نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و چهارم، شماره چهارم، ۱۳۹۶
http://jwsc.gau.ac.ir

اثر پوشش‌های درختی بر شاخص‌های میکروبیولوژی و تصاعد گاز دی‌اکسیدکربن خاک

کتایون حق‌وردی*
استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
تاریخ دریافت: ۹۵/۹/۱۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۷/۲

چکیده

سابقه و هدف: خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک می‌توانند به‌عنوان مهم‌ترین مشخصه‌های شاخص کیفیت خاک در ارتباط با تغییر پوشش اراضی و تغییر اقلیم مد نظر قرار گیرند. جنگل‌کاری با گونه‌های بومی و غیربومی جهت بازسازی اراضی تخریب‌یافته طبیعی مورد استفاده قرار گرفته است. اصولاً برای مطالعه کیفیت خاک ویژگی‌هایی که به تغییرات محیطی حساس‌تر هستند در نظر گرفته می‌شوند. ویژگی‌های زیستی و بیوشیمیایی خاک از جمله شاخص‌هایی هستند که در کوتاه‌مدت به تغییرات محیطی و مدیریت اکوسیستم واکنش نشان می‌دهند. خاک به‌عنوان بستر رویشگاه، شدیداً تحت‌تأثیر نوع گونه درختی انتخابی قرار دارد. توجه به نوع گونه و اثر آن بر مشخصه‌های کیفی خاک به‌عنوان راهکار مدیریتی موجب حفظ کمیت و پایداری طولانی‌مدت عرصه‌های جنگل‌کاری می‌شود.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی تأثیر پوشش‌های مختلف (اقاقیا، زبان‌گنجشک، سرو نقره‌ای و کاج تهران) اراضی بر شاخص‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبیولوژی و تصاعد گاز دی‌اکسیدکربن خاک، پژوهش حاضر در محدوده پارک چیتگر مورد توجه قرار گرفت. نمونه‌برداری از لایه آلی (لاشبرگ) و معدنی (۲۰-۰ سانتی‌متری) خاک به‌صورت تصادفی سیستماتیک انجام پذیرفت. مشخصه‌های کیفی لاشبرگ (کربن و نیتروژن)، جرم مخصوص ظاهری، بافت، رطوبت، اسیدیته، کربن آلی، نیتروژن کل، نیترات، آمونیوم، زیتوده میکروبی کربن و نیتروژن، تصاعد دی‌اکسیدکربن (و جریان آن در دما و رطوبت‌های مختلف) در محیط آزمایشگاه اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که همه مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاک و لاشبرگ (به‌جز کربن) در توده‌های جنگلی مورد مطالعه تفاوت آماری معنی‌داری داشتند. طبق نتایج به‌دست آمده، بیش‌ترین مقادیر هر یک از مشخصه‌های دی‌اکسیدکربن متصاعد شده (۱ میلی‌گرم دی‌اکسیدکربن در مترمربع در روز)، زیتوده‌های میکروبی کربن (۵۱۰/۳۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و نیتروژن (۰/۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) خاک در توده جنگلی اقاقیا مشاهده شد. همچنین، بیش‌ترین میزان تصاعد دی‌اکسیدکربن در شرایط رطوبت عرصه مشاهده شد و با افزایش دما میزان تصاعد افزایش یافت.

نتیجه‌گیری: تغییر نوع پوشش اراضی تخریب‌یافته و جنگل‌کاری با گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ، در منطقه مورد مطالعه باعث بهبود شاخص‌های حاصل‌خیزی، به‌ویژه شاخص‌های زیستی کیفیت خاک شد. بالاترین سطوح تنفس

* مسئول مکاتبه: katayoun.haghverdi@kiau.ac.ir

میکربی، زیتوده میکربی کربن و نیتروژن در رویشگاه‌های جنگل‌کاری شده پهن‌برگ و کم‌ترین مقادیر آن‌ها در اراضی بایر و فاقد پوشش درختی مشاهده گردید. نتایج بیانگر آن است که تغییر کاربری اراضی و نابودی پوشش گیاهی اکوسیستم، باعث افت شدید شاخص‌های مذکور در منطقه چیتگر شده است، بنابراین تغییر کاربری انجام‌یافته تهدیدی بر کیفیت و سلامت خاک در منطقه مورد مطالعه است که در مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی تخریب‌یافته باید به این موضوع توجه خاصی شود.

واژه‌های کلیدی: جنگل‌کاری، پهن‌برگ، سوزنی‌برگ، زیتوده میکربی، مشخصه‌های خاک

مقدمه

پوشش‌های جنگلی ٤۰ درصد سطح اکوسیستم‌های خشکی را پوشانده‌اند و دارای خدمات زیست‌محیطی بیش‌تری در مقایسه با سایر رویشگاه‌ها می‌باشند (۵۲ و ٥٤). شیوه‌های نامناسب بهره‌برداری از منابع طبیعی به‌ویژه در چند دهه اخیر موجب بروز لطمه‌های شدید به عرصه‌های منابع طبیعی به‌خصوص جنگل‌ها شده است (۵). به‌طوری‌که طبق گفته متخصصین تا طی ۵ دهه اخیر به‌طور متوسط سالانه ۱۰۰ هزار هکتار از جنگل‌های کشور تخریب شده یا کیفیت خود را از دست داده است و با کاهش سطح جنگل‌ها طی این دوره زمانی، از ۱۸ میلیون هکتار به ١٤ میلیون هکتار، بیم آن می‌رود که در آینده‌ای نه چندان دور بخش عظیمی از اراضی کشور تبدیل به بیابان شوند. به این ترتیب تخریب و کاهش سطح جنگل‌ها نشان‌دهنده ضرورت جنگل‌کاری برای احیا و توسعه این منابع طبیعی تجدیدپذیر است (۱ و ٤۷). چرا که پوشش‌های درختی بر محیط اطراف به‌ویژه میکروکلیما اثرگذارند و تأثیر حضور درختان و تاج پوشش حاصل از آن‌ها بر کیفیت لاشبرگ، جریانات هوایی، تغییرات دما، رطوبت هوا، رژیم هیدرولوژی و کیفیت (سلامت) خاک مورد توجه می‌باشد (۳۲ و ٤۹). مشخصه‌های فیزیکی (بافت خاک، جرم مخصوص ظاهری، محتوی رطوبت)، شیمیایی (pH، عناصر غذایی پرمصرف، کربن و نیتروژن) و زیستی (تنفس خاک، زیتوده میکروبی کربن و نیتروژن) خاک می‌توانند به‌عنوان مهم‌ترین مشخصه‌های شاخص کیفیت خاک در ارتباط با تغییر پوشش اراضی و تغییر اقلیم مد نظر قرار گیرند (۳ ، ۲۹، ۳۱، ۵۸ و ٦۱).

اصولاً برای مطالعه کیفیت خاک ویژگی‌هایی بیش‌تر مدنظر قرار می‌گیرند که به آشفتگی‌ها و تنش‌های محیطی حساس و سریع پاسخ می‌دهند. ویژگی‌های زیستی و بیوشیمیایی خاک از جمله شاخص‌هایی هستند که در کوتاه‌مدت به تغییرات محیطی و مدیریت اکوسیستم واکنش نشان می‌دهند (٤۲ و ٦۲) و عموماً شامل ویژگی‌هایی می‌باشند که به‌طور مستقیم با تعداد و فعالیت ریزجانداران خاک (تنفس میکربی و توده زنده میکروبی) و همچنین با تجزیه ترکیبات آلی موجود در خاک و آزاد شدن عناصر رابطه دارند (۱۱ و ١٦). تنفس میکروبی خاک از شاخص‌های حساس کیفیت خاک به تغییر پوشش اراضی به‌شمار می‌آید و تعیین‌کننده میزان و سرعت خروج کربن از خاک است. تنفس خاک یکی از متداول‌ترین پارامترهای زیستی مورد استفاده در سنجش فعالیت‌های میکروبی می‌باشد (۲۵). از سوی دیگر این مشخصه یکی از عوامل مؤثر در تغییرات جهانی اقلیم و ورود دی‌اکسیدکربن به اتمسفر تلقی می‌گردد. تنفس خاک اکسایش مواد آلی توسط ریزجانداران هوازی و به دنبال آن خروج دی‌اکسیدکربن از خاک بوده و مشخص‌ترین علامت معدنی شدن

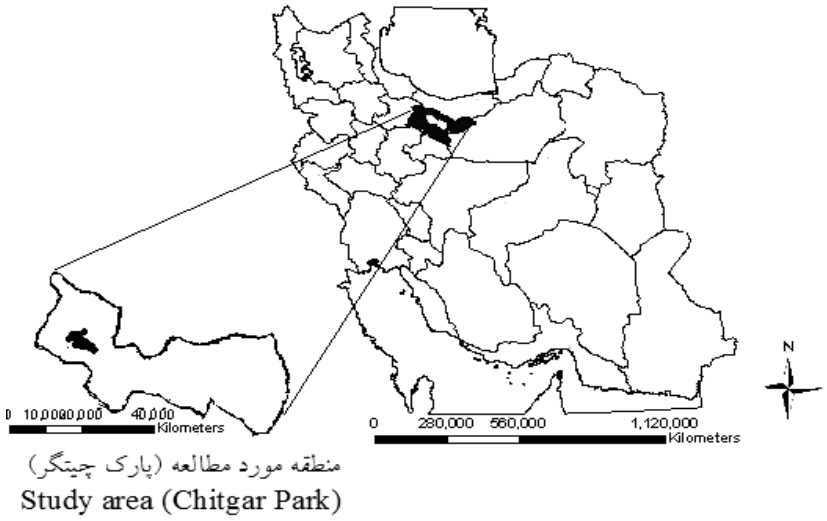
ماده آلی و بقایای گیاهی در خاک توسط فعالیت میکروبی می‌باشد. تنفس و یا معدنی شدن کربن آلی خاک فرآیندی است که طی آن، اکسیژن به‌عنوان گیرنده نهایی الکترون عمل می‌کند. مقادیر بیش‌تر دی‌اکسیدکربن آزاد شده طی فرآیند تنفس، نشان‌دهنده فعالیت عمومی میکروب‌ها به‌ویژه فعالیت هتروتروف‌ها بوده و شاخصی برای تعیین بخش قابل معدنی شدن کربن آلی خاک محسوب می‌شود (۲٤).

