ و خاک.

Figure 1. Schematic design of litter and soil sampling location.

مؤلفه‌های اصلی (PCA) با ایجاد ماتریس حاصله در برنامه ORD - PC تحت Windows مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

مشخصه‌های لاشبرگ: کربن آلی و نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ بیشترین مقادیر خود را به ترتیب در ترکیب خالص راش، راش- افراپلت، راش- ممرز و راش آمیخته نشان داد (جدول ۲). یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که غلظت کربن در توده راش خالص بیشتر از سایر ترکیب‌های درختی مورد مطالعه بوده است. در بررسی کارا و همکاران (۲۰۱۴) مقایسه میزان کربن لاشبرگ در ترکیب خالص راش^۱ و راش- نراد^۲ در منطقه بارتن ترکیه نشان داد که راش خالص محتوی بیشتری از کربن بوده که مرتبط با کیفیت

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در اولین مرحله، نرمال بودن داده‌ها به وسیله آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و همگن بودن واریانس داده‌ها با استفاده از آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت. به منظور مطالعه تفاوت یا عدم تفاوت مقادیر مشخصه‌های مختلف لاشبرگ و خاک در ارتباط با نوع ترکیب تاج پوشش از آزمون تجزیه واریانس یکطرفه استفاده شد. آزمون دانکن ($p < 0.05$) نیز به منظور مقایسه چندگانه میانگین‌ها به کار گرفته شد. تجزیه و تحلیل آماری کلیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ صورت پذیرفت. کلیه نمودارها در نرم‌افزار اکسل ترسیم شدند. همچنین به منظور انجام آنالیز چند متغیره و تعیین رابطه بین مشخصه‌های زیستی و تصاعد گازهای گلخانه‌ای با مشخصه‌های لاشبرگ، فیزیکی و شیمیایی خاک در پوشش‌های جنگلی مورد مطالعه، تحلیل

1- *Fagus orientalis*

2- *Abies nordmanniana*

ساریلدیز و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد (۳۱، ۶۵). ترکیب آمیخته درختان بر تغییر کیفیت لاشبرگ مؤثر است (۱۰). وانگ و همکاران (۲۰۰۹)، در این رابطه اصطلاح اثر حاصل‌خیزی^۱ را بیان کردند (۷۸). در این فرآیند، لاشبرگ‌هایی با کیفیت بهتر (محتوی نیتروژن بیشتر و حاوی کربن و نسبت کربن به نیتروژن پایین‌تر) با تأثیر مثبت بر فعالیت جوامع میکروبی موجب سهولت تجزیه و آزادسازی عناصر از لاشبرگ‌هایی با کیفیت پایین می‌شوند (۱۶). به بیان دیگر، آمیختگی گونه‌های درختی مختلف منجر به بهبود کیفیت لاشبرگ کف جنگل و حاصل‌خیزی خاک رویشگاه می‌گردد (۶۶). کیفیت بالای لاشبرگ (مقادیر بیشتر نیتروژن و غلظت پایین کربن) در گونه‌های درختی همراه راش موجب بهبود کیفیت لاشبرگ ترکیب آمیخته نسبت به ترکیب تاجی خالص راش گردیده است (۵۲). نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ تنها در ترکیب خالص تاج پوشش راش با تاج پوشش‌های آمیخته متفاوت بوده است. کاهش این نسبت ناشی از غلظت بیشتر نیتروژن و پیوند ساده ترکیبات کربنی گونه‌های تجزیه‌پذیر همراه می‌باشد (۲۰). ترکیب تاج پوشش از گونه‌هایی با لاشبرگ‌های کیفی بالاتر (محتوی بیشتر نیتروژن و مقادیر پایین‌تر کربن و نسبت کربن به نیتروژن)، موجب بهبود شرایط پوشش کف و افزایش کیفیت غذایی می‌شود (۵۹).

مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک: نتایج پژوهش حاضر نشان داد که چگالی ظاهری خاک به ترتیب در ترکیب راش آمیخته، راش-ممرز، راش-افراپلت، راش خالص و محتوی رطوبت خاک در ترکیب خالص راش، راش-افراپلت، راش-ممرز و راش آمیخته بیشترین مقادیر را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۲). اجزای بافت خاک در ترکیب‌های درختی مختلف تفاوت آماری معنی‌داری نشان نداده

لاشبرگ این گونه می‌باشد. آزادسازی ترکیبات مهارکننده مانند فنول و تانن، موجب کند شدن روند تجزیه لاشبرگ می‌شود (۳۵). همچنین مطالعه برگر و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که غلظت کربن در راش^۱ حتی از کاج سیاه^۲ به‌عنوان یک گونه سوزنی‌برگ بیشتر بوده و راش را به‌عنوان گونه‌ای با کمترین درصد آزادسازی کربن معرفی نمود (۹). بررسی جاثوب و همکاران (۲۰۱۰) نیز بیانگر کمترین میزان نسبت رهاسازی مواد از جمله کربن در گونه راش^۳ نسبت به گونه‌های نمودار^۴، ممرز^۵، زبان‌گنجشک^۶ و افرا^۷ می‌باشد (۳۱). در یافته‌های جونارد و همکاران (۲۰۰۸) نیز در بررسی توده خالص راش^۸، بلوط^۹ و توده آمیخته راش-بلوط، به تأثیر مثبت آمیختگی در افزایش آزادسازی کربن آلی اشاره شده است. پژوهش آن‌ها نشان داد که ترکیب آمیخته راش و بلوط، تأثیر مثبت در روند تجزیه لاشبرگ بلوط داشته است و غلظت بیشتر فسفر در لاشبرگ راش، شرایط مساعدی برای فعالیت میکروارگانیسم‌های تجزیه‌کننده لاشبرگ بلوط فراهم آورده است (۳۳). همچنین یافته‌های آن‌ها نشان داد که میزان مقاومت به فرآیند تجزیه در راش خالص بیش از ترکیب راش-بلوط بوده است. با توجه به مطالعات مذکور، در بررسی حاضر ماهیت لاشبرگ راش موجب افزایش کربن نسبت به دیگر ترکیب‌های گونه راش شده است. غلظت نیتروژن لاشبرگ در ترکیب راش-ممرز-افراپلت و راش خالص به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را نشان داده که با یافته‌های جونارد و همکاران (۲۰۰۸) و

- 1- *Fagus sylvatica*
- 2- *Pinus nigra*
- 3- *Fagus sylvatica*
- 4- *Tilia spp*
- 5- *Carpinus betulus*
- 6- *Fraxinus excelsior*
- 7- *Acer spp*
- 8- *Fagus sylvatica*
- 9- *Quercus alba*

مواد آلی از طریق کاهش تبخیر و تعرق و افزایش نرخ نفوذ آب در خاک منجر به نگهداشت مقدار چشمگیر رطوبت در خاک می‌شوند (۵۶). مطابق با بررسی هیدی و همکاران (۲۰۰۹) بافت خاک مشخصه‌ای نسبتاً تغییرناپذیر است که به دنبال تحول مواد مادری طی فرآیندهای هوازدگی و در طولانی‌مدت شکل می‌گیرد (۲۶). در بررسی حاضر با توجه به شرایط یکسان محیطی، بافت خاک در توده‌ها به صورت مشابه مشاهده شد.

