Archive of SID

تغییرپذیری ویژگی‌های کیفی خاک در دو توده جنگل‌کاری بلندمازو (*Quercus castaneifolia*) و کاج رادیاتا (*Pinus radiate*)

اعظم السّادات نورایی، حمید جلیلوند[1]، سید محمد حجتی و سید جلیل علوی

دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران؛ Noraiy.azam@yahoo.com

استاد گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران؛ hj_458_hj@yahoo.com

دانشیار گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران؛ s_m_hojjati@yahoo.com

دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران؛ j.alavi@modares.ac.ir

دریافت: 99/6/22 و پذیرش: 99/12/23

چکیده

ویژگی‌های کیفی خاک‌های جنگلی می‌تواند تحت تأثیر فعل و انفعالات پیچیده آب و هوایی، نوع خاک (سنگ بستر)، نحوه مدیریت و نوع گونه درختی دچار تغییر شود. هدف از این مطالعه بررسی تغییرپذیری ویژگی‌های کیفی خاک در دو توده جنگل‌کاری بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey) و کاج رادیاتا (*Pinus radiate* D. Don) در جنگل‌های چوب و کاغذ استان مازندران بود. به‌منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در چهار فصل (پاییز، زمستان، بهار و تابستان) در مجموع 36 نمونه در هر توده انتخاب و مورد تجزیه قرار گرفت. ویژگی‌های فیزیکی (رس، سیلت، شن، رطوبت، چگالی ظاهری و آهک)، ویژگی‌های شیمیایی (pH، EC، نیتروژن، فسفر، کربن خاک، پتاسیم و نسبت کربن به نیتروژن) و ویژگی‌های زیستی خاک (تنفس خاک، زی‌توده میکروبی کربن، زی‌توده ریزریشه، ضریب سوخت‌وساز و فعالیت آنزیم اوره‌آز) اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که غلظت نیتروژن، فسفر و فعالیت آنزیم اوره‌آز در توده بلندمازو به‌طور معنی‌داری بیشتر از کاج رایاتا بود ($p<0/01$)؛ ولی میزان پتاسیم در توده کاج رادیاتا بیشتر بود ($p<0/01$). نتایج مقایسه میانگین‌ها در ارتباط با تنفس خاک نشان داد که در تمام فصول میزان تنفس خاک در توده کاج رادیاتا بیشتر از بلندمازو است ولی این اختلاف تنها در تابستان از لحاظ آماری معنی‌داری بود ($p<0/01$). ویژگی‌هایی مانند کربن خاک، زی‌توده میکروبی کربن و ریزریشه، نسبت کربن به نیتروژن و ضریب سوخت‌وساز در تمام فصول در توده کاج رادیاتا به‌طور معنی‌داری بیشتر از توده بلندمازو بود ($p<0/01$). نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در بخش ویژگی‌های نیتروژن خاک، توده بلندمازو، ولی در رابطه با ویژگی‌های کربن خاک توده کاج رادیاتا مقادیر بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند. در مجموع نتیجه کاربردی این تحقیق نشان داد که برای احیای خاک‌های فقیرعرصه‌های جنگلی تخریب‌یافته ، کاشت گونه‌های درختی با توانایی بالای تقویت خاک، مورد نیاز است. بنابراین، به‌منظور بهبود خاک در عرصه‌های آسیب دیده، کاشت گونه بلندمازو در جنگل‌های شمال ایران مرجح به‌نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: چرخه کربن، زی‌توده میکروبی، آنزیم اوره‌آز، تنفس خاک، جنگل‌کاری

[1] نویسنده مسئول، آدرس: استان مازندران، شهرستان ساری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، صندوق پستی: 587

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

کیفیت خاک به‌منظور حفظ بهره‌وری گیاهان و حیوانات، حفظ و ارتقاء کیفیت آب و هوا و حمایت از سلامت انسان و زیستگاه‌ها از اهمیّت زیادی برخوردار است (کارلن و همکاران، 1997). معیارهای ارزیابی کیفیت خاک باید دارای پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی باشند، زیرا این مشخصه‌ها نسبت به هر گونه تغییر در شرایط خاک حساس هستند (دوران، 2002). دوران و پارکین (1996) مجموعه‌ای از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی را به‌منظور بررسی کیفیت خاک پیشنهاد دادند. شاخص‌های زیستی مانند زی‌توده میکروبی، تنفس خاک و ضریب سوخت‌وساز (qCO_2) به‌دلیل حساسیت نسبت به تغییرات محیطی و فعالیت-های انسانی، سهولت در اندازه‌گیری و تکرارپذیری پیشنهاد شده‌اند (بلوم و همکاران، 2006؛ کوتسچ و همکاران، 2009).

مشخصه‌های کیفی خاک‌های جنگلی می‌توانند تحت تأثیر فعل و انفعالات پیچیده آب و هوایی، نوع خاک (سنگ بستر)، نحوه مدیریت و نوع گونه درختی دچار تغییر شوند (لال، 2005). در این ارتباط نتایج مطالعات مختلف در داخل و خارج از کشور نشان دادند که جنگل-کاری با گونه‌های درختی مختلف می‌تواند مشخصه‌های فیزیکی، زیستی و شیمیایی خاک را تحت تأثیر قرار داده و از این‌رو بر کیفیت خاک اثرگذار باشند (کوچ و بیرانوند، 1396؛ حق وردی و همکاران، 1397؛ ژیونگ و همکاران، 2008). ترکیبات شیمیایی لاشبرگ گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ در فصول سال، ترکیب لایه آلی خاک را تغییر داده و بر مشخصه‌های کیفی خاک تأثیر متفاوت دارند (کوچ و همکاران، 2016).

گونه‌های درختی ممکن است از طریق مشخصه‌های مختلفی در خاک از جمله: تقسیم ترشحات گیاهی بین بافت‌های روزمینی و زیرزمینی (کوئواس، 1991)، عمق ریشه‌دوانی (کاروالهیرو و نپستاد و همکاران، 1996)، مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی بافت‌ها و لاشبرگ‌ها (گارسیا-بنگوتکسا، 2016)، تأثیر بر ریزاقلیم (مونتاگینی و همکاران، 1993)، ظرفیت توزیع مجدد مواد مغذی (آلبان، 1982؛ ماکسول و همکاران، 2020)، تثبیت و معدنی‌شدن نیتروژن (اوول، 2006؛ کوچ و همکاران؛ 2020) و جمعیت موجودات خاکزی (وارن و زوو، 2002؛ هوبی و همکاران، 2006؛ فو و همکاران، 2020) بر کیفیت خاک اثرگذار باشد. ازاین‌رو، شناخت مشخصه‌های گونه‌های درختی و تأثیر آن بر خاک می‌تواند در اجرای برنامه‌های کاربردی نظیر احیاء و مدیریت مناطق تخریب شده، مدیریت گونه‌های بومی و غیربومی، انتخاب گونه‌های مناسب جهت اجرای پروژه‌های جهانی ترسیب کربن و گرمایش جهانی و بهبود مدل‌های زیست‌زمین‌شیمیایی مؤثر باشند (راسل، 2007).

از آنجا که طی دهه‌های اخیر سالیانه 100 هزار هکتار از جنگل‌های شمال کشور دچار تخریب شدند و سطح جنگل‌ها از هیجده میلیون هکتار به دوازده میلیون هکتار رسیده است، ضرورت جنگل‌کاری به‌منظور احیاء و توسعه این مناطق از اولویت زیادی برخوردار است (احمدی ملکوت و همکاران، 1390) و در نتیجه شناخت ویژگی‌های گونه‌های بومی و غیربومی و تأثیر آنها بر مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی از اهمیّت بالایی برخوردار است. هدف از این مطالعه تعیین تغییرپذیری مشخصه‌های کیفی خاک در دو گونه جنگل‌کاری شده بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey) و گونه سوزنی‌برگ وارداتی کاج رادیاتا (*Pinus radiate* D. Don) در جنگل‌های چوب و کاغذ مازندران ساری بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