میزان زیتوده میکروبی کربن و نیتروژن تابعی از میزان کربن آلی خاک است و رابطه مستقیمی با آن دارد، به‌طوری‌که در بیش‌تر مواقع ۱ تا ۳ درصد میزان کربن آلی خاک را شامل می‌شود (٦). متفاوت بودن نوع پوشش اراضی اثر قابل‌توجهی روی زیتوده میکربی کربن و نیتروژن خاک دارد (۱۲ و ۳۷). کربن آلی خاک به آرامی تغییر می‌کند و اندازه‌گیری دقیق آن مشکل است، اما زیتوده میکروبی کربن سریع‌تر از مواد آلی کل به تغییرات مدیریت پاسخ می‌دهد (۱٤ و ٥۹). نیتروژن توده زنده میکروبی علاوه بر این‌که شاخص مهم و نشان‌دهنده جمعیت میکروبی زنده خاک می‌باشد، ذخیره ارزشمندی از نیتروژن آلی است که به سهولت به نیتروژن معدنی تبدیل می‌شود (٦).

بسیاری از جنگل‌کاری‌های انجام شده در کشور به‌دلیل انتخاب گونه نامناسب با عدم موفقیت روبرو بوده‌اند. از طرفی امروزه آشکار شده که انسان‌ها باید مدیریت بسیار دقیق‌تری را بر منابع طبیعی داشته باشند، چون فشار بر فضا و منابع طبیعی به‌دلیل افزایش جمعیت در حال فزونی است و واضح است که جمعیت زیاد، بدون تولید غذا و مواد از سیستم‌ها نمی‌تواند پایدار بماند. بنابراین درک ویژگی‌های اکولوژیک اکوسیستم‌های جنگل‌کاری‌شده برای اجتناب از شکست‌ها، به حداقل رساندن خسارات اکولوژیک و مناسب بودن استفاده از خاک، آب و منابع انرژی ضروری است (٤۰ و ٤٤). با توجه به این‌که سطح جنگل‌های شمال ایران طی ۳۰ سال گذشته روند رو به کاهش داشته و در ۱۰ سال گذشته تا ۷ درصد از سطح این جنگل‌ها کاسته شده (٤۳)، جنگل‌کاری با گونه‌های بومی و غیربومی جهت بازسازی اراضی تخریب‌یافته طبیعی مورد استفاده قرار گرفته است. خاک به‌عنوان بستر رویشگاه، شدیداً تحت‌تأثیر نوع گونه انتخابی قرار دارد. توجه به نوع گونه و اثر آن بر مشخصه‌های کیفی خاک به‌عنوان راهکار مدیریتی موجب حفظ کمیت و پایداری طولانی‌مدت عرصه‌های جنگل‌کاری می‌شود. در همین راستا، مطالعه حاضر به بررسی اثر پوشش‌های مختلف اراضی بر شاخص‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبیولوژی و تصاعد گاز دی‌اکسیدکربن خاک در سطح توده‌های جنگل‌کاری شده پهن‌برگ و سوزنی‌برگ (اقاقیا، زبان‌گنجشک، سرو نقره‌ای و کاج تهران) می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه به وسعت ۸۱٤ هکتار در غرب شهر تهران (در مسیر اتوبان تهران- کرج، کیلومتر ۱٦) و در محدوده پارک چیتگر واقع شده و موقعیت جغرافیایی '۱۰ و °٥۱ تا '۱٥ و °٥۱ طول شرقی و '٤۲ و °۳٥ تا '٤٥ و °۳٥ عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). از لحاظ اقلیمی جزء محدوده اقلیمی مدیترانه‌ای خشک است. شیب کلی منطقه رو به جنوب‌غرب بوده و متوسط ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۲٦۹ متر می‌باشد. دمای هوا از حداقل ۱۰- درجه سانتی‌گراد در بهمن‌ماه تا حداکثر ٤۱/٦ درجه سانتی‌گراد در تیرماه در نوسان می‌باشد. تاریخ احداث این پارک سال ۱۳٤۷ بوده است (٥۳). در پژوهش حاضر گونه‌های جنگل‌کاری شده اقاقیا، زبان‌گنجشک، سرو نقره‌ای و کاج تهران مد نظر قرار گرفته است.



شکل ۱- موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه در غرب تهران.

Figure 1. Location of study area in West of Tehran.

نمونه‌برداری خاک و تجزیه آزمایشگاهی: پس از بازدیدهای مقدماتی در توده‌های جنگل‌کاری‌شده مذکور، بخش همگنی از هر توده جنگلی مدنظر قرار گرفت. به‌منظور برداشت نمونه‌های خاک و لاشبرگ، از روش تصادفی- سیستماتیک استفاده شد. در مجموع در هر یک از توده‌ها ۱٦ پروفیل خاک از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری و در سطح ۵۰ سانتی‌متر ×۵۰ سانتی‌متر گودبرداری گردید. هم‌زمان با نمونه‌برداری خاک، لایه لاشبرگ نیز در سطح مورد نظر جمع‌آوری شد. به‌طورکلی سعی شد که به‌منظور کاهش اثرات مرزی، حاشیه توده‌ها برای نمونه‌برداری در نظر گرفته نشود و نمونه‌برداری‌ها متمایل به بخش مرکزی هر توده باشد (۲٦). همچنین به‌منظور بررسی تأثیر جنگل‌کاری‌ها بر روی مشخصه‌های مختلف خاک، نمونه‌برداری به‌صورت مشابه از سطوح بایر مجاور با توده‌های جنگل‌کاری شده انجام شد. محتوی کربن آلی لاشبرگ به روش احتراق و نیتروژن کل به روش معدنی‌سازی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (۱۵). نمونه‌های خاک نیز در فضای باز پخش و پس از خشک شدن، خاک حاصله خرد و از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. جرم مخصوص ظاهری به روش سیلندر، بافت خاک (درصد اجزاء تشکیل‌دهنده خاک) با استفاده از روش هیدرومتری، اسیدیته به روش پتانسیومتری از طریق دستگاه pH متر الکتریکی، کربن آلی به روش والکلی‌بلاک، ازت کل به روش کجلدال، غلظت نیترات به روش احیای کادمیوم، غلظت آمونیوم به روش کلریمتریک در محیط آزمایشگاه اندازه‌گیری شد (۱۵).

به‌منظور اندازه‌گیری محتوی رطوبت خاک به روش توزین (۱۵) و مشخصه‌های میکروبیولوژی، نمونه‌های تازه خاک مورد استفاده قرار گرفت. میزان گاز متصاعد شده به روش بطری بسته سنجش شد. بدین‌منظور، ۲۰ میلی‌لیتر محلول هیدروکسید سدیم به درون ظروف شیشه‌ای دارای درپوش ریخته و مقدار ۲۵-۲۰ گرم خاک مرطوب، داخل کیسه‌های نایلونی، در درون ظروف شیشه‌ای قرار داده شد. در قسمت بالای کیسه، منافذ ریز ایجاد و در کنار محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱ مولار به‌مدت ۲٤ ساعت در دمای ۲۵ درجه انکوباسیون گردید. برای تهیه نمونه شاهد، همان روش بدون خاک اجرا شد. پس از پایان انکوباسیون، مقدار ۲ سی‌سی کلرید باریم نیم مولار به نمونه‌ها اضافه و ٤-۳ قطره محلول شناساگر افزوده شد و با اسید کلریدریک ۰/۱ مولار تیتر شدند و در نهایت میزان گاز متصاعد شده از خاک محاسبه گردید

