

اثر چهار نوع درخت پهن برگ بر ذخیره سازی و معدنی شدن کربن و نیتروژن خاک در عرصه جنگلی شهرستان نور

فائزه السادات طریقت^۱ و یحیی کوچ^{۲*}

(تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۷/۲)

چکیده

با هدف بررسی اثر درختان جنگلی پهن برگ (توسکا قشلاقی، اوجا، سفیدپلت و انجیلی) و موقعیت تاج آنها بر ذخیره سازی و معدنی شدن کربن و نیتروژن خاک، پژوهش حاضر در عرصه جنگلی جلگه ای شهرستان نور صورت گرفت. نمونه برداری خاک از دو موقعیت کنار تنه اصلی و زیر تاج درخت در میکرو قطعه نمونه (سطح ۳۰ × ۳۰ و عمق ۱۵ سانتی متری) صورت گرفت. مشخصه های لاشبرگ (کربن و نیتروژن)، فیزیکی (وزن مخصوص ظاهری، بافت و محتوی رطوبت خاک)، شیمیایی (اسیدیته، هدایت الکتریکی، کربن آلی، ازت کل و کلیم قابل جذب)، بیوشیمی و بیولوژی (نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن و تنفس میکروبی) خاک در محیط آزمایشگاه مورد سنجش قرار گرفت. سرعت معدنی شدن کربن (CMR) با استفاده از رابطه (مدت زمان انکوباسیون (ساعت) × حجم خاک (گرم) / مقدار دی اکسید کربن (مول کربن) = CMR) و میزان ذخیره کربن و نیتروژن خاک (تن در هکتار) با استفاده از درصد کربن آلی و نیتروژن، وزن مخصوص ظاهری و عمق نمونه برداری خاک محاسبه شد. نتایج حاکی از آن است که میزان ذخیره کربن خاک در بخش تحتانی گونه های درختی مورد مطالعه، تفاوت آماری معنی داری را نشان نداد، در حالی که مقدار ذخیره نیتروژن خاک به طور معنی دار در بخش تحتانی گونه توسکا قشلاقی (۰/۷۹ تن در هکتار) بیشتر از گونه های سفیدپلت، اوجا و انجیلی (به ترتیب ۰/۶۹، ۰/۴۵ و ۰/۲۱ تن در هکتار) بوده است. معدنی شدن کربن (۰/۰۰۱ مول کربن در کیلوگرم خاک در روز) و نیتروژن خاک (۰/۳ میلی گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک) در بخش تحتانی توسکا قشلاقی، به طور معنی دار بیشتر از سایر گونه های درختی بوده است. موقعیت نمونه برداری اثر معنی داری بر فرایند ذخیره سازی و معدنی شدن کربن و نیتروژن خاک نداشته است. مطابق با نتایج، ذخایر و معدنی شدن کربن و نیتروژن بیشتر تحت تأثیر کیفیت لاشبرگ و مشخصه های شیمی خاک قرار دارند.

واژه های کلیدی: جنگل جلگه ای، کیفیت لاشبرگ، شیمی خاک، کربن، نیتروژن

۱. گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی صومعه سرا، دانشگاه گیلان، گیلان

۲. گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: yahya.kooch@modares.ac.ir

مقدمه

شناخت ویژگی‌های خاک یکی از پایه‌های اصولی مدیریت اکوسیستم‌های جنگلی است (۱۴). در بین درختان و خاک تأثیر متقابل وجود دارد و همان‌طور که رشد و تولید درختان به خصوصیات خاک ارتباط دارد، میزان و نوع برگشت مواد آلی در خصوصیات مختلف خاک مؤثر است (۳۷). هر گونه درختی تقریباً قادر است تا ۱۰ متر خاک اطراف خود را تحت تأثیر قرار دهد (۱۳). تفاوت تأثیر درختان بر خاک اطراف خود ناشی از مقدار، ترکیب و الگوی متفاوت ورود آب و مواد شیمیایی از تنه درختان، برگ‌ها و خودریزش برگ‌هاست. مفهوم "چرخه تأثیر تک درخت" اولین بار به وسیله زینک در مطالعات مربوط به ویژگی‌های خاک از قبیل کاتیون‌های قابل تبادل و اسیدیته خاک عنوان شده است. اثر تک درختان جنگلی همچنین در ارتباط با تخلیه رطوبت خاک، باران‌رایی، وفور کرم‌های خاکی، جذب عناصر غذایی، تثبیت نیتروژن و نیتروفیکاسیون، اسیدیته لاشبرگ و تغییر مواد معدنی خاک مورد مطالعه قرار گرفته است (۳۵). تفاوت در کیفیت لاشریزه، وضعیت جذب عناصر غذایی توسط ریشه، جذب ته‌نشست‌های اتمسفری، تأثیر میکرواقليم و جوامع خاکری مکانیسم‌های متفاوتی هستند که باعث ایجاد تأثیر متفاوت گونه‌های درختی بر روی لایه‌های مختلف خاک می‌شوند (۳۱). چگالی ظاهری اساس ویژگی‌های خاک محسوب می‌شود و تحت تأثیر مواد آلی، بافت و تخلخل خاک قرار دارد (۲۳). مطالعه‌ای که روی اثر تاج پوشش درختان بر چگالی ظاهری خاک صورت گرفت، نشان داد که چگالی ظاهری خاک در زیر تاج پوشش درختان (در ۱۰ سانتی‌متر بالایی خاک) نسبت به خاکی که در فواصل بین تاج درختان قرار دارد، کمتر است (۳۴). در یک بررسی مشخص شد، بافت خاک تحت گونه کاج تدا و صنوبر دلتوییدس به صورت لومی بوده، اما تأثیر نوع گونه درختی بر مقادیر کمی ذرات رس و شن خاک معنی‌دار گزارش شد (۲). پژوهش‌ها حاکی از آن است که تفاوت در الگوی ساقاب و تاج‌بارش گونه‌های درختی مختلف، می‌تواند در تغییرپذیری محتوی رطوبت خاک در بخش تحتانی

گونه‌های درختی اثرگذار باشد، همچنین گونه‌های درختی مختلف اثرات متفاوتی بر میزان pH خاک در منطقه ریشه و یا ریزوسفر دارند و این تأثیر با فاصله گرفتن از ریشه کاهش می‌یابد (۳۹). مشخصه هدایت الکتریکی خاک، نمایانگر وجود املاح محلول، متأثر از نوع گونه درختی بوده (۱۶) و در خاک‌هایی با محتوی بیشتر مواد آلی میزان هدایت الکتریکی خاک نیز بیشتر است (۱۹).

در مطالعه‌ای، جمشیدنیا و همکاران در منطقه ریمله استان لرستان اشاره داشتند که میزان کربن آلی و نیتروژن کل خاک در توده بادام بیشتر از توده کاج بروسیا و سرو نقره‌ای بوده که این مسئله نشان می‌دهد گونه بادام می‌تواند کربن آلی و نیتروژن بیشتری را در خاک ذخیره کند (۶). در همین راستا، وستردال و همکاران نیز در پژوهش خود اذعان نمودند گونه‌های درختی مختلف با اثرگذاری‌های متفاوت بر مشخصه‌های کیفی لاشبرگ و خصوصیات خاک منجر به اثرگذاری بر ذخیره‌سازی کربن آلی و نیتروژن خاک می‌شوند (۴۶). اکوسیستم‌های جنگلی از منابع مهم ذخیره دی‌اکسید کربن به حساب می‌آیند، به طوری که ذخیره و چرخه کربن در خاک بسیار طولانی‌تر از بافت‌های گیاهی و چوبی است. ذخیره‌سازی و معدنی شدن کربن ملزم به فعالیت‌های میکروبی و انتشار کربن به صورت تنفس خاک است (۴۲). معدنی شدن کربن شامل فرایندهای متوالی و موازی واکنش‌های شیمیایی فساد مواد آلی بوده و در کاهش گرمایش جهانی بسیار حائز اهمیت است. در این بین جنگل‌های معتدله پهن‌برگ بر ذخیره‌سازی و معدنی شدن کربن خاک تأثیر به‌سزایی دارند (۲۵). گونه‌های درختی جنگلی اثرات متفاوتی بر معدنی شدن کربن داشته و این موضوع می‌تواند نقش توده‌های پهن‌برگ در معدنی شدن کربن را به‌خوبی نشان دهد. با این وجود اندازه‌گیری و شناخت انتشار دی‌اکسید کربن خاک تحت گونه‌های مختلف درختی، می‌تواند در مدیریت و بهبود مشکل گرمایش جهانی اهمیت به‌سزایی داشته باشد (۲۵). با وجود نقش لاشه‌ریزی هر ساله درختان، پویایی عناصر

