

تأثیر توسکای بیلاقی (*Alnus subcordata* C. A. Mey.)، بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) و زربین (*Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis* (Mill.) Gord.) بر مشخصه‌های لاشبرگ، خاک و تصاعد دی‌اکسید کربن

یحیی کوچ^{۱*} و محمد کاظم پارساپور^۲

*۱- نویسنده مسئول، استادیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. پست الکترونیک: yahya.kooch@modares.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۲/۲۳

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۹/۰۲

چکیده

پوشش‌های گیاهی مختلف اثرات متفاوتی بر لاشبرگ و خاک اکوسیستم‌ها دارند. پژوهش پیش‌رو با هدف بررسی تأثیر درختان توسکای بیلاقی (*Alnus subcordata* C. A. Mey.)، بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) و زربین (*Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis* (Mill.) Gord.) بر مشخصه‌های لاشبرگ، خاک و تصاعد دی‌اکسید کربن در محدوده طرح جنگل‌داری نیرنگ- خانیکان نوشهر انجام شد. نمونه‌برداری از لایه آلی (لاشبرگ) و معدنی (صفر تا ۱۵ سانتی‌متری) خاک به صورت منظم- تصادفی انجام شد. مشخصه‌های کیفی لاشبرگ (کربن و نیتروژن)، جرم مخصوص ظاهری، بافت، رطوبت، اسیدیته، کربن آلی، نیتروژن کل و تصاعد دی‌اکسید کربن (در دما و رطوبت‌های مختلف) در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار مشخصه‌های نیتروژن لاشبرگ، سیلت و اسیدیته خاک به توسکای بیلاقی اختصاص داشت، در حالی‌که بیشترین مقدار مشخصه‌های نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ، رطوبت، کربن آلی، نسبت کربن به نیتروژن خاک و تصاعد دی‌اکسید کربن در بخش زیرین توده زربین مشاهده شد. مقدار بیشتر درصد شن نیز به توده بلندمازو تعلق داشت. در تمام درختان مورد مطالعه، بیشترین مقدار تصاعد دی‌اکسید کربن در شرایط رطوبت عرصه مشاهده شد و با افزایش دما مقدار تصاعد افزایش یافت. نتایج این پژوهش بر این امر دلالت داشت که جنگل‌کاری با گونه سوزنی‌برگ زربین در سطوح وسیع می‌تواند منجر به افزایش مقدار تصاعد دی‌اکسید کربن از خاک شود که باید از دیدگاه گرمایش جهانی، در مدیریت اکوسیستم‌ها مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: جنگل‌کاری، دما، رطوبت، کربن، نیتروژن.

مقدمه

مناطق تخریب‌یافته و خالی از پوشش گیاهی مورد توجه قرار گرفته است (Meyfroidt et al., 2013). انتخاب گونه مناسب برای افزایش کیفیت خاک از مهم‌ترین مسایل مطرح شده در جنگل‌کاری‌ها است که در این زمینه، بین گونه‌های گونه‌های بومی و غیربومی و همچنین گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ تفاوت اساسی وجود دارد. اثرگذاری

امروزه سطوح بسیار زیادی از عرصه‌های جنگلی تحت تأثیر دخالت‌های انسان تخریب شده‌اند که بر اساس گزارش فائو در دهه اخیر سالانه حدود ۱۳ میلیون هکتار از جنگل‌های جهان از بین رفته و یا به دیگر کاربری‌ها تبدیل شده‌اند. جنگل‌کاری به عنوان یک راهکار مدیریتی برای احیا

خاک نیز اثرگذار باشند (Wang *et al.*, 2013). Kooch (۲۰۱۲) به تغییرپذیری مقدار تصاعد دی‌اکسید کربن خاک، به‌عنوان شاخص تنفس میکروبی، از بخش‌های زیرین پوشش‌های جنگلی مختلف در اندازه‌های مختلف حفره‌های تاج‌پوشش اشاره و بیشترین میزان تنفس میکروبی را در حفره‌های بزرگ‌تر از ۶۰۰ متر مربع و نیز زیر تاج‌پوشش بسته گزارش کرده است. مقدار تصاعد گازی دی‌اکسید کربن در فصول مختلف سال (وابسته به درجه حرارت و رطوبت خاک) مقادیر متفاوتی را نشان می‌دهد (Parmaer *et al.*, 2015). به‌منظور کاهش هزینه و زمان نمونه‌برداری نمونه‌برداری در فصول مختلف سال، می‌توان مقدار تصاعد دی‌اکسید کربن خاک را در محیط آزمایشگاه با ایجاد تیمارهای مشابه با آنچه در خصوص مقدار دما و رطوبت خاک رخ می‌دهد، تخمین زد تا بتوان مقدار تصاعد گاز را در فصول مختلف سال برآورد کرد. بر همین اساس، در پژوهش پیش‌رو مقدار تصاعد دی‌اکسید کربن در دما و رطوبت‌های مختلف در محیط آزمایشگاه با هدف بررسی تأثیر درختان توسکای بیلاقی (*Alnus subcordata* C. A. Mey.)، بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) و زرین (*Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis* (Mill.) Gord.) بر مشخصه‌های لاشبرگ، خاک و تصاعد دی‌اکسید کربن (در قالب تیمارهای تحت کنترل در دما و رطوبت‌های مختلف خاک) در محدوده طرح جنگلداری نیرنگ - خانیکان نوشهر اندازه‌گیری شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در حوضه آبخیز ۴۵ گلندرود، طرح جنگلداری نیرنگ - خانیکان، سری هفت با طول جغرافیایی "۴۰، ۳۰'، ۳۶° تا "۳۰، ۳۰'، ۳۶° و عرض جغرافیایی "۲۵، ۲۸'، ۵۱° تا "۳۰، ۲۶'، ۵۱° به مساحت ۲۵۴۴ هکتار با حداقل ارتفاع ۵۰ و حداکثر ارتفاع ۱۴۲۰ متر، جهت جغرافیایی غالب شمالی و شیب متوسط ۴۰ درصد، در محدوده ۵ کیلومتری جنوب شهرستان نوشهر و