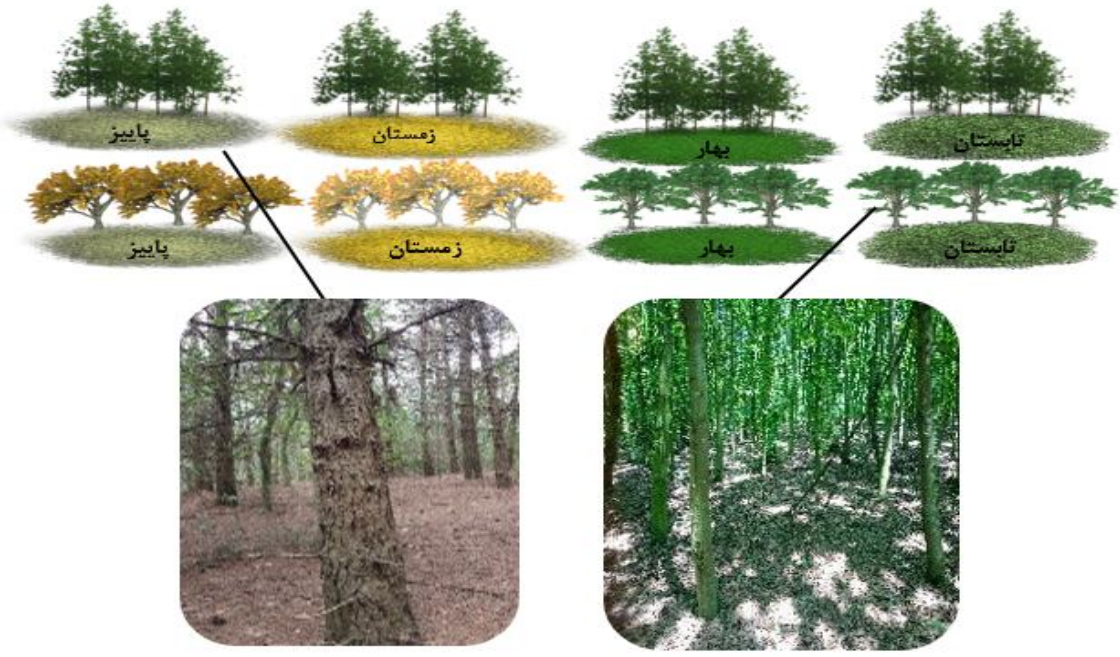
این پژوهش در دو توده جنگل‌کاری دست‌کاشت گونه بلندمازو که به‌طور طبیعی در جنگل‌های هیرکانی می‌روید و گونه سوزنی‌برگ وارداتی کاج رادیاتا انجام شد. توده دست‌کاشت یا جنگل‌کاری کاج رادیاتا در سری مه‌دشت و توده بلندمازو در سری افراتخت جنگل‌های چوب و کاغذ مازندران در شهرستان ساری قرار دارد (شکل 1). سری مه‌دشت که در فاصله حدود هفت کیلومتری شمال غربی مرکز اداری و مجتمع صنعتی شرکت چوب و کاغذ مازندران و حدود شش کیلومتری جنوب غربی شهرستان ساری واقع شده و سری افراتخت در فاصله حدود پانزده کیلومتری شمال غربی مرکز اداری و مجتمع صنعتی شرکت چوب و کاغذ مازندران و حدود شش کیلومتری جنوب غربی شهرستان ساری واقع است. توده کاج رادیاتا به‌صورت خالص و دست‌کاشت و در محدوده (ً 20، ´29، °36 تا ً 38، ´29، °36) عرض شمالی و (ً20، ´04، ° 53 تا ً10،04، ° 53) طول شرقی و توده بلندمازو نیز به‌صورت خالص و دست‌کاشت و در محدوده (ً40، ´29، °36 تا ً20، ´29، °36) عرض شمالی و (ً14، ´1، °53 تا ً40، ´0، °53) طول شرقی واقع شده است.

توده کاج رایاتا دارای مساحت سه هکتار و توده بلندمازو دارای مساحت پنج هکتار است، در سری مه-دشت ایستگاه هواشناسی سینوپتیک با سابقه چند ساله وجود دارد که در این بررسی از آمار و اطلاعات 29 ساله

www.SID.ir

Archive of SID

آن استفاده شد. میانگین بارش سالیانه در این ایستگاه 947/4 میلی‌متر است. در هر دو توده متوسط دما در گرمترین ماه سال (مرداد ماه) 31/6، متوسط دما در سردترین ماه سال (دی ماه) 2/7 و متوسط دمای سالیانه 16/9 درجه سانتی‌گراد است؛ ضمن این‌که کمینه و بیشینه دمای مطلق که به‌ترتیب به ماه‌های دی و خرداد تعلق دارد 9- و 44 درجه سانتی‌گراد است. میانگین سنی دو توده 30 سال و دارای فاصله کاشت تقریبی 3×3 متر بوده و در ارتفاع 400 متری از سطح دریا با شیب پنج درصد استقرار دارند و عملیات پرورشی در این دو توده انجام نشده است. در هر دو توده اشکوب علفی بین پنج تا بیست و پنج درصد در نوسان بوده و توده کاج رادیاتا دارای ارتفاع 25 متر و قطر برابر سینه 40 سانتی‌متر و تاج پوشش 75 درصد است و توده بلندمازو دارای میانگین ارتفاع 20 متر و قطر برابر سینه 30 سانتی‌متر و تاج پوشش 80 درصد است (بی‌نام، 1390).



شکل 1- تصویری شماتیک از منطقه مورد مطالعه و زمان‌های انجام تحقیق

بررسی مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

به‌منظور بررسی مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، در هر دو توده نه نمونه خاک به‌طور تصادفی انتخاب شد (حق‌وردی و همکاران، 1397). نمونه‌های مشخصه‌های فیزیکی در یک فصل (پاییز) و مشخصه‌های شیمیایی و زیستی در چهار فصل (پاییز، زمستان، بهار و تابستان) (در مجموع 36 نمونه در هر توده) به‌وسیله استوانه فلزی (به قطر هشت و ارتفاع ده سانتی‌متر) برداشت شدند. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه مشخصه‌های فیزیکی خاک مانند: درصد رطوبت به روش توزین و خشک کردن، چگالی ظاهری به روش کلوخه، بافت خاک به روش هیدرومتری، آهک معادل مواد خنثی‌شونده به روش تیتراسیون و مشخصه‌های شیمیایی: اسیدیته خاک به روش پتانسیومتری با استفاده از دستگاه pH متر، هدایت الکتریکی پس از عصاره‌گیری با استفاده از دستگاه مخصوص هدایت الکتریکی (EC متر)، نیتروژن کل با روش کجلدال (دستگاه کجلتک)، فسفر به روش اولسن (دستگاه اسپکتروفتومتر)، پتاسیم با استفاده از روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم (دستگاه فلیم‌فتومتر) و کربن به روش کوره (احتراق) اندازه‌گیری شد (جعفریان حقیقی، 2003).

اندازه‌گیری تنفس خاک

برای اندازه‌گیری تنفس خاک در شهریور 96 در هر دو توده، تعداد نه عدد لوله پلاستیکی (PVC) به قطر ده و ارتفاع بیست سانتی‌متر تا عمق ده سانتی‌متری خاک نصب شد. تنفس خاک هر ماه (از شهریور 96 تا شهریور 97) با استفاده از دستگاه CO_2 port (ساخت آلمان) اندازه‌گیری شد و میانگین تنفس در هر فصل مورد بررسی قرار گرفت. برای افزایش دقت جلوگیری از اثر بارندگی، تنفس خاک 48 تا 72 ساعت پس از رخداد بارندگی

www.SID.ir

Archive of SID

اندازه‌گیری شد. تمام اندازه‌گیری‌ها در فاصله زمانی هشت تا یازده صبح انجام شد (حجتی و همکاران، 2009).

عدد قرائت شده توسط دستگاه مزبور ($ppm/min/cm^2$): میلی گرم CO_2 بر کیلوگرم خاک در دقیقه در سطح لوله مورد استفاده (عدد 785 (cm^2) مساحت سطح مقطع لوله)

فرمول 1: ((عدد تنفس×60×100000)/ مساحت سطح مقطع لوله)/10000= $ppm/h/m^2$ (میلی گرم Co_2 بر کیلوگرم خاک در ساعت در مترمربع)

فرمول 2: (عدد محاسبه شده در بالا×12000))/44000= $mol\ C/h/m^2$ (مول Co_2-C در ساعت در مترمربع)

زی‌توده میکروبی کربن خاک

به‌منظور اندازه‌گیری زی‌توده میکروبی کربن نه نمونه خاک در هر توده و در هر فصل به روش تدخین-استخراج، ابتدا خاک مرطوب با کلروفرم به‌مدت 24 ساعت در درون دسیکاتور تدخین شد. سپس خاک تدخین شده، با محلول عصاره‌گیر سولفات پتاسیم نیم مولار (20 میلی‌لیتر) به‌مدت 30 دقیقه لرزش و عصاره-گیری شد. همین‌کار با خاک شاهد (تدخین نشده) هم انجام شد. مقدار چهار میلی‌لیتر از عصاره استخراج شده برداشته و به‌درون لوله‌های هضم انتقال داده شد. سپس مقدار دو میلی‌لیتر پتاسیم دی‌کرومات و پنج میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ به‌این محلول اضافه شد. پس از آن سه قطره (0/3 میلی‌لیتر) از محلول شناساگر که 40 میلی‌لیتر آب مقطر و یک گرم دی‌فنیل‌آمین را مخلوط نموده و به آرامی 200 میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ به آن اضافه شد و در نهایت با استفاده از فروآمونیوم سولفات، تیتراسیون نمونه‌ها صورت گرفت. با توجه به تفاوت کربن آلی استخراج شده از خاک مقدار کربن زی‌توده میکروبی کربن بر مبنای میلی‌گرم بر کیلوگرم محاسبه شد (علی اصغرزاد، 1390).

فعالیت آنزیم اوره‌آز

به‌منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم اوره‌آز در خاک (نه نمونه خاک در هر توده و در هر فصل در مجموع 36 نمونه در هر توده)، پس از نمونه‌برداری خاک در یخدان به آزمایشگاه منتقل و سپس از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. نمونه‌های الک شده در فریزر و در دمای 20-درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند؛ به‌طوری‌که تا زمان انجام آزمایش‌ها فعالیت آنزیم‌ها در سطح مورد نظر حفظ شود. فعالیت آنزیم اوره‌آز با استفاده از واکنش آنزیم- سوبسترا و محصول به‌دست آمده از این واکنش به‌وسیله اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (اولینگر و همکاران، 1996). در این روش برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم اوره‌آز از پنج گرم خاک مرطوب استفاده شد. نمونه‌ها به‌مدت دو ساعت در انکوباتور و در دمای 37 درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. طول موج مورد استفاده در دستگاه اسپکتروفتومتر برای اندازه‌گیری آنزیم اوره‌آز 690 نانومتر بود.