(۲). به‌منظور اندازه‌گیری زیتوده میکروبی کربن، به روش تدخین- استخراج، ابتدا خاک مرطوب با کلروفرم به‌مدت ٢٤ ساعت در درون دسیکاتور تدخین شد. سپس خاک تدخین شده، با محلول عصاره‌گیر سولفات پتاسیم نیم مولار (۲۰ میلی‌لیتر) به‌مدت ۳۰ دقیقه شیک و عصاره‌گیری شد. همین کار با خاک شاهد (تدخین نشده) هم انجام شد. مقدار ٤ میلی‌لیتر از عصاره استخراج شده برداشته و به درون لوله‌های هضم انتقال داده شد. سپس مقدار ۲ میلی‌لیتر پتاسیم دی‌کرومات و ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ به این محلول اضافه شد. پس از آن ۳ قطره (۰/۳ میلی‌لیتر) از محلول شناساگر اضافه شد و در نهایت با استفاده از فرو آمونیوم سولفات، تیتراسیون نمونه‌ها صورت گرفت. با توجه به تفاوت کربن آلی استخراج شده از خاک نمونه‌ها (تدخین‌شده) و خاک شاهد (تدخین‌نشده) مقدار زیتوده میکروبی کربن خاک محاسبه شد (۲). جهت اندازه‌گیری زیتوده میکروبی نیتروژن خاک، به روش تدخین- استخراج، نمونه‌های خاک پس از تدخین با کلروفرم، با محلول سولفات پتاسیم عصاره‌گیری و عصاره‌ها تا موقع اندازه‌گیری در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. در نهایت مقدار زیتوده میکروبی نیتروژن به روش ایندوفنل اندازه‌گیری شد (۲). به‌منظور بررسی تغییرات جریان گاز دی‌اکسیدکربن متصاعدشده در شرایط رطوبتی و دمایی متفاوت خاک، میزان ۵۰ گرم از هر یک از نمونه‌ها در تیمارهای رطوبتی (خاک محتوی رطوبت ظرفیت مزرعه، خاک خشک شده و خاک اشباع‌شده) و دمایی (دمای ۱۰ درجه و ۲۰ درجه سانتی‌گراد) مختلف مدنظر قرار گرفته و میزان گاز متصاعدشده اندازه‌گیری شد. جریان گازی بر مبنای نسبت خطی تغییرات غلظت آن‌ها در طول زمان‌های مختلف محاسبه شد (۱۰).

تجزیه و تحلیل داده‌ها: داده‌های جمع‌آوری‌شده در نرم‌افزار اکسل به‌عنوان بانک اطلاعات ذخیره شد. سپس به‌منظور تجزیه و تحلیل و همچنین مقایسه داده‌ها، ابتدا نرمالیته آن‌ها با آزمون کولموگروف اسمیرنوف و همگنی واریانس با آزمون لون تست گردید. به‌منظور بررسی تفاوت یا عدم تفاوت مقادیر مشخصه‌های مختلف خاک و لاشبرگ در ارتباط با توده‌های جنگل‌کاری‌شده، از تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده شد. آزمون دانکن نیز به‌منظور مقایسه چندگانه میانگین به‌کار گرفته شد. به‌منظور بررسی ارتباط بین شاخص‌های میکروبیولوژی و مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاک و لاشبرگ همبستگی پیرسون استفاده گردید. همه تجزیه و تحلیل‌های آماری در بسته نرم‌افزاری SPSS نسخه ١٦ انجام پذیرفت.

نتایج

مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاک و لاشبرگ: تجزیه واریانس مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاک بیانگر آنست که بیش‌ترین مقادیر سیلت، رس، رطوبت، نیتروژن کل، نیترات و آمونیوم در توده جنگلی اقاقیا مشاهده شد و تفاوت‌های آماری معنی‌داری را با سایر توده‌های جنگلی مورد مطالعه نشان دادند (جدول ۱). بیش‌ترین مقادیر pH خاک نیز به توده جنگلی زبان گنجشک اختصاص داشته و بیش‌ترین مقادیر کربن آلی و نسبت کربن به نیتروژن خاک در توده سرو نقره‌ای مشاهده شد (جدول ۲). اراضی بایر نیز بیش‌ترین مقادیر جرم مخصوص ظاهری و شن را شامل شده‌اند و تفاوت آماری معنی‌داری را با توده‌های جنگل‌کاری‌شده نشان دادند (جدول ۲). تجزیه واریانس مشخصه‌های شیمیایی لاشبرگ نیز بیانگر آنست که بیش‌ترین مقادیر نیتروژن لاشبرگ به توده جنگلی اقاقیا اختصاص داشته در حالی‌که بیش‌ترین مقادیر نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ در توده جنگلی سرو نقره‌ای مشاهده شد. میزان کربن لاشبرگ در بین توده‌های جنگلی مورد مطالعه تفاوت آماری معنی‌داری را نشان نداد (جدول‌های ۱ و ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و لاشبرگ در توده‌های جنگلی مورد مطالعه.

Table 1. ANOVA for physical and chemical properties of soil and litter in studied forest stands.

مشخصه / منبع تغییرات (Character / variable sources)		مجموع مربعات (Sum of squares)	درجه آزادی (DF)	میانگین مربعات (Mean of squares)	مقدار F (F-value)	میزان معنی‌داری (Sig.)
جرم مخصوص ظاهری (Bulk density)	بین گروه‌ها (Between groups)	1.052	4	0.263	18.443	0.000
	درون گروه‌ها (Within groups)	1.069	75	0.014		
	کل (Total)	2.121	70			
شن (Sand)	بین گروه‌ها (Between groups)	4519.364	4	1129.841	65.729	0.000
	درون گروه‌ها (Within groups)	1289.206	75	17.189		
	کل (Total)	5808.570	70			
سیلت (Silt)	بین گروه‌ها (Between groups)	1189.784	4	297.446	30.220	0.000
	درون گروه‌ها (Within groups)	738.201	75	9.843		
	کل (Total)	1927.985	70			
رس (Clay)	بین گروه‌ها (Between groups)	1075.489	4	268.872	11.200	0.000
	درون گروه‌ها (Within groups)	1800.447	75	24.006		
	کل (Total)	2875.936	70			
رطوبت (content Water)	بین گروه‌ها (Between groups)	1457.453	4	364.363	7.686	0.000
	درون گروه‌ها (Within groups)	3555.337	75	47.404		
	کل (Total)	5012.790	70			
pH	بین گروه‌ها (Between groups)	22.764	4	5.691	15.091	0.000
	درون گروه‌ها (Within groups)	28.284	75	0.377		
	کل (Total)	51.048	70			
کربن آلی (carbon Organic)	بین گروه‌ها (Between groups)	45.467	4	11.367	19.760	0.000
	درون گروه‌ها (Within groups)	43.142	75	0.575		
	کل (Total)	88.609	70			

ادامه جدول ۱-

Continue Table 1.

مشخصه / منبع تغییرات (Character / variable sources)		مجموع مربعات (Sum of squares)	درجه آزادی (DF)	میانگین مربعات (Mean of squares)	مقدار F (F-value)	میزان معنی‌داری (Sig.)
نیتروژن کل (Total nitrogen)	بین گروه‌ها (Between groups)	0.242	4	0.060	20.503	0.000
	درون گروه‌ها (Within groups)	0.221	75	0.003		
	کل (Total)	0.463	70			
نسبت کربن به نیتروژن خاک (Soil C/N ratio)	بین گروه‌ها (Between groups)	6683.893	4	1670.973	11.775	0.000
	درون گروه‌ها (Within groups)	10642.850	75	141.905		
	کل (Total)	17326.473	70			
نیترات (Nitrate)	بین گروه‌ها (Between groups)	5517.406	4	1379.352	123.967	0.000
	درون گروه‌ها (Within groups)	834.508	75	11.127		
	کل (Total)	6351.914	70			
آمونیوم (Ammonium)	بین گروه‌ها (Between groups)	950.926	4	162.731	16.177	0.000
	درون گروه‌ها (Within groups)	754.475	75	10.060		
	کل (Total)	1405.401	70			
کربن لاشبرگ (Litter carbon)	بین گروه‌ها (Between groups)	264.960	3	88.320	1.861	0.146
	درون گروه‌ها (Within groups)	2847.463	60	47.458		
	کل (Total)	3112.423	63			
نیتروژن لاشبرگ (Litter nitrogen)	بین گروه‌ها (Between groups)	16.540	3	5.513	148.194	0.000
	درون گروه‌ها (Within groups)	2.232	60	0.037		
	کل (Total)	18.772	63			
نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ (Litter C/N ratio)	بین گروه‌ها (Between groups)	6499.821	3	2166.607	50.366	0.000
	درون گروه‌ها (Within groups)	2581.030	60	43.017		
	کل (Total)	9080.851	63			

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های (اشتباه معیار) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و لاشبرگ در توده‌های جنگلی مورد مطالعه.

Table 2. Comparison of the means (standard error) physical and chemical properties of soil and litter in studied forest stands.