میزان pH خاک در عرصه‌های جنگلی وابسته به میزان جذب آنیون و کاتیون‌ها توسط پوشش گیاهی و ظرفیت بافری خاک است. در ترکیب خالص راش محتوی بالای کربن آلی موجب افزایش اسید هومیک در خاک می‌شود (۱۲). اشاره به ماهیت اسیدی لاشبرگ راش در پژوهش‌های پیشین (به عنوان مثال اوبرت و همکاران، ۲۰۰۳) نیز گزارش شده است (۲). فرآیندهایی چون آبشویی، کیفیت غذایی پایین لاشبرگ و عدم حضور کرم‌های خاکی از علل دیگر کاهش اسیدیته خاک در عرصه‌های جنگلی بیان شده است (۷۳). کربن آلی خاک در ترکیب خالص راش بیشترین مقدار را نشان داده که این موضوع می‌تواند به کیفیت لاشبرگ این ترکیب تاج پوشش درختی مرتبط باشد (۵۴). در همین رابطه، کوچ (۲۰۱۲) اذعان داشته که به دلیل محتوی بالای کربن لاشبرگ در زیر تاج پوشش گونه راش، درصد کربن خاک نیز تا حد زیادی افزایش می‌یابد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد (۴۰). زیاد بودن میزان نیتروژن کل در ارتباط با مقدار مواد آلی غنی از ازت است که به دلیل لاشه‌ریزی، به خاک ترکیبات آمیخته با راش اضافه می‌شود. مواد آلی که منجر به افزایش محتوی مواد مغذی خاک شده، از جمعیت میکروارگانیسم‌های غنی‌کننده نیتروژن خاک حمایت کرده و در نتیجه، سبب افزایش مقدار این مشخصه در خاک می‌شود (۲۱).

است (جدول ۲). pH خاک و نیتروژن کل با تفاوت معنی‌دار، بیشترین مقدار خود را به ترتیب در ترکیب راش آمیخته، راش-ممرز، راش-افراپلت و راش خالص نشان دادند (جدول ۲). کربن آلی و نسبت کربن به نیتروژن خاک در ترکیب راش خالص با سایر ترکیب‌ها تفاوت آماری معنی‌داری داشته و به ترتیب بیشترین مقادیر آن‌ها در ترکیب خالص راش، راش-افراپلت، راش-ممرز و راش آمیخته مشاهده شد (جدول ۲). محتوی کربن آلی خاک در کاهش چگالی ظاهری مؤثر می‌باشد. مهمترین اثر فیزیکی مواد آلی در خاک، افزایش کلئیدهای آلی، ظرفیت نگهداری آب و بهبود شرایط فیزیکی خاک است (۱۹). کاهش میزان ماده آلی موجب افزایش چگالی ظاهری و فشردگی خاک می‌شود (۵۶). مواد آلی، سبک‌تر از خاک هم حجم خود هستند، میزان تخلخل آن‌ها بیش‌تر است که موجب پایداری خاکدانه و افزایش منافذ و کاهش چگالی ظاهری خاک می‌شود (۸۳). در یک پژوهش صورت گرفته در مرکز تحقیقات محیط زیست اسمیتسونیان، مریلند ایالات متحده، یسی لونیز و همکاران (۲۰۱۶) فشردگی خاک را به تغذیه کرم‌های خاکی از لاشبرگ‌های تازه ریخته شده در سطح، مصرف آن‌ها و انتقال بقایا به لایه معدنی مرتبط دانسته‌اند (۸۴). طبق نتایج بررسی آن‌ها، کرم‌های خاکی با تهی کردن سطح از مواد آلی موجب کاهش بقایای آلی و افزایش چگالی ظاهری در سطح خاک می‌شوند که بیشتر در جنگل‌های معتدله رخ می‌دهد. با توجه به حجم مقادیر بیشتر لاشبرگ در سطح خاک و عدم حضور کرم خاکی در ترکیب خالص راش، می‌توان فعالیت آن‌ها در ترکیب‌های تاجی آمیخته را عامل کاهش ماده آلی و افزایش چگالی ظاهری خاک دانست. بالا بودن محتوی رطوبت خاک در ترکیب راش خالص را می‌توان به دلیل زیاد بودن مقدار مواد آلی در خاک این عرصه دانست (مقدار بیشتر کربن آلی خاک و لاشبرگ مقاوم به تجزیه)، به طوری که

جدول ۲- میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه‌های لاشبرگ، فیزیکی و شیمیایی خاک در ترکیب‌های مختلف تاج پوشش راش.

Table 1. Mean (± SE) of the litter and soil physico- chemical properties in different Beech canopy composition.

معنی داری (P value)	F مقدار (F test)	راش خالص (Pure beech)	راش - افراپلت (Beech-maple)	راش - ممرز (Beech-hornbeam)	راش آمیخته (Mixed beech)	مشخصه مورد بررسی
0.021*	4.289	38.50±4.97 ^a	26.92±1.23 ^b	25.97±2.52 ^b	24.61±2.34 ^b	کربن لاشبرگ (درصد) Litter C (%)
0.000**	206.876	0.73±0.06 ^d	0.97±0.00 ^c	1.13±0.03 ^b	2.15±0.04 ^a	نیتروژن لاشبرگ (درصد) Litter N (%)
0.000**	10.913	55.20±1.91 ^a	27.51±1.20 ^b	22.91±2.20 ^b	11.40±1.05 ^b	نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ Litter C/N
0.000**	17.562	1.09±0.05 ^b	1.57±0.09 ^a	1.64±0.05 ^a	1.71±0.04 ^a	چگالی ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب) Bulk density (g/m ³)
0.914 ^{ns}	0.171	47.00±4.72	47.40±3.31	44.20±2.65	47.60±4.29	شن (درصد) Sand (%)
0.987 ^{ns}	0.044	30.80±5.80	28.80±2.78	30.80±1.98	30.60±6.32	سیلت (درصد) Silt (%)
0.576 ^{ns}	0.682	22.20±1.42	23.80±1.82	25.00±1.00	21.80±2.51	رس (درصد) Clay (%)
0.000**	19.624	36.84±2.32 ^a	20.81±1.10 ^b	18.79±2.16 ^b	18.32±2.14 ^b	رطوبت خاک (درصد) Soil moistur (%)
0.040*	3.507	5.47±0.44 ^b	6.08±0.22 ^{ab}	6.85±0.45 ^a	6.98±0.37 ^a	pH
0.033*	3.729	3.82±0.32 ^a	2.57±0.17 ^b	2.32±0.50 ^b	2.30±0.41 ^b	کربن خاک (درصد) Soil C (%)
0.000**	21.736	0.16±0.00 ^b	0.42±0.01 ^a	0.47±0.03 ^a	0.50±0.05 ^a	نیتروژن خاک (درصد) Soil N (%)
0.000**	71.230	23.88±1.6 ^a	6.17±0.44 ^b	5.16±1.27 ^b	4.51±0.51 ^b	نسبت کربن به نیتروژن خاک Soil C/N

