# اثر چهار نوع درخت پهن‌برگ بر ذخیره‌سازی و معدنی‌شدن کربن و نیتروژن خاک در عرصه جنگلی شهرستان نور

فائزه‌السادات طریقت[۱] و یحیی کوچ[۲*]

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

## چکیده

با هدف بررسی اثر درختان جنگلی پهن‌برگ (توسکا قشلاقی، اوجا، سفیدپلت و انجیلی) و موقعیت تاج آنها بر ذخیره‌سازی و معدنی شدن کربن و نیتروژن خاک، پژوهش حاضر در عرصه جنگلی جلگه‌ای شهرستان نور صورت گرفت. نمونه‌برداری خاک از دو موقعیت کنار تنه اصلی و زیر تاج درخت در میکرو قطعه نمونه (سطح ۳۰ × ۳۰ و عمق ۱۵ سانتی‌متری) صورت گرفت. مشخصه‌های لاشبرگ (کربن و نیتروژن)، فیزیکی (وزن مخصوص ظاهری، بافت و محتوی رطوبت خاک)، شیمیایی (اسیدیته، هدایت الکتریکی، کربن آلی، ازت کل و کلسیم 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 دی‌اکسید 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 نمونه‌برداری خاک محاسبه شد. نتایج حاکی از آن است که میزان ذخیره کربن خاک در بخش تحتانی گونه‌های درختی مورد مطالعه، تفاوت آماری معنی‌داری را نشان نداد، درحالی که مقدار ذخیره نیتروژن خاک به‌طور معنی‌دار در بخش تحتانی گونه توسکا قشلاقی (۰/۷۹ تن در هکتار) بیشتر از گونه‌های سفیدپلت، اوجا و انجیلی (به‌ترتیب 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 میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک) در بخش تحتانی توسکا قشلاقی، به‌طور معنی‌دار بیشتر از سایر گونه‌های درختی بوده است. موقعیت نمونه‌برداری اثر معنی‌داری بر فرایند ذخیره‌سازی 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 مشخصه‌های شیمی خاک قرار دارند.

**واژه‌های کلیدی:** جنگل جلگه‌ای، کیفیت لاشبرگ، شیمی خاک، کربن، نیتروژن

۱. گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی صومعه‌سرا، دانشگاه گیلان، گیلان
۲. گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: yahya.kooch@modares.ac.ir



www.SID.ir

Archive of SID

**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 به‌وسیله 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، باران‌ربایی، وفور کرم‌های خاکی، جذب عناصر غذایی، تثبیت نیتروژن و نیتریفیکاسیون، 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 میکرواقلیم و جوامع خاکزی مکانیسم‌های متفاوتی هستند که باعث ایجاد تأثیر متفاوت گونه‌های درختی برروی 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 تاج‌پوشش 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 به‌صورت 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). اکوسیستم های جنگلی از منابع مهم ذخیره دی‌اکسید کربن به‌حساب می‌آیند، به‌طوری که ذخیره و چرخه کربن در خاک بسیار طولانی‌تر از بافت‌های گیاهی و چوبی است. ذخیره‌سازی و معدنی شدن کربن ملزم به فعالیت‌های میکربی و انتشار کربن به‌صورت 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 هرساله درختان، پویایی عناصر


www.SID.ir

Archive of SID

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 خزان کننده محسوب می‌شود (۴۵). با توجه به تأثیرپذیری بسیاری از پارامترهای فیزیکوشیمیایی 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 وحلقه 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 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 آلفی‌سول 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. به‌طورکلی خاک عرصه مورد مطالعه عمیق، خنثی 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 خزان کننده 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 ۱۵سانتی‌متر) 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


www.SID.ir

Archive of SID

اندازه‌گیری غلظت نیترات به روش احیای کادمیوم و غلظت آمونیوم به روش کلریمتریک (۱۲) در محیط آزمایشگاه سنجش شد. به‌منظور اندازه‌گیری میزان تنفس میکربی، نمونه‌های تازه خاک مورد استفاده قرار گرفت. میزان تنفس میکربی خاک به روش بطری در بسته (۲۰) اندازه‌گیری و سپس سرعت معدنی شدن کربن (CMR) با استفاده از رابطه (مدت زمان انکوباسیون (ساعت) × حجم خاک (گرم) / مقدار دی‌اکسید 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 نمونه‌برداری خاک محاسبه شد (۳۶).

### تجزیه و تحلیل داده‌ها

به‌منظور تجزیه و تحلیل و همچنین مقایسه داده‌ها، ابتدا نرمالیته آنها با آزمون کولموگروف اسمیرنوف و همگنی واریانس با آزمون لون تست شد. به‌منظور بررسی تفاوت یا عدم تفاوت مقادیر مشخصه‌های مختلف لاشبرگ و خاک در ارتباط با گونه‌های جنگلی مورد مطالعه و موقعیت نمونه‌برداری، از تجزیه واریانس دو طرفه استفاده شد. آزمون دانکن نیز به‌منظور مقایسه چندگانه میانگین به‌کار گرفته شد. به‌منظور بررسی ارتباط بین ذخیره‌سازی، معدنی شدن کربن و نیتروژن و مشخصه‌های لاشبرگ و فیزیکوشیمیایی خاک از همبستگی پیرسون استفاده شد. کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری در بسته نرم‌افزاری SPSS نسخه ۲۰ انجام پذیرفت.

