



دانشگاه گورن و منابع طبیعی کلا

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیستم و دوم، شماره سوم، ۱۳۹۴
<http://jwfst.gau.ac.ir>

تغییرپذیری اندوخته کربن خاک در شیب تغییرات ارتفاعی جنگل‌های صلاح‌الدین کلا نوشهر

کاظم نورمحمدی^۱ و * امید اسماعیل‌زاده^۲

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد جنگل‌داری، دانشگاه تربیت مدرس، ^۲ استادیار، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۰۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۰۱

چکیده

سابقه و هدف: شناخت تغییرپذیری کربن آلی خاک در ارتباط با پدیده گرمایش جهانی همواره در اکوسیستم‌های جنگلی برای مدیریت کربن آلی حائز اهمیت است. از این رو تحقیق حاضر در نظر دارد تا ظرفیت اندوخته کربن خاک در واحدهای اکوسیستمی جنگل صلاح‌الدین کلا (نوشهر) در امتداد یک گرادیان ارتفاعی (۱۰۰-۱۴۰۰ متر) را بررسی نماید.

مواد و روش‌ها: برای این منظور تعداد ۷۷ قطعه نمونه ۴۰۰ مترمربعی در ۷ طبقه ارتفاعی ۲۰۰ متری از سطح دریا پیاده شده، فهرست ترکیب پوشش گیاهی و درصد تاج‌پوشش آن‌ها به همراه برخی خصوصیات محیطی برداشت شد. با استفاده از نتایج تلفیقی تحلیل‌های عددی خوشه‌ای (بر اساس داده‌های محیطی) و TWINSpan (بر اساس مقادیر درصد تاج‌پوشش گونه‌ها)، تعداد ۴ واحد اکوسیستمی در سطح منطقه طبقه‌بندی شد.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که واحدهای اکوسیستمی از نظر میزان اندوخته کربن خاک با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشته ($P < 0/05$) و از این نظر واحد سوم که نماینده تیپ راش-ممرز در سطح منطقه می‌باشد به دلیل استقرار در ارتفاعات بالاتر و تراکم بالای درختان راش نسبت به واحدهای اول، دوم و چهارم که به ترتیب نماینده تیپ‌های ممرز-انجیلی، راش-انجیلی و راش-ممرز-پلت می‌باشند حاوی بالاترین میزان اندوخته کربن خاک (متوسط ۵۷/۷۳ تن در هکتار) است. نتایج تحلیل

*مسئول مکاتبه: oesmailzadeh@modares.ac.ir

رگرسیون گام‌به‌گام در تعیین مهمترین فاکتورهای محیطی مؤثر بر اندوخته کربن خاک نشان داد که از بین ۱۱ متغیر اندازه‌گیری شده فقط سه متغیر درصد نیتروژن، درصد شن به همراه ارتفاع از سطح دریا به ترتیب اهمیت بر میزان اندوخته کربن خاک مؤثر می‌باشند ($P < 0.05$).

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی نتایج این تحقیق تصریح می‌کند که تغییرپذیری اندوخته کربن خاک یک الگوی منظمی را در امتداد شیب تغییرات ارتفاع از سطح دریا نشان نداده و مطالعه آن در واحدهای اکوسیستمی منطقه به دلیل این‌که یک تمایز مناسبی از تغییرات محیطی رویش‌گاه را ارائه می‌دهد نسبت به شیب تغییرات ارتفاعی در اولویت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اندوخته کربن خاک، واحدهای اکوسیستمی، تحلیل خوشه‌ای، مشخصه‌های خاک، توپوگرافی

مقدمه

اخیراً به دلیل نقش حیاتی کربن آلی خاک در چرخه جهانی کربن و قابلیت آن در تعدیل یا تشدید انتشارات گازهای گلخانه‌ای، مطالعات زیادی روی ذخایر کربن آلی متمرکز شده است. استفاده و توسعه فن‌آوری برای کاهش غلظت روز افزون CO_2 اتمسفری به مهم‌ترین چالش قرن ۲۱ تبدیل شده است (لل، ۲۰۰۸). زیست‌کره خاکی حاوی حدود ۱۵۰۰ میلیارد تن کربن در عمق یک متری خاک و حدود ۶۰۰ میلیارد تن کربن در پوشش گیاهی می‌باشد که مجموع آن‌ها تقریباً سه برابر مقدار کربن موجود در اتمسفر است. بنابراین هر تغییری در ذخیره کربن گیاهان یا خاک‌ها به‌طور قابل توجهی بر دی‌اکسیدکربن اتمسفری تأثیر می‌گذارد (اسچومن و همکاران، ۲۰۰۲). اندوخته کربن در رویش‌گاه‌های طبیعی فرآیندی است که دی‌اکسیدکربن اتمسفری طی عمل فتوسنتز در بافت‌های گیاهی انباشته شده سپس بخشی از آن به‌صورت کربن در لاشبرگ و ماده آلی خاک اندوخته می‌شود (نیلسون و همکاران، ۲۰۰۷؛ عبدی و همکاران، ۱۳۸۷). مقدار اندوخته کربن در اکوسیستم‌های طبیعی تحت تأثیر تیپ پوشش گیاهی، شرایط اقلیمی، توپوگرافی و خواص فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین می‌شود (بهرامی و همکاران، ۱۳۹۲).