**significant at level of one percent

*significant at level of one percent

^{ns} non-significant

** معنی داری در سطح یک درصد

* معنی داری در سطح پنج درصد

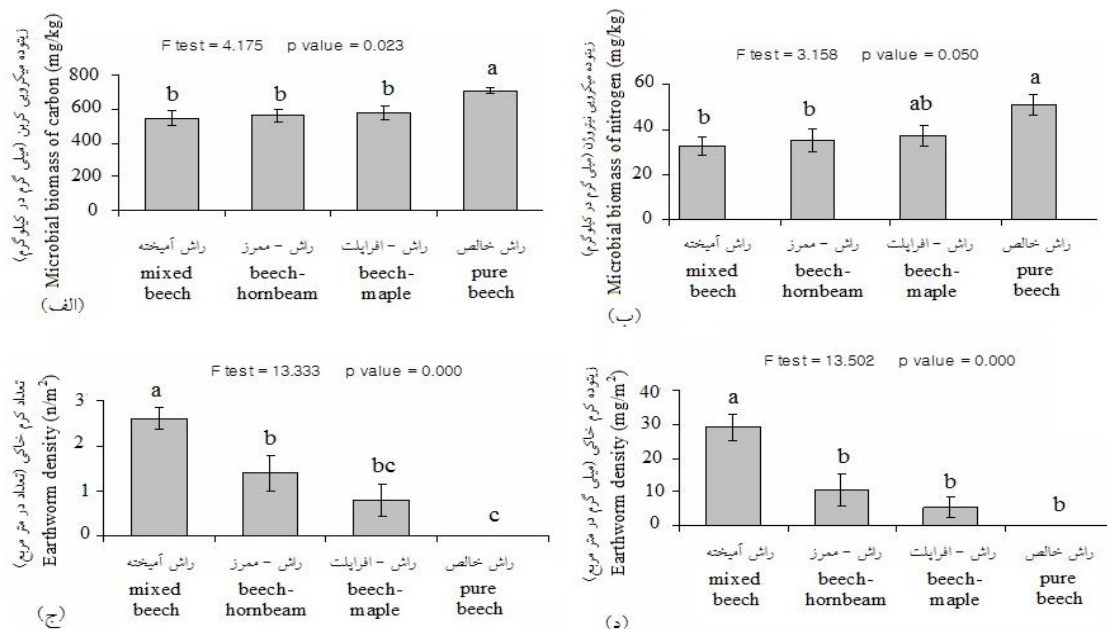
^{ns} عدم معنی داری

با کربن آلی خاک دارند و کاهش کربن آلی مهمترین علت در کاهش زیتوده میکروبی گزارش شده است (۶۱). مطابق با بررسی‌ها، ترکیبات کربنی که به فرآیند تجزیه مقاوم هستند مانند لیگنین و تانن موجب افزایش زیتوده میکروبی کربن می‌شوند (۸۲). در همین راستا، کجور و پارتل (۲۰۱۲) افزایش کمیت کربن آلی ورودی خاک را عامل افزایش زیتوده میکروبی کربن و نیتروژن بیان کردند که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی داشته است و می‌توان افزایش زیتوده میکروبی کربن و نیتروژن خاک را در ترکیب

مشخصه‌های زیستی و تصاعد گاز خاک: زیتوده میکروبی کربن و نیتروژن، با تفاوت معنی‌دار به ترتیب در ترکیب خالص راش، راش - افراپلت، راش - ممرز و راش آمیخته بیشترین مقدار را نشان دادند (شکل ۲ الف و ب). جمعیت و زیتوده کرم‌خاکی به‌طور معنی‌دار به ترتیب در ترکیب راش آمیخته، راش - ممرز، راش - افراپلت و راش خالص بیشترین مقادیر بوده‌اند (شکل ۲ ج و د). زیتوده میکروبی کربن و نیتروژن خاک در ترکیب خالص راش بیش از سایر ترکیب‌ها بوده است. این دو مشخصه همبستگی بالایی

لاشبرگ راش، با تأثیر بر جذب عناصر غذایی در سطح، موجب کاهش زیتوده کرم خاکی شده است (۱۷). در یک پژوهش، گارسیا و فراگاسو (۲۰۰۲) اذعان داشتند که نسبت کربن به نیتروژن مواد غذایی، غلظت پلی‌فنول‌ها و ترکیبات مرتبط به آن، مهمترین عامل کنترل فعالیت کرم‌های خاکی به حساب می‌آید (۲۳). به‌طور کلی در مطالعه حاضر کیفیت بهتر لاشبرگ، pH پایین و محتوی بیشتر نیتروژن خاک در ترکیب آمیخته درختی موجب افزایش حضور کرم‌های خاکی شده است (۴۱).

خالص راش نسبت به دیگر ترکیب‌ها، سهم بیشتر مواد آلی خاک در این ترکیب دانست. بیشترین تعداد و زیتوده کرم خاکی مربوط به ترکیب آمیخته راش بوده است (۴۵). یافته‌های وارن و زو (۲۰۰۲) حاکی از آنست که کیفیت لاشه‌ریزه و غلظت نیتروژن بر زیتوده کرم خاکی مؤثر بوده و ارتباط مثبتی بین این پارامترها و جمعیت کرم‌های خاکی وجود دارد (۷۹). مطابق با بررسی سارلو (۲۰۰۶)، گونه‌های درختی با غلظت بالای نیتروژن لاشبرگ، موجب افزایش زیتوده کرم خاکی می‌شوند (۶۶). ساختار کربنی پیچیده در



شکل ۲- میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه‌های زیستی خاک در بخش تحتانی ترکیب‌های مختلف تاج پوشش.

Figure 2. Mean (± SE) of soil biological properties under different canopy composition.