اراضی بایر Bare lands	کاج تهران *Pinus elderic*	سرو نقره ای *Cupressus arizonica*	زبان گنجشک *Fraxinus excelsior*	اقاقیا *Robinia pseudoacacia*	مشخصه خاک و لاشبرگ Soil and litter character
1.43 (0.04) a	1.22 (0.03)b	1.22 (0.03) bc	1.18 (0.03) c	1.13 (0.00) c	جرم مخصوص ظاهری (Bulk density) (gr/cm^3)
47.65 (0.77)a	43.72 (0.31)b	37.64 (0.84)c	32.76 (1.90)d	26.62 (0.58)e	شن (٪) (Sand) (%)
29.18 (0.60)d	31.17 (0.22)d	34.19 (0.57)c	37.12 (0.98)b	39.82 (1.16)a	سیلت (٪) (Silt) (%)
23.16 (0.85)d	25.10 (0.37)cd	28.16 (1.16) bc	30.11 (1.79)ab	33.55 (1.43)a	رس (٪) (Clay) (%)
8.91 (0.45)b	11.74 (1.34)b	12.50 (0.87)b	17.41 (1.90)a	20.82 (2.89)a	رطوبت (٪) (Moisture) (%)
5.69 (0.13)c	6.92 (0.11)a	6.43 (0.15)b	7.14 (0.18)a	7.03 (0.16)a	pH
0.84 (0.05)c	2.80 (0.12)a	2.91 (0.14)a	1.91 (0.31)b	2.41 (0.19)ab	کربن آلی (٪) (Organic carbon) (%)
0.09 (0.00)c	0.13 (0.01)bc	0.10 (0.01)c	0.16 (0.01)b	0.24 (0.01)a	نیتروژن کل (٪) (Total nitrogen) (%)
11.03 (2.06)c	25.11 (3.36)b	33.96 (4.47)a	13.59 (2.50)c	11.04 (1.55)c	نسبت کربن به نیتروژن C/N ratio
6.98 (0.51)d	18.02 (1.00)c	16.43 (0.87)c	26.61 (0.76)b	30.74 (0.92)a	نیترات (ppm) Nitrate (ppm)
8.00 (0.63)d	11.50 (0.83)c	10.41 (0.81)c	13.86 (0.76)b	16.28 (0.88)a	آمونیوم (ppm) Ammonium (ppm)
-	30.03 (0.67)	33.99 (1.25)	28.41 (1.34)	31.09 (2.83)	کربن لاشبرگ (٪) (Litter carbon) (%)
-	0.98 (0.00)c	0.82 (0.02)d	1.25 (0.08)b	2.14 (0.03)a	نیتروژن لاشبرگ (٪) (Litter nitrogen) (%)
-	30.59 (0.76)b	42.10 (2.49)a	23.67 (1.53)c	14.50 (1.26)d	نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ (Litter C/N)

حروف انگلیسی به‌کار گرفته شده در هر ردیف بیانگر متفاوت بودن میانگین متغیرها در توده‌های جنگلی مورد بررسی می‌باشد.

The English letters in each row are indicating of significant statistical differences between mean variables in related to studied forest stands.

مشخصه‌های میکروبیولوژی خاک: تجزیه واریانس مشخصه‌های میکروبیولوژی خاک بیانگر آنست که بیش‌ترین مقادیر هر یک از مشخصه‌های میزان دی‌اکسیدکربن متصاعد شده از خاک، زیتوده‌های میکروبی کربن و نیتروژن در توده جنگلی اقاقیا مشاهده شد و تفاوت‌های آماری معنی‌داری را با سایر توده‌های جنگلی مورد مطالعه به نمایش گذاشته‌اند (جدول‌های ۳ و ٤). نتایج همبستگی بین شاخص‌های میکروبیولوژی و مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاک و لاشبرگ بیانگر آنست که بین میزان دی‌اکسیدکربن متصاعد شده از خاک با مشخصه‌های شن و نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ همبستگی منفی معنی‌دار و

با مشخصه‌های رس، نیتروژن کل، نیترات و نیتروژن لاشبرگ همبستگی مثبت معنی‌دار وجود دارد (جدول ۵). زیتوده میکروبی کربن نیز همبستگی منفی معنی‌دار با مشخصه‌های شن و نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ و همبستگی مثبت معنی‌دار با مشخصه‌های سیلت، رس، نیترات، آمونیوم و نیتروژن لاشبرگ نشان داد (جدول ۵). همچنین پارامتر زیتوده میکروبی نیتروژن همبستگی منفی معنی‌دار با مشخصه‌های نسبت کربن به نیتروژن خاک و لاشبرگ به نمایش گذاشته است در حالی‌که مشخصه مذکور با مشخصه‌های رطوبت، نیتروژن کل، نیترات، آمونیوم و نیتروژن لاشبرگ همبستگی مثبت معنی‌دار نشان داده است (جدول ۵).

بررسی تغییرات جریان گاز دی‌اکسیدکربن متصاعد شده از خاک در شرایط رطوبتی و دمایی مختلف بیانگر آنست که در همه عرصه‌های مورد مطالعه بیش‌ترین میزان گاز دی‌اکسیدکربن متصاعد شده در شرایط رطوبت ظرفیت مزرعه ایجاد می‌شود و با خشک و یا اشباع شدن خاک میزان تولید و جریان گاز دی‌اکسیدکربن خاک کاهش می‌یابد (شکل ۲). همچنین شرایط دمایی نیز بر تغییرپذیری میزان گاز متصاعد شده بسیار تأثیرگذار بوده به‌طوری‌که با افزایش دما از ۱۰ به ۲۰ درجه سانتی‌گراد میزان گاز دی‌اکسیدکربن تولیدی افزایش می‌یابد (شکل ۲).

جدول ۳- تجزیه واریانس مشخصه‌های میکروبیولوژی خاک در توده‌های جنگلی مورد مطالعه.

Table 3. ANOVA for soil microbiological indices in studied forest stands.

مشخصه / منبع تغییرات (Character / variable sources)		مجموع مربعات (Sum of squares)	درجه آزادی (DF)	میانگین مربعات (Mean of squares)	مقدار F (F-value)	میزان معنی‌داری (Sig.)
دی‌اکسیدکربن متصاعد شده (Emission CO_2)	بین گروه‌ها (Between groups)	3.668	4	0.917	16.959	0.000
	درون گروه‌ها (Within groups)	4.055	75	0.054		
	کل (Total)	7.722	70			
زیتوده میکربی کربن Microbial biomass carbon (MBC)	بین گروه‌ها (Between groups)	633319.289	4	158329.822	20.197	0.000
	درون گروه‌ها (Within groups)	587952.689	75	7839.369		
	کل (Total)	1221271.978	70			
زیتوده میکربی نیتروژن Microbial biomass nitrogen (MBN)	بین گروه‌ها (Between groups)	0.078	4	0.020	9.407	0.000
	درون گروه‌ها (Within groups)	0.156	75	0.002		
	کل (Total)	0.234	70			

جدول ٤- مقایسه میانگین‌های (اشتباه معیار) مشخصه‌های میکروبیولوژی خاک در توده‌های جنگلی مورد مطالعه.

Table 4. Comparison of the means (standard error) of soil microbiological indices in studied forest stands.

اراضی بایر Bare lands	کاج تهران *Pinus elderic*	سرو نقره‌ای *Cupressus arizonica*	زبان گنجشک *Fraxinus excelsior*	اقاقیا *Robinia pseudoacacia*	مشخصه خاک Soil Character
0.37 (0.03)d	0.67 (0.08)c	0.78 (0.07)bc	0.88 (0.04)ab	1.00 (0.02)a	دی‌اکسیدکربن متصاعد شده (Emission CO2)
251.90 (12.13)d	344.22 (11.16)c	404.70 (18.80)bc	451.27 (26.73)ab	510.31 (33.30)a	زیتوده میکربی کربن Microbial biomass carbon (MBC)
0.04 (0.00)c	0.06 (0.01)bc	0.08 (0.00)b	0.10 (0.01)b	0.13 (0.01)a	زیتوده میکربی نیتروژن Microbial biomass nitrogen (MBN)

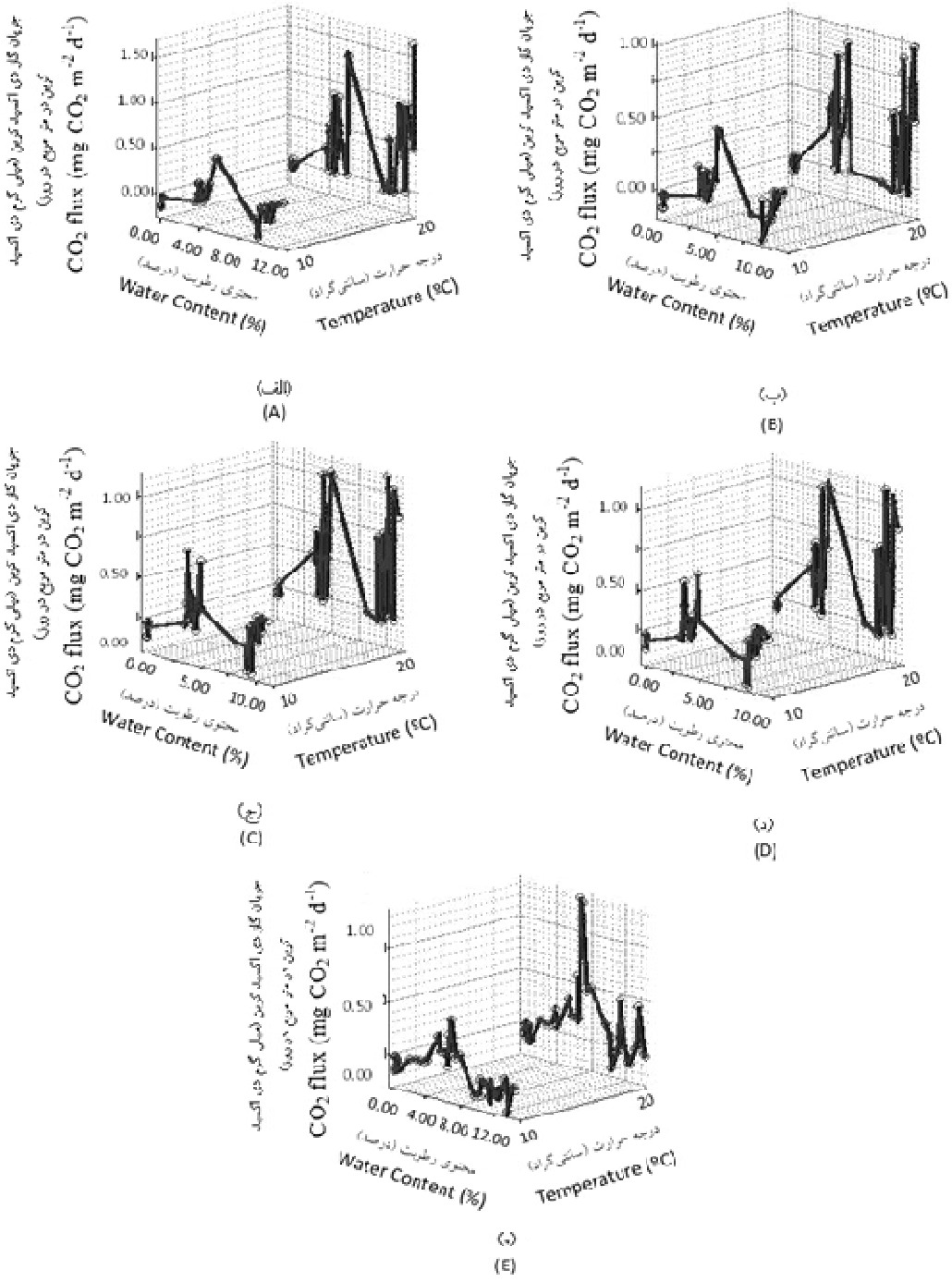
حروف انگلیسی به‌کار گرفته شده در هر ردیف بیانگر متفاوت بودن میانگین متغیرها در توده‌های جنگلی مورد بررسی می‌باشد.