پوشش‌های جنگلی مختلف پهن‌برگ و سوزنی‌برگ بر مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی، چرخه کربن و نیتروژن و نیز مواد آلی ورودی به خاک در پژوهش‌های پیشین (Hoogmoed *et al.*, 2014; Chang & Chiu, 2015) گزارش شده است. گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ به‌واسطه تغییرپذیری مشخصه‌های کیفی لاشبرگ (کربن، نیتروژن و نسبت کربن به نیتروژن)، بر مشخصه‌های کربن و نیتروژن خاک اثرگذار هستند (Kooch *et al.*, 2016). لاشبرگ‌های موجود در سطح خاک یا کف جنگل، به‌عنوان منبع و ذخیره عناصر غذایی محسوب می‌شوند که مقدار ریزش و نرخ تجزیه آنها تنظیم‌کننده جریان انرژی و تولید اولیه در بوم‌سازگان جنگل است (Scheibe *et al.*, 2015). کیفیت لاشبرگ تعیین‌کننده نرخ تجزیه بوده که در جنگل‌کاری‌های مختلف شرایط متفاوتی را دارا است و مشخصه‌های کربن، نیتروژن و نسبت آنها که در گونه‌های مختلف مقادیر متفاوتی دارند، از فاکتورهای اصلی تفاوت عرصه‌های جنگل‌کاری محسوب می‌شوند (Zhang *et al.*, 2015).

به‌طور کلی، عرصه‌های جنگلی از طریق متعادل‌سازی شرایط اقلیمی، ایفای نقش در گردش ماده آلی و هوادهی خاک، به‌ویژه در لایه سطحی، از طریق فعالیت ریشه‌های خود سبب بهبود خواص فیزیکی خاک می‌باشند. وضعیت فیزیک خاک به‌شدت به کمیت و کیفیت مواد آلی مرتبط است و بیشترین توسعه خاک در عرصه‌های غنی از مواد آلی وابسته به گونه درختی می‌باشد (Makoi & Ndakidemi, 2007). پژوهش‌های فراوانی نقش جنگل‌کاری در تغییر مشخصه‌های خاک را ناشی از تأثیر بقایای آلی توده‌ها و تفاوت در کیفیت و کمیت لاشبرگ و مواد آلی ورودی را عامل تفاوت عرصه‌های جنگلی در تغییر خصوصیات فیزیکی خاک بیان کرده‌اند (Meyfroidt *et al.*, 2013; Hoogmoed *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2015).

تغییرپذیری مشخصه‌های مختلف لاشبرگ و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، متأثر از پوشش‌های جنگلی پهن‌برگ و سوزنی‌برگ، می‌توانند بر شاخص‌های زیستی

در بخش‌های شرقی و غربی رودخانه کرکرد واقع شده است. منطقه مورد بررسی دارای آب و هوای خیلی مرطوب، فاقد فصل خشک، مقدار بارندگی سالانه ۱۳۴۵/۳ میلی‌متر، پرباران‌ترین ماه سال مهرماه با ۲۷۰/۷ میلی‌متر و کم باران‌ترین ماه سال تیرماه با ۴۹ میلی‌متر، گرم‌ترین ماه سال مرداد با ۲۵/۲ درجه سانتیگراد و سردترین ماه سال بهمن با ۶/۷ درجه سانتیگراد است. منطقه مورد مطالعه از نظر زمین‌شناسی به‌طور عمده از رسوبات کرتاسر (دوران دوم) بوده و نوع خاک موجود در منطقه دارای منشأ سنگ‌های مادری آهکی همراه با آهک مارنی و شیل‌های زغالی است. تیپ اصلی و غالب جنگل طبیعی در این منطقه، مرز-انجیلی می‌باشد. سطوح مورد تحقیق در پارسل‌های ۷۰۱ و ۷۰۴ سری هفت قرار داشت که در سال ۱۳۶۵، پس از قطع یکسره، با گونه‌های مناسب پهن‌برگ و سوزنی‌برگ مانند توسکای بیلاقی، بلندمازو و زربین با فاصله کاشت 4×4 متر جنگل‌کاری شده بود (Anonymous, 2002).

نمونه‌برداری خاک و تجزیه آزمایشگاهی

پس از بازدیدهای مقدماتی در توده‌های جنگل‌کاری شده مذکور، بخش همگنی از نظر شرایط فیزیوگرافی عرصه در هر توده انتخاب شد. برداشت نمونه‌های خاک و لاشبرگ با استفاده از روش منظم-تصادفی انجام شد. در هر یک از توده‌های مورد بررسی، سه خط‌نمونه به طول ۲۰۰ متر و بر روی هر خط‌نمونه چهار نمونه خاک با فواصل معین برداشت شد. در مجموع، ۱۲ نمونه در هر توده مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های خاک به کمک استوانه‌ای مدور با سطح مقطع ۸۱ سانتی‌متر مربع از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری برداشت شد. همچنین نمونه‌های لاشبرگ از بخش مرکزی هر قطعه‌نمونه (در یک سطح 50×50 سانتی‌متری) جمع‌آوری و داخل کیسه‌های ناپلونی قرار داده شد. به‌طور کلی سعی شد که به‌منظور کاهش اثرات مرزی، حاشیه توده‌ها برای نمونه‌برداری در نظر گرفته نشود و نمونه‌برداری‌ها متمایل به بخش مرکزی هر توده باشد (Kooch et al., 2012). پس از نمونه‌برداری از خاک و جمع‌آوری لاشبرگ از سطح خاک، نمونه‌های خاک و