اکوسیستم‌های جنگلی به‌عنوان فیلترهای CO_2 اتمسفری محسوب می‌شود که با ذخیره کربن در زی‌توده درختان جنگلی (نیلسون و همکاران، ۲۰۰۷) منجر به ثبات چرخه کربن در اتمسفر و خاک

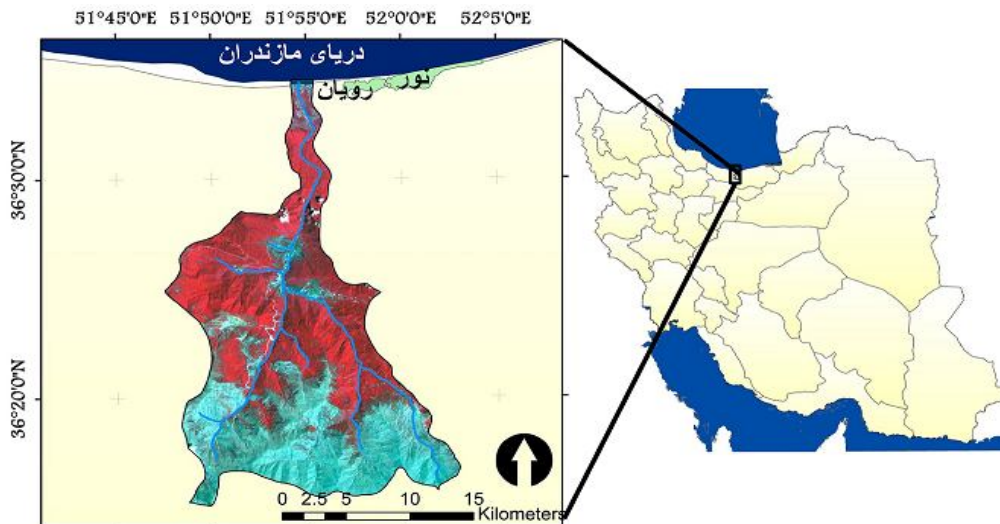
شده و از این رو نقش مؤثری در پایداری خصوصیات اقلیمی و جلوگیری از گرم شدن کره زمین ایفاء می‌کنند (ژوو و همکاران، ۲۰۱۰). اندوخته کربن در زی‌توده گیاهی و خاک‌های تحت این زی‌توده، ساده‌ترین و ارزان‌ترین راهکار ممکن برای کاهش دی‌اکسیدکربن اتمسفری است (کوچ و همکاران، ۱۳۸۹؛ حسن‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۳). در سال‌های اخیر مطالعات زیادی تأثیر تیپ‌های مختلف جنگلی بر ذخیره کربن خاک را گزارش دادند (جوگای و همکاران، ۲۰۰۰؛ جانگ و ژوو، ۲۰۰۶؛ فوو و همکاران، ۲۰۱۰؛ ژوو و همکاران، ۲۰۱۰؛ بوو و همکاران، ۲۰۱۲؛ دار و ساندارپاندین، ۲۰۱۳؛ ژاویز، ۲۰۱۳). نتایج این تحقیقات حاکی از آن است که مقدار ذخیره کربن همبستگی بالایی با پوشش گیاهی متناظر با خود دارند. تغییر در مقدار اندوخته کربن خاک، به مقدار ورودی کربن به خاک از راه بقایایی گیاهی و هدررفت کربن از راه تجزیه بستگی دارد (ورامش و همکاران، ۱۳۸۹). ترکیب گونه‌ای و تیپ جنگل در فرآیند اندوخته کربن در افق‌های آلی و معدنی خاک بسیار مؤثر می‌باشد (وستردال و همکاران، ۲۰۱۳). در این ارتباط مطالعه محمودی طالقانی و همکاران (۱۳۸۶) نشان داد که اندوخته کربن در توده راش - بلوط (*Fagus orientalis- Quercus castaneifolia*) در لایه‌های آلی بیشتر از توده افرا - زبان گنجشک (*Acer velutinum- Fraxinus excelsior*) می‌باشد؛ البته این وضعیت در لایه‌های معدنی روند معکوس را نشان داد. برخی از مطالعات حاکی از آن می‌باشند که افزایش تنوع گونه‌های درختی نیز باعث افزایش اندوخته کربن خاک می‌شود (گوکلند و همکاران، ۲۰۰۹). وستردال و همکاران (۲۰۱۳) نیز معتقدند که با تغییر گونه‌های درختی، می‌توان میزان اندوخته کربن خاک را ۴۰ تا ۵۰ درصد افزایش داد.