اندازه‌گیری زی‌توده ریزریشه

در این پژوهش به‌منظور اندازه‌گیری زی‌توده ریزریشه (قطر کمتر از دو میلی متر)، نمونه‌برداری از خاک با استفاده از استوانه فلزی (قطر هشت و ارتفاع ده سانتی‌متر) پس از کنار زدن لایه آلی، از عمق 10-0 سانتی‌متر خاک به روش کاملاً تصادفی و در هر یک از توده‌های مورد مطالعه انجام شد. پس از برداشت از نمونه‌های خاک و انتقال به آزمایشگاه، ریزریشه‌ها از نمونه‌ها جداسازی و با استفاده از الک دو میلی‌متری عبور داده شده و شستشو شدند. سپس این نمونه‌ها در آون و در دمای 75 درجه سانتی‌گراد و به‌مدت 24 ساعت خشک شدند. در نهایت پس از توزین نمونه‌های خشک شده، مقدار زی‌توده آنها در متر مربع محاسبه شد (اسدیان و همکاران، 1393).

تجزیه آماری

به‌منظور انجام کلیه تجزیه‌های آماری در این مطالعه از نرم افزار SPSS v.22 استفاده شد. به‌منظور آزمون نرمال بودن داده‌ها در ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو ویلک و همگنی واریانس‌ها با آزمون لون بررسی شد. جهت تجزیه ترکیبی تفاوت بین گونه و فصول از تجزیه واریانس استفاده شد. مقایسه بین دوگونه از آزمون t مستقل و برای مقایسه اثرات متقابل فصل و گونه از تجزیه واریانس دو طرفه (GLM) و مقایسه گروهی چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. به‌منظور تعیین ارتباط بین دو توده و عوامل مختلف اندازه‌گیری شده خاک از برش دهی (Slice) اثرات متقابل با استفاده از نرم افزار SAS v.9.4 و تعیین تمایز بین دو گونه از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد.

نتایج

در این مطالعه مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در دو توده جنگل‌کاری کاج رادیاتا و بلندمازو مورد بررسی قرار گرفت. بر طبق نتایج به‌دست آمده در توده کاج رادیاتا، درصد شن، رس و سیلت به ترتیب 34/13، 26/39، 39/46 بود و این متغیرها در توده بلندمازو به‌ترتیب 45/47، 13/26، 37/26 بود که درصد شن و رس بین دو توده اختلاف معنی‌دار نشان داد ($p<0/01$)؛ ولی در رابطه با درصد سیلت این اختلاف معنی‌دار نبود. رطوبت خاک در توده کاج رادیاتا 85/ 18 و

www.SID.ir

Archive of SID

در توده بلندمازو 51/ 29 درصد بود که اختلاف آنها معنی‌دار بود (p<0/01). چگالی ظاهری در توده کاج رادیانا 1/6 گرم در سانتی‌متر مکعب و در توده بلندمازو 1/35 گرم در سانتی‌متر مکعب خاک بود (p<0/01)، میزان آهک خاک در دو توده به ترتیب 2/82 درصد و 2/85 درصد بود و تفاوتی در سطح پنج درصد دیده نشد. اسدیته (pH) و هدایت الکتریکی (EC) در توده کاج رادیاتا به ترتیب 6/6 و 0/4 دسی زیمنس در متر و در توده بلندمازو به‌ترتیب 6/1 و 0/49 دسی زیمنس در متر برآورد شد (جدول 1).

جدول 1- میانگین مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاک (± اشتباه‌معیار) دو توده جنگل‌کاری کاج رادیاتا و بلندمازو

مشخصه‌های خاک	بلندمازو	کاج‌رادیاتا	آماره t	Sig
شن (درصد)	45/1±47/56	34/2±13/26	5/563**	0/000
رس (درصد)	13/1±26/11	26/1±39/28	7/712**	0/000
سیلت (درصد)	37/0±26/98	39/1±46/69	1/123ns	0/273
رطوبت (درصد)	29/1±50/27	18/0±58/40	8/164	0/000
آهک (درصد)	2/0±85/07	2/0±82/06	1/154ns	0/185
چگالی ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	1/0±35/06	1/0±61/05	3/197**	0/000
pH	6/0±6/1	6/0±1/1	5/313**	0/000
EC (دسی زیمنس بر متر)	0/0±49/01	0/0±4/01	1/917ns	0/053

**، معنی‌دار در سطح یک درصد؛ ns، نبود اختلاف معنی‌دار

نتایج حاصل از تجزیه واریانس عناصر خاک نشان داد که غلظت نیتروژن، فسفر و فعالیت آنزیم اوره‌آز در دو توده بلندمازو و کاج رادیاتا در فصول مختلف و اثرات متقابل آنها دارای اختلاف معنی‌دار (p<0/01) بود. در ارتباط با مشخصه‌های مرتبط با کربن، تنفس خاک، کربن خاک، زی‌توده میکروبی کربن، زی‌توده ریزریشه، ضریب سوخت‌وساز و نسبت کربن به نیتروژن در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کلیه مشخصه‌های کربن در دو توده بلندمازو و کاج رادیاتا و اثرات متقابل آنها دارای اختلاف معنی‌دار (p<0/01) بود (جدول 2).

جدول 2- تجزیه واریانس مشخصه‌های کیفی خاک دو توده بلندمازو و کاج رادیاتا در فصول مختلف (پاییز 96 تا پاییز 97)

عناصر	منبع تغییرات	آماره F	عناصر	منبع تغییرات	آماره F
	گونه	**118/439****		گونه	**166/667****
نیتروژن کل	فصل	60/304**	نسبت کربن به نیتروژن	فصل	38/128**
	گونه×فصل	33/936**		گونه×فصل	27/367**
	گونه	742/595**		گونه	17/616**
پتایسم	فصل	91/153**	تنفس خاک	فصل	259/705**
	گونه×فصل	38/218**		گونه×فصل	1/618ns
	گونه	799/704**		گونه	73/137**
فسفر	فصل	195/853**	زی‌توده ریزریشه	فصل	65/139**
	گونه×فصل	59/442**		گونه×فصل	27/199**
	گونه	14/256**		گونه	247/505**
آنزیم اوره‌آز	فصل	59/569**	زی‌توده میکروبی کربن	فصل	61/619**
	گونه×فصل	0/443ns		گونه×فصل	14/960**
	گونه	74/340**		گونه	73/173**
کربن	فصل	15/295**	ضریب سوخت‌وساز	فصل	65/139**
	گونه×فصل	25/170**		گونه×فصل	27/199**

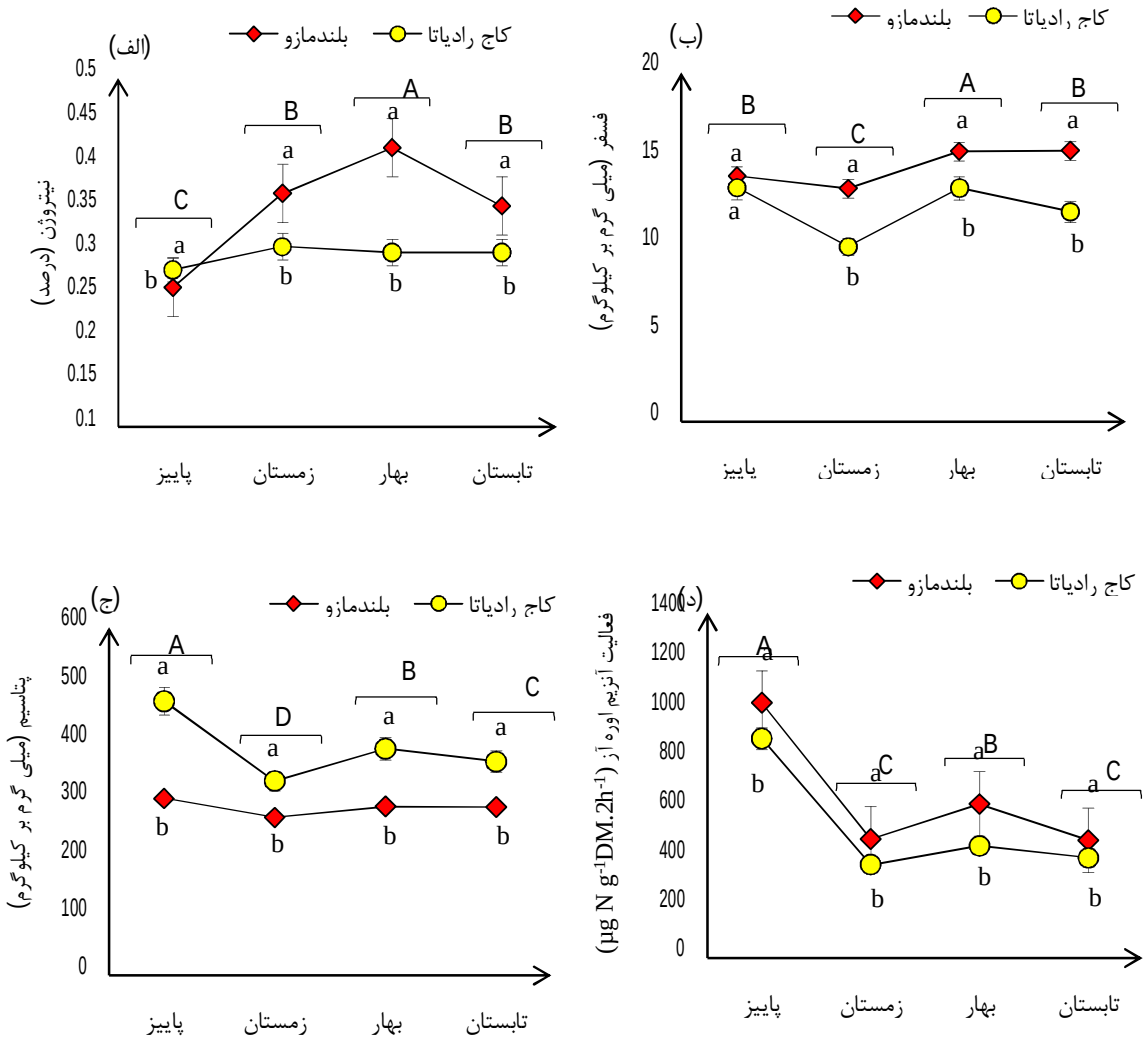
**، معنی‌دار در سطح یک درصد؛ ns، نبود اختلاف معنی‌داری