لاشبرگ به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

نمونه‌های خاک پس از خشک شدن، خرد و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. جرم مخصوص ظاهری به روش سیلندر، بافت خاک (درصد اجزاء تشکیل دهنده خاک) با استفاده از روش هیدرومتری، رطوبت خاک به روش توزین، اسیدیته (واکنش خاک) به روش پتانسیومتری از طریق دستگاه pH متر الکتریکی، کربن آلی به روش والکلی بلاک و نیتروژن کل به روش کج‌لدال در محیط آزمایشگاه اندازه‌گیری شد (Ghazan Shahi, 2006). محتوی کربن آلی لاشبرگ به روش احتراق (Nilsson et al., 1999) و نیتروژن کل به روش معدنی‌سازی (Bremmer & Mulvaney, 1982) مورد سنجش قرار گرفت. به‌منظور اندازه‌گیری مقدار تصاعد گاز دی‌اکسید کربن، نمونه‌های تازه خاک استفاده شد. مقدار گاز متصاعد شده با استفاده از روش بطری بسته در محیط آزمایشگاه سنجش شد (Alef, 1995). به‌منظور بررسی تغییرات مقدار گاز دی‌اکسید کربن متصاعدشده در محتوی‌های متفاوت رطوبتی و دمایی خاک، مقدار ۵۰ گرم از هر یک از نمونه‌ها در تیمارهای رطوبتی (خاک محتوی رطوبت عرصه، خاک خشک‌شده و خاک اشباع شده) و دمایی (دمای ۱۰ و ۲۰ درجه سانتیگراد) مختلف مورد توجه قرار گرفته و مقدار گاز متصاعدشده در هر یک از این تیمارها اندازه‌گیری شد (Parmaer et al., 2015).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

به‌منظور تجزیه و تحلیل و همچنین مقایسه داده‌ها، ابتدا نرمال بودن آن‌ها با آزمون کولموگروف-سمیرنوف و همگنی واریانس با آزمون لون تست شد. برای بررسی تفاوت یا عدم تفاوت مقادیر مشخصه‌های مختلف خاک و لاشبرگ (کربن، نیتروژن و نسبت کربن به نیتروژن) در ارتباط با توده‌های جنگل‌کاری شده، از تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده شد. آزمون دانکن نیز برای مقایسه چندگانه میانگین‌ها به‌کار گرفته شد. به‌منظور بررسی ارتباط بین مقدار گاز دی‌اکسید کربن متصاعد شده از سطح خاک هر یک از توده‌های جنگلی مورد مطالعه و مشخصه‌های

فیزیکی و شیمیایی خاک و لاشبرگ، از همبستگی پیرسون استفاده شد. کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری در بسته نرم‌افزاری SPSS انجام شد.

نتایج

تجزیه واریانس مشخصه‌های لاشبرگ حاکی از آن بود که بیشترین مقادیر نیتروژن و نسبت کربن به نیتروژن به ترتیب به توده‌های توسکای بیلاقی و زربین اختصاص داشت و تفاوت آماری معنی‌داری را نشان داد (جدول ۱). مقادیر مشخصه کربن لاشبرگ تفاوت آماری معنی‌داری را بین توده‌های مورد بررسی نشان نداد (جدول ۱). از بین

مشخصه‌های فیزیکی خاک، جرم مخصوص ظاهری و رس تفاوت آماری معنی‌داری را بین توده‌های مورد مطالعه نشان نداد، در حالی‌که بیشترین مقادیر شن، سیلت و رطوبت خاک به ترتیب به توده‌های بلندمازو، توسکای بیلاقی و زربین اختصاص داشت (جدول ۱). همچنین، رطوبت خاک در توده زربین نسبت به دو توده دیگر به طور معنی‌داری بیشتر بود. بیشترین مقدار اسیدیته، به توده جنگلی توسکای بیلاقی تعلق داشت، در حالی‌که بیشترین مقادیر کربن آلی، نسبت کربن به نیتروژن و انتشار دی‌اکسید کربن از خاک در بخش زیرین توده زربین مشاهده شد.

جدول ۱- میانگین (\pm اشتباه معیار) مشخصه‌های لاشبرگ و خاک توده‌های جنگلی مورد مطالعه

