مقایسه سرعت معدنی شدن کربن و میزان انتشار گاز CO_2 از خاک در تیپ‌های جنگلی پهن‌برگ

محمد بیرانوند [۱]، یحیي کوچ [۲]، سید محسن حسیني [۳]
۱ -دانشجوي کارشناسي‌ارشد گروه جنگلداري دانشکده منابع طبیعي و علوم دریایي نور دانشگاه تربیت ، ۲- استادیار گروه جنگلداري دانشکده منابع طبیعي و علوم دریایي نور دانشگاه تربیت، ۳- استادیار گروه جنگلداري دانشکده منابع طبیعي و علوم دریایي نور دانشگاه تربیت

چکیده
با هدف مقایسه تیپ‌های جنگلی از نظر سرعت معدنی شدن کربن و میزان انتشار گاز CO_2 از خاک تحقیق حاضر مورد توجه قرار گرفت. بدین منظور نمونه‌برداری خاک (عمق ۰-۱۵ سانتی‌متری) از شش تیپ پوششی پهن‌برگ جنگلی برداشت شد. بیشترین مقادیر مشخصه های مذکور به ترتیب به تیپ‌های آمیخته راش- ممرز- انجیلی> توسکا و افرا پلت> تیپ راش خالص و ممرز> و راش- ممرز اختصاص داشته و تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده گردید. متفاوت بودن اثر تیپ‌های پوششی مختلف بر شاخص‌های مورد مطالعه را می‌توان به میزان عناصر غذایی خاک و لاشبرگ، ارتفاع از سطح دریا، رطوبت، اسیدیته و مواد آلی حاصل از تجزیه میکروارگانیسم‌ها نسبت داد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع از سطح دریا، عناصر غذایی، کیفیت لاشبرگ.

مقدمه
اکوسیستم‌های خاکزی و جنگلی از منابع مهم سینک و ذخیره CO_2 به حساب می‌آیند. به طوری که ذخیره و چرخه کربن در خاک بسیار طولانی‌تر از بافت‌های گیاهی و چوبی می‌باشد (Mack et al., ۲۰۰۴). اگر چه عوامل مختلفی در گرم شدن کره زمین تاثیر می‌گذارند، اما مهمترین آن‌ها گازهای گلخانه‌ای و مرسوم‌ترین آن‌ها CO_2 است (باده‌یان و همکاران، ۱۳۸۷). بررسی انتشار دی‌اکسید کربن یکی از پارامترهای مهم شناخت فعالیت‌های میکروارگانیسم‌ها و یکی از اساسی‌ترین پارامترها جهت باروری خاک به حساب می‌آید به طوری که انجام آن نیازمند انرژی می‌باشد. به هر حال ذخیره و معدنی شدن کربن ملزم به فعالیت‌های میکربی و انتشار کربن به صورت تنفس خاک می‌باشد (Quan et al., ۲۰۱۴). به عبارتی دیگر، مواد آلی گرمازا (Pyrogenic organic matter) انرژی لازم را جهت بهبود حاصل‌خیزی خاک، فعالیت‌های میکروبی، افزایش معدنی شدن نیتروژن، ذخیره کربن فراهم می‌آورد و سرعت معدنی شدن کربن را افزایش می‌دهد (Maestrini eta l., ۲۰۱۴). فعالیت میکروارگانیسم‌ها به عواملی از قبیل، کیفیت پوشش گیاهی، پویایی عناصر غذایی، رطوبت خاک، تثبیت بیولوژیکی کربن و نیتروژن، زیتوده و فعالیت‌های میکروبی می‌باشد. به طوری که باعث بهبود و تسریع معدنی شدن کربن و انتشار CO_2 در اکوسیستم‌های خاکزی می‌شود (لجم اورک و همکاران، ۱۳۹۱).