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج مقایسه میانگین‌ها معلوم کرد که غلظت نیتروژن، فسفر و فعالیت آنزیم اوره‌آز در توده بلندمازو به‌طور معنی‌داری بیشتر از کاج‌رایاتا ولی مقدار پتاسیم در توده کاج‌رادیاتا بیشتر بود ($p<0/01$). میزان نیتروژن و فسفر در دو توده در بهار و تابستان به‌طور معنی‌داری ($p<0/01$) بیشتر و در زمستان کمترین میزان را به خود اختصاص داد؛ امّا در ارتباط با پتاسیم و فعالیت آنزیم اوره‌آز در بهار و پاییز بیشتر بود (شکل 2). نتایج مقایسه میانگین‌ها در ارتباط با تنفس خاک نشان داد که در تمام فصول میزان تنفس خاک در توده کاج رادیاتا بیشتر از بلندمازو است؛ ولی این اختلاف تنها در تابستان معنی‌دار بود ($p<0/01$).

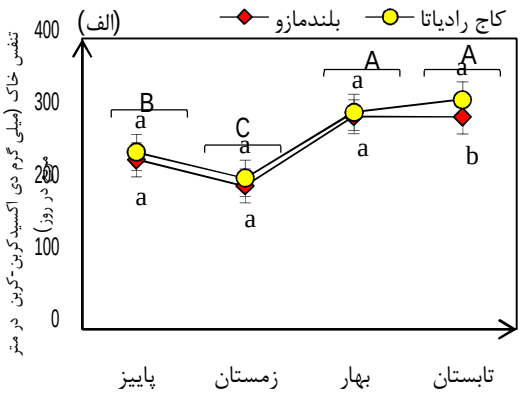
مشخصه‌هایی مانند زی‌توده میکروبی، نسبت کربن به نیتروژن، کربن خاک، زی‌توده میکروبی کربن، زی‌توده ریزریشه و ضریب سوخت‌وساز نیز در تمام فصول در توده کاج رادیاتا به‌طور معنی‌داری بیشتر از بلندمازو بود ($p<0/01$). در مقایسه میانگین‌ها بین فصول مختلف سال، بیشترین میزان تنفس خاک، ضریب سوخت‌وساز و زی-توده ریزریشه مربوط به تابستان و بهار و کمترین مقدار مربوط به زمستان بود ($p<0/01$). بیشترین میزان کربن خاک و نسبت کربن به نیتروژن مربوط به بهار و پاییز بود که از دیگر فصول بیشتر بود. زی‌توده ریز ریشه نیز در پاییز و تابستان بیشتر از دیگر فصول بود ($p<0/01$) (جدول 2؛ شکل 3).

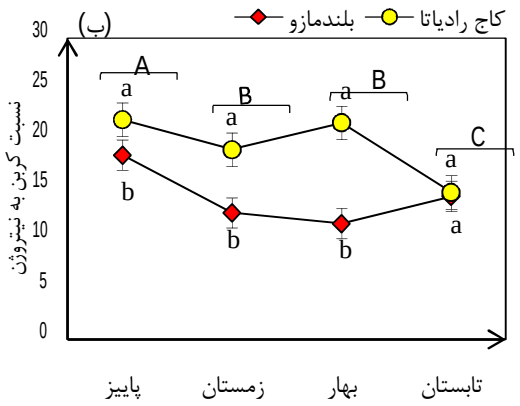


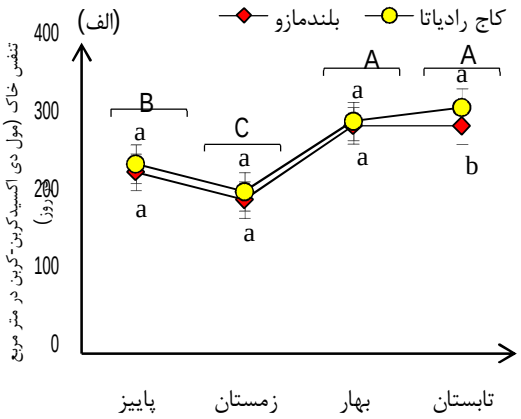
شکل 2- میانگین (± اشتباه معیار) غلظت عناصر شیمیایی و زیستی خاک: نیتروژن (الف)، فسفر (ب)، پتاسیم (ج) و آنزیم اوره‌آز (د) در توده‌های کاج رادیاتا و بلندمازو در فصول مختلف (پاییز 96 تا پاییز 97) (حروف کوچک نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین دو گونه و حروف بزرگ نشان دهنده اختلاف معنی‌دار میان فصول مختلف است (سطح احتمال معنی‌داری پنج درصد))

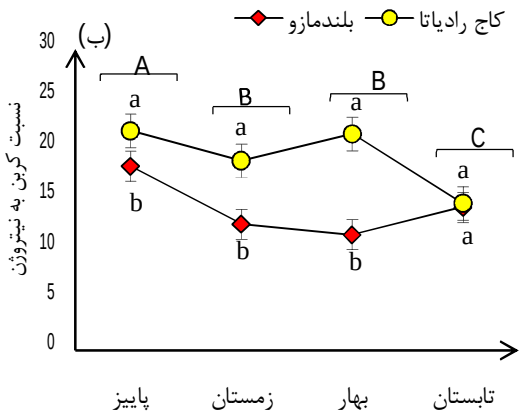
www.SID.ir

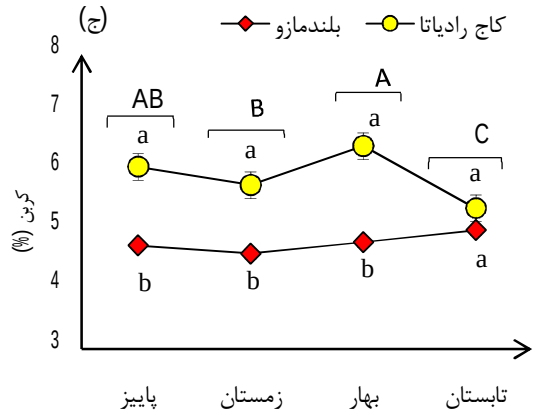
Archive of SID

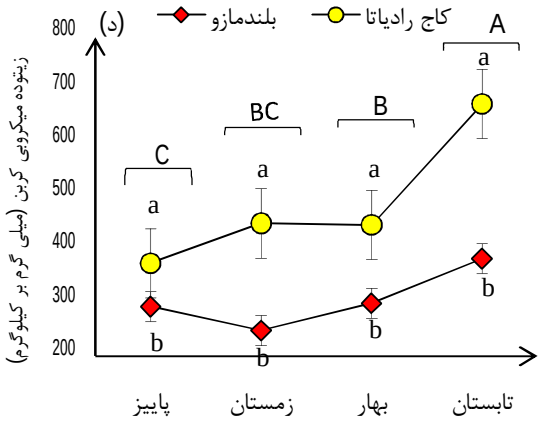






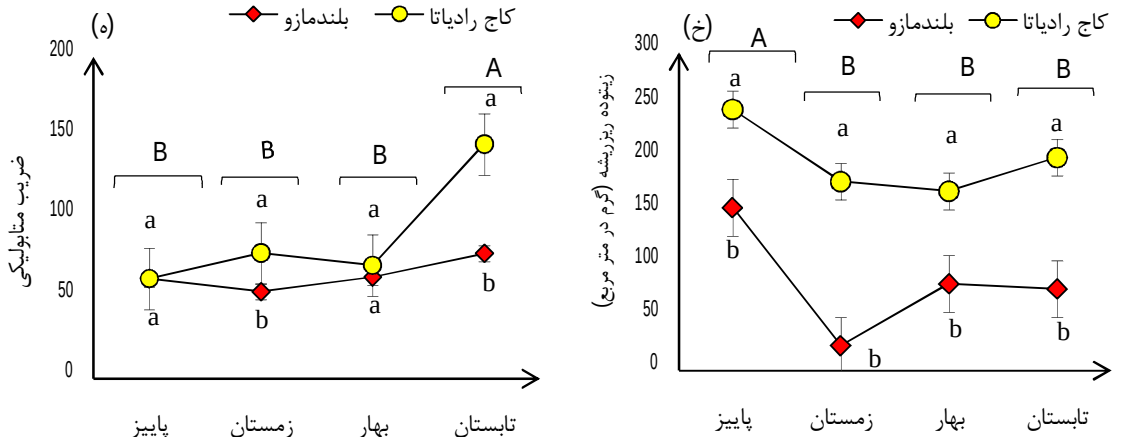






www.SID.ir

Archive of SID



شکل 3- مشخصه‌های چرخه کربن شامل: تنفس خاک (الف)، نسبت کربن به نیتروژن (ب)، کربن (ج) زی‌توده میکروبی کربن (د) ضریب سوخت‌وساز (ه) و زی‌توده ریزریشه (خ) در توده‌های کاج رادیاتا و بلندمازو در فصول مختلف (پاییز 96 تا پاییز 97) (حروف کوچک تفاوت بین دو گونه و حروف بزرگ تفاوت فصول را در سطح احتمال معنی‌داری پنج درصد نشان می‌دهند.