مطالعه ۱۶/۰۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالیانه آن ۸۰۳/۴۰ میلی‌متر است. اراضی این منطقه مربوط به عهد کواترنر بوده و جزء آبرفت‌های جلگه‌ای محسوب و دارای سنگ مادر با رسوبات آبرفتی و منشأ آهکی هستند. عرصه مورد مطالعه فاقد پستی و بلندی مشخص و نسبتاً مسطح است و خاک آن عمیق بوده، بافت آن سیلتی لومی و از رده آلفی سول است. نسبت کربن به نیتروژن خاک این اراضی بین ۷ تا ۱۷ است و فاقد هوموس خام بوده و دارای مواد غذایی زیاد، فعالیت بیولوژیکی و تجزیه لاشبرگ بالاست. به‌طور کلی خاک عرصه مورد مطالعه عمیق، خشتی تا قلیایی، ریز بافت و غنی از مواد آلی است که نشانگر کیفیت مطلوب این رویشگاه است (۴).

روش نمونه‌برداری و تجزیه آزمایشگاهی

پس از جنگل‌گردشی در عرصه مورد نظر، گروه‌هایی (لکه‌هایی) از گونه‌های پهن‌برگ خزان‌کننده بومی جنگل‌های خزری شامل توسکا قشلاقی، اوجا، سفیدپلت و انجیلی شناسایی شد. از هر گونه پنج درخت سالم در یک کلاسه قطری یکسان انتخاب شد. در زیر هر تک‌درخت جنگلی، عمل نمونه‌برداری خاک و لاشبرگ در راستای شمالی انجام پذیرفت. نمونه‌برداری در فصل رویش (مردادماه) از دو موقعیت کنار تنه اصلی درخت و با فاصله از تنه (زیر تاج درخت) در میکرو قطعه نمونه (سطح ۳۰ × ۳۰ سانتی‌متری و عمق ۱۵ سانتی‌متر) صورت گرفت. نمونه‌های خاک در فضای باز پخش و پس از خشک شدن، خرد و از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. وزن مخصوص ظاهری به روش کلوخه، بافت خاک (درصد اجزاء تشکیل دهنده خاک) با استفاده از روش هیدرومتری، رطوبت خاک به روش توزین، اسیدیته (واکنش خاک) به روش پتانسیومتری از طریق دستگاه pH متر الکتریکی، هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه شوری‌سنج، کربن آلی به روش والکلی‌بلاک، ازت کل به روش کجلدال، کلسیم قابل جذب با استفاده از طیف‌سنج اتمی (۵) و نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن به روش کیسه مدفون طی یک فرایند یک ماهه (۴۷) با

غذایی و دسترسی به آنها وابسته به نیتروژن موجود است. به‌ویژه در جنگل‌های معتدله و بوره‌آل، نیتروژن فاکتور محدود کننده دسترسی به عناصر غذایی خاک محسوب و موجب تنظیم تولیدات و حفظ حاصلخیزی عرصه‌های جنگلی می‌شود (۲۶)، تا جایی که در بررسی کیفیت خاک، نرخ معدنی شدن نیتروژن از شاخص‌های اصلی محسوب می‌شود. معدنی شدن نیتروژن از مهم‌ترین جریان‌ات نیتروژن در جنگل‌های خزان‌کننده محسوب می‌شود (۴۵). با توجه به تأثیرپذیری بسیاری از پارامترهای فیزیکی‌شیمیایی خاک تحت تأثیر گونه‌های درختی مختلف در اکوسیستم‌های جنگلی، تاج پوشش گونه‌های درختی می‌تواند بر میزان معدنی‌سازی نیتروژن خاک نیز اثرگذار باشد. مطابق با یافته‌های گومزری و همکاران، میزان معدنی شدن نیتروژن خاک در زیر تاج پوشش درختان بلوط (*Quercus suber*) بیشتر از محدوده خارج از تاج درخت است (۳۰). همچنین میزان معدنی شدن نیتروژن در خاک زیر تاج پوشش درختان در اکوسیستم بلوط مدیترانه‌ای در اسپانیا (۲۸) و کالیفرنیا (۳۲ و ۴۱) نسبت به فضاهای خارج از تاج بالاتر بوده است. با درک به اینکه خاک، به‌عنوان منبع استفاده از سرزمین و حلقه ارتباط اقلیم و سیستم‌های بیوژئوشیمیایی، شدیداً تحت تأثیر نوع گونه درختی قرار دارد، لذا توجه به نوع گونه و اثر آن بر مشخصه‌های کیفی خاک به‌عنوان راهکار مدیریتی موجب حفظ کمیت و پایداری طولانی‌مدت عرصه‌های جنگلی می‌شود. در همین راستا، مطالعه پیش رو، با هدف مطالعه اثر درختان جنگلی پهن‌برگ و موقعیت تاج آنها بر ذخیره‌سازی و معدنی شدن کربن و نیتروژن خاک صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در عرصه جلگه‌ای پارک جنگلی نور، با طول جغرافیایی ۴۶° ۵۱ شرقی و عرض جغرافیایی ۴۷° ۳۶ شمالی انجام گرفت. براساس آمار ۲۲ ساله حاصل از اطلاعات هواشناسی ایستگاه چمستان، میانگین دمای روزانه منطقه مورد

بخش تحتانی درختان توسکا قشلاقی مشاهده شد (جدول ۲). موقعیت نمونه برداری تفاوت آماری معنی داری را از نظر مشخصه های کیفی لاشبرگ گونه های درختی مختلف نشان نداده است (جدول ۱).

مشخصه های فیزیکوشیمیایی خاک

تغییرپذیری مشخصه های فیزیکی خاک (وزن مخصوص ظاهری، بافت و محتوی رطوبت) در ارتباط با موقعیت نمونه برداری و همچنین بین گونه های درختی مورد مطالعه تفاوت آماری معنی داری را نشان نداده است (جدول ۱ و ۲). مطابق با نتایج، بافت کلی خاک در بخش تحتانی گونه های مختلف در عرصه مورد مطالعه سیلتی رسی لومی است (جدول ۲). تجزیه واریانس مشخصه های شیمیایی خاک حاکی از وجود تفاوت های آماری معنی دار در بین گونه های جنگلی مورد مطالعه است، به طوری که به جز کربن آلی ($\text{Sig.} = 0/083$) سایر مشخصه ها تغییرات معنی داری را بین گونه های درختی مختلف به نمایش گذاشته اند (جدول ۱). خاک بخش تحتانی گونه جنگلی توسکا قشلاقی شرایط قلیایی تری داشته و بیشترین مقادیر مشخصه های هدایت الکتریکی، نیتروژن کل و کلسیم قابل جذب نیز در خاک بخش تحتانی همین گونه مشاهده شد (جدول ۲). بالاترین مقادیر نسبت کربن به نیتروژن خاک به گونه انجیلی اختصاص داشته و تفاوت آماری معنی داری را با سایر گونه های مورد مطالعه نشان داده است (جدول ۲). مطابق با نتایج، موقعیت نمونه برداری اثر معنی داری بر مشخصه های مختلف خاک در بین گونه های مورد مطالعه نشان نداده است (جدول ۱ و ۲).