معدنی شدن کربن شامل فرایندهای متوالی و موازی واکنش‌های شیمیایی فساد مواد آلی که توسط فعالیت‌های میکرو ارگانیسم‌ها صورت می‌گیرد بیان می‌شود به طوری که باعث انتشار گاز CO_2 و ذخیره کربن در خاک به مدت طولانی می‌شود به نحوی که در کاهش گرمایش جهانی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در این بین جنگل‌های معتدله بر ذخیره کربن خاک بسیار تاثیر می‌گذارند (Dalias et al., ۲۰۰۱). تولید خالص CO۲ بستگی به تعادل ورود کربن از طریق مواد آلی و سرعت خروج آن توسط تجزیه کنندگان خاک دارد (لجم اورک و همکاران، ۱۳۹۱). تیپ‌های آمیخته و خالص جنگلی پهن‌برگ و سوزنی‌برگ به طور کلی بر میزان عناصر غذایی، کیفیت حاصل‌خیزی خاک و همچنین کیفیت و کمیت کربن خاک از طریق معدنی شدن کربن حاصل از تجزیه میکروارگانیسم‌ها تاثیر بسزایی می‌گذارد (Côté et al., ۲۰۰۰). اکوسیستم‌های زمینی نقش مهمی در تنظیم غلظت گازهای گلخانه‌ای اتمسفر داشته و از این جهت که گاز CO۲ تاثیر مهمی روی تعادل بازتابش زمینی دارد، به دام انداختن آن به مدت طولانی بسیار مهم می‌باشد. خاک‌های جنگلی به عنوان بهترین محل سینک CO۲ اتمسفر نقش تعیین کننده‌ای را بر عهده دارد (Subke and Bahn, ۲۰۱۰). جنگل‌های معتدله پهن‌برگ با به وجود آوردن شرایط مناسب برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها، باعث افزایش سرعت معدنی شدن و ذخیره کربن می‌شوند (Dalias et al., ۲۰۰۱). تیپ‌های جنگلی پهن‌برگ اثرات متفاوتی بر معدنی شدن کربن داشته و این موضوع می‌تواند نقش توده‌های پهن‌برگ در معدنی شدن کربن را به خوبی نشان دهد (باده‌یان و همکاران، ۱۳۸۷). با این وجود اندازه‌گیری و شناخت انتشار CO۲خاک در تیپ‌های مختلف جنگلی، می‌تواند در مدیریت و بهبود مشکل گرمایش جهانی اهمیت بسزایی داشته باشد. تحقیق حاضر میزان انتشار CO۲ و سرعت معدنی شدن کربن خاک، که از عوامل پیش برنده و حیاتی در زمینه ذخیره و به دام انداختن کربن می‌باشند، را در شش تیپ جنگلی پهن‌برگ مورد بررسی قرار می‌دهد.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در جنگل آموزشي- پژوهشي دانشگاه تربیت مدرس واقع در صلاح‌الدین‌کلا از توابع شهرستان نوشهر با وسعت ۱۸۸۰ هکتار واقع گردیده است. قسمت اعظم شیب منطقه مورد مطالعه ۴۳ درصد، دامنه ارتفاعي در حوزه مذکور از ۱۰- متر تا ۲۶۰۰ متر و میانگین بارندگی و دماي سالیانه به ترتیپ ۸/۱۳۰۸ میلی‌متر و ۲/۱۶ درجه سانتی‌گراد به ثبت رسیده است. این سري در قسمت شرق حوزه آبخیز جنگل آموزشي و پژوهشي دانشگاه تربیت مدرس قرار دارد. در محدوده مورد مطالعه، راش با گونه‌های ممرز، انجیلی، نمدار، شیردار، پلت و بارانک همراه می‌باشد (بی‌نام، ۱۳۸۱).