معنی‌داری	F	زربین	بلندمازو	توسکای بیلاقی	مشخصه
۰/۰۹ ^{ns}	۲/۵۹۰	۳۳/۲۲±۱/۵۲a	۳۰/۸۰±۰/۶۱a	۲۸/۹۴±۱/۶۲a	کربن (درصد)
۰/۰۰۰ ^{**}	۱۳/۸۲۸	۰/۸۱±۰/۰۳c	۰/۹۷±۰/۰۰b	۱/۲۰±۰/۰۸a	لاشبرگ نیتروژن (درصد)
۰/۰۰۰ ^{**}	۱۶/۱۶۷	۴۲/۰۱±۳/۲۲a	۳۱/۵۲±۰/۶۸b	۲۴/۸۳±۱/۷۴c	نسبت کربن به نیتروژن
۰/۰۶۸ ^{ns}	۲/۹۲۴	۱/۱۹±۰/۰۴a	۱/۲۵±۰/۰۳a	۱/۱۳±۰/۰۱a	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)
۰/۰۰۰ ^{**}	۱۳/۱۰۵	۳۷/۶۱±۱/۰۳b	۴۳/۳۱±۰/۳۳a	۳۲/۶۸±۲/۳۰c	شن (درصد)
۰/۰۰۰ ^{**}	۱۱/۰۰	۳۴/۵۳±۰/۶۱b	۳۱/۳۶±۰/۲۳c	۳۷/۰۱±۱/۳۲a	سیلت (درصد)
۰/۰۰۷ ^{ns}	۲/۸۸۷	۲۷/۸۵±۱/۳۰a	۲۵/۳۱±۰/۴۵a	۳۰/۲۹±۲/۱۳a	رس (درصد)
-	-	لوم رسی	لوم	لوم رسی	بافت خاک
۰/۰۱۴ [*]	۴/۸۶۳	۱۸/۲۸±۲/۴۵a	۱۲/۵۴±۱/۰۸b	۱۰/۸۵±۱/۴۵b	رطوبت (درصد)
۰/۰۳۴ [*]	۳/۷۴۱	۶/۴۳±۰/۱۸b	۶/۸۹±۰/۱۴ab	۷/۱۴±۰/۲۲a	اسیدیته
۰/۰۴۱ [*]	۳/۵۱۷	۳/۰۶±۰/۱۶a	۲/۸۹±۰/۱۳ab	۲/۱۳±۰/۴۰b	کربن آلی (درصد)
۰/۰۰۷ ^{ns}	۲/۸۸۳	۰/۱۰±۰/۰۱a	۰/۱۳±۰/۰۱a	۰/۱۶±۰/۰۱a	نیتروژن کل (درصد)
۰/۰۱۱ [*]	۵/۲۰۹	۳۳/۳۴±۴/۸۵a	۲۴/۶۹±۳/۷۵ab	۱۵/۱۳±۳/۱۸b	نسبت کربن به نیتروژن
۰/۰۰۵ ^{**}	۶/۳۷۷	۰/۹۸±۰/۰۳a	۰/۷۰±۰/۰۷b	۰/۶۳±۰/۰۹b	تصاعد دی‌اکسید کربن

(میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در گرم خاک در روز)

^{**} معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ ^{*} معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ^{ns} غیرمعنی‌دار
حروف انگلیسی متفاوت در ردیف، اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهند.

آن بود که در توده توسکای بیلاقی بین مقدار انتشار این گاز و رطوبت خاک همبستگی مثبت و با نسبت کربن به نیتروژن

نتایج همبستگی بین مقدار تصاعد دی‌اکسید کربن و مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و لاشبرگ حاکی از

خاک در توده زرین نیز به‌طور مثبت و معنی‌دار به‌دست آمد (جدول ۲). سایر مشخصه‌های مورد مطالعه با مقدار انتشار دی‌اکسید کربن از خاک توده‌های مورد مطالعه همبستگی معنی‌داری را نشان ندادند (جدول ۲).

لاشبرگ همبستگی منفی معنی‌دار وجود داشت (جدول ۲). در توده جنگلی بلندمازو، ارتباط مقدار تصاعد این گاز با مشخصه‌های شن و محتوی رطوبت به‌طور مثبت معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۲). همچنین، ارتباط مقدار تصاعد گاز دی‌اکسید کربن با محتوی شن و نسبت کربن به نیتروژن

جدول ۲- همبستگی مقدار تصاعد گاز دی‌اکسید کربن با مشخصه‌های لاشبرگ و خاک توده‌های جنگلی مورد مطالعه