The English letters In each row are indicating of significant statistical differences between mean variables in related to studied forest stands.

جدول ٥- همبستگی پیرسون بین شاخص‌های میکروبیولوژی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و لاشبرگ.

Table 5. Pearson correlation between microbiological indices and physical and chemical properties of soil and litter.

نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ (Litter C/N)	نیتروژن لاشبرگ Litter) (nitrogen	کربن لاشبرگ Litter) (carbon	آمونیوم (Ammonium)	نیترات (Nitrate)	نسبت کربن به نیتروژن C/N ratio	نیتروژن کل Total) (nitrogen	کربن آلی Organic) (carbon	pH	رطوبت (Moisture)	رس (Clay)	سیلت (Silt)	شن (Sand)	جرم مخصوص ظاهری (Bulk density) (gr/cm^3)		مشخصه‌ها Characters
-0.313	0.376	-0.093	0.178	0.286	-0.219	0.295	-0.006	0.012	0.184	0.379	0.203	-0.416	-0.209	همبستگی correlation	دی‌اکسیدکربن متصاعد شده (Emission CO_2)
0.012	0.002	0.463	0.159	0.022	0.083	0.018	0.961	0.928	0.146	0.002	0.109	0.001	0.098	معنی‌داری significant	
-0.293	0.444	0.019	0.279	0.478	-0.184	0.222	-0.130	0.049	0.195	0.300	0.469	-0.514	-0.235	همبستگی correlation	زیتوده میکربی کربن Microbial biomass carbon (MBC)
0.019	0.000	0.880	0.025	0.000	0.146	0.078	0.307	0.701	0.122	0.016	0.000	0.000	0.061	معنی‌داری significant	
-0.309	0.451	0.181	0.276	0.306	-0.296	0.433	-0.188	0.178	0.277	0.128	0.142	-0.184	-0.053	همبستگی correlation	زیتوده میکربی نیتروژن Microbial biomass nitrogen (MBN)
0.013	0.000	0.152	0.027	0.014	0.017	0.000	0.137	0.160	0.027	0.315	0.264	0.145	0.680	معنی‌داری significant	



شکل ۲- تغییرپذیری جریان گاز دی‌اکسیدکربن متصاعد شده از خاک توده‌های جنگلی اقاقیا (الف)، زبان گنجشک (ب)، کاج تهران (ج)، سرو نقره‌ای (د) و اراضی بایر (ه) در شرایط رطوبتی و دمایی مختلف.

Figure 2. The variability of CO_2 emission flux from soil in Robinia pseudoacacia (a), Fraxinus excelsior (b), Cupressus arizonica (c) and Pinus elderica (d) stands under different water content and temperature condition.

بحث و نتیجه‌گیری

جنگل‌کاری‌ها می‌توانند به‌عنوان یک استراتژی مدیریتی برای احیای اراضی تخریب‌یافته و بهبود شاخص‌های کیفی خاک مورد توجه قرار گیرند (۳۳، ٤۱ و ٤۹). نتایج بیانگر آنست که پوشش‌های مختلف (پهن‌برگ و سوزنی‌برگ)، اثرات متفاوتی بر روی مشخصه‌های خاک می‌گذارند. جنگل‌کاری، به‌ویژه با گونه‌های پهن برگ، منجر به افزایش مشخصه‌های حاصل‌خیزی خاک نسبت به اراضی بدون پوشش (بایر) شده است. این تغییرات ممکن است در نتیجه تأثیر لاشبرگ درختان (به‌عنوان منبع غذایی در خاک) و یا تأثیر درختان بر روی مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاک (اثر غیرمستقیم) باشد که نهایتاً منجر به تغییرپذیری خصوصیات خاک شده‌اند (۲۳ و ۲۷). گونه‌های پهن‌برگ با تجزیه لاشبرگ آن توسط عوامل تجزیه‌کننده، منابع غنی از عناصر غذایی را در داخل خاک ایجاد می‌کنند، در حالی‌که گونه‌های سوزنی‌برگ به‌دلیل داشتن مقادیر بالای تانن در برگ‌های خود حاوی عناصر غذایی کم‌تری نسبت به پهن‌برگان می‌باشند (۲۱). بر همین اساس گونه‌های اقاقیا و زبان‌گنجشک (پهن‌برگان) از نظر مشخصه‌های حاصل‌خیزی خاک غنی‌تر از توده‌های سرو نقره‌ای و کاج تهران بوده‌اند. مشخصه‌های مختلف فیزیکوشیمیایی خاک نیز در حفظ و نگهداشت عناصر غذایی بی‌تأثیر نبوده به‌طوری‌که رویشگاه اقاقیا و زبان گنجشک مطابق با نتایج به‌دست آمده، مقادیر بالایی از درصد رس و سیلت را شامل شده ضمن این‌که حاوی مقادیر پایین‌تری از کربن آلی بوده و همچنین خاک با pH بالاتری داشته‌اند. کوچکی و همکاران (۱۹۹۷) و دوات‌گر و همکاران (۲۰۰٦) در پژوهش خود عنوان نمودند که رس‌ها نقش بسیار مهمی در عرضه عناصر غذایی دارند زیرا مکان‌هایی را برای جذب سطحی تولید می‌کنند (۹ و ۲۸). کانی‌های رس با داشتن بار منفی کاتیون‌های غذایی را جذب می‌کنند (۲۸). رویشگاه اقاقیا و زبان‌گنجشک دارای محتوی رس بالاتری نسبت به دیگر رویشگاه‌ها بوده بنابراین دارای جذب سطحی بیش‌تری برای عناصر غذایی بوده است. با افزایش درصد شن به‌دلیل عواملی مانند کم بودن مکان‌های تبادلی در این جزء معدنی، بزرگ بودن منافذ و زهکشی خوب، آبشویی عناصر غذایی موجود بیش‌تر شده و از غلظت آن‌ها کاسته می‌شود که چنین حالتی در اراضی بایر و رویشگاه کاج تهران و سرو نقره‌ای قابل مشاهده است (۱۸).

pH خاک نیز می‌تواند یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در حفظ و نگهداشت عناصر غذایی خاک مورد توجه قرار گیرد. به‌طوری‌که اسیدیته خاک باعث افزایش قابلیت حل شدن آهن و آلومنیوم شده و در نتیجه باعث جدا شدن کاتیون‌های پایه از کمپلکس‌های تبادلی می‌گردد. نهایتاً کاتیون‌های جدا شده در اثر آبشویی از افق‌های بالاتر به افق‌های پایین‌تر رانده می‌شوند (٤۸). اسیدی‌تر بودن خاک در اراضی بایر و رویشگاه‌های کاج تهران و سرو نقره‌ای شرایط و بستر نامناسبی را برای حفظ و ذخیره عناصر غذایی موجود ایجاد کرده بنابراین کم‌ترین مشخصه‌های عناصر غذایی را نیز به خود اختصاص داده است. به‌طورکلی ساریلدیز و اندرسون (۲۰۰۳) در پژوهش‌های متعددی بیان داشته‌اند که در خاک‌های اسیدی مقادیر عناصر غذایی کم، غلظت‌های لگنین و همچنین غلظت‌های ترکیبی لگنین و سلولز بسیار بالاست که چنین حالتی در اراضی بایر و رویشگاه گونه‌های سوزنی‌برگ قابل مشاهده می‌باشد (٤٦). پترسن و هگ‌بم (۲۰۰٤) بیان داشته‌اند که مشخصه‌های کیفی خاک یکی از مهم‌ترین عوامل مورد بررسی در ارزیابی مدیریت خاک و پایداری قلمرو زیستی به حساب آمده (۳۹) و در این میان بر مشخصه‌های تنفس میکروبی (تصاعد گاز دی‌اکسیدکربن)، زیتوده میکروبی