در این مطالعه پس از معنی‌دار شدن اثر متقابل، کلیه مشخصه‌های خاک به‌روش برش دهی (Slice) مورد بررسی آماری قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان نیتروژن خاک در توده بلندمازو در بهار به‌دست آمده است. میزان پتاسیم در بهار و پاییز در توده کاج به‌طور معنی‌داری بیشتر بوده است. غلظت فسفر در بهار و پاییز در توده بلوط بلندمازو بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است و میزان فعالیت آنزیم اوره‌آز نیز در پاییز و بهار در این توده بیشترین مقدار بوده است. کربن خاک در پاییز و بهار در توده کاج بیشترین میزان و بیشینه نسبت کربن به نیتروژن نیز در بهار و پاییز و در توده کاج به‌دست آمد. بیشترین میزان زی‌توده میکروبی کربن، زی-توده ریزریشه و ضریب سوخت‌وساز نیز در تابستان و در توده کاج به‌دست آمد (جدول 3).

جدول 3- برش دهی اثرات متقابل مشخصه‌های خاک در دو توده بلندمازو و کاج رادیاتا در فصول مختلف (پاییز 96 تا پاییز 97)

مشخصه های خاک	Fal P	Fal O	Win P	Win O	Spr P	Spr O	Sum P	Sum O
نیتروژن کل	0/28 ^{d}	0/26 ^{f}	0/3 ^{c}	0/36^{b}	0/3 ^{c}	0/42 ^{a}	0/3 ^{c}	0/35 ^{b}
پتاسیم	423 ^{a}	305 ^{e}	334 ^{d}	272 ^{f}	390 ^{b}	291^{e}	368 ^{c}	291^{e}
فسفر	13/4^{c}	14/3^{b}	10/0 ^{f}	13/3^{c}	13/3^{c}	15/4 ^{a}	12/0 ^{d}	15/5 ^{a}
آنزیم اوره‌آز	889/4^{b}	1033^{a}	378/8^{d}	482/5^{d}	455/0^{d}	624/5^{c}	405/6^{d}	477/3^{d}
کربن	6/1^{ab}	4/7^{cd}	5/7^{b}	4/6^{cd}	6/4^{a}	4/8^{c}	4/4^{d}	5/01^{c}
نسبت کربن به نیتروژن	21/9^{a}	18/3^{b}	18/8^{b}	12/6^{d}	21/5^{a}	11/6^{d}	14/6^{c}	14/2^{c}
زی‌توده ریزریشه	245/8^{a}	153/5^{c}	177/9^{bc}	23/2^{e}	168/7^{bc}	81/7^{d}	200/5^{b}	76/8^{d}
زی‌توده میکروبی کربن	374/6^{c}	293/2^{ed}	449/6^{b}	248/5^{e}	446/7^{b}	299/6^{d}	674/5^{a}	383/5^{c}
ضریب سوخت‌وساز	61/9^{c}	61/7^{c}	77/8^{b}	53/9^{dc}	70/3^{bc}	62/8^{c}	145/4^{a}	77/6^{b}

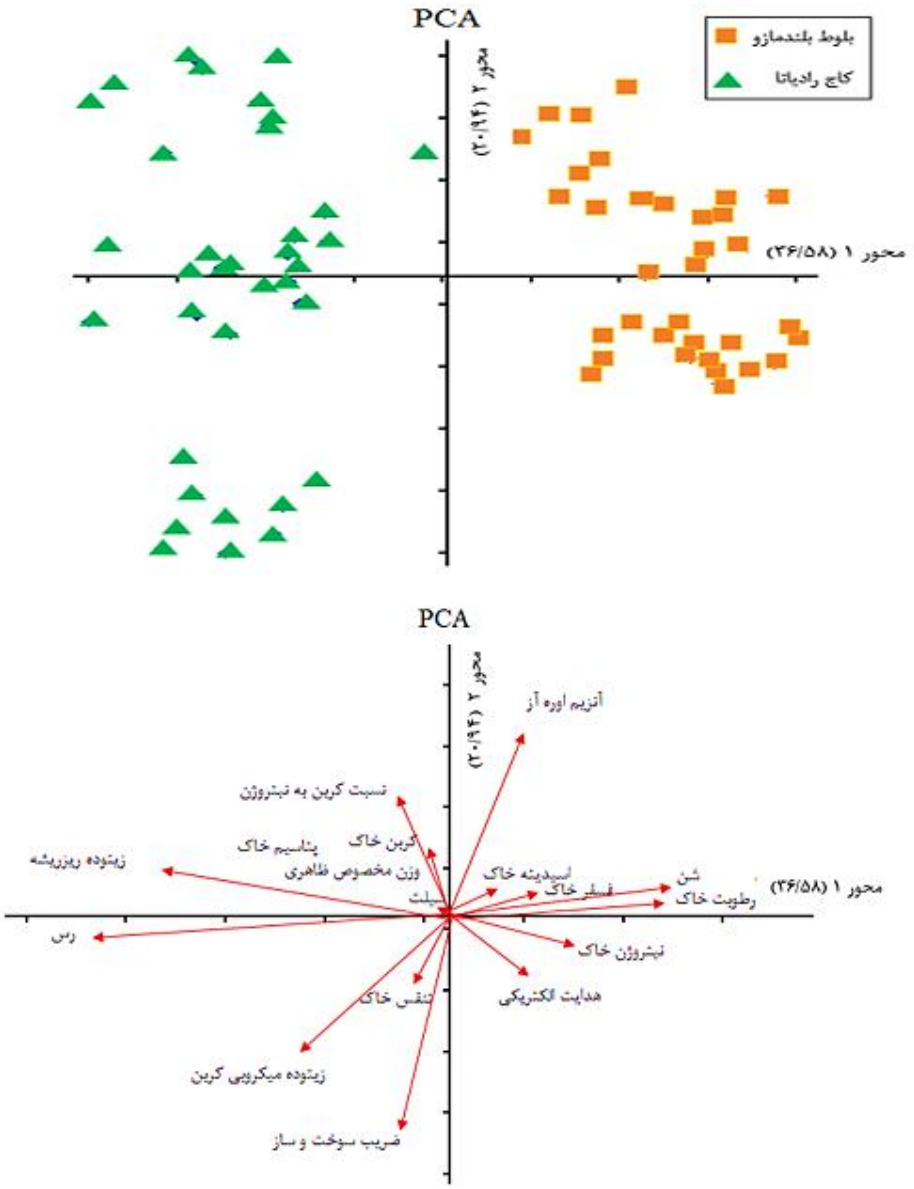
((Fall) Fal) پاییز؛ Spr (Spring) بهار؛ Sum (Summer) تابستان؛ Win (winter) بهار) (P (Pine) کاج؛ O (Oak) بلندمازو) Fal P: پاییز کاج؛ Fal O: پاییز بلوط؛ Win P: زمستان کاج؛ Win O: زمستان بلوط؛ Spr: بهار کاج؛ Spr: بهار بلوط؛ Sum P: تابستان کاج؛ Sum O: تابستان بلوط)

نتایج تجزیه‌ی مؤلفه‌های اصلی دو توده جنگل-کاری و مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک نشان داد که مؤلفه‌های اصلی اول و دوم، در مجموع 57/53 درصد از تغییرات واریانس را توجیه می‌کنند (محور اول: مقدار ویژه= 6/22 و درصد واریانس متناظر با عامل 36/6 و محور دوم: مقدار ویژه= 3/56 درصد و واریانس متناظر با عامل 20/94) به‌طوری که توده‌های جنگلی و مشخصه‌های فیزیکی، شمیایی و زیستی خاک روی محورهای اول و دوم پراکنش متفاوتی را نشان دادند. توده بلندمازو در ربع اول و چهارم با مشخصه‌هایی

www.SID.ir

Archive of SID

مانند: نیتروژن، فسفر، آنزیم اوره‌آز، هدایت الکتریکی، اسیدیته، شن و توده کاج رادیاتا در ربع دوم و سوم با مشخصه‌های زی‌توده ریزریشه و میکروبی، تنفس خاک، کربن خاک، چگالی ظاهری و پتاسیم خاک ارتباط نزدیک داشته و از یکدیگر تفکیک شدند (شکل 4).