## نتایج

### مشخصه‌های لاشبرگ

نتایج تجزیه واریانس مشخصه‌های کیفی لاشبرگ، حاکی از وجود تفاوت‌های آماری معنی‌دار در بین گونه‌های درختی پهن‌برگ مورد مطالعه است (جدول ۱). بیشترین مقدار کربن و نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ به گونه جنگلی انجیلی اختصاص داشته درحالی‌که بالاترین مقدار نیتروژن لاشبرگ در بخش تحتانی درختان توسکا قشلاقی مشاهده شد (جدول ۲). موقعیت نمونه‌برداری تفاوت آماری معنی‌داری را از نظر مشخصه‌های کیفی لاشبرگ گونه‌های درختی مختلف نشان نداده است (جدول ۱).

### مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاک

تغییرپذیری مشخصه‌های فیزیکی خاک (وزن مخصوص ظاهری، بافت و محتوی رطوبت) در ارتباط با موقعیت نمونه‌برداری و همچنین بین گونه‌های درختی مورد مطالعه تفاوت آماری معنی‌داری را نشان نداده است (جداول ۱ و ۲). مطابق با نتایج، بافت کلی خاک در بخش تحتانی گونه‌های مختلف در عرصه مورد مطالعه سیلتی رسی لومی است (جدول ۲). تجزیه واریانس مشخصه‌های شیمیایی خاک حاکی از وجود تفاوت‌های آماری معنی‌دار در بین گونه‌های جنگلی مورد مطالعه است، به‌طوری که به‌جز کربن آلی (Sig.= ۰/۰۸۳) سایر مشخصه‌ها تغییرات معنی‌داری را بین گونه‌های درختی مختلف به نمایش گذاشته‌اند (جدول ۱). خاک بخش تحتانی گونه جنگلی توسکا قشلاقی شرایط قلیایی‌تری داشته و بیشترین مقادیر مشخصه‌های 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 معنی‌داری را با سایر گونه‌های مورد مطالعه نشان داده است (جدول ۲). مطابق با نتایج، موقعیت نمونه‌برداری اثر معنی‌داری بر مشخصه‌های مختلف خاک در بین گونه‌های مورد مطالعه نشان نداده است (جداول ۱ و ۲).

### ذخایر و معدنی شدن کربن و نیتروژن خاک

میزان ذخیره کربن در خاک بخش تحتانی گونه‌های درختی مورد مطالعه (در هر دو موقعیت کنار تنه اصلی و دور از تنه در زیر تاج) تفاوت آماری معنی‌داری را نشان نداده است (جدول ۱ و شکل ۱- الف)، درحالی‌که مقدار ذخیره نیتروژن خاک به‌طور معنی‌دار در بخش تحتانی گونه توسکا قشلاقی بیشتر بوده