روش نمونه‌برداري، تجزیه آزمایشگاهي و تحلیل آماري داده‌ها

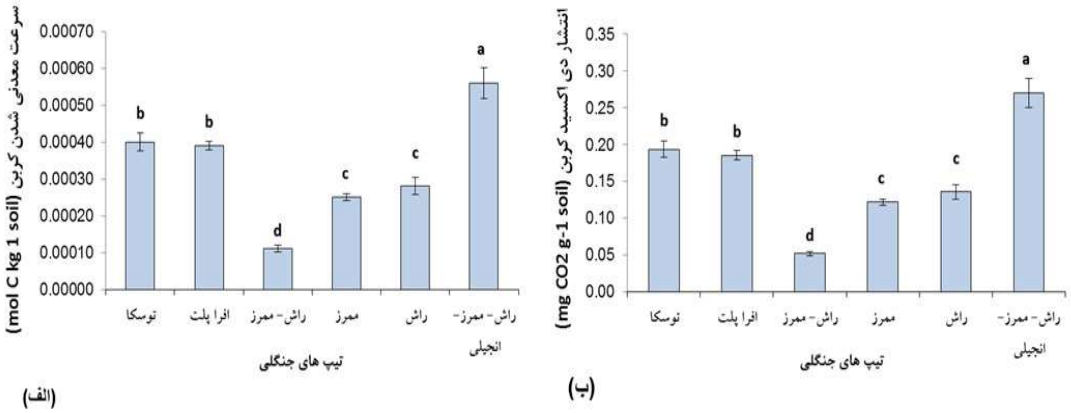
با توجه به هدف این تحقیق، تعداد ۶۱ قطعه نمونه با سطح نمونه ۴۰۰ متر مربع (Labaz et al., ۲۰۱۴) جهت برآورد سهم گونه‌های درختی در هر تیپ (تعیین نوع تیپ پوششی) به کار گرفته شد. در قطعه نمونه‌های مورد نظر، نمونه‌های خاک از عمق ۰-۱۵ سانتی‌متری در شش تیپ پوششی شناسایی شده برداشت گردید و جهت اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکو شیمیایی خاک (رطوبت، pH یا واکنش، ماده آلی، نیتروژن) و لاشبرگ (کربن و نیتروژن)، در هوای آزاد خشک و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد (غازان‌شاهی، ۱۳۸۵). همچنین نمونه‌های تازه خاک در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری و انتشار CO_2 به روش بطری در بسته (Alef, ۱۹۹۵) اندازه‌گیری شد. همچنین سرعت معدنی شدن کربن با استفاده از رابطه Hopkins (۲۰۰۷) محاسبه گردید. در تحلیل آماری داده‌ها، بعد از اطمینان حاصل کردن از نرمال بودن داده‌ها و همگن بودن واریانس‌ها، به منظور بررسي تفاوت یا عدم تفاوت سرعت معدنی شدن کربن و انتشار CO_2 در تیپ‌های پوششی مورد مطالعه از آزمون تجزیه واریانس استفاده شد. آزمون دانکن نیز به منظور مقایسه چندگانه میانگین بکار گرفته شد. همچنین به منظور تعیین ارتباط و همبستگی بین مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاك و لاشبرگ با سرعت معدنی شدن کربن و انتشار گاز CO_2 از همبستگی پیرسون استفاده گردید. تجزیه و تحلیل آماري کلیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS۱۶ صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

مطابق با نتایج بدست آمده، مقادیر معدنی شدن کربن و انتشار CO۲ در تیپ‌های جنگلی مورد مطالعه تفاوت آماری معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۱)، به طوری که بیشترین و کمترین مقادیر مشخصه‌های مذکور، به ترتیب به تیپ‌های آمیخته راش- ممرز- انجیلی > توسکا و افرا پلت > تیپ راش و ممرز> و راش- ممرز اختصاص داشته است (شکل ۱ الف و ب). نتایج حاصل از همبستگی پیرسون نشان داد که فاکتورهای محیطی pH، نیتروژن، مواد آلی، C/N و درصد رطوبت خاک همبستگی مثبت، کربن و نیتروژن لاشبرگ همبستگی پایین و ارتفاع از سطح دریا همبستگی بالا و منفی با سرعت معدنی شدن کربن داشتند (شکل ۲). همچنین درصد رطوبت، نیتروژن و ماده آلی خاک با انتشار CO۲ همبستگی مثبت و بالایی داشته، اما با ارتفاع از سطح دریا همبستگی منفی و با کربن و نیتروژن لاشبرگ و C/N خاک همبستگی ضعیفی نشان داد (شکل ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس معدنی شدن کربن و انتشار گاز CO_2 در تیپ‌های جنگلی مورد مطالعه

مشخصه‌ی آماری/ پارامترهای میکرو بیولوژیکی خاک	معدنی شدن کربن	انتشار دی اکسید کربن
مقدار F	۴۲/۵۰۶	۴۴/۰۲۶
میزان معنی‌داری	۰۰۰/۰	۰۰۰/۰