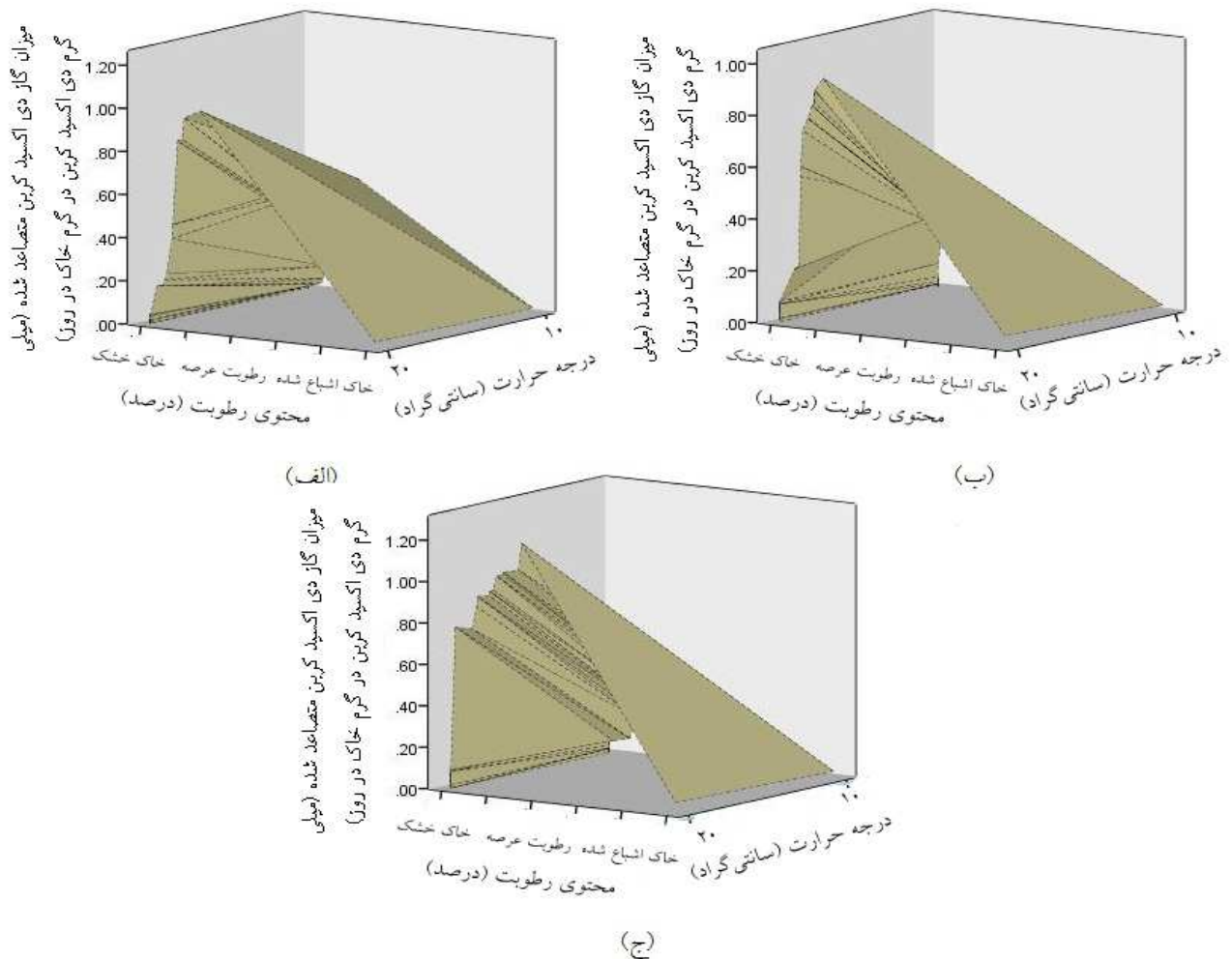
تصاعد دی‌اکسید کربن			مشخصه‌های لاشبرگ و خاک
خاک توده زرین	خاک توده بلندمازو	خاک توده توسکای بیلاقی	
۰/۰۴ (۰/۸۸)	-۰/۲۷ (۰/۳۸)	-۰/۵۴ (۰/۰۶)	کربن لاشبرگ
۰/۱۵ (۰/۶۲)	۰/۱۷ (۰/۵۹)	۰/۲۹ (۰/۳۵)	نیتروژن لاشبرگ
-۰/۰۷ (۰/۸۲)	-۰/۲۹ (۰/۳۵)	-۰/۶۰ (۰/۰۳)	نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ
۰/۳۸ (۰/۲۱)	-۰/۰۸ (۰/۷۸)	۰/۵۵ (۰/۰۶)	جرم مخصوص ظاهری
۰/۶۶ (۰/۰۱)	۰/۶۳ (۰/۰۲)	-۰/۱۰ (۰/۷۴)	شن
-۰/۴۲ (۰/۱۷)	۰/۰۳ (۰/۹۰)	۰/۳۲ (۰/۳۰)	سیلت
-۰/۳۳ (۰/۲۹)	-۰/۴۹ (۰/۱۰)	-۰/۰۸ (۰/۷۸)	رس
۰/۴۶ (۰/۱۲)	۰/۸۰ (۰/۰۰)	۰/۸۵ (۰/۰۰)	رطوبت
-۰/۰۴ (۰/۸۸)	۰/۴۰ (۰/۱۸)	-۰/۱۸ (۰/۵۷)	اسیدیته
۰/۳۷ (۰/۲۳)	۰/۱۸ (۰/۵۶)	۰/۳۲ (۰/۲۹)	کربن آلی
-۰/۴۵ (۰/۱۴)	-۰/۳۷ (۰/۲۲)	-۰/۴۸ (۰/۱۰)	نیتروژن کل
۰/۶۴ (۰/۰۲)	۰/۲۰ (۰/۵۱)	۰/۳۱ (۰/۳۲)	نسبت کربن به نیتروژن خاک

اعداد خارج از پرانتز مقدار همبستگی و اعداد داخل پرانتز مقدار معنی‌داری را نشان می‌دهند.

بحث

پوشش‌های درختی مختلف، چرخه‌های بیوژئوشیمیایی خاک به‌ویژه چرخه کربن و نیتروژن را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Hoogmoed *et al.*, 2014). مشخص شده است که گونه‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، لاشبرگ‌هایی غنی از نیتروژن را نسبت به گونه‌های غیرتثبیت‌کننده تولید می‌کنند (Devi *et al.*, 2007). در پژوهش پیش‌رو نیز توده توسکای بیلاقی، به‌عنوان گونه تثبیت‌کننده نیتروژن، بیشترین مقادیر نیتروژن لاشبرگ را دارا بود.

بررسی تغییرات مقدار گاز دی‌اکسید کربن متصاعد شده از خاک در شرایط رطوبتی و دمایی مختلف بیانگر آن بود که در کلیه توده‌های مورد مطالعه بیشترین مقدار گاز متصاعد شده دی‌اکسید کربن در شرایط رطوبت عرصه ایجاد شد و با خشک و یا اشباع شدن خاک مقدار تولید و جریان گاز دی‌اکسید کربن خاک کاهش یافت (شکل ۱). همچنین، شرایط دمایی نیز بر تغییرپذیری مقدار گاز متصاعد شده بسیار تأثیرگذار بود، به‌طوری‌که با افزایش دما از ۱۰ به ۲۰ درجه سانتیگراد، مقدار افزایش انتشار گاز دی‌اکسید کربن قابل مشاهده بود (شکل ۱).