www.SID.ir

Archive of SID

**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 | ۱۸۲/۳۰۰ns |
| | موقعیت | ۴/۸۰۲ns | | موقعیت | ۳۳/۸۹۳ns |
| | گونه درختی × موقعیت | ۶۵/۲۹۳ns | | گونه درختی × موقعیت | ۱۷۵/۶۱۶ns |
| نیتروژن لاشبرگ | گونه درختی | ۳/۳۹۹** | pH | گونه درختی | ۷/۰۴۰** |
| | موقعیت | ۰/۱۷۷ns | | موقعیت | ۰/۳۰۳ns |
| | گونه درختی × موقعیت | ۰/۰۷۱ns | | گونه درختی × موقعیت | ۰/۷۵۹ns |
| نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ | گونه درختی | ۱۱۱۲۶/۶۲۴** | هدایت الکتریکی | گونه درختی | ۰/۱۰۳** |
| | موقعیت | ۱۶۹/۶۴۹ns | | موقعیت | ۰/۰۰۲ns |
| | گونه درختی × موقعیت | ۳۰۶/۸۲۱ns | | گونه درختی × موقعیت | ۰/۰۰۱ns |
| وزن مخصوص ظاهری | گونه درختی | ۰/۳۵۴ns | کربن آلی | گونه درختی | ۳/۴۲۶ns |
| | موقعیت | ۰/۰۴۰ns | | موقعیت | ۰/۷۵۳ns |
| | گونه درختی × موقعیت | ۰/۳۰۱ns | | گونه درختی × موقعیت | ۲/۵۰۵ns |
| شن | گونه درختی | ۱۵۹/۵۰۰ns | نیتروژن کل | گونه درختی | ۰/۳۱۳** |
| | موقعیت | ۳۹۶/۹۰۰ns | | موقعیت | ۰/۰۰۱ns |
| | گونه درختی × موقعیت | ۸۶۷/۵۰۰ns | | گونه درختی × موقعیت | ۰/۰۳۳ns |
| سیلت | گونه درختی | ۷۱۷/۹۰۰ns | نسبت کربن به نیتروژن خاک | گونه درختی | ۲۸۰۴/۷۲** |
| | موقعیت | ۲۲۰/۹۰۰ns | | موقعیت | ۳۰۷/۰۰۶ns |
| | گونه درختی × موقعیت | ۱۷۳/۵۰۰ns | | گونه درختی × موقعیت | ۸۲۳/۸۹۳ns |
| رس | گونه درختی | ۳۸۴/۴۰۰ns | کلسیم قابل جذب | گونه درختی | ۸۴۶۷۱/۶۷۵** |
| | موقعیت | ۲۵/۶۰۰ns | | موقعیت | ۳۵۴/۰۲۵ns |
| | گونه درختی × موقعیت | ۴۹۰/۴۰۰ns | | گونه درختی × موقعیت | ۲۶۷۱/۴۷۵ns |
| ذخیره کربن | گونه درختی | ۴۴۳/۵۰۳ns | معدنی شدن کربن | گونه درختی | ۶/۲۹۴** |
| | موقعیت | ۳۳۰/۱۰۸ns | | موقعیت | ۲۱۲/۷۰۰ns |
| | گونه درختی × موقعیت | ۲۵۴/۱۵۷ns | | گونه درختی × موقعیت | ۱۸۶/۸۰۰* |
| ذخیره نیتروژن | گونه درختی | ۱/۹۸۷** | معدنی شدن نیتروژن | گونه درختی | ۲/۱۵۵** |
| | موقعیت | ۰/۰۳۶ns | | موقعیت | ۰/۰۴۶ns |
| | گونه درختی × موقعیت | ۰/۲۶۴ns | | گونه درختی × موقعیت | ۰/۰۱۸ns |

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد ns غیرمعنی‌دار است

است (جدول ۱ و شکل ۱-ب). سرعت معدنی شدن 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 معدنی شدن 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).