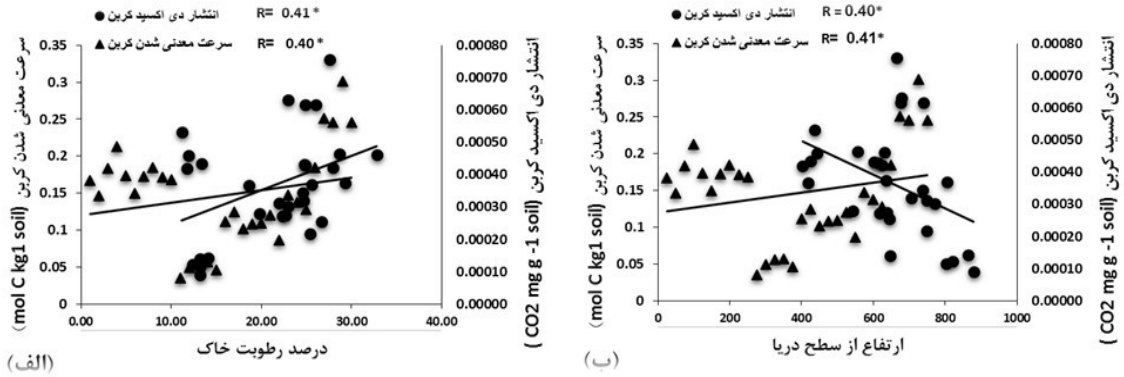


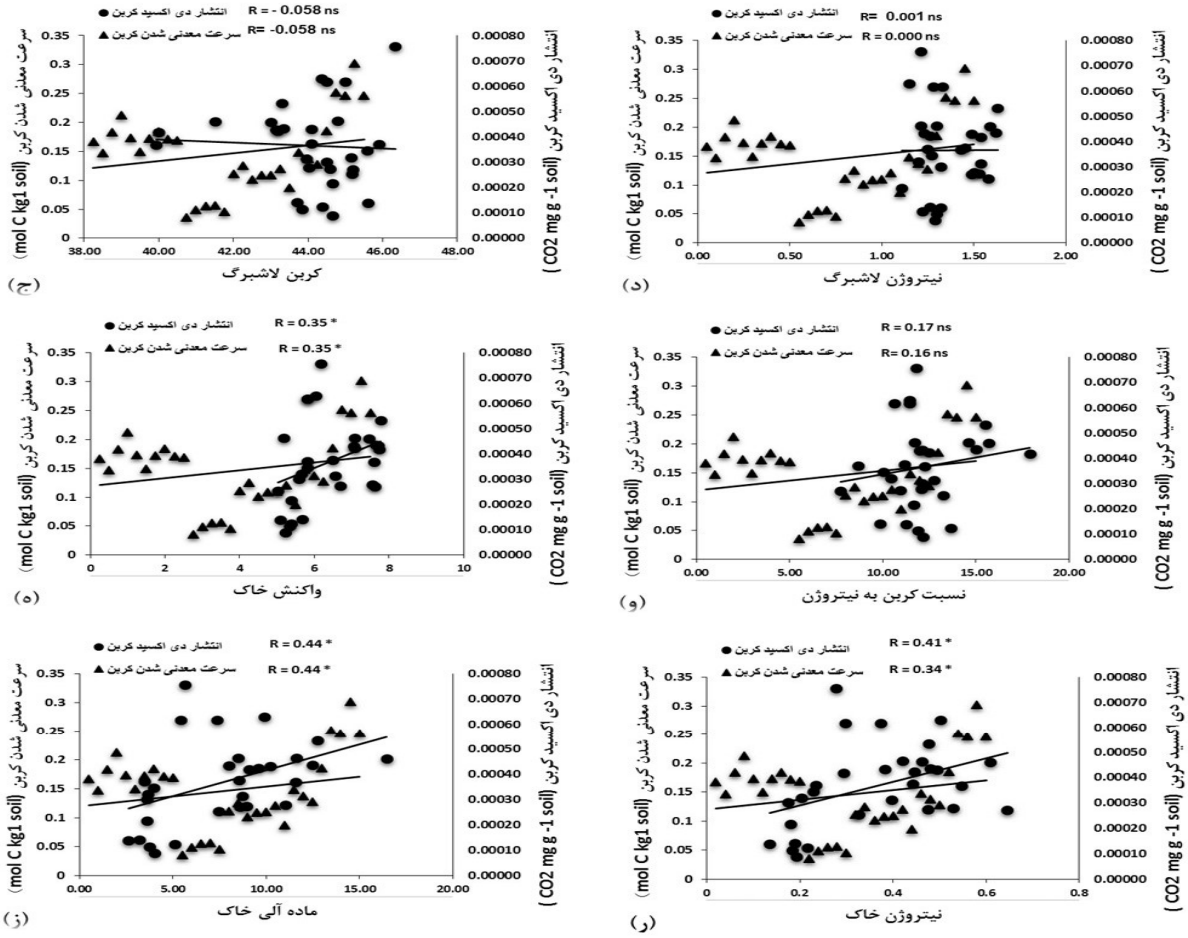
شکل ۱- میانگین معدنی شدن کربن (الف) و انتشار گاز CO_2 (ب) در تیپ‌های جنگلی مورد مطالعه