ذخایر و معدنی شدن کربن و نیتروژن خاک

میزان ذخیره کربن در خاک بخش تحتانی گونه های درختی مورد مطالعه (در هر دو موقعیت کنار تنه اصلی و دور از تنه در زیر تاج) تفاوت آماری معنی داری را نشان نداده است (جدول ۱ و شکل ۱- الف)، در حالی که مقدار ذخیره نیتروژن خاک به طور معنی دار در بخش تحتانی گونه توسکا قشلاقی بیشتر بوده

اندازه گیری غلظت نیترات به روش احیای کادمیوم و غلظت آمونیوم به روش کلریمتریک (۱۲) در محیط آزمایشگاه سنجش شد. به منظور اندازه گیری میزان تنفس میکربی، نمونه های تازه خاک مورد استفاده قرار گرفت. میزان تنفس میکربی خاک به روش بطری در بسته (۲۰) اندازه گیری و سپس سرعت معدنی شدن کربن (CMR) با استفاده از رابطه (مدت زمان انکوباسیون (ساعت) \times حجم خاک (گرم) / مقدار دی اکسید کربن (مول کربن) = CMR) (۳) محاسبه شد، همچنین میزان ذخیره کربن و نیتروژن خاک (تن در هکتار) با استفاده از درصد کربن آلی و نیتروژن، وزن مخصوص ظاهری و عمق نمونه برداری خاک محاسبه شد (۳۶).

تجزیه و تحلیل داده ها

به منظور تجزیه و تحلیل و همچنین مقایسه داده ها، ابتدا نرمالیته آنها با آزمون کولموگروف اسمیرنوف و همگنی واریانس با آزمون لون تست شد. به منظور بررسی تفاوت یا عدم تفاوت مقادیر مشخصه های مختلف لاشبرگ و خاک در ارتباط با گونه های جنگلی مورد مطالعه و موقعیت نمونه برداری، از تجزیه واریانس دو طرفه استفاده شد. آزمون دانکن نیز به منظور مقایسه چندگانه میانگین به کار گرفته شد. به منظور بررسی ارتباط بین ذخیره سازی، معدنی شدن کربن و نیتروژن و مشخصه های لاشبرگ و فیزیکوشیمیایی خاک از همبستگی پیرسون استفاده شد. کلیه تجزیه و تحلیل های آماری در بسته نرم افزاری SPSS نسخه ۲۰ انجام پذیرفت.

نتایج

مشخصه های لاشبرگ

نتایج تجزیه واریانس مشخصه های کیفی لاشبرگ، حاکی از وجود تفاوت های آماری معنی دار در بین گونه های درختی پهن برگ مورد مطالعه است (جدول ۱). بیشترین مقدار کربن و نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ به گونه جنگلی انجیلی اختصاص داشته در حالی که بالاترین مقدار نیتروژن لاشبرگ در

جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس مشخصه‌های لاشبرگ و خاک در ارتباط با گونه‌های درختی مورد مطالعه

مشخصه	منبع تغییرات	مجموع مربعات	مشخصه	منبع تغییرات	مجموع مربعات
کربن لاشبرگ	گونه درختی	۴۹۱۳/۷۹۰**	رطوبت	گونه درختی	۱۸۲/۳۰ ^{ns}
	موقعیت	۴/۸۰۲ ^{ns}		موقعیت	۳۳/۸۹۳ ^{ns}
نیتروژن لاشبرگ	گونه درختی × موقعیت	۶۵/۲۹۳ ^{ns}	pH	گونه درختی × موقعیت	۱۷۵/۶۱۶ ^{ns}
	گونه درختی	۳/۳۹۹**		گونه درختی	۷/۰۴۰**
نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ	موقعیت	۰/۱۷۷ ^{ns}	هدایت الکتریکی	موقعیت	۰/۳۰۳ ^{ns}
	گونه درختی × موقعیت	۰/۰۷۱ ^{ns}		گونه درختی × موقعیت	۰/۷۵۹ ^{ns}
وزن مخصوص ظاهری	گونه درختی	۱۱۱۲۶/۶۲۴**	کربن آلی	گونه درختی	۰/۱۰۳**
	موقعیت	۱۶۹/۶۴۹ ^{ns}		موقعیت	۰/۰۰۲ ^{ns}
شن	گونه درختی × موقعیت	۳۰۶/۸۲۱ ^{ns}	نیتروژن کل	گونه درختی × موقعیت	۰/۰۰۱ ^{ns}
	گونه درختی	۰/۳۵۴ ^{ns}		گونه درختی	۳/۴۲۶ ^{ns}
سیلت	موقعیت	۰/۰۴۰ ^{ns}	نسبت کربن به نیتروژن خاک	موقعیت	۰/۷۵۳ ^{ns}
	گونه درختی × موقعیت	۰/۳۰۱ ^{ns}		گونه درختی × موقعیت	۲/۵۰۵ ^{ns}
رس	گونه درختی	۱۵۹/۵۰۰ ^{ns}	کلسیم قابل جذب	گونه درختی	۰/۳۱۳**
	موقعیت	۳۹۶/۹۰۰ ^{ns}		موقعیت	۰/۰۰۱ ^{ns}
ذخیره کربن	گونه درختی × موقعیت	۸۶۷/۵۰۰ ^{ns}	معدنی‌شدن کربن	گونه درختی × موقعیت	۰/۰۳۳ ^{ns}
	گونه درختی	۷۱۷/۹۰۰ ^{ns}		گونه درختی	۲۸۰۴/۷۲**
ذخیره نیتروژن	موقعیت	۲۲۰/۹۰۰ ^{ns}	معدنی‌شدن نیتروژن	موقعیت	۳۰۷/۰۰۶ ^{ns}
	گونه درختی × موقعیت	۱۷۳/۵۰۰ ^{ns}		گونه درختی × موقعیت	۸۲۳/۸۹۳ ^{ns}
	گونه درختی	۳۸۴/۴۰۰ ^{ns}		گونه درختی	۸۴۶۷۱/۶۷۵**
	موقعیت	۲۵/۶۰۰ ^{ns}		موقعیت	۳۵۴/۰۲۵ ^{ns}
	گونه درختی × موقعیت	۴۹۰/۴۰۰ ^{ns}		گونه درختی × موقعیت	۲۶۷۱/۴۷۵ ^{ns}
	گونه درختی	۴۴۳/۵۰۳ ^{ns}		گونه درختی	۶/۲۹۴**
	موقعیت	۳۳۰/۱۰۸ ^{ns}		موقعیت	۲۱۲/۷۰۰ ^{ns}
	گونه درختی × موقعیت	۲۵۴/۱۵۷ ^{ns}		گونه درختی × موقعیت	۱۸۶/۸۰۰*
	گونه درختی	۱/۹۸۷**		گونه درختی	۲/۱۵۵**
	موقعیت	۰/۰۳۶ ^{ns}		موقعیت	۰/۰۴۶ ^{ns}
	گونه درختی × موقعیت	۰/۲۶۴ ^{ns}		گونه درختی × موقعیت	۰/۰۱۸ ^{ns}