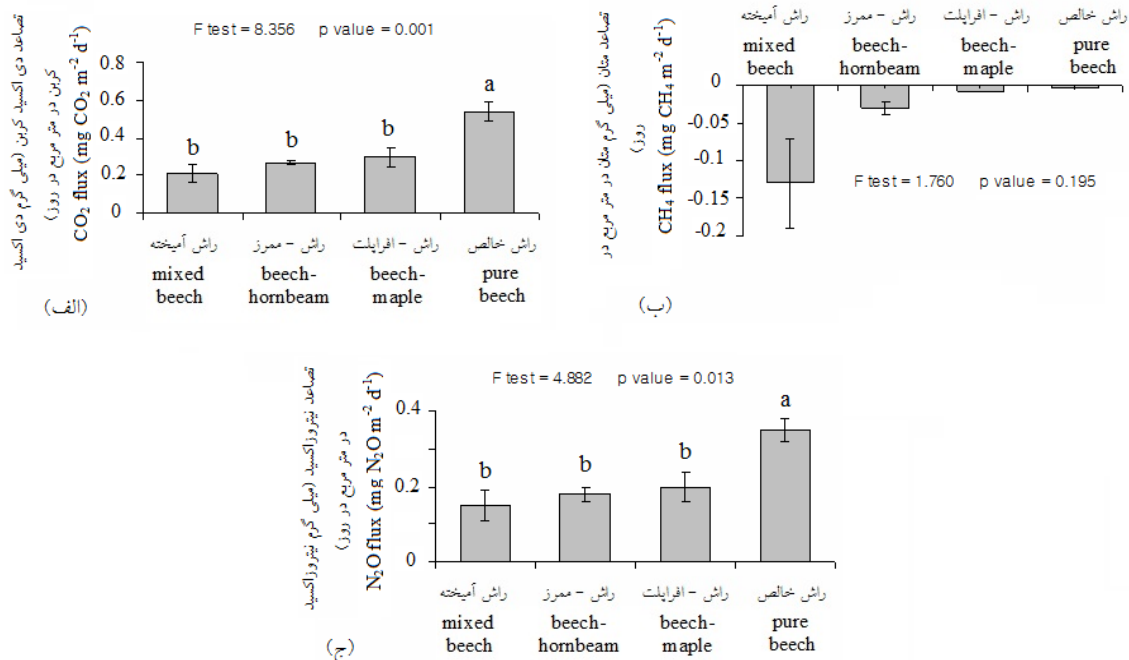
فرآیند نیترات‌سازی^۱ تحت شرایط هوازی و نیترات‌زدایی^۲ تحت شرایط غیر هوازی است. این دو فرآیند تأثیرپذیری بالایی نسبت به محتوی رطوبتی، دما و نیتروژن خاک دارند (۵۱). افزایش رطوبت خاک با تسریع روند فرآیندهای نیترات‌سازی و نیترات‌زدایی موجب افزایش تصاعد نیتروژن اکسید می‌شود (۵۷).

تصاعد متان فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در ترکیب‌های درختی مورد بررسی بوده (شکل ۳ ب) در حالی که بیشترین میزان تصاعد دی‌اکسید کربن و نیتروژن اکسید به ترتیب در ترکیب خالص راش، راش-افراپلت، راش-ممرز و راش آمیخته مشاهده شد (شکل ۳ الف و ج). تصاعد نیتروژن اکسید حاصل

1- Nitrification
2- Denitrification

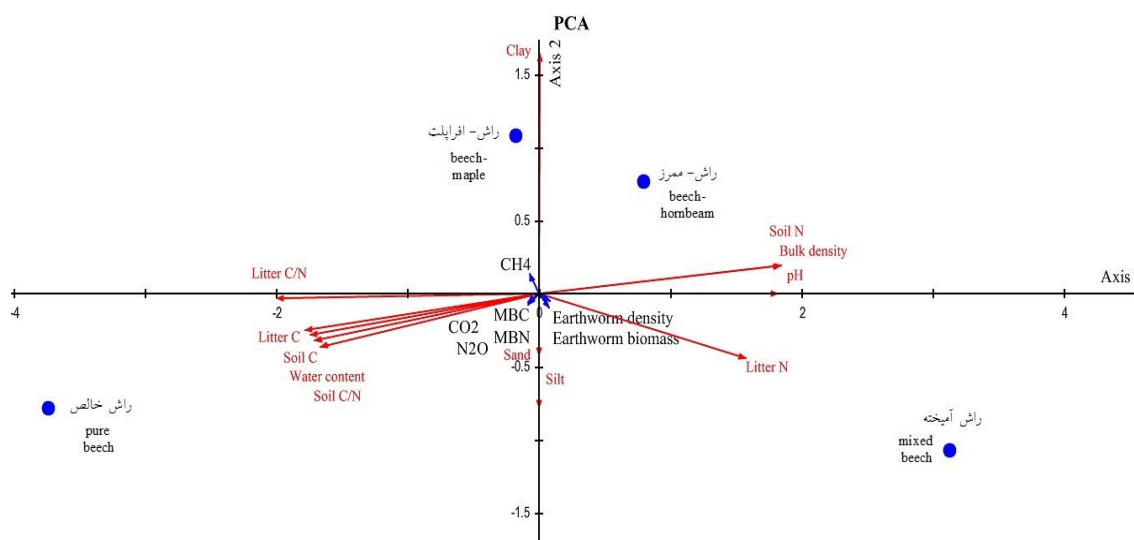
ترکیب‌ها بیشتر باشد. در این مطالعه، از بین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تصاعد دی اکسید کربن و نیتروژن اکسید، محتوی رطوبتی خاک تنها عاملی است که در توجیه یافته حاضر می‌توان به آن استناد کرد. با توجه به کیفیت لاشبرگ و اسیدیته زیاد ترکیب خالص راش، افزایش رطوبت خاک را می‌توان علت افزایش تنفس میکروبی و نیتروژن اکسید با تحریک فرآیندهای معدنی‌سازی نیتروژن دانست. مطابق بررسی‌ها تأثیر رطوبت در تحریک فعالیت باکتری‌های خاک، خصوصاً در فصل رویش زیاد است. این مشخصه موجب افزایش تصاعد گازی شده و آن را تا حد اوج افزایش می‌دهد و در حالت غرقابی خاک، کاهش می‌یابد (۳۶، ۴۴، ۷۰).