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


www.SID.ir

Archive of SID

**جدول ۲.میانگین (اشتباه معیار) مشخصه‌های لاشبرگ و فیزیکوشیمیایی خاک در ارتباط با گونه‌های درختی مورد مطالعه**

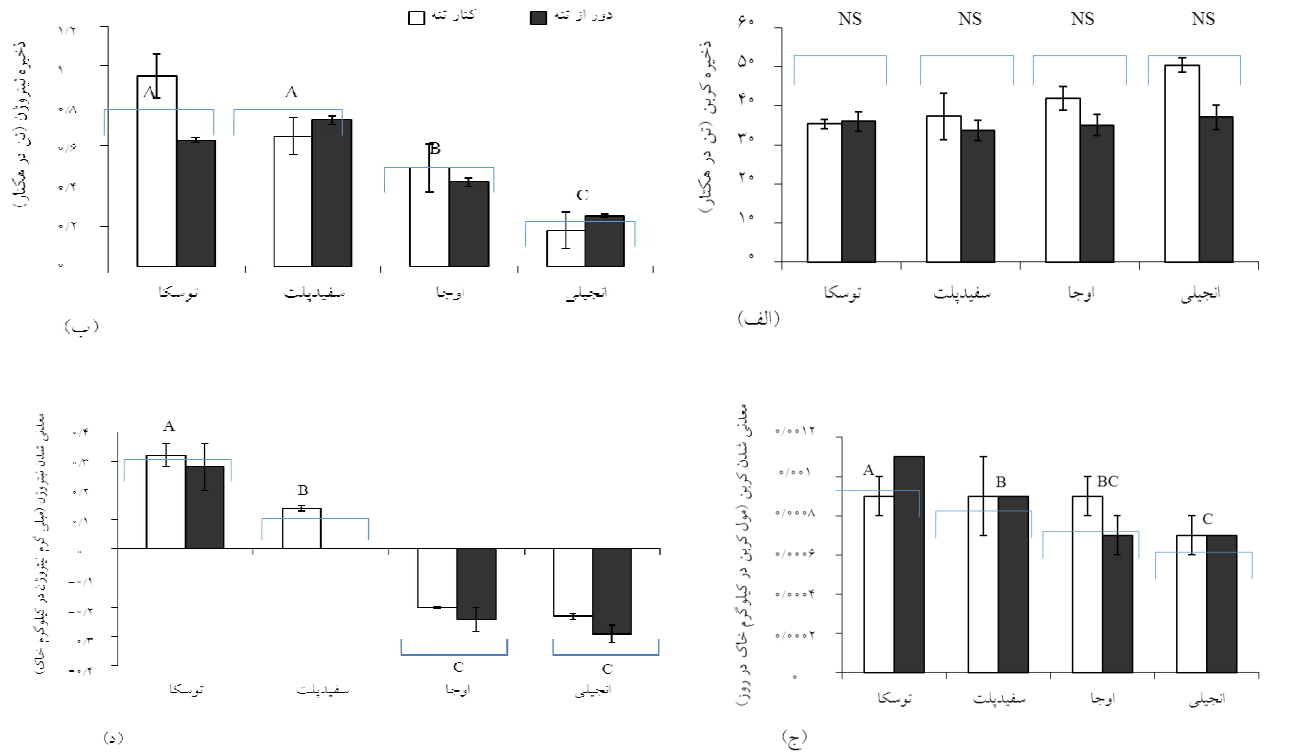
| مشخصه | موقعیت | توسکا | سفیدپلت | اوجا | انجیلی | مشخصه | موقعیت | توسکا | سفیدپلت | اوجا | انجیلی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کربن لاشبرگ (درصد) | کنار تنه | ۳/۷۷ | ۴۰/۴۴ | ۵۶/۹۳ | ۶۵/۱۰ | | کنار تنه | ۳۷/۹۳ | ۳۷/۵۱ | ۳۶/۱۱ | ۳۴/۸۷ |
| | دور از تنه | ۳۸/۹۹ | ۴۳/۲۸ | ۵۳/۳۲ | ۶۷/۴۲ | رطوبت (درصد) | دور از تنه | ۳۷/۳۱ | ۳۶/۸۴ | ۴۵/۲۱ | ۳۴/۴۲ |
| | میانگین | ۳۸/۳۸±۰/۸۸$^{c}$ | ۴۱/۸۶±۱/۳۰$^{c}$ | ۵۵/۱۲±۳/۳۱$^{b}$ | ۶۶/۲۸±۱/۷۷$^{a}$ | | میانگین | ۳۷/۶۲±۲/۷۰ | ۳۷/۱۷±۱/۵۴ | ۴۰/۶۶±۲/۱۲ | ۳۴/۶۵±۱/۵۷ |
| نیتروژن لاشبرگ (درصد) | کنار تنه | ۱/۷۷ | ۱/۴۵ | ۱/۱۷ | ۰/۹۸ | | کنار تنه | ۷/۲۱ | ۷/۰۱ | ۶/۶۱ | ۵/۹۲ |
| | دور از تنه | ۱/۹۰ | ۱/۴۹ | ۱/۴۴ | ۱/۰۸ | pH | دور از تنه | ۷/۱۷ | ۶/۹۹ | ۷/۰۳ | ۶/۲۵ |
| | میانگین | ۱/۸۳±۰/۰۷$^{a}$ | ۱/۴۷±۰/۰۷$^{b}$ | ۱/۳۰±۰/۰۷$^{b}$ | ۱/۰۳±۰/۰۴$^{c}$ | | میانگین | ۷/۱۹±۰/۱۳$^{a}$ | ۷/۰۰±۰/۱۸$^{a}$ | ۶/۸۲±۰/۲۱$^{a}$ | ۶/۰۸±۰/۲۰$^{b}$ |
| نسبت C/N لاشبرگ | کنار تنه | ۲۱/۴۶ | ۲۸/۳۷ | ۵۰/۰۴ | ۶۷/۶۸ | هدایت الکتریکی (دسی متر) | کنار تنه | ۰/۲۹ | ۰/۲۷ | ۰/۲۱ | ۰/۱۵ |
| | دور از تنه | ۲۱/۲۴ | ۲۹/۹۱ | ۳۷/۲۷ | ۶۲/۶۷ | | دور از تنه | ۰/۲۹ | ۰/۲۸ | ۰/۲۳ | ۰/۱۸ |
| | میانگین | ۲۱/۳۵±۱/۲۵$^{c}$ | ۲۹/۱۴±۱/۷۴$^{c}$ | ۴۳/۶۵±۴/۱۰$^{b}$ | ۶۵/۱۷±۲/۸۹$^{a}$ | | میانگین | ۰/۲۹±۰/۰۰$^{a}$ | ۰/۲۷±۰/۰۱$^{a}$ | ۰/۲۲±۰/۰۱$^{b}$ | ۰/۱۶±۰/۰۰$^{c}$ |
| وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) | کنار تنه | ۱/۶۲ | ۱/۵۷ | ۱/۵۳ | ۱/۲۵ | کربن آلی (درصد) | کنار تنه | ۱/۴۴ | ۱/۴۷ | ۱/۸۲ | ۲/۷۹ |
| | دور از تنه | ۱/۴۹ | ۱/۵۴ | ۱/۲۵ | ۱/۴۵ | | دور از تنه | ۱/۶۰ | ۱/۴۶ | ۱/۷۹ | ۱/۶۷ |
| | میانگین | ۱/۵۶±۰/۰۶ | ۱/۵۵±۰/۰۷ | ۱/۳۹±۰/۰۷ | ۱/۳۵±۰/۰۶ | | میانگین | ۱/۵۲±۰/۱۰ | ۱/۵۱±۰/۱۱ | ۲/۲۹±۰/۲۳ | ۲/۲۳±۰/۳۵ |
| شن (درصد) | کنار تنه | ۲۲/۴۰ | ۳۲/۴۰ | ۲۰/۴۰ | ۳۲/۸۰ | نیتروژن کل (درصد) | کنار تنه | ۰/۳۹ | ۰/۲۷ | ۰/۲۱ | ۰/۱۰ |
| | دور از تنه | ۲۸/۰۰ | ۱۷/۲۰ | ۲۰/۴۰ | ۱۷/۲۰ | | دور از تنه | ۰/۲۸ | ۰/۳۲ | ۰/۲۲ | ۰/۱۱ |
| | میانگین | ۲۵/۲۰±۳/۵۸ | ۲۴/۸۰±۵/۸۲ | ۲۰/۴۰±۲/۲۰ | ۲۵/۰۰±۳/۹۲ | | میانگین | ۰/۳۳±۰/۰۴$^{a}$ | ۰/۲۹±۰/۰۱$^{a}$ | ۰/۲۲±۰/۰۱$^{b}$ | ۰/۱۰±۰/۰۱$^{c}$ |
| سیلت (درصد) | کنار تنه | ۳۸/۸۰ | ۳۳/۲۰ | ۴۶/۰۰ | ۴۴/۰۰ | نسبت C/N خاک | کنار تنه | ۴/۲۷ | ۶/۱۱ | ۹/۱۸ | ۳۵/۹۷ |
| | دور از تنه | ۳۸/۴۰ | ۴۴/۴۰ | ۵۰/۴۰ | ۴۷/۶۰ | | دور از تنه | ۵/۷۵ | ۴/۵۷ | ۸/۲۱ | ۱۴/۸۳ |
| | میانگین | ۳۸/۶۰±۳/۶۶ | ۳۸/۸۰±۴/۰۴ | ۴۸/۲۰±۲/۴۶ | ۴۵/۸۰±۲/۸۸ | | میانگین | ۵/۰۱±۰/۵۶$^{b}$ | ۵/۳۴±۰/۶۴$^{b}$ | ۸/۷۰±۱/۴۱$^{b}$ | ۲۵/۴۰±۷/۳۳$^{a}$ |
| رس (درصد) | کنار تنه | ۳۸/۸۰ | ۳۴/۴۰ | ۳۳/۶۰ | ۲۳/۲۰ | کلسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) | کنار تنه | ۲۵۰/۶۰ | ۲۱۶/۲۰ | ۱۶۰/۴۰ | ۱۳۶/۶۰ |
| | دور از تنه | ۳۳/۶۰ | ۳۸/۴۰ | ۲۹/۲۰ | ۳۵/۲۰ | | دور از تنه | ۲۶۴/۰۰ | ۲۰۶/۶۰ | ۱۸۹/۶۰ | ۱۲۸/۰۰ |
| | میانگین | ۳۶/۲۰±۳/۷۶ | ۳۶/۴۰±۴/۲۹ | ۳۱/۴۰±۱/۶۶ | ۲۹/۲۰±۲/۲۵ | | میانگین | ۲۵۷/۳۰±۱۱/۵۲$^{a}$ | ۲۱۱/۱۰±۴/۱۶$^{b}$ | ۱۷۵/۰۰±۱۲/۱۴$^{c}$ | ۱۳۲/۳۰±۱۰/۲۹$^{d}$ |