شکل 4- موقعیت توده‌های جنگل‌کاری (بالا) و توزیع مکانی مشخصه‌های خاک (پایین) در تجزیه مؤلفه‌های اصلی

بحث

گونه‌های درختی از طریق تاج‌بارش، لاشه‌ریزی و ریشه‌دوانی می‌توانند مشخصه‌های کیفی خاک شامل فیزیکی، شیمیایی و زیستی را تحت تأثیر قرار دهند (ماوو و همکاران، 2014). در ارتباط با مشخصه‌های فیزیکی خاک بین دو گونه، چگالی ظاهری در توده بلندمازو کمتر از کـاج بود. در این ارتباط نتایج کوچ و همکاران (1395) در مقایسه‌ی بین گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ نشان داد که کم بودن چگالی ظاهری در توده پهن‌برگ به علّت تعداد و زی‌توده بیشتر کرم‌های خاکی و فعالیت بیشتر آن در زیر توده‌های پهن‌برگ است. افزون‌براین، ژوکت و همکاران (2008) بیان کردند که کرم‌های خاکی با ایجاد گودال‌های افقی و عمودی و جابجایی خاک، لایه‌های

www.SID.ir

Archive of SID

بالای خاک را به‌طور چشمگیری تحت تأثیر قرار می‌دهند. به‌عبارت دیگر کرم‌های خاکی با ایجاد حفره‌هایی در خاک موجب کاهش چگالی ظاهری و افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک می‌شوند. اگرچه در این مطالعه زیتوده مرتبط با کرم‌های خاکی مورد بررسی قرار نگرفت، اما در این ارتباط نتایج مطالعه سنجی و همکاران (1396) نشان داد که فعالیت کرم‌های خاکی در توده سوزنی‌برگ کاج سیاه به‌طور معنی‌داری از توده ون و بلوط کمتر بوده است و این مسئله خود می‌تواند موجب افزایش چگالی ظاهری در توده کاج نسبت به توده بلوط بوده باشد، آنها دلیل کاهش فعالیت کرم‌های خاکی در توده‌های سوزنی‌برگ را افزایش اسیدیته خاک دانسته و بیان نمودند که معمولاً خاک‌های اسیدی فعالیت‌های موجودات خاکزی را مهار می‌کنند،. در این رابطه بررسی‌ها بیانگر آن است که تجزیه و مخلوط شدن مواد آلی با حضور کرم‌های خاکی، 1/5 تا 1/6 سریعتر از حالتی است که این جانداران در خاک وجود نداشته باشند (مصلحی و نظری، 1391). بیشترین میزان EC و pH در توده بلندمازو مشاهده شد. در این ارتباط نتایج حق‌وردی و همکاران (1397) در توده‌های سوزنی برگ و پهن‌برگ نشان داد که بیشترین EC در توده پهن‌برگ زبان گنجشگ و بلندمازو و کمترین میزان pH در توده سوزنی‌برگ پیسه‌آ و کاج سیاه مشاهده شد.

نتایج حاصل از مقایسه اجزای خاک در دو توده نشان داد که به‌جز در میزان سیلت که اختلاف معنی‌داری در دو توده مشاهده نشد، میزان شن و رس در دو توده دارای اختلاف معنی‌دار بود؛ عموماً تغییرات درصد اجزای بافت خاک (سیلت، رس، شن) به‌دلیل ساختار تاج پوشش (نوع گونه‌های درختی یا پوشش گیاهی) در لایه‌های بالایی خاک اتفاق می‌افتد، چراکه با توجه با اطلاعات کتابچه طرح جنگلداری قطعه‌های مربوط، نوع سنگ مادر و خاک در دو توده یکسان است. طبق مطالعات انجام شده در جنگل (کوچ و پارساپور، 1395؛ رحمتی و همکاران 1399)، احتمال این اتفاق وجود دارد که در اثر تجمع لاشبرگ و تغییراتی که به واسطه آن در میزان رطوبت و آبشویی در خاک ایجاد می‌شود، این اختلاف حاصل شده است. افزون‌برآن، نمی‌توان این اختلاف را به زمان برش یکسره جنگل طبیعی (سال 1366) در دو منطقه که یکسان بوده و کاشت هر دو توده هم با یکدیگر و سن دو توده حدود 30 سال بوده است، نسبت داد. همچنین فعالیت موجودات خاکزی به‌ویژه کرم‌های خاکی نیز موجب تغییر در اجزای خاک می‌شود. البته این مسأله (وجود اختلاف معنی‌دار در میزان سیلت، رس و شن) در توده‌های مختلف غالباً در لایه بالایی (topsoil) اتفاق می‌افتد که متأثر از میزان وجود لایه لاشبرگ و تفاوت ایجاد شده در میزان آبشویی و فعّالیت موجودات خاکزی است. همان‌طور که نتایج مطالعات قید شده در بالا نشان داد با افزایش عمق، تفاوتی در میزان سیلت، رس و شن در دو توده مشاهده نشده است (به‌دلیل شرایط ادافیکی یکسان) و این مسأله حاصل تأثیرات به سزای گونه‌های درختی است.

نتایج حاصل از مقایسه بین دوگونه نشان می‌دهد که نیتروژن در زمستان، بهار و تابستان در تمام فصول در توده بلندمازو بیشتر از توده کاج بود ولی در پاییز به‌دلیل خزان کننده بودن و کاهش غلظت عناصر در مسیرهای ورودی عناصر غذایی در بلندمازو، میزان آن در کاج بیشتر بود (گاتر و همکاران، 2015). فعالیت آنزیم اوره‌آز در بهار و پاییز در هر دو توده بیشتر بوده است و توده بلندمازو میزان بیشتری را به خود اختصاص داده است. کلر و همکاران (2008) بیان نمودند که آنزیم‌ها ترکیبات غنی از نیتروژن هستند. بنابراین، تولید آنها به میزان زیادی به دسترس بودن نیتروژن وابسته است، زیرا اوره‌آز در هیدرولیز ترکیبات آلی نیتروژنی (آنزیم دستیابی به نیتروژن) نقش دارد. در نتیجه نیتروژن بیشتر در توده بلندمازو موجب افزایش فعالیت آنزیم اوره‌آز گردیده است.

فسفر از عناصر غذایی مهم برای رشد گیاهان محسوب می‌شود. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که بیشترین میزان فسفر در خاک در تابستان و بهار بوده است که دلیل این امر را می‌توان در افزایش غظت فسفر در میسرهای ورودی عناصر غذایی (لاشه‌ریزی و تاج بارش) در این فصول در لایه بالایی خاک دانست (سیر و همکاران، 2006). در این رابطه نتایج پوتر و همکاران (1991) نشان داد که پتاسیم و فسفر (به شکل فسفات) می‌تواند به سرعت به‌وسیله تاج بارش آبشویی شود در نتیجه غلظت آن در تاج‌بارش و لاشه‌ریزی در فصولی که درخت دارای تاج‌پوشش است، افزایش می‌یابد. امّا میزان فسفر در توده کاج در پاییز تغییر محسوسی در مقایسه با بهار و تابستان نشان نمی‌دهد؛ می‌توان دلیل این مسأله را سوزنی‌برگ و پاسخ تأخیری به تغییرات فصلی این گونه دانست. در مقایسه بین دو توده میزان پتاسیم در توده کاج در تمام فصول بیشتر از توده بلوط بوده است. دلیل این امر احتمالاً به دلیل میزان پتاسیم در لاشبرگ بیشتر در تاج بارش و لاشبرگ گونه کاج نسبت به بلوط و در نتیجه کاهش آزادسازی پتاسیم از لاشبرگ به خاک و همچنین افزایش جذب پتاسیم توسط درخت بلوط از دلایل کاهش پتاسیم در خاک این توده‌ها است.

www.SID.ir

Archive of SID

ریزموجودات در فرآیند چرخه عناصر در خاک فعالیت داشته و نقش مهمی در تجزیه و تبدیل مواد آلی و معدنی بازی می‌کنند (آگیلرا و همکاران، 1999؛ اکباد و نوردگرن، 2002). آنها اهمیّت زیادی در بازگشت و آزادسازی عناصر غذایی و جریان انرژی خاک دارند و به‌سرعت در برابر تغییرات شرایط محیطی، رطوبت، دما و نوع و میزان مواد آلی و شیمی خاک واکنش نشان می‌دهند (پاوول،1984). بنابراین، می‌توانند به‌عنوان شاخص باروری خاک در مطالعات بوم‌شناختی خاک (یاداو، 2012) و مدیریت پایدار زیست‌محیطی استفاده شوند. در این مطالعه زی‌توده میکروبی در هر دو توده الگویی از تغییرات فصلی با یک اوج در تابستان را نشان داد، زمانی‌که دمای هوا بیشینه بود و هنوز هم رطوبت کافی از بارش زمستان وجود داشت. چنین شرایطی نه تنها به زیست‌توده میکروبی و فعالیت آن، بلکه به فرآیندهای تجزیه کربن آلی خاک نیز کمک می‌کند. در مقایسه‌ی زی‌توده میکروبی کربن بین دو گونه، در کاج به‌طور معنی‌داری از توده بلندمازو بیشتر بود. کوچ و پارساپور (1395) در مطالعه خود زی‌توده میکروبی کربن را در جنگل‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ مورد مطالعه قرار دادند، مطابق با نتایج به‌دست آمده در این مطالعه، میزان زی‌توده میکروبی کربن در مطالعه آنها نیز در توده سوزنی‌برگ بیشتر از توده پهن‌برگ بوده است. چن و همکاران (2006) گزارش داده‌اند که زی‌توده میکروبی کربن به میزان زیادی به کربن آلی خاک و میزان و نوع ریزریشه خاک بستگی دارد. بنابراین، کربن آلی و ریزریشه بیشتر در توده کاج رادیاتا نسبت به توده بلندمازو می‌تواند از عوامل اصلی افزایش زی‌توده میکروبی کربن در این توده باشد که این نتیجه مطابق با نتایج جیا و همکاران (2005) و وانگ و وانگ (2011) نیز می‌باشد.