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد ns غیرمعنی‌دار است

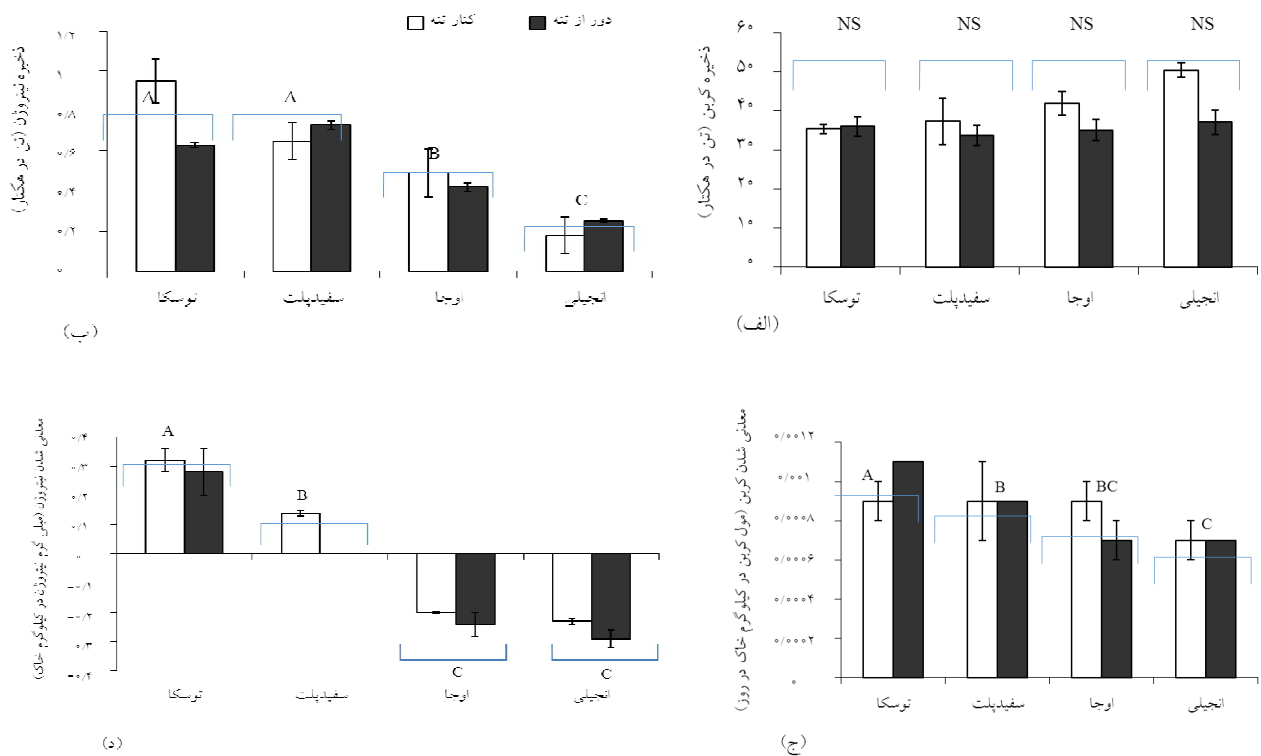
به‌طورکلی موقعیت‌های نمونه‌برداری از کنار تنه اصلی و دور از تنه (زیر تاج درخت) اثر معنی‌داری بر فرایند معدنی‌شدن کربن و نیتروژن خاک نداشته است (جدول ۱). بررسی همبستگی بین ذخایر و معدنی‌شدن کربن و نیتروژن با مشخصه‌های لاشبرگ و خاک بر این موضوع دلالت دارد که کیفیت لاشبرگ و مشخصه‌های شیمیایی خاک

است (جدول ۱ و شکل ۱-ب). سرعت معدنی‌شدن کربن آلی خاک در بخش تحتانی توسکا قشلاقی به‌طور معنی‌دار بیشتر از سایر گونه‌های درختی بود (جدول ۱ و شکل ۱-ج) و بالاترین مقدار معدنی‌شدن نیتروژن خاک نیز در بخش تحتانی همین گونه مشاهده شد و تفاوت آماری معنی‌داری را با سایر گونه‌های جنگلی نشان داد (جدول ۱ و شکل ۱-د).

جدول ۲. میانگین (اشتباه معیار) مشخصه‌های لائیرگ و فیریکو شیمیایی خاک در ارتباط با گونه‌های درختی مورد مطالعه

انجیلی	اوجا	سفیدبلیت	توسکا	موقعیت	مشخصه	انجیلی	اوجا	سفیدبلیت	توسکا	موقعیت	مشخصه
۳۴/۸۷	۳۶/۱۱	۳۷/۵۱	۳۷/۹۳	کمار تنه	رطوبت	۶۵/۱۰	۵۶/۹۳	۴۰/۴۴	۳۷/۷	کمار تنه	کربن لائیرگ (درصد)
۳۴/۴۲	۴۵/۲۱	۳۶/۸۴	۳۷/۳۱	دور از تنه	(درصد)	۶۷/۴۲	۵۳/۳۲	۴۳/۲۸	۳۸/۹۹	دور از تنه	
۳۴/۶۵±۱/۵۷	۴۰/۶۶±۲/۱۲	۳۷/۱۷±۱/۵۴	۳۷/۶۶±۲/۷۰	میانگین		۶۶/۲۸±۱/۸۷ ^a	۵۵/۱۲±۲/۳۱ ^b	۴۱/۸۶±۱/۳۰ ^c	۳۸/۳۸±۰/۸۸ ^c	میانگین	
۵/۹۲	۶/۶۱	۷/۰۱	۷/۲۱	کمار تنه		۰/۹۸	۱/۱۷	۱/۴۵	۱/۷۷	کمار تنه	نیترژن لائیرگ (درصد)
۶/۲۵	۷/۰۳	۶/۹۹	۷/۱۷	دور از تنه	pH	۱/۰۸	۱/۴۴	۱/۴۹	۱/۹۰	دور از تنه	
۶/۰۸±۰/۲۰ ^b	۶/۸۲±۰/۲۱ ^a	۷/۰۰±۰/۱۸ ^c	۷/۱۹±۰/۱۳ ^a	میانگین		۱/۰۳±۰/۰۴ ^c	۱/۳۰±۰/۰۷ ^b	۱/۴۷±۰/۰۷ ^b	۱/۸۳±۰/۰۷ ^a	میانگین	
۰/۱۵	۰/۲۱	۰/۲۷	۰/۲۹	کمار تنه	هدایت	۶۷/۶۸	۵۰/۰۴	۲۸/۳۷	۲۱/۴۶	کمار تنه	نسبت C/N لائیرگ
۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۲۸	۰/۲۹	دور از تنه	الکتریکی (دسی)	۶۲/۶۷	۳۷/۲۷	۲۹/۹۱	۲۱/۲۴	دور از تنه	
۰/۱۶±۰/۰۰ ^c	۰/۲۲±۰/۰۱ ^b	۰/۲۷±۰/۰۱ ^a	۰/۲۹±۰/۰۰ ^a	میانگین	زیستس بر (متر)	۶۵/۱۷±۲/۸۹ ^a	۴۳/۶۵±۴/۱۰ ^b	۲۹/۱۴±۱/۸۴ ^c	۲۱/۳۵±۱/۲۵ ^c	میانگین	
۲/۸۹	۱/۸۲	۱/۵۷	۱/۴۴	کمار تنه	کربن آلی (درصد)	۱/۲۵	۱/۵۳	۱/۵۷	۱/۶۲	کمار تنه	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)
۱/۶۷	۱/۷۹	۱/۴۶	۱/۶۰	دور از تنه		۱/۴۵	۱/۲۵	۱/۵۴	۱/۴۹	دور از تنه	
۲/۲۳±۰/۳۵	۰/۲۹±۰/۲۳	۱/۵۱±۰/۱۱	۱/۵۲±۰/۱۰	میانگین		۱/۳۵±۰/۰۶	۱/۳۹±۰/۰۷	۱/۵۵±۰/۰۷	۱/۵۶±۰/۰۶	میانگین	
۰/۱۰	۰/۲۱	۰/۲۷	۰/۳۹	کمار تنه	نیترژن کل	۳۲/۸۰	۲۰/۴۰	۳۲/۴۰	۲۲/۴۰	کمار تنه	شن (درصد)
۰/۱۱	۰/۲۲	۰/۳۲	۰/۲۸	دور از تنه		۱۷/۲۰	۲۰/۴۰	۱۷/۲۰	۲۸/۰۰	دور از تنه	
۰/۱۰±۰/۰۱ ^c	۰/۲۲±۰/۰۱ ^b	۰/۲۹±۰/۰۱ ^a	۰/۳۳±۰/۰۴ ^a	میانگین		۲۵/۰۰±۳/۹۲	۲۰/۴۰±۲/۲۰	۲۴/۸۰±۵/۸۲	۲۵/۲۰±۳/۵۸	میانگین	
۳۵/۹۷	۹/۱۸	۶/۱۱	۴/۲۷	کمار تنه	نسبت C/N	۴۴/۰۰	۴۶/۰۰	۳۳/۲۰	۳۸/۸۰	کمار تنه	سیلت (درصد)
۱۴/۸۳	۸/۲۱	۴/۵۷	۵/۷۵	دور از تنه	خاک	۴۷/۶۰	۵۰/۴۰	۴۴/۴۰	۳۸/۴۰	دور از تنه	
۲۵/۴۰±۰/۳۳ ^a	۸/۷±۱/۴۱ ^b	۵/۳۴±۰/۶۴ ^b	۵/۰۱±۰/۵۶ ^b	میانگین		۴۵/۸۰±۲/۸۸	۴۸/۶±۲/۴۶	۳۸/۸۰±۴/۰۴	۳۸/۶±۳/۶۶	میانگین	
۱۳۶/۶۰	۱۶۰/۴۰	۲۱۶/۲۰	۲۵۰/۶۰	کمار تنه	کلیسیم	۳۲/۲۰	۳۳/۶۰	۳۴/۴۰	۳۸/۸۰	کمار تنه	رس (درصد)
۱۲۸/۰۰	۱۸۹/۶۰	۲۰۶/۶۰	۲۶۴/۰۰	دور از تنه	قابل جذب	۳۵/۲۰	۲۹/۲۰	۳۸/۴۰	۳۳/۶۰	دور از تنه	
۱۳۲/۳۰±۱۰/۲۹ ^d	۱۷۵/۰۰±۱۲/۱۴ ^c	۲۱۱/۱۰±۴/۱۶ ^b	۲۵۷/۳۰±۱۱/۵۲ ^a	میانگین	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۲۹/۲۰±۲/۲۵	۳۱/۴۰±۱/۶۶	۳۶/۴۰±۴/۲۹	۳۶/۲۰±۳/۷۶	میانگین	