کربن و نیتروژن تأکید شده است (۱۹). در تفسیر نتایج ارزیابی مشخصه‌های خاک، غالباً تنفس میکروبی بیش‌تر را معرف خاک با کیفیت بالا می‌دانند، زیرا هر چقدر تنفس میکروبی بیش‌تر باشد فعالیت بالقوه میکروبی بیش‌تر خواهد بود (۵۵). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که جنگل‌کاری اراضی بایر منجر به افزایش میزان تنفس میکروبی خاک شده است. این نتایج با مطالعه سگر و همکاران (۲۰۰۱) مشابه است (٤٥). مطالعه خرمعلی و شمسی (۲۰۰۹) نشان داد که تنفس میکروبی خاک در اراضی لخت و بایر به‌طور معنی‌دار کم‌تر از رویشگاه‌های جنگل‌کاری شده است (۲۰). نتایج بررسی ناهیدان و نوربخش (۲۰۰۹) نیز نشان داد که با تخریب جنگل و لخت شدن عرصه، میزان تنفس میکروبی خاک به‌طور معنی‌دار کاهش می‌یابد که نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌نماید (۳٤).

استرس رطوبتی از عوامل دیگری است که تنفس میکروبی خاک را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۵۱). بالا بودن میزان رس در پوشش‌های اراضی پهن‌برگ منجر به نگهداشت بیش‌تر رطوبت خاک در این اکوسیستم شده، بنابراین مقادیر رطوبت خاک در این رویشگاه‌ها نسبت به رویشگاه‌های سوزنی‌برگ و اراضی بایر بیش‌تر می‌باشد که همین موضوع منجر به فعالیت بیش‌تر میکروارگانیسم‌ها در اکوسیستم جنگلی شده و مقادیر تنفس میکروبی خاک را افزایش داده است. مطابق با نتایج بنماتی و همکاران (۱۹۸۵) خشک شدن و غرقاب شدن خاک باعث از بین رفتن مقادیر زیادی از زیتوده میکروبی شده و میزان تنفس خاک را کاهش می‌دهد (۷). در پژوهش حاضر نیز کم‌ترین میزان تنفس میکروبی درشرایط خاک کاملاً خشک و خاک غرقاب شده مشاهده گردید. مطابق با پژوهش پنگ و توماس (۲۰۰٦)، در شرایط رطوبت بسیار بالا، جریان دی‌اکسیدکربن خاک به‌علت محدودیت انتشار اکسیژن و اثرات هیپوکسی در کاهش میزان تنفس اثرگذار است (۳۸). مطابق با پژوهش کوچ (۲۰۱۲)، افزایش درجه حرارت خاک منجر به تحریک بیش‌تر میکروب‌های خاک شده و تصاعد دی‌اکسیدکربن خاک را افزایش می‌دهد که در پژوهش حاضر نیز در تمامی رویشگاه‌های مورد مطالعه (پوشش‌های مختلف اراضی) قابل ملاحظه می‌باشد (۲۲). تفاوت در ترکیب مواد آلی ورودی به خاک در توده‌های سوزنی‌برگ (لیگنین، سلولز و پلی‌فنل) و تجزیه کند لاشبرگ در این رویشگاه نیز باعث کاهش فعالیت‌های میکروبی خاک نسبت به سایر توده‌های پهن‌برگ شده است (۲۳). کیفیت لاشبرگ یکی از پارامترهای بسیار مؤثر بر میزان فعالیت میکروبی خاک گزارش شده است و با افزایش نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ از میزان فعالیت میکروب‌ها در خاک کاسته می‌شود (۲۲). در پژوهش حاضر نیز بین مشخصه نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ و تنفس میکروبی رابطه معکوس مشاهده شد. بر همین اساس توده‌های پهن‌برگ با داشتن نسبت کربن به نیتروژن کم‌تر دارای تنفس میکروبی بالاتری بوده‌اند.

زیتوده میکروبی کربن خاک نیز به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای زیستی کیفیت خاک به‌شمار می‌رود که تحت‌تأثیر فعالیت‌های مختلف تغییرات شدیدی را نشان می‌دهد. در مطالعه حاضر نیز جنگل‌کاری اراضی بایر منجر به افزایش این مشخصه از کیفیت خاک گردیده است. مطابق با نتایج فروغی‌فر و همکاران (۲۰۱۱)، در خاک‌های محتوی رس بیش‌تر و pH قلیایی‌تر میزان زیتوده میکروبی کربن بیش‌تر است که در پژوهش حاضر این شرایط در پوشش اراضی جنگلی پهن‌برگ مشاهده گردید بنابراین بالاترین مقادیر زیتوده میکروبی را نیز شامل شده است (۱۳). در پژوهشی، رئیسی و اسدی (۲۰۰٦) بیان نمودند که تخریب جنگل و ایجاد اراضی بایر و

خالی از پوشش می‌تواند از طریق کاهش ورود بقایای گیاهی به سطح خاک باعث کاهش فعالیت میکروبی و زیتوده میکروبی کربن در خاک شود (٤۲). مطابق با یافته‌های اسلام و ویل (۲۰۰۰)، ایجاد پوشش گیاهی در اراضی لخت و خالی از پوشش موجب افزایش چشمگیر در کربن توده میکروبی گردید، که این یافته با نتایج این پژوهش همخوانی دارد (۱۷). همچنین، رطوبت خاک به‌طور مستقیم بر وضعیت فیزیولوژی باکتری‌ها تأثیر دارد، زیرا دسترسی به آب، دسترسی به مواد آلی را نیز تنظیم می‌کند که به نوبه خود بر جمعیت میکروبی خاک اثرگذار است. رطوبت خاک با تأثیر بر مقدار ترشحات ریشه به‌طور غیرمستقیم نیز بر ترکیب جامعه میکروبی خاک مؤثر است (۸) بنابراین با توجه به بیش‌تر بودن مقادیر رطوبت خاک در رویشگاه‌های جنگل‌کاری شده (به‌خصوص پهن‌برگان)، محتوی رطوبت نیز می‌تواند به‌عنوان یکی از پارامترهای بسیار مؤثر بر میزان زیتوده میکروبی خاک در این کاربری قلمداد گردد (٤). مطابق با پژوهش یاداوا (۲۰۱۲)، تغییر نوع پوشش اراضی در بلندمدت منجربه تغییرپذیری اجزای تشکیل‌دهنده بافت خاک می‌گردد که بر میزان زیتوده میکروبی کربن خاک نیز اثرگذار خواهد بود. در پژوهش حاضر نیز تغییرپذیری اجزای بافت خاک تحت پوشش‌های اراضی مختلف می‌تواند بر میزان زیتوده میکروبی کربن خاک اثرگذار بوده باشد (٥٦).

بررسی میزان زیتوده میکروبی نیتروژن نیز بیانگر آنست که تغییر نوع پوشش اراضی منجر به تغییرپذیری میزان زیتوده میکروبی نیتروژن شده است. در همین رابطه نوربخش و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که میزان زیتوده میکروبی نیتروژن به نیتروژن کل خاک وابسته بوده و ارتباط مثبت معنی‌داری وجود دارد (۳٥). بنابراین علت افزایش زیتوده میکروبی نیتروژن در رویشگاه‌های جنگل‌کاری‌شده، به‌خصوص پهن‌برگان، نسبت به اراضی بایر به‌علت تجمع نیتروژن بیش‌تر در داخل خاک این رویشگاه‌ها می‌باشد. این نتیجه با مطالعه پژوهشگران مختلف نرتن و همکاران (۲۰۰۳)، یوآن و همکاران (۲۰۰۸)، یانگ و همکاران (۲۰۱۰) و زایا و همکاران (۲۰۱۲) همخوانی دارد (۳٦، ٥۷، ٥۹ و ٦۰). سودایی‌مشاعی و همکاران (۱۳۸٦) و لطفی و همکاران (۱۳۸٦) در پژوهش خود نشان دادند که افزایش رطوبت خاک منجر به افزایش زیتوده میکروبی نیتروژن خواهند شد که این شرایط در رویشگاه‌های تحت اراضی پوشش جنگلی پژوهش حاضر نیز قابل مشاهده می‌باشند (۳۰ و ٥۰). از طرفی لطفی و همکاران (۱۳۸٦) عنوان نمودند که کم‌ترین مقدار زیتوده میکروبی نیتروژن مربوط به خاکی است که بخش سطحی آن به‌علت عدم وجود لایه فوقانی توسط فرسایش از بین رفته باشد (۳۰). چنین شرایطی در پژوهش حاضر در اراضی بایر و فاقد پوشش قابل مشاهده می‌باشد بنابراین دارای کم‌ترین مقدار زیتوده میکروبی نیتروژن می‌باشد. با توجه به افزایش روند تخریب در اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ایجاد پوشش‌های گیاهی مختلف (جنگل‌کاری با گونه‌های درختی پهن‌برگ و سوزنی‌برگ) روشی مناسب برای احیاء و بازسازی اکوسیستم‌های مخروبه و اراضی بایر است. در انتخاب گونه علاوه بر ملاحظات مربوط به کمیت و کیفیت رویش باید به تأثیر گونه در روند احیاء اکوسیستم نیز توجه گردد. تغییر نوع پوشش اراضی تخریب‌یافته، جنگل‌کاری با گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ، در منطقه مورد مطالعه باعث بهبود شاخص‌های حاصل‌خیزی، به‌خصوص شاخص‌های زیستی کیفیت خاک شد. بالاترین سطوح تنفس میکروبی، زیتوده میکروبی کربن و نیتروژن در رویشگاه‌های جنگل‌کاری‌شده پهن‌برگ و کم‌ترین مقادیر آن‌ها در اراضی بایر و فاقد پوشش مشاهده گردید. نتایج بیانگر آنست که تغییر کاربری اراضی و نابودی پوشش گیاهی اکوسیستم، باعث افت شدید

شاخص‌های مذکور در منطقه چیتگر شده است، بنابراین تغییر کاربری انجام یافته تهدیدی بر کیفیت و سلامت خاک در منطقه مورد مطالعه است که در مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی تخریب‌یافته باید به این موضوع توجه خاصی شود.