تیپ‌های مختلف جنگلی بر روی عناصری غذایی مانند کربن، نیتروژن و کاتیون‌های بازی نقش تعیین کننده‌ای دارند. به طوری که، یکی از مهمترین دلایل تفاوت سرعت معدنی شدن کربن بین تیپ‌های مختلف جنگلی، بحث کیفیت و کمیت ماده آلی و نیتروژن خاک می‌باشد (Côté et al., ۲۰۰۰; Dalias et al., ۲۰۰۱; Quan et al., ۲۰۱۴). علاوه بر این، Nadelhoffer et al (۱۹۹۱) نشان دادند که کیفیت کربن آلی خاک به مراتب نقش مهمتری از دما در معدنی شدن کربن در جنگل‌های تونددرا ایفا می‌کند. همچنین ترسیب کربن در خاک‌های جنگلی رابطه نزدیکی با مواد آلی خاک و انتشار دی‌اکسید کربن خاک دارد (Wu et al., ۲۰۰۳). در پژوهشی، Quan et al (۲۰۱۴) به بررسی میزان معدنی شدن کربن و سرعت انتشار CO۲ در جنگل‌های معتدله کوهستانی پرداختند و اذعان نمودند که بین تیپ‌های مختلف جنگلی اختلاف معنی‌داری وجود دارد و همچنین نشان دادند که نسبت C/N خاک تاثیر مستقیم بر معدنی شدن کربن دارد. به طوری که تغییر در معدنی شدن کربن و نیتروژن به تغییر پوشش گیاهی کمک می‌کند. دما یکی از عوامل مهم در فعالیت میکروارگانیسم‌های مسئول تجزیه و تخریب مواد آلی به معدنی می‌باشد به طوری که با افزایش دما فعالیت میکرو ارگانیسم‌ها کم و انتشار CO_2 پایین می‌آید (Quan et al., ۲۰۱۴). با توجه به اینکه دما با افزایش ارتفاع از سطح دریا کاهش می‌یابد، معدنی شدن کربن در ارتفاعات پایین به دلیل دمای بالاتر افزایش می‌یابد. با این وجود تیپ‌های درختی با گونه غالب توسکا قشلاقی و افراپلت نسبت به تیپ‌های راش خالص و راش- ممرز دارای انتشار گاز CO_2 و سرعت معدنی شدن کربن بالاتری می‌باشند که این می‌تواند به دلیل قرار گرفتن این تیپ‌ها در ارتفاعات پایین‌تر باشد.

همچنین در این زمینه تیپ‌های با گونه غالب راش به دلیل پایین بودن pH خاک نسبت به تیپ‌های دیگر، بر جذب و ذخیره کربن تاثیر منفی می‌گذارد به طوری که با افزایش اسیدیته نسبت C/N بالا می‌رود (لجم اورک و همکاران، ۱۳۹۱) و شرایط را برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها جهت تامین انرژی فعال‌سازی تجزیه و معدنی شدن کربن نامساعد ساخته به طوری که بر روی حاصل‌خیزی خاک اثر سوء می‌گذارد (Dalias et al., ۲۰۰۱). تیپ‌های جنگلی بر معدنی شدن کربن و نیتروژن خاک، کیفیت لاشبرگ، نسبت C/N و همچنین متساعد شدن گازهای گلخانه‌ای از خاک اثر قابل توجهی دارند. در اکوسیستم‌های جنگلی، کربن و نیتروژن لاشبرگ و برگ‌ها می‌تواند تاثیر فراوانی بر فرایند تجزیه و چرخه عناصر غذایی و فعالیت‌های میکروبی به کمک خیلی از عوامل مانند رطوبت و دما داشته باشند (Côté et al., ۲۰۰۰; Chevallier et al., ۲۰۰۴; Sun et al., ۲۰۱۳). با این وجود نتایج ما نشان داد که سرعت معدنی شدن کربن و انتشار CO_2، در تیپ آمیخته راش- ممرز- انجیلی به دلیل تنوع بالای درختی و کیفیت لاشبرگ نسبت به تیپ‌های راش- ممرز و راش خالص بالاتر می‌باشد. همچنین تیپ توسکا به دلیل دارا بودن لاشبرگ‌های با نیتروژن بالا نسبت به دیگر تیپ‌های جنگلی وضعیت مساعدتری برای معدنی شدن کربن دارد. نیتروژن خاک نیز تاثیر مستقیمی بر روی ذخیره کربن و سرعت معدنی شدن کربن دارد (Maestrini et al., ۲۰۱۴). یکی از دلایل بالا بودن سرعت معدنی شدن کربن در تیپ توسکا نسبت به تیپ‌های راش خالص و راش- ممرز، بالا بودن نیتروژن در خاک این تیپ می‌باشد.