حروف انگلیسی متفاوت در هر سطر بیانگر وجود تفاوت‌های آماری معنی‌دار در بین گونه‌های درختی مورد مطالعه است.



شکل ۱. میانگین (\pm اشتباه معیار میانگین) الف) ذخیره کربن، ب) ذخیره نیتروژن، ج) معدنی‌شدن کربن

و د) معدنی‌شدن نیتروژن خاک در ارتباط با گونه‌های درختی مورد مطالعه. حروف انگلیسی متفاوت در هر ستون بیانگر وجود تفاوت‌های آماری معنی‌دار در بین گونه‌های درختی مورد مطالعه است

آماري معنی‌داری در بخش تحتانی گروه‌های درختی توسکا قشلاقی، انجیلی، سفیدپلت و اوجا نداشته است که این موضوع می‌تواند به علت عدم تغییر بافت خاک در محدوده مورد مطالعه باشد (جدول ۱ و شکل ۱). به‌طور مشابه، بانفیلد و همکاران نیز به عدم تغییرات معنی‌دار انباشتگی کربن به دلیل تشابه بافت خاک اشاره داشته‌اند (۲۲). همچنین عدم وجود تفاوت معنی‌دار کربن آلی خاک تحت گونه‌های درختی مورد مطالعه نیز احتمالاً در رابطه با عدم وجود تفاوت معنی‌دار میان بافت خاک تحت گونه‌های درختی مورد مطالعه است (۱۷). اگرچه میزان انباشتگی کربن خاک تحت گونه‌های درختی مورد مطالعه تفاوت‌های آماری معنی‌داری را به نمایش نگذاشته اما تغییرات این مشخصه همبستگی‌های معنی‌داری را با برخی پارامترهای فیزیکی شیمیایی خاک و لاشبرگ نشان داده است. مطابق با پژوهش حاضر، ذخیره‌سازی کربن خاک با کربن لاشبرگ،

اثرات معنی‌داری بر تغییرپذیری میزان ذخایر و معدنی‌شدن کربن و نیتروژن خاک در بخش تحتانی گونه‌های درختی مورد مطالعه دارند (جدول ۳ و شکل ۲).

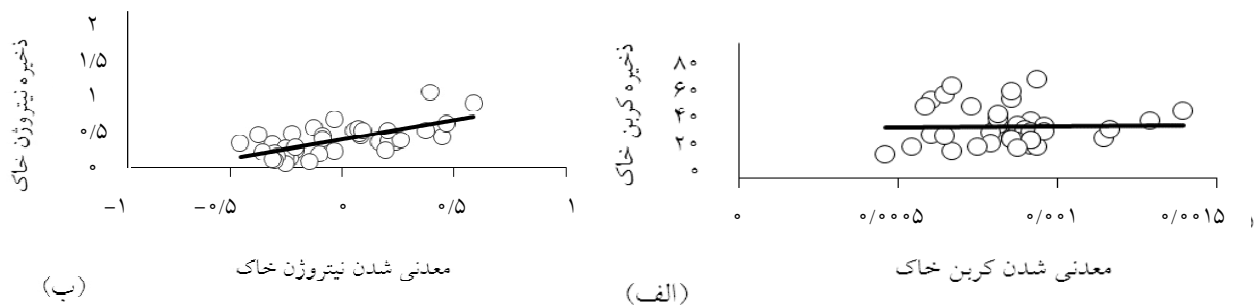
بحث

ذخیره‌سازی کربن و نیتروژن خاک

افزایش ذخیره‌سازی کربن و نیتروژن می‌تواند بر حاصلخیزی خاک و باروری اکوسیستم تأثیر به‌سزایی داشته باشد. مطابق با پژوهش‌های صورت گرفته (۱۳، ۱۴ و ۱۷) اجزای بافت خاک نقش بسیار مهمی بر میزان ذخیره‌سازی کربن و نیتروژن خاک دارند. یافته‌های ورامش و همکاران نشان داد که بین میزان انباشتگی کربن آلی و نیتروژن با درصد رس و سیلت خاک رابطه مثبت معنی‌داری وجود دارد (۱۷). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که میزان ذخیره کربن خاک تفاوت

جدول ۳. نتایج همبستگی پیوسون (سطح معنی داری) بین ذخایر و معدنی شدن کربن و نیتروژن با مشخصه های لاشبرگ و خاک

رسم	سیلت	شن	وزن مخصوص ظاهری	C/N لاشبرگ	نیتروژن لاشبرگ	کربن لاشبرگ	مشخصه
-۰/۲۰۴ (۰/۶۰۶)	۰/۱۳۶ (۰/۴۰۲)	۰/۰۴۶ (۰/۸۷۷)	۰/۲۴۲ (۰/۱۳۲)	۰/۳۲۰ (۰/۰۴۴)	-۰/۰۸۶ (۰/۶۰۰)	۰/۴۰۴ (۰/۰۱۰)	ذخیره کربن
۰/۲۷۳ (۰/۰۸۳)	-۰/۳۲۲ (۰/۰۴۳)	۰/۰۵۶ (۰/۸۳۲)	۰/۵۰۷ (۰/۰۰۱)	-۰/۶۸۲ (۰/۰۰۰)	۰/۶۴۶ (۰/۰۰۰)	-۰/۶۵۵ (۰/۰۰۰)	ذخیره نیتروژن
۰/۳۳۳ (۰/۰۴۲)	-۰/۲۱۸ (۰/۱۷۸)	-۰/۰۷۱ (۰/۶۶۳)	۰/۳۹۹ (۰/۰۱۱)	-۰/۶۱۰ (۰/۰۰۱)	۰/۶۶۲ (۰/۰۰۰)	-۰/۵۱۳ (۰/۰۰۱)	معدنی شدن کربن
۰/۲۶۸ (۰/۱۵۸)	-۰/۳۹۱ (۰/۰۱۲)	۰/۱۵۷ (۰/۳۳۳)	۰/۲۸۰ (۰/۰۸۰)	-۰/۸۵۳ (۰/۰۰۰)	۰/۷۰۴ (۰/۰۰۰)	-۰/۸۷۳ (۰/۰۰۰)	معدنی شدن نیتروژن
کلسیم قابل جذب	C/N خاک	نیتروژن کل	کربن آلی	هدایت الکتریکی	pH	رطوبت	مشخصه
-۰/۱۷۰ (۰/۲۹۵)	۰/۵۲۰ (۰/۰۰۱)	-۰/۱۵۱ (۰/۳۵۱)	۰/۸۷۵ (۰/۰۰۰)	-۰/۲۲۰ (۰/۱۳۶)	-۰/۱۹۴ (۰/۳۳۱)	-۰/۰۷۶ (۰/۶۴۱)	ذخیره کربن
۰/۶۱۲ (۰/۰۰۰)	-۰/۵۲۲ (۰/۰۰۱)	۰/۹۶۱ (۰/۰۰۰)	-۰/۲۷۰ (۰/۰۹۲)	۰/۵۸۰ (۰/۰۰۰)	۰/۴۰۲ (۰/۰۱۰)	۰/۳۳۰ (۰/۱۵۴)	ذخیره نیتروژن
۰/۶۳۳ (۰/۰۰۰)	-۰/۳۰۶ (۰/۰۵۵)	۰/۴۷۵ (۰/۰۰۲)	-۰/۱۵۱ (۰/۳۵۳)	۰/۵۰۵ (۰/۰۰۱)	۰/۳۲۲ (۰/۰۲۶)	۰/۰۱۹ (۰/۹۰۶)	معدنی شدن کربن
۰/۶۴۸ (۰/۰۰۰)	-۰/۳۶۳ (۰/۰۲۱)	۰/۶۵۶ (۰/۰۰۰)	-۰/۳۲۰ (۰/۰۴۴)	۰/۶۰۸ (۰/۰۰۰)	۰/۴۶۰ (۰/۰۰۳)	۰/۰۹۳ (۰/۵۶۷)	معدنی شدن نیتروژن