سپاسگزاری

به این وسیله از جناب آقای دکتر یحیی کوچ، استادیار گروه جنگلداری دانشگاه تربیت مدرس، به‌خاطر راهنمایی در تجزیه و تحلیل تغییرپذیری مشخصه‌های خاک سپاسگزاری می‌نمائیم.

منابع

1.Ahmadi Malakut, E., Soltani, A., and YarAli, N. 2011. A comparison between understory phytodiversity of a natural forest and forest plantations (Case study: Langerud – Guilan). Iran. J. For. 20: 157-167. (In Persian)
2.Aliasgharzade, N. 2010. Laboratory methods in soil biology. Tabriz Univ. Press, 522p. (In Persian)
3.Allen, D.E., Singh, B.P., and Dalal, R.C. 2011. Soil Health Indicators under Climate Change. A Review of Current Knowledge, 129p.
4.Andrews, S.S., Flora, C.B., Mitchell, J.P., and Karlen, D.L. 2003. Grower's perceptions and acceptance of soil quality indices. Geoderma. 114: 187-213.
5.Ansari, N., and Seiyed Akhlaghi, S.J. 2009. Comparison of the opinion of rangeland user and expert about factors influencing natural resources degradation in Iran. Rangeland. 3: 519-532. (In Persian)
6.Beheshti Al Agha, A., Raiesi, F., and Golchin, A. 2011. The effects of soil disturbance due to land use change of forest lands to cultivated lands on biological soil quality indices of forest ecosystems of Northern Iran. J. Agroecol. 3: 439-453. (In Persian)
7.Bonmati, M., Pajola, M., Sana, J., Soliva, M., Felipo, M.T., Gorau, M., Ceccanti, B., and Nannipieri, P. 1985. Chemical properties in sewage sludge amended soils. Plant and Soil. 84: 79-91.
8.Chen, M.M., Zhu, Y.G., Su, Y.H., Chen, B.D., Fu, B.J., and Marschner, P. 2006. Effects of soil moisture and plant interactions on the soil microbial community structure. Europ. J. Soil Biol. 43: 31-38.
9.Davatgar, N., Kavoosi, M., Alinia, M.H., and Paykan, M. 2006. Study of Potassiun Status and Effect of Physical and Chemical Properties of Soil on it in Paddy Soils of Guilan province. J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour. 4: 71-89. (In Persian)
10.Dowden, R.D., Newkirk, K.M., and Rullo, G.M. 1998. Carbon dioxide and methane fluxes by a forest soil under laboratory – controlled moisture and temperature conditions. Soil Biology and Biochemistry. 12: 1591-1597.
11.Fanin, N., and Bertrand, I. 2016. Aboveground litter quality is a better predictor than belowground microbial communities when estimating carbon mineralization along a land-use gradient. Soil Biology and Biochemistry. 94: 48-60.
12.Frazoa, L.A., Picolo, M.C., Feigle, B.J., Cerri, C.C., and Cerri, C.E. 2010. Inorganic nitrogen, microbial biomass and microbial activity of a sandy Brazilian Cerrado soil under different land uses. Agriculture, Ecosystems and Environment. 135: 161-167.
13.Froughifar, H., Jafarzadah, A.A., Torabi Gelsefidi, H., and Aliasgharzadah, N. 2011. Effect of Different Landforms on Spatial Variability and Frequency Distribution of Soil Biological Properties in Tabriz Plain. Water Soil Sci. J. 21: 1-18. (In Persian)
14.Gamboa, A.M., and Galicia, L. 2011. Differential influence of land use/cover change on topsoil carbon and microbial activity in low-latitude temperate forests. Agriculture, Ecosystems and Environment. 142: 280-290.
15.Ghazanshahi, J. 2006. Soil and plant analysis. Homa publication, 272p. (In Persian)

16.Gil-Sotres, F., Trasar-Cepeda, C., Leiros, M.C., and Seoane, S. 2005. Different approaches to evaluate soil quality using biochemical properties. Soil Biology and Biochemistry. 37: 877-887.
17.Islam, K.R., and Weil, R.R. 2000. Soil quality indicator properties in mid- Atlantic soils as influenced by conservation management. Soil and Water Conservation Journal. 55: 69-78.
18.Jalali, M., and Rowell, D.L. 1999. The effect of cation exchange capacity, source of calcium and rate of potassium application on the leaching of K in a sandy soil. P 307, In: A.E. Johnston and W. Maibaum (Eds.), Balanced Fertilization and Crop Response to Potassium. IPI, Basel, Switzerland.
19.Kara, O., and Bolat, I. 2007. The effect of different land uses on soil microbial biomass carbon and nitrogen in Barton province. Turk. J. Agric. For. 32: 281-288.
20.Khormali, F., and Shamsi, S. 2009. Micromorphology and quality attributes of the loess derived soils affected by land use change: a case study in Ghapan watershed, northern Iran. J. Moun. Sci. 6: 197-204.
21.Kiani, G. 2006. Evaluation of the nutritional status of Acer velutinum plantations based on leaf and soil nutrient decomposition. (Case study: Talu Kola region and District 2 of Emre forests located in Mazandaran province, North of Iran). M.Sc. Thesis, Mazandaran University, 71p. (In Persian)
22.Kooch, Y. 2012. Soil variability related to pit and mound, canopy cover and individual trees in a Hyrcanian Oriental Beech stand. Ph.D. Thesis, Tarbiat Modares University, 203p. (In Persian)
23.Kooch, Y., and Zoghi, Z. 2014. Comparison of soil fertility of Acer insigne, Quercus castaneifolia and Pinus brutia stands in the Hyrcanian forests of Iran. Chine. J. Appl. Environ. Biol. 20: 899-905.
24.Kooch, Y., Hosseini, S.M., Samonil, P., and Hojjati, S.M. 2014. The effects of wind throw disturbances on biochemical and chemical soil properties in the Northern mountainous forests of Iran. Catena. 116: 142-148.
25.Kooch, Y., Hosseini, S.M., Scharenbroch, B.C., Hojjati, S.M., and Mohammadi, J. 2015. Pedodiversity analysis in the Caspian forests of Iran. Geoderma Regional. 5: 4-14.
26.Kooch, Y., Hosseini, S.M., Zaccone, C., Jalilvand, H., and Hojjati, S.M. 2012. Soil organic carbon sequestration as affected by afforestation: the Darab Kola forest (North of Iran) case study. J. Environ. Monitor. 14: 2438-2446.
27.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: 65-73.
28.Koochaki, A., Hosseini, S.M., and Khazaei, H. 1997. Soil Ecology. Ferdowsi University publication of Mashhad, 258p. (In Persian)
29.Lima, A.C., Brussaard, L., Totola, M.R., Hoogmoed, W.B., and de Goede, R.G. 2013. A functional evaluation of three indicator sets for assessing soil quality. Applied Soil Ecology. 64: 194-200.
30.Lotfi, Y., Nourbakhsh, F., and Afyoni, M. 2007. Potential of nitrogen mineralization in lime soil treatment with two different of organic fertilization. J. Agric. Natur. Resour. Sci. 42: 367-377.
31.Marzaioli, R., D'Ascoli, R., De Pascale, R.A., and Rutigliano, F.A. 2010. Soil quality in a Mediterranean area of Southern Italy as related to different land use types. Applied Soil Ecology. 44: 205-212.
32.Miletic, Z., Knezevic, M., Stajic, S., Kosanin, O., and Dordevic, I. 2012. Effect of European black Alder monocultures on the characteristics of reclaimed mine soil. Inter. J. Environ. Res. 6: 703-710.
33.Mo, Q., Li, Z., Zhu, W., Zou, B., Li, Y., Yu, S., Ding, Y., Chen, Y., Li, X., and Wang, F. 2016. Reforestation in southern China: revisiting soil N mineralization and nitrification after 8 years restoration. Scientific Reports 6.