شکل ۱- تغییرپذیری مقدار گاز دی اکسید کربن متصاعد شده از خاک توده‌های جنگلی توسکای بیلاقی (الف)، بلندمازو (ب) و زرین (ج) در شرایط رطوبتی و دمایی مختلف

نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ توسکای بیلاقی، کمترین مقدار را نسبت به سایر توده‌ها دارا بود. مقادیر کم این نسبت مربوط به تجزیه سریع مواد آلی است. نسبت کم کربن به نیتروژن لاشبرگ در مواد آلی ورودی به سهم زیاد نیتروژن در بقایا مرتبط است (Miletić *et al.*, 2012). در توجیه مقادیر زیاد این نسبت در توده زرین به ماهیت و طبیعت لاشبرگ سوزنی‌برگان اشاره شده است، به طوری که وجود کوتیکول سخت سوزن‌ها، متوسط زمان زنده‌مانی مواد آلی را افزایش می‌دهد (Kooch *et al.*, 2012). در پوشش‌های جنگلی مورد بررسی، برخی اجزای بافت

پوشش جنگلی زرین حاوی لاشبرگ‌هایی با کیفیت کم (نیتروژن کم، کربن آلی و نسبت کربن به نیتروژن زیاد) موجب آزادسازی مقادیر کمتر نیتروژن شده بود و مهم‌ترین علت آن، عدم پویایی عناصر غذایی به دنبال تجزیه میکروبی بی‌کیفیت و فقر غذایی لاشبرگ بود. در چنین توده‌هایی اعتقاد بر این است که به علت شرایط اسیدی خاک، نیتروژن عمده‌ترین محدودیت غذایی محسوب می‌شود (Yang *et al.*, 2004). همچنین، وجود سطوح زیاد لیگنین در توده‌های سوزنی‌برگ زرین، با کاهش دسترسی به عناصر غذایی به ویژه نیتروژن مرتبط بود (Diehl *et al.*, 2003).

نشان داد که بین مقدار رطوبت و خروج دی‌اکسید کربن خاک همبستگی مثبت معنی‌داری وجود داشت. در پژوهش پیش‌رو نیز محتوی رطوبت خاک می‌تواند یکی از عامل‌های مؤثر در تصاعد مقدار دی‌اکسید کربن در توده‌های توسکای بیلاقی و بلندمازو تلقی شود. به‌طور کلی، استرس رطوبتی از عامل‌های بسیار مهمی است که تصاعد دی‌اکسید کربن خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Sparling & Ross, 1988). مطابق با نتایج Bonmati و همکاران (۱۹۸۵)، خشک شدن و غرقاب شدن خاک باعث از بین رفتن مقادیر زیادی از زی‌توده میکروبی شده و مقدار انتشار دی‌اکسید کربن از خاک را کاهش می‌دهد. در پژوهش پیش‌رو نیز کمترین مقدار تصاعد دی‌اکسید کربن در شرایط خاک کاملاً خشک و خاک غرقاب شده مشاهده شد.

بر اساس پژوهش Peng و Thomas (۲۰۰۶)، در شرایط رطوبت بسیار زیاد، جریان دی‌اکسید کربن خاک به‌علت محدودیت انتشار و به‌دنبال آن اثرات کمبود اکسیژن، در کاهش مقدار تنفس اثرگذار است. مطابق با پژوهش Kooch (۲۰۱۲)، افزایش درجه حرارت خاک منجر به فعالیت بیشتر میکروبی‌های خاک شده و تصاعد دی‌اکسید کربن خاک را افزایش می‌دهد که در پژوهش پیش‌رو نیز در تمام توده‌های جنگلی مورد مطالعه قابل ملاحظه بود. بنابراین، می‌توان تغییرپذیری مقادیر تصاعد دی‌اکسید کربن خاک در تیمارهای رطوبتی و حرارتی مختلف در زیرآشکوب توده‌های جنگلی مورد مطالعه را با در اختیار داشتن متغیرهای لازم بر اساس تیمارهای مختلف رطوبتی و حرارتی در درازمدت مدل‌سازی کرد.

نتایج پژوهش پیش‌رو حاکی از آن بود که کاشت گونه‌های جنگلی پهن‌برگ منجر به به افزایش شاخص‌های کیفی اکوسیستم (لاشبرگ و خاک) نسبت به پوشش سوزنی‌برگ می‌شود. همچنین تغییرپذیری مقادیر رطوبت و حرارت خاک می‌تواند اثرات بسیار مهمی بر مقدار تصاعد دی‌اکسید کربن از خاک توده‌های جنگل‌کاری شده داشته باشد، به‌طوری‌که در تمام توده‌های جنگلی مورد مطالعه، بیشترین مقدار تصاعد دی‌اکسید کربن در شرایط رطوبت