شکل ۲. ارتباط بین الف) ذخیره و معدنی‌شدن کربن خاک (میزان همبستگی = ۰/۰۲۹ و میزان معنی‌داری = ۰/۸۵۸) و ب) ذخیره و معدنی‌شدن نیتروژن خاک (میزان همبستگی = ۰/۶۶۰ و میزان معنی‌داری = ۰/۰۰۰)

مقادیر کربن آلی و نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ به گونه درختی توسکا قشلاقی اختصاص داشته است که مؤید همین مطلب است. همچنین شرایط قلیایی‌تر خاک در بخش تحتانی گونه درختی توسکا قشلاقی شرایط مساعدتری را برای تجمع نیتروژن خاک فراهم آورده است (۱۳).

معدنی‌شدن کربن و نیتروژن خاک

مطابق با نتایج این تحقیق، خاک تحتانی گونه درختی توسکا قشلاقی، بالاترین میزان معدنی‌شدن کربن و نیتروژن را به خود اختصاص داده که می‌توان مهم‌ترین دلیل آن را به ارتباط مستقیم ذخیره کربن و تثبیت نیتروژن خاک (۱۱) نسبت داد. اوری و همکاران (۴۴) و همچنین ایکنشیدت و همکاران (۲۷) اشاره داشتند که معدنی‌شدن کربن و نیتروژن خاک در بخش تحتانی گونه‌های درختی تثبیت‌کننده ازت به‌طور قابل توجهی بیشتر از گونه‌های غیر تثبیت‌کننده ازت است که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. به‌طور کلی بسیاری از مشخصه‌های رویشگاه نظیر کیفیت لاشبرگ و مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاک، در تغییرپذیری میزان معدنی‌شدن کربن و نیتروژن خاک تحت گونه‌های درختی مختلف اثرگذار هستند (۱۴). مطابق با یافته‌های وانگ و همکاران، افزایش کربن ورودی از لاشبرگ می‌تواند معدنی‌شدن کربن آلی خاک را برانگیزد (۴۸). مطابق با یافته‌های این تحقیق، میزان کربن لاشبرگ با معدنی‌شدن نیتروژن خاک رابطه منفی معنی‌داری را نشان داده است. در همین راستا، لی و

نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ، وزن مخصوص ظاهری شن، سیلت، کربن آلی و نسبت کربن به نیتروژن خاک ارتباط مستقیم معنی‌داری را نشان داد که با نتایج گزارش شده توسط گارتن و چارلز (۲۹) و آزادی ریمله و همکاران (۱) همخوانی دارد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که بالاترین ذخیره نیتروژن خاک به گونه درختی توسکا قشلاقی اختصاص داشته که به نوعی نشان‌دهنده تأثیر فوق‌العاده گونه تثبیت‌کننده ازت بر انباشتگی نیتروژن خاک است. در همین راستا، رستم‌آبادی و همکاران نیز در مطالعه خود در یک جنگل مخروطی‌انجیلی - ممرز که توسط گونه درختی توسکا جنگل‌کاری و احیا شده بود، اشاره داشتند که گونه توسکا منجر به انباشتگی بیشتر نیتروژن و همچنین کاهش نسبت کربن به نیتروژن خاک شده است (۹). در پژوهشی صیاد و همکاران به نقش بسیار مؤثر گونه درختی توسکا بر ذخیره‌سازی نیتروژن و افزایش حاصلخیزی خاک در جنگل‌کاری‌های صنوبر آمریکایی اشاره داشته‌اند (۴۳). دهنوی و همکاران نیز به نقش بسیار مهم گونه درختی داغداغان، به‌عنوان یک گونه درختی تثبیت‌کننده ازت، بر انباشتگی نیتروژن خاک اذعان کردند (۸). به‌طور کلی گونه‌های درختی تثبیت‌کننده ازت، دارای کیفیت لاشبرگ بهتری (محتوی نیتروژن بالا، کربن آلی و نسبت کربن به نیتروژن پایین) بوده و تجزیه لاشبرگ آنها در اکوسیستم سریع‌تر صورت می‌گیرد (۴۱) که همین موضوع می‌تواند منجر به تقویت و انباشتگی نیتروژن خاک در بخش تحتانی این نوع گونه‌های درختی باشد. در پژوهش حاضر نیز بالاترین محتوی نیتروژن لاشبرگ، کمترین

مشخصی در این خصوص دنبال نکرده و بیشترین میزان معدنی شدن کربن به گونه توسکا اختصاص داشته است. به طور مشابه، کوچ (۱۳۹۱) نیز در پژوهش خود اذعان داشته که میزان ذخیره سازی و معدنی شدن کربن خاک ارتباط معنی داری با یکدیگر نداشته و میزان معدنی شدن کربن به مشخصه های کیفی لاشبرگ و شیمی خاک مرتبط است (۱۴). بررسی روابط همبستگی ذخیره سازی و معدنی شدن نیتروژن حاکی از آن است که ذخیره بیشتر نیتروژن می تواند میزان معدنی شدن آن را تا حدودی افزایش دهد. مطابق نتایج حاصل این پژوهش، نیتروژن لاشبرگ و خاک از بیشترین به کمترین مقدار به گونه های درختی توسکا قشلاقی، سفیدپلت، اوجا و انجیلی اختصاص داشته و در همین راستا میزان ذخیره سازی و همچنین معدنی شدن نیتروژن به همین گونه ها تعلق داشته است. در پژوهش علی عرب و همکاران نیز به ارتباط مؤثر و معنی دار میزان ذخیره سازی و معدنی شدن نیتروژن خاک تحت گونه های درختی مختلف اشاره شده است (۱۱).

نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف مطالعه اثر گونه های پهن برگ خزان کننده بومی جنگل های خزری (توسکا قشلاقی، اوجا، سفیدپلت و انجیلی) و موقعیت تاج آنها بر ذخیره سازی و معدنی شدن کربن و نیتروژن خاک صورت گرفته است. مطابق با نتایج، ذخایر و معدنی شدن کربن و نیتروژن بیشتر تحت تأثیر کیفیت لاشبرگ و مشخصه های شیمی خاک بخش تحتانی گونه های درختی قرار داشته و موقعیت تاج درخت اثر معنی داری بر فرایند معدنی شدن کربن و نیتروژن خاک نداشته است. نتایج این مطالعه می تواند در جهت اولویت بندی و تعیین نوع ترکیب گونه های درختی جهت احیای مناطق تخریب یافته در بخش پایین بند و جلگه ای شمال کشور به منظور مدیریت مناسب به کار گرفته شود.