رطوبت خاک در پژوهش‌های پیشین نیز به‌عنوان مهمترین عامل افزایش تصاعد نیتروژن اکسید از خاک بیان شده است (۱۵، ۴۸). همچنین، محتوی زیاد کربن آلی خاک نیز با افزایش فرآیند نیترات‌زدایی، موجب افزایش تصاعد نیتروژن اکسید خواهد شد (۲۷، ۲۹، ۷۵). مطابق با تحلیل PCA، مشخصه‌های زیستی و تصاعد گازهای خاک بیشتر متأثر از شاخص‌های کیفی لاشبرگ و مشخصه‌های شیمیایی خاک می‌باشند (شکل ۴). میزان فعالیت فون خاک، سطح نیتروژن ورودی از طریق لاشبریزی، کیفیت لاشبرگ از نظر کربن قابل دسترس، اسیدیته پایین خاک و تنوع گونه‌ای بر میزان تصاعد گازی تأثیر مثبت دارد (۸، ۵۳) و انتظار بر این بود که در ترکیب آمیخته درختی میزان تصاعد دی اکسید کربن و نیتروژن اکسید از سایر



شکل ۳- میانگین (± اشتباه معیار) تصاعد گازهای خاک در بخش تحتانی ترکیب‌های مختلف تاج پوشش.

Figure 3. Mean (± SE) of soil gas fluxes under different canopy composition.



شکل ۴- توزیع مکانی ترکیب‌های مختلف تاج پوشش، مشخصه‌های فیزیکی‌شیمیایی و زیستی خاک در تحلیل PCA (مؤلفه اول: مقدار ویژه = ۶/۱۱، درصد واریانس متناظر با عامل = ۸۷/۳۳، درصد واریانس تجمعی = ۸۷/۳۳ و مؤلفه دوم: مقدار ویژه = ۰/۸۸، درصد واریانس متناظر با عامل = ۱۲/۵۸، درصد واریانس تجمعی = ۹۹/۹۲).

Figure 4. Spatial pattern of canopy covers composition, soil physico-chemical and biological properties in PCA (PC1: Eigen value = 6.11, percent of variance = 87.33, cumulative percent of variance = 87.33; PC2: Eigen value = 0.88, percent of variance = 12.58, cumulative percent of variance = 99.92).

حروف مخفف در شکل (Litter C = کربن لاشبرگ، Litter N = نیتروژن لاشبرگ، Litter C/N = نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ، Water content = محتوی رطوبت خاک، Bulk density = چگالی ظاهری، Sand = شن، Silt = سیلت، Clay = رس، pH = واکنش خاک، Soil C = کربن آلی خاک، Soil N = نیتروژن کل خاک، Soil C/N = نسبت کربن به نیتروژن خاک، MBC = زیتوده میکروبی کربن، MBN = زیتوده میکروبی نیتروژن، Earthworm density = تعداد کرم‌های خاکی، Earthworm biomass = زیتوده کرم‌های خاکی، CO₂ = تصاعد دی اکسید کربن، CH₄ = تصاعد متان، N₂O = تصاعد نیتروژن اکسید).

نتیجه‌گیری کلی

نشان دادند. بر همین مبنا، نتایج تحقیق حاضر می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را در اختیار سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور قرار دهد تا در راستای بهبود و تقویت بوم‌سازگان جنگلی هیرکانی بتوان بهترین ترکیب گونه‌ای را معرفی نمود. ایجاد آمیختگی گونه‌های درختی (راش با ممرز و افراپالت) در بوم‌سازگان جنگلی راش می‌تواند راهکار مناسبی جهت افزایش کیفیت خاک باشد که این موضوع در نهایت پایداری اکوسیستم را به دنبال خواهد داشت.

نتایج این پژوهش نشان داد ترکیب تاج پوشش خالص راش نسبت به دیگر ترکیب‌های درختی بر چرخه‌های کربن و نیتروژن تأثیر بیشتری داشته است، چرا که بالاترین میزان زیتوده کربن و نیتروژن، همچنین بیشترین مقدار تصاعد دی اکسید کربن و نیتروژن اکسید در این ترکیب درختی مشاهده شد. با این حال بیشتر مشخصه‌های مؤثر بر افزایش این فرآیندها، مانند pH پایین خاک، لاشبرگ تجزیه‌پذیر با سطح نیتروژن بیشتر، نیتروژن بالای خاک، زیتوده و تراکم کرم خاکی در ترکیب راش آمیخته بالاترین مقدار را

منابع

1. Aliasghar zad, N. 2010. Method in Soil Biology. Tabriz University. Press. 522p. (In Persian)
2. Ang, S., Tsai, S., Fan, S.H., Yang, H.Y., Hung, C.K., and Cho, S. 2006. Seasonal variation of microbial ecology in hemlock soil of Tatachia Mountain, Taiwan. *Journal Microbiology Immunology.*, 39: 195-205.
3. Aubert, M., Alard, F., and Bardat, J. 2004. Effect of tree mixture on the humic epipedon and vegetation diversity in managed beech forests (Normandy, France). *Canadian Journal of Forest Research.*, 34: 233–248.
4. Aubert, M., Burea, F., and Vincelas-Akpa., M. 2005. Sources of spatial and temporal variability of inorganic nitrogen in pure and mixed deciduous temperate forests. *Soil Biology and Biochemistry.*, 37: 67 - 79.
5. Aubert, M., Hedde, M., Decaëns, T., Bureau, F., Margerie, P., and Alard, D. 2003. Effects of tree canopy composition on earthworms and other macro-invertebrates in beech forests of Upper Normandy (France). *Pedobiologia.*, 47: 904–912.
6. Augusto, L., and Ranger, J. 2001. Impact of tree species on soil solutions in acidic conditions. *Annal Forest Sciences.*, 58: 47-58.
7. Bagherzadeh, A., Brumme, R., and Beese., F. 2008 .Impact of tree species on nutrient stocks in the forest floors of a temperate forest ecosystem. *Pakistan Journal Biologhy Science.*, 11: 1258-1262.
8. Berg, B. 2000. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils. *Forest Ecology and Management.*, 133: 13–22.
9. Berger, T., Duboc, O., Djukic, I., Tatzber, M., Gerzabek, M., and Zehetner, F. 2015. Decomposition of beech (*Fagus sylvatica*) and pine (*Pinus nigra*) litter along an Alpine elevation gradient: decay and nutrient release. *Geoderma.*, 251: 92-104.
10. Binkley, D., and Fisher, F. 2013. Ecology and management of forest soils. 4th ed. WileyBlackwell.
11. Boroken, W., Savage, K., Davidson, E.A., and Trumbore, S. 2006. Effects of experimental drought on soil respiration and radiocarbon efflux from a temperate forest soil. *Global Change Biology.*, 12: 177-193.
12. Brown, S., and Lugo, A.E. 1990. Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology.*, 6: 1–32.
13. Butterbach-Bahl, K. 2005. Final report. Nitrogen oxides emissions from European forest ecosystems (NOFRETETE), EVK2-CT-2001-00106 to the European Commission DG Research.
14. Campbell, J.L., Rustad, L.E., Boyer, E.W., Christopher, S.F., Driscoll, C.T., Fernandez, I.J., and Groffman, P.M. 2009. Consequences of climate change for biogeochemical cycling in forests of northeaster North America. *Canadian Journal of Forest Research.*, 39: 264-284.
15. Chapman, S.K, and Koch, G.W. 2007. What type of diversity yields synergy during mixed litter decomposition in a natural forest ecosystem? *Plant Soil.*, 299: 153–162.
16. Chase, P., and Singh, O.P. 2014. Soil nutrients and fertility in three traditional land use systems of Khonoma. *Nagaland Research Environment.*, 4: 181–189.
17. Chaudhuri, P.S., Bhattacharjee, S., Chattopadhyay, S., and Bhattacharya, D. 2013. Impact of age of rubber (*Hevea brasiliensis*) plantation on earthworm communities of West Tripura India. *Journal of Environmental Biology.*, 34: 59-65.
18. Choonsig, K., Gap, C., Hyun, S., and Jong, T. 2015. Soil properties of cultivation sites for mountain-cultivated ginseng at local level. *Journal of Ginseng Research.*, 39: 76-80.
19. Conrad, R., Seiler, W., and Bunse, G. 1983, Factors influencing the loss of fertilizer-nitrogen into the atmosphere as N₂O, *Journal of Geophysiology Research.*, 88: 6709-6718.
20. Cremer, M., Nils, V., and Jörg, P. 2016. Soil organic carbon and nitrogen stocks under pure and mixed stands of European beech, Douglas fir and Norway spruce. *Forest Ecology and Management.*, 367: 30-40.