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



www.SID.ir

Archive of SID




**شکل ۱. میانگین (± اشتباه معیار میانگین) الف) ذخیره کربن، ب) ذخیره نیتروژن، ج) معدنی شدن کربن و د) معدنی شدن 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**

اثرات معنی‌دارتری بر تغییرپذیری میزان ذخایر و معدنی شدن 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 آماری معنی‌داری در بخش تحتانی گروه‌های درختی توسکا قشلاقی، انجیلی، سفیدپلت و اوجا نداشته است که این موضوع می‌تواند به‌علت 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 به‌دلیل 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 فیزیکوشیمیایی خاک و لاشبرگ نشان داده است. مطابق با پژوهش حاضر، ذخیره‌سازی کربن خاک با کربن لاشبرگ، ،


www.SID.ir

Archive of SID

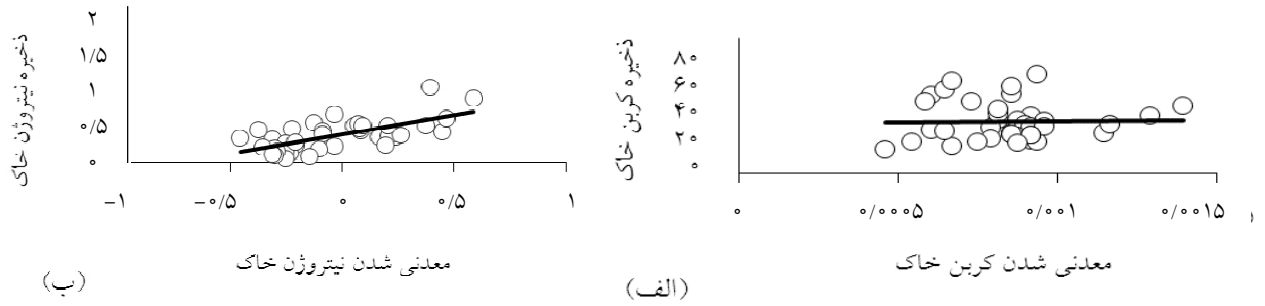
**جدول ۳.نتایج همبستگی پیرسون (سطح معنی‌داری) بین ذخایر و معدنی شدن کربن و نیتروژن با مشخصه‌های لاشبرگ و خاک**