34.Nahidan, S., and Noorbakhsh, F. 2009. The impact of management History of soil organic carbon on Btaglvkvzydaz enzyme sensitive to heavy metals. 11th Soil Science Congress of Iran. Gorgan Univ. (In Persian)
35.Norbakhsh, F., Moneral, C.M., Emtiazy, G., and Dinel, H. 2002. Asparagines activity in some soils of central Iran. Arid Land Management. 16: 377-384.
36.Norton, B.J., Sandor, J.A., and White, C.S. 2003. Hill slope soils and organic matter dynamics within Native American agro ecosystem of the Colorado Plateau. Soil Sci. Soc. Amer. J. 67: 225-234.
37.Nunes, J.S., Araujo, A.S.F., Nunes, L.A.P.L., Lima, L.M., Carneiro, R.F.V., Salviano, A.A.C., and Tsai, S.M. 2012. Impact of land degradation on soil microbial biomass and activity in Northeast Brazil. Pedosphere. 22: 88-95.
38.Peng, Y., and Thomas, S.C. 2006. Soil CO_2 efflux in uneven-aged managed forests: temporal patterns following harvest and effects of edaphic heterogeneity. Plant and Soil. 289: 253-264.
39.Pettersson, F., and Hogbom, L. 2004. Long-term growth effects following forest nitrogen fertilization in Pinus sylvestris and Picea abies stands in Sweden. Scandinavi. J. For. Res. 19: 339-347.
40.Poorzady, M., and Bakhtiari, F. 2009. Spatial and temporal changes of Hyrcanian forest in Iran. Ital. J. Bio Geosci. For. 2: 198-206.
41.Rafeie Jahed, R., Hosseini, S.M., and Kooch, Y. 2014. The effect of natural and planted forest stands on soil fertility in the Hyrcanian region, Iran. Biodiversitas. 15: 206-214.
42.Raiesi, F., and Asadi, E. 2006. Soil microbial activity and litter turnover in native grazed and ungrazed rangelands in a semiarid ecosystem. Biology and Fertility of Soils. 43: 76-82.
43.Resaneh, Y., Kahnamoei, M., and Salehi, P. 2001. Investigation of Quantitative and Qualitative of northern forests of Iran. Symposium of northern forests management of Iran and sustainable development. 1: 56-82.
44.Rostamabadi, A., Tabari, M., and Sayyad, E. 2013. Influence of Alnus subcordata, Populus deltoides and Taxodium distichum on poor drainage soil, northern Iran. Ecopersia. 1: 207-218.
45.Sagar, S., Hedley, C.B., and Salt, G.J. 2001. Soil microbial biomass, metabolic quotient and carbon and nitrogen mineralization in 25 year old Pinus radiata agroforestry regimes. Austr. J. Soil Res. 39: 491-504.
46.Sariyildiz, T., and Anderson, J.M. 2003. Interactions between litter quality, decomposition and soil fertility: a laboratory study. Soil Biology and Biochemistry. 35: 391-399.
47.Sayad, E. 2009. Nutrient return, status of soil macrofauna and biological evaluation of the impact of plantations of eight tree species on the soil on the Dez river floodplain . Ph.D. Thesis, Tarbiat Modares University, 97p. (In Persian)
48.Scahrenbroch, B.C., and Bockheim, J.G. 2007. Pedodiversity in an old – growth northern hardwood forest in the Huron Mountains, Upper Peninsula, Michigan. Can. J. For. Res. 37: 1106-1117.
49.Soleimany Rahimabady, M., Akbarinia, M., and Kooch, Y. 2015. The effect of land covers on soil quality properties in the Hyrcanian regions of Iran. J. Biosci. Biotechnol. 4: 73-79.
50.Soodaee Mashaee, S., Aliasgharzade, N., and Ostan, S. 2008. Kinetics of Nitrogen Mineralization in Soils Amended with Compost, Vermicompost and Cattle Manure. J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour. 11: 405-414. (In Persian)
51.Sparling, G.P., and Ross, D.J. 1988. Microbial contribution to the increased nitrogen mineralization after air drying of soils. Plant and Soil. 105: 163-167.
52.Tadesse, G., Zavaleta, E., Shennan, Carol, R., and Simmons, M.F. 2014. Prospects for forest-based ecosystem Services in forest-coffee mosaics as forest loss continues in southwestern Ethiopia. Applied Geography. 50: 144-151.
53.Varamesh, S. 2009. Comparision of carbon sequestration of broad-leaved and needle-leaved species in urban forest (Case study: Chitgar park of Tehran). M.Sc. Thesis, Tarbiat Modares University, 130p. (In Persian)

54. Wang, W., Wei, X., Liao, W., Blanco, J.A., Liu, Y., Zhang, L., and Guo, S. 2013. Evaluation of the effects afforests management strategies on carbon sequestration in evergreen broad-leaved (*Phoebe bournei*) plantation forests using FORECAST ecosystem model. Forest Ecology and Management. 300: 21-32.
55. Yadav, R.S., Yadav, B.L., Chipa, B.R., Dhyani, S.K., and Ram, M. 2010. Soil biological properties under different tree based traditional agroforestry systems in a semi - arid region of Rajasthan, India. Agroforestry System. 81: 195-202.
56. Yadava, 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. Inter. J. Environ. Sci. 2: 1380-1385.
57. Yang, K., Zhu, J., Zhang, M., Yan, Q., and Sun, O.J. 2010. Soil microbial biomass carbon and nitrogen in forest ecosystems of Northeast China: a comparison between natural secondary forest and larch plantation. J. Plant Ecol. 3: 175-182.
58. Yatso, K.N., and Lilleskov, E.A. 2016. Effects of tree leaf litter, deer fecal pellets and soil properties on growth of an introduced earthworm (*Lumbricus terrestris*): Implications for invasion dynamics. Soil Biol. Biochem. 94: 181-190.
59. Yuan, Z.Y., Chen, F.S., Zeng, D.H., Zhao, Q., and Chen, G.S. 2008. Soil inorganic nitrogen and microbial biomass carbon and nitrogen under pine plantations in Zhanggutai sandy soil. Pedosphere. 18: 775-784.
60. Zaia, F.C., Gama-Rodrigues, A.C., Gama-Rodrigues, E.F., Moço, M.K.S., Fontes, A.G., Machado, R.C.R., and Baligar, V.C. 2012. Carbon, nitrogen, organic phosphorus, microbial biomass and N mineralization in soils under cacao agroforestry systems in Bahia, Brazil. Agroforestry systems. 86: 197-212.
61. Zhang, C., Xue, S., Liu, G.B., and Song, Z.L. 2011. A comparison of soil qualities of different vegetation types in the Loess Plateau, China. Plant and Soil. 347: 163-178.
62. Zifcakova, L., Vetrovsky, T., Howe, A., and Barldrian, P. 2016. Microbial activity in forest soil reflects the changes in ecosystem properties between summer and winter. Environ. Microb. 18: 288-301.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 24(4), 2017
http://jwsc.gau.ac.ir

The effect of tree covers on soil microbiological indices and CO_2 emission

***K. Haghverdi**
Assistant Prof., Faculty of Agriculture and Natural Resources, Karaj Branch,
Islamic Azad University, Karaj, Iran
Received: 12/01/2016; Accepted: 09/24/2017

Abstract

Background and Objectives: Soil physical, chemical and biological properties can be considered as the most important features of soil quality indices related to land cover and also climate changes. Afforestation with native and non-native species were employed for rehabilitation of natural degraded lands. Usually due to the study of soil quality, some properties are regarded that are more sensitive to environmental changes. Soil biological and biochemical properties are the features that response to environmental changes and ecosystem management in the short term. Soil as the site bed is affected by selected species type. Regarding to species type and its effect on soil quality properties is as management algorithm that is due to quantity preserve and long term stability of afforested areas.

Materials and Methods: To aim studying the effect of different land covers (*Robinia pseudoacacia, Fraxinus excelsior, Cupressus arizonica* and *Pinus elderica*) on soil physical-chemical, microbiological and CO_2 emission characters, the present research was regraded in the Chitgar park. Sampling was done from the organic (litter) and mineral (0-20cm) layers using of the randomly systematic method. Litter quality properties (carbon and nitrogen), soil bulk density, texture, water content, pH, organic carbon, total nitrogen, nitrate, ammonium, carbon microbial biomass, nitrogen microbial biomass, CO_2 emission (and their fluxes in different temperature and moisture regime) measured in the laboratory.

Results: Results is indicating the afforested stands had significantly different effects on the whole of the physical-chemical properties of soil and litter (except carbon content). According to our findings, the highest amount of CO_2 emission (1 mg CO_2 m^{-2} d^{-1}), microbial biomass of carbon (510.31 mg kg^{-1}) and nitrogen (0.13 mg kg^{-1}) were belong to *Robinia pseudoacacia* stand. In addition, the maximum of CO_2 emission was occurred in field capacity moisture regime and higher temperature.

Conclusion: The change of degraded land covers, afforestation with needle leaved and broad leaved species, improved the fertility indices, especially biological indices of soil quality in the study area. The highest amount of microbial respiration, microbial biomass of carbon and nitrogen were found under afforested site with broadleaved species and the least amount were detected in bare land. The results are indicated that the land use change and destroying of ecosystem plant covers is due to a severe reduction of mentioned indices in Chitgar region. So, land use change is a treat for soil health and quality in study area that must be considered in management of degraded natural ecosystem.

Keywords: Afforestation, Broad-leaved, Needle-leaved, Microbial biomass, Soil features

* Corresponding Author; Email: katayoun.haghverdi@kiau.ac.ir