21. Fried, J.S., Boyle, J.R., Tappeiner, J.C., and Cromack, K. 1989. Effects of bigleaf maple on soils decomposition. *Applied Soil Ecology.*, 22: 131-139.
22. Fukuzawa, K., Shibata Takagi, K., Satoh, F., Koike, T., and Sasa, K. 2013. Temporal variation in fine-root biomass, production and mortality in a cool temperate forest covered with dense understory vegetation in northern Japan. *Forest Ecology and Management.*, 310: 700-710.
23. Garcia, J.M., and Fragoso, C. 2002. Influence of different food substrates on growth and reproduction of two tropical earthworm species (*pontoscolex corethrurus* and *Amyntas corticis*). *Pedobiologia.*, 47: 754 -763.
24. Ghazanshahi, J. 2010. *Plant and Soil Analysis*. Homa. Press, 272p. (In Persian)
25. Hart, S.C., Binkley, D., and Perry, D.A. 1997. Influence of red alder on soil nitrogen transformations in two conifer forests of contrasting productivity. *Soil Biology and Biochemistry.*, 29: 1111-1123.
26. Heidi, T., Roth, B., and Rolf., T. 2009. Determination of soil texture: comparison of the sedimentation method and the laser diffraction analysis. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science.*, 172: 161-171.
27. Hirai, K., Sakata, T., Morishita, T., and Takahashi, M. 2006. Characteristics of nitrogen mineralization in the soil of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) and their responses to environmental changes and forest management. *Journal of Japan Forest Research.*, 88: 302–311.
28. Hojjati, S.M., and Lamersdorf, N.P. 2010. Effect of canopy composition on soil CO₂ emission in a mixed sprucebeech forest at Solling, Central Germany. *Journal of Forestry Research.*, 21(4): 461-464.
29. Inagaki, Y., Miura, S., and Kohzu, A. 2004. Effects of forest type and stand age on litterfall quality and soil N dynamics in Shikoku district, southern Japan. *Forest ecology and management.*, 202: 107–117.
30. Isaac, M.E., Harmand, J.M., Lesueur, D., and Lelon, J. 2011. Tree age and soil phosphorus conditions influence N₂-fixation rates and soil N dynamics in natural populations of *Acacia* Senegal. *Forest Ecology and Management.*, 261: 582 – 588.
31. Jaob, M., Viendenz, K., Polle, A., and Thomas, F. 2010. Leaf litter decomposition in temperate deciduous forest stands with a decreasing fraction of beech (*Fagus sylvatica*). *Oecologia.*, 164: 1083–1094.
32. Johnson, D.W., Miller, W.W., Susfalk, R.B., Murphy, J.D., Dahlgren, R.A., and Glass, D.W. 2009. Biogeochemical cycling in forest soils of the eastern Sierra Nevada Mountains, USA. *Forest Ecology and Management.*, 258: 2249–2260.
33. Jonard, M., Frederic, A., and Ponette, Q. 2008. Tree species mediated effects on leaf litter dynamics in pure and mixed stands of oak and beech. *Canadian Journal of Forest Research.* 38: 528-538.
34. Jozwiak, M., Kozłowski, R., and Jozwiak, M. 2013. Effects of acid rain stem flow of beech tree on macro-pedofauna species composition at the Trunk Base, *Polish Journal of Environmental Study.*, 22: 149 -157.
35. Kara, O., Bolat, I., Cakiroglu, C., and Senturk, M. 2014. Litter Decomposition and Microbial Biomass in Temperate Forests in Northwestern Turkey. *Journal of Soil science and Plant Nutrition.*, 19: 1-12.
36. Kara, O., Bolat, I., Cakiroglu, K., and Ozturk, M. 2011. Plant canopy effects on litter accumulation and soil microbial biomass in two temperate forests. *Biology of Fertility Soils.* 45: 193-198.
37. Keim, R.F., Skaugset, E., and Weiler, M. 2005. Temporal persistence of spatial patterns in throughfall. *Journal of Hydrology.*, 314: 263–274.
38. Kitching, R.L., Cao, M., Creedy, T.J., Fayle, T.M., Freiberg, M., Hewitt, C.N., Itioka, T., PinKoh, L., Ma, K., Malhi, Y., Mitchell, A., Novotny, V., Ozanne, M.P., Song, L., Wang,