با توجه به اینکه گونه‌های درختی توسکا تثبیت کننده نیتروژن به حساب می‌آیند. درصد بالای از میزان انتشار CO_2 و معدنی شدن کربن در نتیجه فعالیت‌های تجزیه‌ایی میکروارگانیسم‌های خاک رخ می‌دهد و طی این فرآیند، کربن آلی خاک توسط میکروارگانیسم‌ها مصرف و آزاد می‌شود (Qiao et al., ۲۰۱۴; Quan et al., ۲۰۱۴). به طوری‌که، بادهیان و همکاران (۱۳۸۷) در یک مطالعه موردی ذخیره کربن در لایه‌های آلی و معدنی خاک را در توده‌های خالص و آمیخته راش مورد بررسی قرار دادند. در توده‌های راش خالص به دلیل تراکم بالای ترکیبات فنولوژیک نسبت به توده آمیخته با گونه‌های درختی مانند ممرز و انجیلی، سرعت معدنی شدن کربن و دیگر عناصر خاک پایین می‌آید. همچنین فعالیت‌های میکروارگانیسم‌ها برای تجزیه لایه‌های آلی و نیتروفیکاسیون در خاک کاهش پیدا می‌کند و باعث می‌شود توان ذخیره‌سازی کربن در لایه‌های معدنی خاک کاهش یابد.





شکل ۲- همبستگی بین سرعت معدنی شدن و انتشار CO_2 با متغییرهای فیزیکو شیمیایی خاک و لاشبرگ در تیپ‌های پوششی مختلف (علامت * نشان دهنده همبستگی معنی‌دار در سطح ۹۹ % و ns بیانگر عدم همبستگی معنی‌دار می‌باشد).

منابع

بادەیان، ض. زاهدی امیری، ق. مروی مهاجر، م و ابراهیمی میمند، م. بررسی تاثیر میزان آمیختگی بر میزان ذخیره کربن در خاک جنگل (بررسی موردی: جنگل خیرود کنار نوشهر). نشریه جنگل و فراورده های چوب، دوره ۶۲، شماره ۱، صفحه‌های ۳۵ تا ۴۴.

بي‌نام. ۱۳۸۱. طرح جنگلداري كجور، سري ۳ آغوزچال، آبخيز ۴۶، وزارت جهاد كشاورزي، سازمان جنگل‌ها و مراتع كشور،.اداره منابع طبيعي كل استان مازندران. ۳۷۹ صفحه.

حاج آقا معمار، ش. کیوان بهجو، ف. سفیدی، ک. بهتری، ب. ۱۳۹۲. بررسی اثر کاربری اکوسیستم مرتعی به زمین زراعی بر میزان انتشار گاز گلخانه ای دیاکسید کربن (مطالعه موردی منطقه فندقلو اردبیل). صفحه‌های ۲۵ تا ۳۳. سومین کنگره ملی کشاورزی ارگانیک و مرسوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.

غازان‌شاهی ج. ۱۳۸۵. آنالیز خاک و گیاه، انتشارات هما، ۲۷۲ صفحه.

لجم اورک، ش. فلاح، س. و قربانی دشتکی، ش. ۱۳۹۱. روند تولی Co۲، پتانسیل معدنی شدن کربن خاک و ماده خشک سورگوم تحت منابع مختلف نیتروژن. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، جلد دوم، شماره ۲، صفحه‌های ۱۰۵ تا ۱۲۰.

Alef K. ۱۹۹۵. Estimating of soil respiration. In: Alef K, Nannipieri P(eds) Methods in soil microbiology and biochemistry. AcademicPress, New York, pp ۴۶۴-۴۷۰.