همکاران، اشاره داشته اند که میزان کربن لاشبرگ اثر منفی بر میزان معدنی شدن نیتروژن خاک دارد. (۳۸) این در حالی است که میزان معدنی شدن نیتروژن خاک رابطه مثبتی را با نیتروژن لاشبرگ و خاک، وزن مخصوص ظاهری، شن، رس، رطوبت، pH و کلسیم خاک نشان داده است (۳۸). در یک بررسی، کوچ اذعان داشته که میان معدنی شدن نیتروژن با درصد رس و نیتروژن کل همبستگی مثبت معنی داری وجود دارد، در حالی که سایر مشخصه های مورد مطالعه (وزن مخصوص ظاهری، سیلت و شن) اثر معنی داری بر تغییرپذیری معدنی شدن نیتروژن خاک نداشته اند (۱۵). از میان گونه های درختی مورد مطالعه، توسکا قشلاقی با توجه به شرایط قلیایی تر خاک وضعیت مناسب تری را برای معدنی شدن کربن و نیتروژن خاک فراهم آورده است. پژوهش های پیشین (۳۳ و ۴۵) نیز به نقش مثبت pH خاک در فرایندهای بیوشیمی، معدنی شدن کربن و نیتروژن خاک، اشاره داشته اند که مؤید یافته این تحقیق در خصوص گونه توسکا قشلاقی است، همچنین نتایج این تحقیق حاکی از وجود همبستگی منفی معنی داری بین مشخصه معدنی شدن نیتروژن خاک و نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ بوده است. از آنجایی که کمترین میزان نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ متعلق به گونه توسکا بوده، لذا بالاترین مقدار معدنی شدن نیتروژن نیز به این گونه درختی اختصاص داشت، در حالی که خاک بخش تحتانی گونه درختی انجیلی، با دارا بودن بیشترین مقدار مشخصه نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ دارای کمترین مقدار معدنی شدن نیتروژن خاک بوده است. در همین راستا، صالحی و همکاران در پژوهشی که بر روی توده های انجیلی و شمشاد صورت گرفته بود، اذعان داشتند که با توجه به نسبت بالای کربن به نیتروژن لاشبرگ گونه درختی انجیلی خاک بخش تحتانی این توده از نظر مشخصه نیتروژن معدنی فقیر است (۱۰). مطابق با یافته های این تحقیق، میزان کربن لاشبرگ و خاک به ترتیب از بیشترین به کمترین مقدار به گونه های درختی انجیلی، اوجا، سفیدپلت و توسکا قشلاقی اختصاص داشته و میزان ذخیره کربن نیز از همین روند تبعیت می کند (شکل ۱)، در حالی که معدنی شدن کربن روند

منابع مورد استفاده

۱. آزادی ریمله، م.، س. م. حجتی، ح. جلیلوند و ح. نقوی. ۱۳۹۲. بررسی توده های دست کاشت سوزنی و پهن برگ پارک مخمل کوه خرم آباد از نظر ترسیب کربن خاک و تنوع زیستی زیر آشکوب. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران ۲۱(۴): ۷۱۵ - ۷۰۲.
۲. بخشی پور، ر.، ح. رمضانپور و ا. لشکر بلوکی. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر جنگل کاری های کاج تدا و صنوبر بر برخی خصوصیات خاک های جنگلی (مطالعه موردی: منطقه فیدره لاهیجان). مجله جنگل ایران ۴ (۴): ۳۳۲ - ۳۲۱.
۳. بیرانوند، م.، ی. کوچ و س. م. حسینی. ۱۳۹۴. مقایسه سرعت معدنی شدن کربن و میزان انتشار گاز دی اکسید کربن از خاک در تیپ های جنگلی پهن برگ. چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران- بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، دانشگاه ولی عصر رفسنجان. رفسنجان. ۱۸-۱۲.
۴. بی نام، ۱۳۹۱. طرح حفاظت جنگل جلگه ای، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
۵. جعفری حقیقی، م. ۱۳۸۲. روش های تجزیه خاک (نمونه برداری و تجزیه های مهم فیزیکی و شیمیایی). انتشارات ندای ضحی، تهران.
۶. جمشیدنیا، ز.، ک. ابراری واجاری و ا. سهرابی. ۱۳۹۲. مقایسه مقدار ترسیب کربن خاک در توده های جنگل کاری زاگرس میانی (مطالعه موردی: جنگل کاری ریمله- لرستان). اکوسیستم های طبیعی ایران ۴(۲): ۴۱ - ۳۳.
۷. حبیبی کاسب، ح. ۱۳۷۰. مبانی خاکشناسی جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
۸. دهنوی، س.، س. ح. متین خواه و ف. نوربخش. ۱۳۹۲. بررسی نقش داغداغان به عنوان درخت تثبیت کننده نیتروژن بر خصوصیات خاک زیر آشکوب در ذخیره گاه جنگلی اردسته دهقان- اصفهان. فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران ۲۱(۴): ۶۵۳ - ۶۴۳.
۹. رستم آبادی، ع.، م. طبری، ح. جلیلوند، ع. صالحی و ا. صیاد. ۱۳۹۳. اثرات جنگل کاری توسکای بیلاقی بر عناصر غذایی و تنوع زیستی گیاهی رویشگاه طبیعی انجیلی- ممرز. مجله تحقیقات منابع طبیعی تجدیدشونده ۱۵(۱): ۲۸ - ۱۵.
۱۰. صالحی، م.، ق. زاهدی امیری، م. ر. مروی مهاجر و و. اعتماد. ۱۳۹۰. بررسی چرخه عناصر غذایی در برگ و خاک گونه های بومی ایران (انجیلی و شمشاد) (مطالعه موردی: بخش پاتم جنگل خیرود نوشهر). تحقیقات علوم و مهندسی جنگل ۱۱(۱): ۴۹ - ۴۳.
۱۱. علی عرب، ع. ۱۳۸۴. اثر گونه های افراپلت، افاقیا، صنوبر آمریکایی و زرین بر برخی ویژگی های فیزیکوشیمیایی خاک در جنگل کاری شرق هراز. مجله علوم آب و خاک ۱۹(۱): ۱۱۲ - ۱۰۴.
۱۲. غازان شاهی، ج. ۱۳۸۵. آنالیز خاک و گیاه، انتشارات هما، تهران.
۱۳. کوچ، ی. و س. م. حسینی. ۱۳۹۴. اکولوژی خاک های جنگلی (مفاهیم و الگوریتم ها). انتشارات جهاد دانشگاهی واحد مازندران، مازندران.
۱۴. کوچ، ی. ۱۳۹۱. تغییر پذیری ویژگی های خاک در ارتباط با پیت و ماند، حفره تاج پوشش و تک درختان در یک جنگل آمیخته راش هیرکانی، پایان نامه دکتری علوم جنگل، دانشگاه تربیت مدرس. تهران.
۱۵. کوچ، ی. ۱۳۹۴. بکارگیری روش آماری تحلیل علیت جهت تفسیر شاخص های زیستی خاک. نشریه آب و خاک ۲۹ (۶): ۱۵۵۲ - ۱۵۴۲.