- H., and Ashton, L.A. 2017. Forests and their canopies: achievements and horizons in canopy science akihiro Nakamura. *Trends in Ecology and Evolution.*, 32: 1-14.
39. Kitzler, B., Zechmeister, S., Holtermann, C., Skiba, U., and Butterbach-Bahl, K. 2006. Nitrogen oxides emission from two beech forests subjected to different nitrogen loads. *Biogeosciences.*, 3: 293–310.
40. Kooch, Y. 2012. Variability of soil properties associated with peat, mound, gap, and single tree in a mixed Hyrcanian Beech forest canopy. Phd Thesis. Tarbiat Moddares University. Department of Forestry., 158p. (In Persian)
41. Kooch, Y. 2015a. Application of Statistical Method of Path Analysis to Describe Soil Biological Indices. *Journal of Water and Soil.*, 29: 1542-1552. (In Persian)
42. Kooch, Y. 2015b. Dynamic of Soil Gases Flux in Relation to Pit and Mound Microtopography in a Broad-leaved Forest. *Journal of Soil Research.*, 29: 211-220. (In Persian)
43. Kooch, Y., Zaccane, C., Lamersdorf, N.P., and Tonon, G. 2014. Pit and mound influence on soil features in an Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forest. *European Journal of Forest Research.*, 133: 347-354.
44. Kooijman, A., and Cammeraat, E. 2010. Biological control of beech and hornbeam affects species richness via changes in the organic layer, Ph and soil moisture characteristics, *Functional Ecology.*, 24: 469–477.
45. Kujur, M., and Patel, A.K. 2012. Quantifying the contribution of different soil properties on microbial biomass carbon, nitrogen and phosphorous in dry tropical ecosystem. *International Journal Environmental Science.*, 2: 2272-2284.
46. Lee, M.S., Nakane, K., Nakatsubo, T., Mo, W.H., and Koizumi, H. 2002. Effects of rainfall events on soil CO₂ flux in a cool temperate deciduous broad-leave forest. *Ecology Research.* 17: 401–409.
47. Levia, J.R., and Frost, E. 2003. A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems. *Journal of Hydrology.* 274: 1-29.
48. Maisto, G., De Marco, A., and Meola, A. 2011. Nutrient dynamics in litter mixtures of four Mediterranean maquis species decomposing in situ. *Soil Biology and Biochemistry.* 43: 520-530.
49. Mariappan, V., Karthikairaj, K., and Isaiarasu, L. 2013. Relationship between earthworm abundance and soil quality of different cultivated lands in rajapalayam, Tamilnadu. *World Applied Sciences Journal.* 27: 1278-1281.
50. Menyailo, O.V., Hungate, B.A., and Zech, Z. 2002. The effect of single tree species in soil microbial activities related to C. and N cycling in the Siberian artificial afforestation experiment. *Plant and Soil.*, 242: 183–196.
51. Miller, A.T., Allen, H.L., and Maier, C.H.A. 2005. Quantifying the coarse-root biomass of intensively managed loblolly pine plantations. *Canadian Journal of Forest Research.* 36: 12–22.
52. Morishita, T., Tadashi, S., Masamichi, T., Shigehiro, I., Takeo, M., Yoshiyuki, I., Satoshi, S., Masanori, I., Hiroshi, Y., Yasuhiro, K., Yoshihito, S., Nobuyuki, T., Masamichi, M., Masaru, K., Hirokazu, Y., Daitaro, A., Yoichi, K., Tetsu, H., and Hidetaka, U. 2007. Methane uptake and nitrous oxide emission in Japanese forest soils and their relationship to soil and vegetation types. *Soil Science and Plant Nutrition.*, 53: 678–691.
53. Mosier, A.R., Stillwell, M., Patton, W.J., and Woodmansee, R.G. 1981. Nitrous oxide emission from a native shortgrass prairie. *Soil Science Society of America journal.* 45: 617-619.
54. Neiryneck, J., Mitcheva, S., Sioen, G., and Lust, N. 2000. Impact of *Tilia ptyphulus* scop, *Fraxinus excesior*, *Acer pseudoplatanus*, *Quercus robur* L. and *Fagus sylvatica* L. on earthworm biomass and phsicochemical properties of loamy topsoil. *Forest Ecology and Management.*, 133: 277-286.

55. Osman, K.T. 2013. Physical properties of forest Soils, forest soils springer international publishing Switzerland, DOI 10.1007/978-3-319-02541-4_2.
56. Oztas, T., Koc, A., and Comakli, B. 2003. Changes in vegetation and soil properties along a slope on overgrazed and eroded rangelands. *Journal of Arid Environments.*, 55: 93-100.
57. Papan, H., Daum, M., Steinkam, R., and Butterbach-Bahl, K. 2001. N₂O- and CH₄-fluxes from soils of an N-limited and N-fertilized spruce forest ecosystem of the temperate zone. *Journal of applied botany-angewandte botanic.*, 75: 159-163.
58. Parker, T.C., Sadowsky, J., Dunleavy, H., Subke, J., Frey, S.T., and Wookey, P.A. 2017. Slowed biogeochemical cycling in sub-arctic Birch forest linked to reduced mycorrhizal growth and community change after a defoliation event. *Ecosystems.*, 20: 316-330.
59. Piao, H.C., Zhu, J.M., Liu, G.S., Liu, C.Q., and Tao, F.X. 2006. Changes of natural 13C abundance in microbial biomass during litter in Douglas-fir Forests. *Canadian Journal of Forest Research.*, 20: 259-266.
60. Prescott, C.E. 2002. The influence of the forest canopy on nutrient cycling, *Tree Physiology.* 22: 1193-1200.
61. Ravindran, A., Shang-Shyng, A., and Yang, A. 2015. Effects of vegetation type on microbial biomass carbon and nitrogen in subalpine mountain forest soils. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection.*, 48: 362-369.
62. Rothe, A., Ewald, J., and Hibbs, D.E. 2003. Do admixed broadleaves improve foliar nutrient status of conifer tree crops? *Forest Ecology and Management.* 172: 327-338.
63. Rothe, A., Huber, C.H., Kreuzer, K., and Weis, W. 2002. Deposition and soil leaching in stands of Norway spruce and European Beech: Results from the Höglwald research in comparison with other European case studies. *Plant and Soil.*, 240: 33-45.
64. Salehi, A. 2004. Investigate changes in soil chemical and physical properties associated with the composition of tree cover and topography in Kheirod kenar- Nam khane. Phd Thesis. Tehran University. 196p. (In Persian)
65. Sariyildiz, T., Aydn, T., and Kucuk, K. 2005. Comparison of decomposition rates of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and Spruce (*Picea orientalis* (L.) Link) litter in pure and mixed stands of both species in Artvin. *Turkey Journal of Agriculture.*, 29: 429-438.
66. Sarlo, M. 2006. Individual tree species effects on earthworm biomass in a tropical plantation in Panama. *Caribb. Journal of Science.*, 42: 419-427.
67. Schurmann, A., Mohn, J., and Bachofen, R. 2005. N₂O emissions from snow-covered soils in the Swiss Alps. *Tellus.* 54: 134-142.
68. Shakir, S.H., and D.L. Dindal, 1997. Density and biomass of earthworms in forest and herbaceous microecosystems in central New York, North America. *Soil Biology and Biochemistry.*, 29: 275-285.
69. Shcheglov, A., Tsvetnova, O., and Klyashtorin, A. 2014. Biogeochemical cycles of Chernobyl-born radionuclides in the contaminated forest ecosystems. Long-term dynamics of the migration processes. *Journal of Geochemical Exploration.*, 144: 260-266.
70. Shen, L., Deng, X.H., Jiang, Z.C., and Li., T. 2013. Hydroecogeochemical effects of an epikarst ecosystem: case study of the Nongla, *Environmental Earth Science*, 68: 667-677.
71. Smith, V.C., and Bradford, M.A. 2003. Litter quality impacts on grassland litter decomposition are differently dependent on soil fauna across time. *Apply Soil Ecology.* 24: 197-203.
72. Staelens, J., Schrijver, A.D., Verheyen, K., and Verhoest, N.E.C. 2006. Spatial variability and temporal stability of throughfall water under a dominant beech (*Fagus sylvatica* L.) tree in relationship to canopy cover. *Journal of Hydrology.* 330: 651-662.
73. Sverdrup, H., and Stjernquist, I. 2002. Developing principles and models for sustainable forestry in Sweden. Kluwer Academic Publishers Dordrecht Holland.
74. Szlavecz, K., Placella, S.A., Pouyat, R.V., Groffman, P.M., Csuzdi, C., and Yesilonis., I. 2006. Invasive earthworm species and nitrogen cycling in remnant forest patches. *Applied Soil Ecology.*, 32: 54-62.