خاک، شن و سیلت، تفاوت‌های آماری معنی‌داری را به نمایش گذاشتند. این موضوع بیانگر تحول خاک در قسمت‌های زیرین پوشش‌های گیاهی مختلف می‌باشد (Parker *et al.*, 2002). طی فرآیند آبشویی (یا انتقال ذرات)، اجزای مختلف ذرات خاک با اندازه‌های مختلف در لایه‌های خاک جابجا شده و همین امر منجر به تغییرپذیری درصد اجزای بافت خاک می‌شود (Kooch *et al.*, 2012). تغییرپذیری اجزای بافت خاک در زیرآشکوب گونه‌های جنگلی مورد مطالعه توانسته بود تغییرات معنی‌داری را در محتوی رطوبت خاک ایجاد کند. همچنین، تجمع شاخ و برگ درختان در توده زرین با توجه به طولانی‌تر بودن فرآیند تجزیه لاشبرگی در این گونه، باعث افزایش ضخامت لاشبرگ شده و در نتیجه رطوبت خاک بهتر حفظ می‌شد (Huttl *et al.*, 2000). نوع و کیفیت لاشبرگ پوشش‌های جنگلی می‌تواند به‌عنوان یکی از متغیرهای بسیار تأثیرگذار بر مقدار اسیدیته خاک در نظر گرفته شود (Nsabimana *et al.*, 2008). در توده زرین، هوموس خام (تجزیه نشده) انباشته می‌شود. وجود رزین و سایر متابولیت‌های ثانویه مانع از تجزیه هوموس در سوزنی‌برگان و اسیدی شدن خاک می‌شود. در ارتباط با کاهش pH در توده جنگل‌کاری زرین می‌توان به لاشبرگ و بقایای اسیدی در گونه‌های سوزنی‌برگ نسبت به پهن‌برگان و تأثیر اسیدیته لایه بستر در اسیدی شدن خاک اشاره کرد (Marcos *et al.*, 2010).

در راستای کاهش مقدار pH خاک در بخش زیرین توده زرین، مقدار کربن آلی خاک در این توده نسبت به سایر توده‌ها بیشتر بود. دلیل مقادیر کم کربن آلی خاک در توده توسکای بیلاقی را می‌توان به معدنی‌سازی سریع مواد آلی در pH زیاد مرتبط دانست (Chase & Singh, 2014). همچنین، در خصوص توازن مقادیر کربن به نیتروژن می‌توان به افزایش این نسبت در توده‌های سوزنی‌برگ نسبت به پهن‌برگان اشاره داشت که بر همین اساس، مقادیر این نسبت افزایش معنی‌داری را در توده زرین نسبت به توده‌های توسکای بیلاقی و بلندمازو نشان داد (Wen-Jie *et al.*, 2011). Kooch (۲۰۱۵) در جنگل طبیعی گلیند نوشهر

- leaf litter decomposition of *Dipterocarpus tuberculatus* Roxb. in a tropical deciduous forest of Manipur, northeast India. *Current Science*, 93: 243-246.
- Diehl, P., Mazzarino, M.J., Funes, F., Fontenla, S., Gobbi, M. and Ferrari, J., 2003. Nutrient conservation strategies in native Andean-Patagonian forest. *Journal of Vegetation Science*, 14: 63-70.
 - Ghazan Shahi, J., 2006. *Soil and Plant Analysis (translation)*. Tehran University Press, Tehran, 272p (In Persian).
 - Hoogmoed, M., Cunningham, S.C., Baker, P.J., Beringer, J. and Cavagnaro, T.R., 2014. Is there more soil carbon under nitrogen-fixing trees than under non-nitrogen-fixing trees in mixed-species restoration plantings? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 188: 80-84.
 - Huttel, R.F., Schneider, B.U. and Farrell, E.P., 2000: Forests of the temperate region: gaps in knowledge and research need. *Forest Ecology and Management*, 132: 83-96.
 - Kooch, Y., 2012. Soil variability related to pit and mound, canopy cover and individual trees in a Hyrcanian oriental beech stand. Ph.D. thesis, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, 196p (In Persian).
 - Kooch, Y., 2015. Dynamic of soil gases flux in relation to pit and mound micro topography in a broad-leaved forest. *Iranian Journal of Soil Research*, 29(2): 211-220 (In Persian).
 - Kooch, Y., Hosseini, S.M., Zaccone, C., Jalilvand, H. and Hojjati, S.M., 2012. Soil organic carbon sequestration as affected by afforestation: the Darabkola forest (north of Iran) case study. *Journal of Environmental Monitoring*, 14: 2438-2446.
 - 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.
 - Makoi, J.H. and Ndakidemi, P.A., 2007. Reclamation of sodic soils in northern Tanzania using locally available organic and inorganic resources. *African Journal of Biotechnology*, 6: 1926 -1931.
 - Marcos, E., Calvo, L., Marcos, J.M., Taboada, A. and Tarrega, R., 2010. Tree effects on the chemical topsoil features of oak, beech and pine leaf litter decomposition of *Dipterocarpus tuberculatus* Roxb. in a tropical deciduous forest of Manipur, northeast India. *Current Science*, 93: 243-246.
- عرصه مشاهده شد و با افزایش دما مقدار آن افزایش یافت. با توجه به بیشتر بودن درصد شن و مواد آلی به عنوان منبع تصاعد گاز دی اکسید کربن در خاک زربین، به رغم یکسان بودن بافت خاک، فضای باز بیشتری در خاک تحت کشت این گونه وجود داشت که طبق نتایج به دست آمده از این پژوهش توانسته بود بر افزایش انتشار دی اکسید کربن از خاک اثرگذار باشد. جنگل کاری با گونه سوزنی برگ زربین هر چند در سطوح کم می تواند ذخایر ژنتیکی این گونه را احیا کند، اما در خصوص کشت آن در سطوح وسیع پیشنهاد می شود ابتدا موجودی کل ذخایر کربن در هر توده بررسی و مورد مقایسه قرار گیرد و پیرو آن سهم هدررفت کربن از خاک نیز در هر توده ارزیابی شود.
- ### References
- Alef, K., 1995. Estimating of soil respiration: 464-470. In: Alef, K. and Nannipieri, P. (Eds.). *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. 1st Edition, Elsevier, Academic Press, New York, 608p.
 - Anonymous, 2002. Neirang-Khanikan forest management plan. Published by Natural Resources and Watershed Management Office of Nowshahr, 328p (In Persian).
 - 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.
 - Bremner, J.M. and Mulvaney, C.S., 1982. Nitrogen total: 595-624. In: Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. (Eds.). *Methods of Soil Analyses, Part 2: Chemical and Microbiological Properties*, Agronomy Monograph 9.2. 2nd Edition, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, 1159p.
 - Chang, E.H. and Chiu, C.Y., 2015. Changes in soil microbial community structure and activity in a cedar plantation invaded by moso bamboo. *Applied Soil Ecology*, 91: 1-7.
 - Chase, P. and Singh, O.P., 2014. Soil nutrients and fertility in three traditional land use systems of Khonoma, Nagaland, India. *Resources and Environment*, 4(4): 181-189.
 - Devi, A.S.M. and Yadava, P.S., 2007. Wood and