۱۶. محمدی‌سمانی، ک. ۱۳۸۴. بررسی برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در رابطه با پوشش جنگلی منطقه دوویسه مریوان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد جنگلداری، دانشگاه مازندران. مازندران.
۱۷. ورامش، س.، س. م. حسینی و ن. عبدی. ۱۳۹۰. تأثیر جنگل‌کاری با گونه‌های پهن‌برگ بر ترسیب کربن در خاک پارک جنگلی چیتگر. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) ۲۵(۳): ۱۹۶ - ۱۸۷.
18. Ack, M. C., E. A. Schuur, M. S. Bret-Harte, G. R. Shaver and F. S. Chapin. 2004. Ecosystem carbon storage in arctic tundra reduced by long-term nutrient fertilization. *Nature* 431: 440-443.
19. Ajili Lahijy, A. and M. A. Dadashi. 2012. Studying the salinity and alkalinity of the soil under different plant coverage. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences* 3: 1562-1566.
20. Alef, K. 1995. Estimating of soil respiration. PP. 464-470. In: K. Alef and P. Nannipieri (Eds.). *Methods in Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press, New York.
21. Badeyan, Z. 2006. Relationship between carbon sequestration and pH of soil in mixed *Fagus orientalis* forest. MSc. Thesis, Department of Forestry and Forest Economics, Tehran University, Tehran.
22. Banfield, G. E., J. S. Bhatti, H. Jiang, M. J. Apps and T. Karjalainen. 2002. Variability in regional scale estimates of carbon stocks in boreal forest ecosystems: results from westcentral Alberta. *Forest Ecology and Management* 169: 15-27.
23. Chaudhari, P. R., D. V. Ahire, V. D. Ahire, M. Chkravarty and S. Maity. 2013. Soil bulk density as related to soil texture, organic matter content and available total nutrients of Coimbatore soil. *International Journal of Scientific and Research* 3: 231-242.
24. Cong, W. F., J. V. Ruijven, L. Mommer, G. B. De Deyn, F. Berendse and E. Hoffland. 2014. Plant species richness promotes soil carbon and nitrogen stocks in grasslands without legumes. *Journal of Ecology* 102: 1163-1170.
25. Dalias, P., J. M. Anderson, P. Bottner and M. M. Couêtaux. 2001. Temperature responses of carbon mineralization in conifer forest soils from different regional climates incubated under standard laboratory conditions. *Global Change Biology* 7: 181-192.
26. Dijkstra, F. A., J. B. West, S. E. Hobbie and P. B. Reich. 2009. Antagonistic effects of species on C respiration and net N mineralization in soils from mixed coniferous plantation. *Forest Ecology and Management* 257: 1112-1118.
27. Eickenscheidt, T., J. Heinichen, J. Augustin, A. Freibauer and M. Drösler. 2014. Nitrogen mineralization and gaseous nitrogen losses from waterlogged and drained organic soils in a black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) Forest, *Biogeosciences* 11: 2961-2976.
28. Gallardo, A., J. J. Rodríguez-Saucedo, F. Covelo and R. Fernández-Alés. 2000. Soil nitrogen heterogeneity in a Dehesa ecosystem. *Plant and Soil* 222: 71-82.
29. Garten, J. and T. Charles. 2002. Soil carbon storage beneath recently established tree plantations in Tennessee and South Carolina, USA, *Biomass and Bioenergy* 23: 93-102.
30. Gomez Rey, M. X., A. Garces and M. Madeira. 2011. Organic C distribution and N mineralization in soil of oak woodlands with improved pastures. *Revista de Ciências Agrárias* 34: 80-92.
31. Hagen-Thorn, A., I. Callesen, K. Armolaitis and B. Nihlgard. 2004. The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantations on former agricultural land. *Forest Ecology and Management* 195: 373-384.
32. Herman, D. J., L. J. Halverson and M. K. Firestone. 2003. Nitrogen dynamics in annual grassland: oak canopy, climate, and microbial population effects. *Ecological Applications* 13: 593-604.
33. Hobbie, S. E., P. B. Reich, J. Oleksyn, M. Ogdahl, R. Zytkowskiak, C. Hale and P. Karowleski. 2006. Tree species effects on decomposition and forest floor dynamics in a common garden. *Ecology* 87: 2288 - 2297.
34. Holdo, R. M. and M. C. Mack. 2014. Functional attributes of savannah soils: contrasting effects of tree canopies and herbivores on bulk density, nutrients and moisture dynamics. *Journal of Ecology* 102: 1171-1182.
35. Kooch, Y., S. M. Hosseini, B. C. Scharenbroch, S. M. Hojjati and J. Mohammadi. 2015. Pedodiversity analysis in the Caspian forests of Iran. *Geoderma Regional* 5: 4-14.
36. Kooch, Y., S. M. Hosseini, C. Zaccone, H. Jalilvand and S. M. Hojjati. 2012. Soil organic carbon sequestration as affected by afforestation: the Darab Kola forest (North of Iran) case study. *Journal of Environmental Monitoring* 14: 2438-2446.
37. Kooch, Y., S. Mollaei Darabi and S. M. Hosseini. 2015. The effects of pits and mounds following windthrow events on soil features and greenhouse gas fluxes in a temperate forest. *Pedosphere* 25: 853-867
38. Li, M., X. Zhaou, Q. Zhang and X. Cheng. 2014. Consequences of afforestation for soil nitrogen dynamics in central China. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 183: 40-46.
39. Lucas, Y. 2001. The Role of Plants in Controlling Rates and Products of Weathering: Importance of Biological Pumping. *Annual Review Earth Planet Science* 29:135-163.

40. Perakis, S. S. and C. H. Kellogg. 2007. Imprint of oaks on nitrogen availability in California grassland-savanna: a case of enhanced N inputs? *Plant Ecology* 191: 209-220.
41. Perakis, S. S., J. J. Matkins, D. E. Hibbs and M. Huso. 2015. Erratum to: N₂-Fixing Red Alder Indirectly Accelerates Ecosystem Nitrogen Cycling. *Ecosystems* 17: 750–761.
42. Quan, Q., C. Wang, N. He, Z. Zhang, X. Wen, H. Su, Q. Wang and J. Xue. 2014. Forest type affects the coupled relationships of soil C and N mineralization in the temperate forests of northern China. *Scientific Reports* 4: 11-23.
43. Sayyad, E., S. M. Hosseini, M. Akbarinia and Sh. Gholami. 2007. Comparison of soil properties in pure plantations of populus euroamericana Guinier and mixed with *Alnus subcordata* C.A. Meyer. *Journal of Environmental Studies* 33: 77-85
44. Uri, V., J. Aosaar, M. Varik, H. Becker, K. Ligi, A. Padari, A. Kanal and K. Lõhmus. 2014. The dynamics of biomass production, carbon and nitrogen accumulation in grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) chronosequence stands in Estonia. *Forest Ecology and Management* 327: 106–117
45. Uri, V., K. Lohmus and H. Tullus. 2003. Annual net nitrogen mineralization in a grey alder (*Alnus incana* (L.) moench) plantation on abandoned agricultural land. *Forest Ecology and Management* 184: 167-176.
46. Vesterdal, L., N. Clarke, B. D. Sigurdsson and P. Gundersen. 2013. Do tree species influence soil carbon stocks in temperate and boreal forests? *Forest Ecology and Management* 309: 18-24.
47. Wang, C., X. Han and X. Xing 2010. Effects of grazing exclusion on soil net nitrogen mineralization and nitrogen availability in a temperate steppe in northern China. *Journal of Arid Environments* 74: 1287-1293.
48. Wang, Q., S. Wang, T. He, L. Liu and J. Wu. 2014. Response of organic carbon mineralization and microbial community to leaf litter and nutrient additions in subtropical forest soils. *Soil Biology and Biochemistry* 71: 13-20

The Effect of Four Types of Broad-Leaved Trees on Soil C and N Storage and Mineralization in Forest Areas of Noor City

F. S. Tarighat¹ and Y. Kooch^{2*}

(Received: February 15-2016; Accepted: September 24-2017)

Abstract

The effect of broad-leaved forest trees (*Alnus glotinus*, *Ulmus glabra*, *Populus caspica* and *Parrotia persica*) and their canopy position on soil C and N storage and mineralization in the plain forest areas of Noor was investigated. Soil samples were taken from two positions (near and away from the main stem) with the microplots of 30×30×15 cm. Litter (C and N), soil physical (bulk density, texture and water content), chemical (pH, EC, organic C, total N and available Ca), biochemical and biological (N mineralization and microbial respiration) characteristics were measured at the laboratory. Carbon mineralization rate (CMR) was calculated using the equation [incubation time period (hour) ×soil volume (gr) / CO₂ amount (mol C)]. Soil C and N storage (ton/ha) was calculated by C and N contents, bulk density, and the soil sampling depth. The results showed that there was no significant difference between the C storage under the studied tree species, whereas N storage presented significantly greater amounts, under *Alnus glotinus* (0.79 ton/ha) rather than *Ulmus glabra*, *Populus caspica* and *Parrotia persica* (0.69, 0.45 and 0.21 ton/ha, respectively). The higher values of soil C (0.001 mol C/kg) and N (0.3 ml N/kg) mineralization were significantly recorded under *Alnus glotinus* instead of tree species. Soil C and N storage and mineralization process were not affected by the sampling positions. According to the results, soil C and N storage and mineralization were influenced by litter quality and soil chemistry.

Keywords: Plain forest, Litter quality, Soil chemistry, Carbon, Nitrogen

1. Department of Forestry, Faculty of Natural Resources of Someh-Sara, Guilan University, Guilan, Iran.

2. Department of Range Management, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

*: Corresponding Author, Email: yahya.kooch@modares.ac.ir