| مشخصه | کربن لاشبرگ | نیتروژن لاشبرگ | C/N لاشبرگ | وزن مخصوص ظاهری | شن | سیلت | رس |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ذخیره کربن | ۰/۴۰۴ (۰/۰۱۰) | -۰/۰۸۶ (۰/۶۰۰) | ۰/۳۲۰ (۰/۰۴۴) | ۰/۲۴۲ (۰/۱۳۲) | ۰/۰۴۶ (۰/۷۷۷) | ۰/۱۳۶ (۰/۴۰۲) | -۰/۲۰۴ (۰/۲۰۶) |
| ذخیره نیتروژن | -۰/۶۵۵ (۰/۰۰۰) | ۰/۶۴۶ (۰/۰۰۰) | -۰/۶۸۲ (۰/۰۰۰) | ۰/۵۰۷ (۰/۰۰۱) | ۰/۰۵۶ (۰/۷۳۲) | -۰/۳۲۲ (۰/۰۴۳) | ۰/۲۷۳ (۰/۰۸۳) |
| معدنی شدن کربن | -۰/۵۱۳ (۰/۰۰۱) | ۰/۶۶۲ (۰/۰۰۰) | -۰/۶۱۰ (۰/۰۰۱) | ۰/۳۹۹ (۰/۰۱۱) | -۰/۰۷۱ (۰/۶۶۳) | -۰/۲۱۸ (۰/۱۷۸) | ۰/۳۲۳ (۰/۰۴۲) |
| معدنی شدن نیتروژن | -۰/۷۷۳ (۰/۰۰۰) | ۰/۷۰۴ (۰/۰۰۰) | -۰/۷۵۳ (۰/۰۰۰) | ۰/۲۸۰ (۰/۰۸۰) | ۰/۱۵۷ (۰/۳۳۳) | -۰/۳۹۱ (۰/۰۱۲) | ۰/۲۲۸ (۰/۱۵۸) |
| مشخصه | رطوبت | pH | هدایت الکتریکی | کربن آلی | نیتروژن کل | C/N خاک | کلسیم قابل جذب |
| ذخیره کربن | -۰/۰۷۶ (۰/۶۴۱) | -۰/۱۹۴ (۰/۲۳۱) | -۰/۲۴۰ (۰/۱۳۶) | ۰/۸۷۵ (۰/۰۰۰) | -۰/۱۵۱ (۰/۳۵۱) | ۰/۵۲۰ (۰/۰۰۱) | -۰/۱۷۰ (۰/۲۹۵) |
| ذخیره نیتروژن | ۰/۲۳۰ (۰/۱۵۴) | ۰/۴۰۲ (۰/۰۱۰) | ۰/۵۸۰ (۰/۰۰۰) | -۰/۲۷۰ (۰/۰۹۲) | ۰/۹۶۱ (۰/۰۰۰) | -۰/۵۲۲ (۰/۰۰۱) | ۰/۶۱۲ (۰/۰۰۰) |
| معدنی شدن کربن | ۰/۰۱۹ (۰/۹۰۶) | ۰/۳۲۲ (۰/۰۳۶) | ۰/۵۰۵ (۰/۰۰۱) | -۰/۱۵۱ (۰/۳۵۳) | ۰/۴۷۵ (۰/۰۰۲) | -۰/۳۰۶ (۰/۰۵۵) | ۰/۶۳۳ (۰/۰۰۰) |
| معدنی شدن نیتروژن | ۰/۰۹۳ (۰/۵۶۷) | ۰/۴۶۰ (۰/۰۰۳) | ۰/۶۰۸ (۰/۰۰۰) | -۰/۳۲۰ (۰/۰۴۴) | ۰/۶۵۶ (۰/۰۰۰) | -۰/۳۶۳ (۰/۰۲۱) | ۰/۶۴۸ (۰/۰۰۰) |



www.SID.ir

Archive of SID




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

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 تثبیت کننده ازت بر انباشتگی نیتروژن خاک است. در همین راستا، رستم‌آبادی و همکاران نیز در مطالعه خود در یک جنگل مخروبه انجیلی- 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 تثبیت کننده ازت، بر انباشتگی نیتروژن خاک اذعان کردند (۸). به‌طور کلی گونه‌های درختی تثبیت کننده 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 منجربه تقویت و انباشتگی نیتروژن خاک در بخش تحتانی این نوع گونه‌های درختی باشد. در پژوهش حاضر نیز بالاترین محتوی نیتروژن لاشبرگ، کمترین 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).