75. Wang, D., Wang, B., and Niu, X. 2014. Effects of natural forest types on soil carbon fractions in North-East China. *Journal of Tropical Forest Science.*, 26: 362–370.
76. Wang, L., Zhang, Q., Shao, M., and Wang, Q. 2013. Rainfall interception in a Robinia pseudoacacia forest stand: estimates using gash's analytical model. *Journal of Hydrological Engineering.* 18: 474– 479.
77. Wang, Q., Wang, S., and Huang, Y. 2008. Comparisons of litterfall, litter decomposition and nutrient return in a monoculture Cunninghamia lanceolata and a mixed stand in southern China. *Forest Ecology and Management.* 255: 1210–1218.
78. Wang, Q., Wang, S., and Huang, Y. 2009. Leaf litter decomposition in the pure and mixed plantations of Cunninghamia lanceolata and Michelia macclurei in subtropical China. *Biology and Fertility of Soils.* 45: 371-377.
79. Warren, M.W., and Zou, Z. 2002. Soil macrofauna and litter nutrients in three tropical tree plantations on a disturbed site in Puerto Rico. *Forest Ecology and Management.* 170: 161-171.
80. Weier, K.L., Doran, J.W., Power, J.F., and Walters, D.T. 1993. Denitrification and the dinitrogen/nitrous oxide ratio as affected by soil water, available carbon, and nitrate, *Soil Science Society American Journal.*, 57: 66–72.
81. Wen-Jie, W., Ling, Q., Gang, Z., Xue, S., Jing, A., Yan, W., Yu, Z.G., Wei, S., and Quan., C. 2011. Changes in soil organic carbon, nitrogen, pH and bulk density with the development of larch (*Larix gmelinii*) plantations in China. *Global Change Biology.*, 17: 2657–2676.
82. Wullaert, H., Pohlert, T., Boy, J., Valarezo, C., and Wilcke, W. 2009. Spatial throughfall heterogeneity in a montane rain forest in Ecuador: Extent, temporal stability and drivers. *Journal of Hydrology.* 377: 71–79.
83. Yan, J., Zhu, X., and Zhao, H. 2009. Effect of grassland and conversion to cropland and forest on soil organic carbon and dissolved organic carbon in the farming pastoral ecotone of Inner Mongolia. *Acta ecologica*, 29: 150-154.
84. Yesilonis, I., Szlavecz, K., Pouyat, R., Whigham, D., and Xia, L. 2016. Historical land use and stand age effects on forest soil properties in the Mid-Atlantic US. *Forest Ecology and Management.*, 370: 83-92.
85. Ziegler, A.D., Giambelluca, T.W., Nullet, M.A., Sutherland, R.A., Tantasarin, C., Vogler, J.B., and Negishi, J. N. 2009. Throughfall in an evergreen-dominated forest stand in northern Thailand: Comparison of mobile and stationary methods. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(2): 373– 384.



The effect of canopy composition on biogeochemical cycle of Hyrcanian beech (*Fagus orientalis* Lipsky) species (Case study: Experimental Forest Station of TMU-Salahedin Kala)

***Y. Kooch¹, K. Haghverdi² and F. Rostayee³**

¹Assistant Prof., Dept., of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran,

²Assistant Prof., Dept., of Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad, University, Karaj, Iran., Karaj, Iran, ³M.Sc. Graduated of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran

Received: 08/22/2016; Accepted: 08/21/2017

Abstract

Aim and background: Beech is one of the most valuable industrial species in the Iran's Hyrcanian forests that has varieties of crown compositions with different species and soil fertility. Several studies have examined the role of canopy composition on biogeochemical cycles, and different results have been addressed. Different combinations of canopy covers create heterogeneity in different scales. Regarding to quantity and quality of input and output for flow of water and nutrients, the biogeochemical cycles will be so different. The aim of this study is to determine the revenue of the pure and mixed crown of Hyrcanian beech in changes of biogeochemical cycles.

Materials and methods: In the above stratum of Experimental Forest Station of TMU, four crown compositions of beech species (i.e. beech-hornbeam, beech-maple, mixed beech including beech-hornbeam-maple and pure beech) were considered. Five replicates were selected for each composition and a total of twenty sample plots were set up in the forest. In the growth season (summer), litter and soil samples (50×50×10 cm) were collected from the nearest location to main stem of beech trees. The samples were taken from four sides of trees and a composite sample was transferred to the laboratory. Litter's (C and N) and soil (bulk density, texture, water content, pH, organic C, total N, microbial biomass C, microbial biomass N, earthworm density/biomass, emission of carbon dioxide, methane and nitrous oxide) features were measured.

Findings: Litter quality differed among the crown compositions, with the highest total N concentration and lowest organic C under mixed crown cover. Soil bulk density and water contents were respectively lower and higher under pure beech when compared with the other crown compositions. Soil texture was not significantly different among studied treatments, whereas greater amounts of pH and total N were detected under mixed crown covers. Soil organic C and C/N ratio were found to be significantly higher under pure beech than in the others. Pure beech showed the highest values of microbial biomass C (707.80 mg kg⁻¹), microbial biomass N (50.79 mg kg⁻¹), emission of carbon dioxide (0.54 mg CO₂ m⁻² d⁻¹), nitrous oxide (0.38 mg N₂O m⁻² d⁻¹) and the mixed composition showed the greater amounts of earthworm density (2.60 n m⁻²) and biomass (11.29 mg m⁻²). Methane emissions did not differ for the studied sites.

Conclusion: Our findings showed that pure beech has more effects on C and N cycles in compared to the other crown compositions. Among different litter and soil characters, the water contents and organic C had more highlights roles in changes of these cycles.

Keywords: Gas emission, Salahedin Kala forest, Soil, Pure beech, Mixed beech, Litter quality

*Corresponding author: yahya.kooch@modares.ac.ir