Chevallier T., Blanchart E., Albrecht A. and Feller C. ۲۰۰۴. The physical protection of soil organic carbon in aggregates: a mechanism of carbon storage in a Vertisol under pasture and market gardening (Martinique, West Indies).Agriculture, ecosystems and environment, ۱۰۳: ۳۷۵-۳۸۷.

Côté L., Brown S., Paré D., Fyles J. and Bauhus J. ۲۰۰۰. Dynamics of carbon and nitrogen mineralization in relation to stand type, stand age and soil texture in the boreal mixedwood. Soil Biology and Biochemistry, ۳۲: ۱۰۷۹-۱۰۹۰.

Dalias P., Anderson J.M., Bottner P. and Coûteaux M.M. ۲۰۰۱. Temperature responses of carbon mineralization in conifer forest soils from different regional climates incubated under standard laboratory conditions.Global Change Biology, ۷: ۱۸۱-۱۹۲.

Hopkins D.W. ۲۰۰۷. Carbon Mineralization. In M . R . Carter and E . G . Gregorich, eds. Soil Sampling and Methods of Analysis. Canadian Society of Soil Science Publication pp. ۵۸۹-۶۰۶.

Labaz B., Galka B., Bogacz A., Waroszewski J. and Kabala C. ۲۰۱۴. Factors influencing humus forms and forest litter properties in the mid-mountains under temperate climate of southwestern Poland. Geoderma, ۲۳۰: ۲۶۵-۲۷۳.

Mack M.C., Schuur E.A., Bret-Harte M.S., Shaver G.R. and Chapin F.S. ۲۰۰۴. Ecosystem carbon storage in arctic tundra reduced by long-term nutrient fertilization. Nature, ۴۳۱: ۴۴۰-۴۴۳.

Maestrini B., Herrmann A.M., Nannipieri P., Schmidt M.W. and Abiven S. ۲۰۱۴. Ryegrass-derived pyrogenic organic matter changes organic carbon and nitrogen mineralization in a temperate forest soil. Soil Biology and Biochemistry, ۶۹: ۲۹۱-۳۰۱.

Nadelhoffer K.J., Giblin A.E., Shaver G.R. and Laundre J.A. ۱۹۹۱. Efects of temperature and substrate quality on element mineralization in six arctic soils. Ecology, ۷۲: ۲۴۲-۲۵۳.

Qiao N.A., Schaefer D., Blagodatskaya E., Zou X., Xu X. and Kuzyakov Y. ۲۰۱۴. Labile carbon retention compensates for CO۲ released by priming in forest soils. Global change biology, ۲۰: ۱۹۴۳-۱۹۵۴.

Quan Q., Wang C., He N., Zhang Z., Wen X., Su H., Wang Q. and Xue J. ۲۰۱۴. Forest type affects the coupled relationships of soil C and N mineralization in the temperate forests of northern China. Scientific reports, ۴.

Subke J.A. and Bahn M. ۲۰۱۰. On the 'temperature sensitivity'of soil respiration: Can we use the immeasurable to predict the unknown?. Soil Biology and Biochemistry, ۴۲: ۱۶۵۳-۱۶۵۶.

Sun S.H., Liu J.J. and Chang S.X. ۲۰۱۳. Temperature sensitivity of soil carbon and nitrogen mineralization: impacts of nitrogen species and land use type. Plant Soil, ۳۷۲: ۵۹۷-۶۰۸.

Wu H., Guo Z. and Peng C. ۲۰۰۳. Land use induced changes of organic carbon storage in soils of China. Global Change Biology, ۹: ۳۰۵-۳۱۵.

Abstract

Present research was considered to aim the comparison of carbon mineralization rate and CO۲ emissions of soil in the broadleaf forest types. Due to, soil samples (۰-۱۵cm) were collected from six broadleaf forest types. Our results show that mineralization of carbon and CO۲ emissions were significant difference among six forest types. The greater amounts of these properties were devoted to Fagus orientalis - Carpinus betulus - Parrotia persica > Alnus subcordata and Acer velutinum > Carpinus betulus and pure Fagus orientalis > Fagus orientalis - Carpinus betulus, respectively. Broadleaved forest types have different effects on soil features. This can be attributed to amount of soil and litter nutrients, altitude, moisture content, pH and soil organic matter decomposition as a result of the microorganism's activities.

Key words: altitude, nutrient elements, litter quality.