تنفس خاک از مجموعه‌ای از فرآیندهای پیچیده مانند: دما، رطوبت، زی‌توده میکروبی، زی‌توده ریزریشه، ورودی لاشبرگ و اسیدیته خاک تشکیل شده است. در این مطالعه تنفس خاک الگویی فصلی از تغییرات با نرخ بیشینه در فصل تابستان و نرخ کمینه در زمستان را در هر دو توده به نمایش گذاشت. این نتایج مطابق با بسیاری از نتایج گزارش شده در جنگل‌های معتدله (دانگ و همکاران، 1996؛ رایچ و شلینگر، 1992؛ زانگ و همکاران، 2001؛ بوودن و همکاران، 2004؛) و همچنین در جنگل‌های سوزنی برگ (ماتسون، 1995؛ مایر و کرس، 2004) است. در جنگل‌های شمال نیز کریمیان بهنمیری و همکاران (1397) در مطالعه خود در توده‌های جنگلی مختلف در فصول سال، بیشترین میزان تنفس خاک را در تابستان بیان نمودند. در مقایسه بین زی‌توده ریزریشه بین دو گونه کاج رادیاتا و بلندمازو، زی‌توده ریزریشه در توده کاج رادیاتا به‌طور معنی‌داری بیشتر از توده بلندمازو بود. جکسون و همکاران (1996) گزارش دادند که عمق ریشه‌دوانی در گونه‌های سوزنی‌برگ شمالی کمتر از گونه‌های برگ‌ریز در جنگل‌های معتدله است. به‌همین دلیل زی‌توده ریزریشه در افق سطحی خاک توده‌های کاج از توده بلندمازو بیشتر بود؛ زیرا بلندمازو گونه‌ای با ریشه‌های عمیق‌تر است. افزایش زی‌توده ریزریشه و میکروبی در توده کاج رادیاتا منجر به افزایش تنفس خاک در این توده نسبت به بلندمازو شد که از این نظر با مطالعه کوچ و پارساپور (1395) هم‌خوانی دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مشخصه‌های کیفی خاک تحت تأثیر نوع گونه درختی و تغییرات تاج‌پوشش و فصول مختلف سال قرار گرفته و به شکل پویایی نوسان دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، مشخصه‌های بیوشیمی خاک در بهار به‌طور معنی‌داری بیشتر از فصول دیگر بوده است و میزان نیتروژن، فسفر و فعالیت آنزیم اوره‌آز در توده بلندمازو بیشتر از کاج رادیاتا بود؛ امّا در ارتباط با مشخصه‌های مرتبط با کربن مانند تنفس خاک، نسبت کربن به نیتروژن، کربن زی‌توده میکروبی خاک، زی‌توده ریزریشه و ضریب سوخت‌وساز نیز در تمام فصول در توده کاج رادیاتا بیشتر از توده بلندمازو بوده است. امّا بیان این‌که کدام گونه در ارتباط با کیفیت و پایداری زیستی خاک تأثیرات بیشتری داشتند، ذکر این نکته ضروری است که تأثیر بیشتر گونه‌های سوزنی‌برگ در رابطه با دی اکسید کربن، ترسیب کربن و ... در بسیاری از مطالعات گذشته نیز بدست آمده است. سوزنی برگان به دلیل رشد بیشتر، شاخص سطح برگ بیشتر و در نتیجه فتوسنتز بیشتر ولی تجزیه دیرتر لاشبرگ‌ها غالباً کربن بیشتری را در خاک ذخیره می‌نمایند. امّا به لحاظ پایداری و تداوم زیستی به‌دلیل اسیدی کردن خاک، کاهش بازگشت عناصر مغذی به خاک به دلیل تجزیه دیرتر لاشبرگ‌ها، امکان سازگاری کمتر با گونه های بومی، کاهش فعالیت موجودات خاکزی مانند کرم‌های خاکی (به‌دلیل افزایش اسیدیته خاک) و بسیاری عوامل دیگر در درجه اهمیّت بعدی در رابطه یا گونه‌های بومی و پهن برگ‌های شمال ایران دارند. لذا به‌طور کلی می توان بیان نمود که گونه پهن‌برگ بلندمازو در افزایش میزان مواد مغذی خاک موفق‌تر از سوزنی‌برگ عمل نموده است؛ ولی تأثیرات بیشتر سوزنی برگان بر میزان کربن خاک در توده جنگل‌کاری نمایان‌تر میباشد.

www.SID.ir

Archive of SID

فهرست منابع:

1. احمدی ملکوت، ا.، سلطانی، ع. یارعلی، ن. 1390. بررسی اثر جنگلکاری بر تنوع گیاهی زیراشکوب (مطالعه موردی لنگرود، گیلان). مجلهٔ جنگل ایران، 3 (2): 157-167.
2. اسدیان، م.، حجتی، س، م. پورمجیدیان، م. ر. و فلاح، ا. 1393. تأثیر انواع متفاوت کاربری زمین بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، و زیستی خاک در جنگل النداان ساری. جنگل و فرآورده های چوب (منابع طبیعی ایران)، 66 (2): 377- 388.
3. بی‌نام 1390. کتابچه طرح جنگلداری مهدشت و افراتخت، چوب و کاغذ مازندران.
4. جعفریان حقیقی، م. 1381. روش‌های آنالیز خاک. انتشارات ندای زها، 195 ص.
5. حق‌وردی، ک.، طریقت، ق.س. کوچ، ی. 1397. کیفیت لاشریزه و اجزای ناپایدار ماده آلی خاک در عرصه‌های جنگلی احیا شده ناحیه خزری. نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، 25 (2): 51-64.
6. رحمتی، ح.، رستمی شاهراجی، ت.، صالحی، ع.، حیدری، ابوذر. 1399. مقایسه کمی و کیفی و خاک جنگلکاری بلندمازو و کاج رادیاتا در حوزه 25 شن‌رود گیلان. مجله بوم‌شناسی جنگل‌های ایران. 8(15): 104-114.
7. سنجی، ر.، کوچ، ی.، طبری کوچکسرایی، م. 1396. مقایسه زیتوده ریزریشه، جمعیت کرم‌های خاکی و نماتدهای خاکزی در خاک سطحی توده‌های طبیعی و دست‌کاشت جنگلی. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، 24(3): 219-234.
8. علی اصغرزاد، ن. 1390. روش های آزمایشگاهی بیولوژی خاک، انتشارات دانشگاه تبریز، 255 صفحه.
9. کریمیان بهنمیری، ع.، طاهری آبکنار، ک. کوچ، ی. صالحی، ع. 1398. اثر ترکیب تاج پوشش گونه های درختی بر مشخصه‌های آلی و معدنی خاک جنگل‌های هیرکانی غربی (مطالعه موردی: جنگل کرکرود نوشهر). جنگل و فرآورده های چوب (منابع طبیعی ایران)، 72 (1): 47-56.
10. کوچ، ی.، بیرانوند، م. 1396. تحلیل تغییرپذیری شاخص‌های کیفی لاشبرگ، نیتروژن معدنی، تنفس و زیتودهٔ میکروبی خاک در توده‌های جنگلی دست‌کاشت. جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران، 70 (3): 451-460.
11. کوچ، ی.، پارساپور، ک. 1395. اثر پوشش‌های جنگلی پهن‌برگ و سوزنی‌برگ بر شاخص‌های میکروبی خاک. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، 23 (2): 195-210.
12. مصلحی، م.، نظری، ج. 1391. روابط متقابل کرم خاکی و درختان و اثرات آن بر خاک های جنگلی. انسان و محیط، 10(1): 108-113.
13. Aguilera, L.E., Gutierrez, J.R., and Meserve, P.L. 1999. Variation in soil microorganisms and nutrients underneath and outside the canopy of Adesmia bedwellii (*Papilionaceae*) shrubs in arid coastal Chile following drought and above average rainfall. *Journal of Arid Environments*, 42 (1): 61–70.
14. Alban, D.H. 1982. Effects of nutrient accumulation by aspen, spruce, and pine on soil properties. *Soil Science Society of America Journal*. 46 (4):853–861.
15. Bloem, J., Hopkins, D.W., and Benedetti, A. 2006. Microbiological Methods for Assessing Soil Quality. CABI, Wallingford, UK.
16. Carvalheiro, K.D., and Nepstad, D.C. 1996. Deep soil heterogeneity and fine root distribution in forests and pastures of eastern Amazonia. *Plant Soil*, 182 (2):279– 285.
17. Challinor, D. 1968. Alteration of surface soil characteristics by four tree species. *Ecology* 49 (2):286–290.
18. Chen, W., Zheng, X., Chen, Q., Wolf, B., Butterbach-Bahl, K., Brüggemann, N., and Lin, S. 2013. Effects of increasing precipitation and nitrogen deposition on CH4 and N2O fluxes and ecosystem respiration in a degraded steppe in Inner Mongolia, China. *Geoderma*, 192:335-340.