**معدنی شدن کربن و نیتروژن خاک**

مطابق با نتایج این تحقیق، خاک تحتانی گونه درختی توسکا قشلاقی، بالاترین میزان معدنی شدن 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 معدنی شدن کربن و نیتروژن خاک در بخش تحتانی گونه‌های درختی تثبیت کننده ازت به‌طور قابل توجهی بیشتر از گونه‌های غیر تثبیت کننده ازت است که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. به‌طورکلی بسیاری از مشخصه‌های رویشگاه نظیر کیفیت لاشبرگ و مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاک، در تغییرپذیری میزان معدنی شدن کربن و نیتروژن خاک تحت گونه‌های درختی مختلف اثرگذار هستند (۱۴). مطابق با یافته‌های وانگ و همکاران، افزایش کربن ورودی از لاشبرگ می‌تواند معدنی شدن کربن آلی خاک را برانگیزد (۴۸). مطابق با یافته‌های این تحقیق، میزان کربن لاشبرگ با معدنی شدن نیتروژن خاک رابطه منفی معنی‌داری را نشان داده است. در همین راستا، لی و


www.SID.ir

Archive of SID

همکاران، اشاره داشته‌اند که میزان کربن لاشبرگ اثر منفی بر میزان معدنی‌شدن نیتروژن خاک دارد. (۳۸) این در حالی است که میزان معدنی‌شدن 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 معنی‌داری وجود دارد، درحالی‌که سایر مشخصه‌های مورد مطالعه (وزن مخصوص ظاهری، سیلت و شن) اثر معنی‌داری بر تغییرپذیری معدنی شدن نیتروژن خاک نداشته‌اند (۱۵). از میان گونه‌های درختی مورد مطالعه، توسکا قشلاقی با توجه به شرایط قلیایی‌تر خاک وضعیت مناسب‌تری را برای معدنی شدن کربن و نیتروژن خاک فراهم آورده است. پژوهش‌های پیشین (۳۳ و ۴۵) نیز به نقش مثبت pH خاک در فرایندهای بیوشیمی، معدنی شدن کربن و نیتروژن خاک، اشاره داشته‌اند که مؤید یافته این تحقیق در خصوص گونه توسکا قشلاقی است، همچنین نتایج این تحقیق حاکی از وجود همبستگی منفی معنی‌داری بین مشخصه معدنی‌شدن 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 حالی‌که 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 برروی توده‌های 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 یافته‌های این تحقیق، میزان کربن لاشبرگ و خاک به‌ترتیب از بیشترین به کمترین مقدار به گونه‌های درختی انجیلی، اوجا، سفیدپلت و توسکا قشلاقی اختصاص داشته و میزان ذخیره کربن نیز از همین روند تبعیت می‌کند (شکل ۱)، در حالی‌که معدنی‌شدن کربن روند مشخصی در این خصوص دنبال نکرده و بیشترین میزان معدنی شدن کربن به گونه توسکا اختصاص داشته است. به‌طور مشابه، کوچ (۱۳۹۱) نیز در پژوهش خود اذعان داشته که میزان ذخیره‌سازی و معدنی شدن کربن خاک ارتباط معنی‌داری با یکدیگر نداشته و میزان معدنی شدن کربن به مشخصه‌های کیفی لاشبرگ و شیمی خاک مرتبط است (۱۴). بررسی روابط همبستگی ذخیره‌سازی و معدنی شدن نیتروژن حاکی از آن است که ذخیره بیشتر نیتروژن می‌تواند میزان معدنی‌شدن آن را تا حدودی افزایش دهد. مطابق نتایج حاصل این پژوهش، نیتروژن لاشبرگ و خاک از بیشترین به کمترین مقدار به گونه‌های درختی توسکا قشلاقی، سفیدپلت، اوجا و انجیلی اختصاص داشته و در همین راستا میزان ذخیره‌سازی و همچنین معدنی شدن نیتروژن به همین گونه‌ها تعلق داشته است. در پژوهش علی عرب و همکاران نیز به ارتباط مؤثر و معنی‌دار میزان ذخیره‌سازی و معدنی شدن نیتروژن خاک تحت گونه‌های درختی مختلف اشاره شده است (۱۱).

## نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف مطالعه اثر گونه‌های پهن‌برگ خزان کننده بومی جنگل‌های خزری (توسکا قشلاقی، اوجا، سفیدپلت و انجیلی) و موقعیت تاج آنها بر ذخیره‌سازی 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 مشخصه‌های شیمی خاک بخش تحتانی گونه‌های درختی قرار داشته و موقعیت تاج درخت اثر معنی‌داری بر فرایند معدنی شدن کربن و نیتروژن خاک نداشته است. نتایج این مطالعه می‌تواند در جهت اولویت‌بندی و تعیین نوع ترکیب گونه‌های درختی جهت احیای مناطق تخریب یافته در بخش پایین‌بند و جلگه‌ای شمال کشور به‌منظور مدیریت مناسب به‌کار گرفته شود.


www.SID.ir

Archive of SID

## منابع مورد استفاده


۱. آزادی‌ریمله، م.، س. م. حجتی، ح. جلیل‌وند و ح. نقوی. ۱۳۹۲. بررسی توده‌های دست‌کاشت سوزنی و پهن‌برگ پارک مخمل‌کوه خرم‌آباد از نظر ترسیب کربن خاک و تنوع زیستی زیرآشکوب. *فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران* ۲۱(۴): ۷۰۲ – ۷۱۵.