- 253-264.
- Scheibe, A., Steffens, C., Seven, J., Jacob, A., Hertel, D., Leuschner, C. and Gleixner, G., 2015. Effects of tree identity dominate over tree diversity on the soil microbial community structure. *Soil Biology and Biochemistry*, 81: 219-227.
 - 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.
 - 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.
 - Wen-Jie, W., Ling, Q., Gang, Z., Xue, S., Jing, A., Yan, W., Yu, Z., Wei, S. and Quan, C., 2011. Changes in soil organic carbon, nitrogen, pH and bulk density with the development of larch (*Larix gmelinii*) plantations in China. *Global Change Biology*, 17: 2657-2676.
 - Yang, Y.S., Chen, G.S., Lin, P., Xie, J.S. and Guo, J.F., 2004. Fine root distribution, seasonal pattern and production in four plantations compared with a natural forest in subtropical China. *Forest Ecology and Management*, 22: 236-245.
 - Zhang, W., Yuan, S., Hu, N., Lou, Y. and Wang, S., 2015. Predicting soil fauna effect on plant litter decomposition by using boosted regression trees. *Soil Biology and Biochemistry*, 82: 81-86.
 - forests. *European Journal of Forest Research*, 129: 25-30.
 - Meyfroidt, P., Phuong, V.T. and Anh, H.V., 2013. Trajectories of deforestation, coffee expansion and displacement of shifting cultivation in the central highlands of Vietnam. *Global Environmental Change*, 23: 1187-1198.
 - Miletić, Z., Knežević, M., Stajić, S., Košanin, O. and Dordevic, I., 2012. Effect of European black alder monocultures on the characteristics of reclaimed mine soil. *International Journal of Environmental Research*, 6: 703-710.
 - Nilsson, M.C., Wardle, D.A. and Dahlberg, A., 1999. Effects of plant litter species composition and diversity on the boreal forest plant-soil system. *Oikos*, 86: 16-26.
 - Nsabimana, D., Klemedtson, L., Kaplin, B.A. and Wallin, G., 2008. Soil carbon and nutrient accumulation under forest plantations in southern Rwanda. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 2: 142-149.
 - Parker, J.L., Fernandez, I.J., Rustad, L.E. and Norton, S.A., 2002. Soil organic matter fractions in experimental forested watersheds. *Water, Air and Soil Pollution*, 138: 101-112.
 - Parmaer, K., Keith, A.M., Rowe, R.L., Sohi, S.P., Moeckel, C., Pereira, M.G. and McNamara, N.P., 2015. Bioenergy driven land use change impacts on soil greenhouse gas regulation under Short Rotation Forestry. *Biomass and Bioenergy*, 82: 40-48.
 - Peng, Y. and Thomas, S.C., 2006. Soil CO₂ efflux in uneven-aged managed forests: temporal patterns following harvest and effects of edaphic Heterogeneity. *Plant and Soil*, 289:

Effect of Caucasian alder (*Alnus subcordata* C. A. Mey.), Chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) and horizontal cypress (*Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis* (Mill.) Gord.) plantation on litter, soil and CO₂ emission characters

Y. Kooch^{1*} and M.K. Parsapour²

^{1*} - Corresponding author, Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran
E-mail: yahya.kooch@modares.ac.ir

² - Ph.D. Student Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

Received: 12.05.2016

Accepted: 22.11.2016

Abstract

Different plant covers have various effects on ecosystem litter and soil characters. This research aims to study the effect of different forest covers (*Alnus subcordata* C. A. Mey., *Quercus castaneifolia* C. A. Mey. and *Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis* (Mill.) Gord.) on litter, soil and CO₂ emission characters in the forest management plan of Nowshahr Neirang-Khanikan. Soil samples were taken from the organic (litter) and mineral (0-15cm) layers using randomly systematic method. Litter quality characters (carbon and nitrogen), soil bulk density, texture, water content, pH, organic carbon, total nitrogen and CO₂ emission (in different water content and temperature regimes) were measured in the laboratory. Results showed that the highest values of litter nitrogen, silt, pH were found in alder plantation, whereas greater amounts of C/N of litter, water content, organic carbon, C/N of soil and CO₂ emission were found under cypress stand. The highest amount of sand was detected under oak stand. The maximum of CO₂ emission were occurred in field capacity moisture regime and higher temperature in whole of studied plantations. The results of this research indicate that afforestation with needle-leaved species, *Cupressus sempervirens* var. *horizontalis*, can be effective on the increasing CO₂ emission from soil that must be considered in ecosystem management from the global warming point of view.

Keywords: Afforestation, carbon, nitrogen, temperature, water content.