www.SID.ir

Archive of SID

19. Cuevas, E., Brown, S., and Lugo, A.F. 1991. Above- and belowground organic matter storage and production in a tropical pine plantation and a paired broadleaf secondary forest. *Plant Soil*, 135:257–268.
20. Dong, Y.S., Peng, G.B., and Li, J. 1996. Seasonal variations of CO_2, CH4 and N_2O fluxes from temperate forest soil. *Acta Geographica*. 51:120-8.
21. Doran, J.W. 2002. Soils health and global sustainability: translating science into practice. Agric. *Ecosystems. Environ*, 88, 119–127.
22. Doran, J.W., Parkin, T.B., 1996. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: Doran, J.W., Jones, A.J. (Eds.), Methods for Assessing Soil Quality. SSSA, Inc., Madison, WI, USA.
23. Ekblad, A., and Nordgren, A. 2002. Is growth of soil microorganisms in boreal forests limited by carbon or nitrogen availability. *Plant and Soil*, 242(1), pp.115-122.
24. Ewel, J. 2006. Species and rotation frequency influence soil nitrogen in simplified tropical plant communities. *Ecol. Appl*, 16:490–502.
25. Fu, D., Wu, X., Qiu, Q., Duan, C. and Jones, D.L. 2020. Seasonal variations in soil microbial communities under different land restoration types in a subtropical mountain's region, Southwest China. *Applied Soil Ecology*, 153, p.103634.
26. Gartzia-Bengoetxea, N., Kandelerb, E., Martínez de Arano, I., and Arias-Gonzáleza, A. 2016. Soil microbial functional activity is governed by a combination of tree species composition and soil properties in temperate forests. *Applied Soil Ecology*, 100: 57–64.
27. Hobbie, S.E., Reich, P.B., Oleksyn, J., Ogdahl, M., Zytkowiak, R., Hale, C., and Karolewski, P. 2006. Tree species effects on decomposition and forest floor dynamics in a common garden. *Ecology*, 87:2288–2297.
28. Hojjati, S.M., Hagen-Thorn, A., and Lamersdorf, N.P. 2009. Canopy composition as a measure to identify patterns of nutrient input in a mixed European beech and Norway spruce forest in central Europe. *European Journal of Forest Research*, 128: 13–25.
29. Jia, G., Jing, C., Wang, C. and Wang, G. 2005. Microbial biomass and nutrients in soil at the different stages of secondary forest succession in Ziwulin, Northwest China. *Forest Ecology and Management*, 217 (1), 117–125.
30. Jouquet, P., Bottinelli, N., Podwojewski, P., Hallaire, V., and Duc, T.T. 2008. Chemical and physical properties of earthworm casts as compared to bulk soil under a range of different land-use systems in Vietnam. *Geoderma*, 146(1): 231-238.
31. Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., Schuman, G.E. 1997. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Science Society of America Journal*, 61, 4–10.
32. Keeler, B. L., Hobbie, S. E. and Kellogg, L. E. 2009. Effects of long-term nitrogen addition on microbial enzyme activity in eight forested and grassland sites: Implications for litter and soil organic matter decomposition. *Ecosystems*, 12, 1–15.
33. Kooch, Y., Moghimian, N. and Alberti, G. 2020. C and N cycle under beech and hornbeam tree species in the Iranian old-growth forests. *CATENA*, *187*, p.104406.
34. Kooch, Y., Rostayee, F., and Hosseini, S.M., 2016. Effects of tree species on topsoil properties and nitrogen cycling in natural forest and tree plantations of northern Iran. *Catena*, 144(2): 65-73.
35. Kutsch, W.L., Schimel, J., Denef, K. 2009. Measuring soil microbial parameters relevant for soil carbon fluxes. In: Kutsch, W., Bahn, M., Heinemeyer, A. (Eds.), Soil Carbon Dynamics. An Integrated Methodology. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 169–186.
36. Lal, R. 2005. Forest soils and carbon sequestration. *Forest Ecology and Management*, 220:242– 258.

www.SID.ir

Archive of SID

37. Mao, R., Zhang, X.H., and Meng, H.N. 2014. Effect of Suaeda salsa on soil aggregate-associated organic carbon and nitrogen in tidal salt marshes in the Liaohe Delta, China. *Wetlands*, 34(1): 189-195.
38. Mattson, K.G. 1995. CO_2 efflux from coniferous forest soils: comparison of measurement methods and effects of added nitrogen. *Soils and Global Change*, pp.329-342.
39. Maxwell, T.L., Augusto, L., Bon, L., Courbineau, A., Altinalmazis-Kondylis, A., Milin, S., Bakker, M.R., Jactel, H. and Fanin, N. 2020. Effect of a tree mixture and water availability on soil nutrients and extracellular enzyme activities along the soil profile in an experimental forest. *Soil Biology and Biochemistry*, p.107864.
40. Meier, R.A., Melillo, J.M., Moore III, B., Prentice, I.C., Ramankutty, N., Reichenau, T., Schloss, A., Tian, H., Williams, L.J. and Wittenberg, U. 2001. Carbon balance of the terrestrial biosphere in the twentieth century: analysis of CO_2, climate and land use effects with four process-based ecosystem models. *Global Biogeochemistry Cycles*, 15:183–206.
41. Montagnini, F., Ramstad, K., and Sancho, F. 1993. Litterfall, litter decomposition and the use of mulch of four indigenous tree species in the Atlantic lowlands of Costa Rica. *Agroforestry System*, 23:39–61.
42. Ohlinger, R., Schinner, F., Kandeler, E. and Margesin, R. 1996. Acid and alkaline phosphomonoesterase activity with the substrate p-nitrophenyl phosphate. In: (Eds) Methods in Soil Biology, Springer-Verlag Berlin, 214p.
43. Paul, E.A. 1984. Dynamics of organic matter in soils. *Plant Soil*, 76:275–285.
44. Potter, C.S., Ragsdale, H.L., and Swank, W.T. 1991. Atmospheric deposition and foliar leaching in a regenerating southern Appalachian forest canopy. *The Journal of Ecology*, 97-115.
45. Prieme, A., and Christensen, S. 2001. Natural perturbations, drying-welting and freezing thouing cycles and the emission of nitrous oxide, carbon di oxide and methane from farmed organic soils. *Soil. Bio. Chem*, 33: 2083–2091.
46. Raich, J.W., and Schlesinger, W.H. 1992. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. *Tellus*, 44B: 81–99.
47. Russell, A.E., Raich, J.W., Valverde-Barrantes, O.J., and Fisher, R.F. 2007. Tree species effects on soil properties in experimental plantations in tropical moist forest. *Soil Science Society of America Journal*, 71(4):1389-1397.
48. Sayer, E.J. 2006. Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems. *Biological Reviews* 81(1): 1-31.
49. Wang, Q., Wang, S. 2011. Response of labile soil organic matter to changes in forest vegetation in subtropical regions. Appl. *Soil Ecology*, 47 (3):210–216.
50. Warren, M.W., and Zou, X. 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.
51. Xiong, Y., Xia, H., Li, Z.A., Cai, X.A., and Fu, S. 2008. Impacts of litter and understory removal on soil properties in a subtropical Acacia mangium plantation in China. *Plant and Soil*, 304(1-2): 179-188.
52. Yadav, R. 2012. Soil organic carbon and soil microbial biomass as affected by restoration measures after 26 years of restoration in mined areas of Doon Valley. *Int. J. Environ. Sci*, 2:1380–1385.
53. Zhang, X.J., Xu, H. and Chen, G.X. 2001. Major factors controlling nitrous oxide emission and methane uptake from forest soil. *Journal of Forestry Research*, 12: 239–242.

www.SID.ir

Archive of SID

Variability of Soil Quality Characteristics in Oak (*Quercus castaneifolia*) and Monterrey Pine (*Pinus radiata*) Plantations

A. S. Nouraei, H. Jalilvand[1], S. M. Hojjati, and S. J. Alavi

PhD., Dept. of Sciences and Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. Email: Noraiy.azam@yahoo.com.

Professor, Dept. of Sciences and Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. Email: hj_458_hj@yahoo.com.

Associate Professor., Dept. of Sciences and Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. Email: s_m_hojjati@yahoo.com.

Associate Professor., Dept. of forestry, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor. Email: j.alavi@modares.ac.ir.

Received: September, 2020 and Accepted: March, 2021

Abstract

The qualitative characteristics of forest soils can change under the influence of complex climatic interactions, soil type, management type, and tree species type. The aim of this study was to investigate the variability of soil quality characteristics in two forest plantations of *Quercus castaneifolia* C. A. Mey and *Pinus radiate* D. Don in Wood and Paper Forests of Mazandaran Province. In both stands, 36 samples were randomly selected for determination of soil physical characteristics, in one season (autumn), and chemical and biological characteristics, in four seasons (autumn, winter, spring and summer). Physical characteristics (clay, silt, sand, moisture, bulk density and lime), chemical characteristics (pH, EC, nitrogen, phosphorus, potassium, carbon to nitrogen ratio) and soil biology (soil respiration, microbial biomass carbon, fine root biomass, metabolic rate, and urease enzyme activity) were measured. The results of this study showed that the concentration of nitrogen, phosphorus and enzyme urease activity in oak stands was significantly higher than pine stand ($p < 0.01$), but potassium concentrations were significantly ($p < 0.01$) higher in the pine stand. In all seasons, the rate of soil respiration in the pine stand was higher than in the oak, but this difference was only significant in summer ($p < 0.05$). Characteristics such as carbon to nitrogen ratio, soil carbon, microbial biomass carbon, fine root biomass, and metabolic coefficient were significantly higher in pine stand than in oak in all seasons ($p < 0.01$). The results of this study showed that, in the nitrogen cycle, the oak stand, but in relation to the carbon cycle and global warming, the pine stand had more effects on the soil characteristics. Overall, the practical results of this study suggest that, to improve soil conditions in the degraded forestlands in northern parts of Iran, plantation of oak species is preferred.

Keywords: Carbon cycle, Microbial biomass carbon, Urease enzyme, Soil respiration, Forestation

[1] Corresponding author: Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, P.O.Box. 587

www.SID.ir