۲. بخشی‌پور، ر.، ح. رمضانپور و ا. لشکربلوکی. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر جنگل‌کاری‌های کاج تدا و صنوبر بر برخی خصوصیات خاک‌های جنگلی (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ 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 دی‌اکسید کربن از خاک در تیپ‌های جنگلی پهن‌برگ. چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران- بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، دانشگاه ولی عصر رفسنجان. رفسنجان. ۱۸-۱۲.

۴. بی‌نام، ۱۳۹۱. طرح حفاظت جنگل جلگه‌ای، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۵. جعفری‌حقیقی، م. ۱۳۸۲. *روش‌های تجزیه خاک (نمونه‌برداری و تجزیه‌های مهم فیزیکی و شیمیایی)*. انتشارات ندای ضحی، تهران.

۶. جمشیدنیا، ز.، ک. ابراری‌واجاری و ا. سهرابی. ۱۳۹۲. مقایسه مقدار ترسیب کربن خاک در توده‌های جنگل‌کاری زاگرس میانی (مطالعه موردی: جنگل‌کاری ریمله- لرستان). *اکوسیستم‌های طبیعی ایران* ۴(۲): ۴۱ – ۳۳.

۷. حبیبی‌کاسب، ح. ۱۳۷۰. *مبانی خاکشناسی جنگل*. انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

۸. دهنوی، س.، س. ح. متین‌خواه و ف. نوربخش. ۱۳۹۲. بررسی نقش داغداغان به‌عنوان درخت تثبیت‌کننده نیتروژن بر خصوصیات خاک زیراشکوب در ذخیره‌گاه جنگلی اردسته دهاقان- اصفهان. *فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران* ۲۱(۴): ۶۵۳ – ۶۴۳.

۹. رستم‌آبادی، ع.، م. طبری، ح. جلیلوند، ع. صالحی و ا. صیاد. ۱۳۹۳. اثرات جنگل‌کاری توسکای ییلاقی بر عناصر غذایی و تنوع زیستی گیاهی رویشگاه طبیعی انجیلی- ممرز. *مجله تحقیقات منابع‌طبیعی تجدیدشونده* ۵(۱): ۲۸ – ۱۵.

۱۰. صالحی، م.، ق. زاهدی‌امیری، م. ر. مروی‌مهاجر و و. اعتماد. ۱۳۹۰. بررسی چرخه عناصر غذایی در برگ و خاک گونه‌های بومی ایران (انجیلی و شمشاد) (مطالعه موردی: بخش پاتم جنگل خیرود نوشهر). *تحقیقات علوم و مهندسی جنگل* ۱(۱): ۴۹ – ۴۳.

۱۱. علی‌عرب، ع. ۱۳۸۴. اثر گونه‌های افراپلت، اقاقیا، صنوبر آمریکایی و زربین بر برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک در جنگل‌کاری شرق هراز. *مجله علوم آب و خاک* ۱۹(۱): ۱۱۲ – ۱۰۴.

۱۲. غازان‌شاهی، ج. ۱۳۸۵. *آنالیز خاک و گیاه*، انتشارات هما، تهران.

۱۳. کوچ، ی. و س. م. حسینی. ۱۳۹۴. *اکولوژی خاک‌های جنگلی (مفاهیم و الگوریتم‌ها)*. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد مازندران، مازندارن.

۱۴. کوچ، ی. ۱۳۹۱. تغییرپذیری ویژگی‌های خاک در ارتباط با پیت و ماند، حفره تاج پوشش و تک درختان در یک جنگل آمیخته راش هیرکانی، پایان‌نامه دکتری علوم جنگل، دانشگاه تربیت مدرس. تهران.

۱۵. کوچ، ی. ۱۳۹۴. *بکارگیری روش آماری تحلیل علیت جهت تفسیر شاخص‌های زیستی خاک*. *نشریه آب و خاک* ۲۹ (۶):۱۵۵۲– ۱۵۴۲.



www.SID.ir

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. Coûteaux. 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. Zytkowiak, 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.


www.SID.ir

Archive of SID

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 populous 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


www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)
Vol. 22, No. 2, Summer 2018, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

# 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. Tarighat[1] and Y. Kooch[2*]**

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

## Abstract

The effect of broad-leaved forest trees (*Alnus glotinusa, Ulmus glabra, Popolus caspica* and *Parrotia persica*) and their canopy position on soil C and N storage and mineraization 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) / $CO_2$ 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 spcies, whereas N storage presented significantly greater amounts, under *Alnus glotinusa* (0.79 ton/ha) rather than *Ulmus glabra, Popolus 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 glotinusa* 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



www.SID.ir