در سال‌های اخیر، پژوهش‌های زیادی تغییرات مکانی کربن آلی خاک را بررسی کردند (هاینس و همکاران، ۲۰۰۳؛ لیو و همکاران، ۲۰۰۶؛ سوو و همکاران، ۲۰۰۶؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۹). نتایج این پژوهش‌ها نشان داد که در مقیاس جهانی، تنوع اقلیم و توپوگرافی به ترتیب دو عامل اصلی کنترل‌کننده میزان کربن آلی خاک و سرعت چرخه آن در یک منطقه مشخص می‌باشد (بامری و همکاران، ۱۳۹۱). خصوصیات مختلف توپوگرافی با تأثیر بر میزان بارش و درجه حرارت و نیز میزان نور دریافتی و رطوبت نسبی از عوامل اصلی بروز اختلافات در اکوسیستم بوده و بنابراین در مطالعات اکولوژی گیاهی از دیرباز به‌عنوان یک فاکتور مهم و شناخته شده مورد توجه می‌باشد (کورنر، ۲۰۰۷). از میان خصوصیات مختلف توپوگرافی، عامل ارتفاع از سطح دریا نقش تعیین‌کننده‌ای در پاسخ عملکردهای زیستی و ترکیب پوشش گیاهی ایفا کرده (بارنز و همکاران، ۱۹۹۸) و از این رو بر میزان اندوخته کربن خاک تأثیر قابل توجهی دارد (فانگ و همکاران، ۲۰۰۴؛ کورنر و همکاران، ۲۰۰۷؛ ژوو و همکاران، ۲۰۱۰).

بررسی مطالعات انجام شده در رابطه با ذخیره کربن در جنگل‌های کوهستانی نشان می‌دهد که اغلب با افزایش ارتفاع از سطح دریا، بر میزان اندوخته کربن خاک افزوده می‌شود (دای و هانگ، ۲۰۰۶؛ زانگ و همکاران، ۲۰۱۰؛ بوو و همکاران، ۲۰۱۲؛ دیوو و همکاران، ۲۰۱۴). ژوو و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی الگوی تغییرات اندوخته کربن خاک در جنگل‌های معتدله کوهستانی Changhbi در امتداد شیب تغییرات ارتفاعی (۲۰۰۰-۷۰۰ متر از سطح دریا) نشان دادند که ارتفاع از سطح دریا و تیپ جنگل نقش تعیین کننده‌ای در میزان متوسط اندوخته کربن خاک (۵۳/۸-۴۰/۵ تن در هکتار در لایه ۰-۲۰ سانتی متری خاک) ایفا می‌کند. نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که میزان ذخیره کربن در پوشش گیاهی با افزایش ارتفاع از سطح دریا روند کاهشی داشته در حالی که اندوخته کربن خاک روند افزایشی نشان داده است. شناخت تغییرات اندوخته کربن در امتداد شیب تغییرات ارتفاعی از سطح دریا در رویش‌گاه‌های جنگلی کوهستانی به دلیل ارایه یک پیش‌بینی مناسب از واکنش توازن کربن در سطح منطقه‌ای و جهانی، نسبت به تغییرات خصوصیات اقلیمی آینده حایز اهمیت است (ژوو و همکاران، ۲۰۱۰). از این‌رو، تحقیق حاضر در نظر دارد تا روند تغییرات اندوخته کربن را در واحدهای اکوسیستمی واقع در یک گرادیان ارتفاعی در جنگل‌های صلاح‌الدین کلا (نوشهر) که به دلیل تنوع دامنه ارتفاعی و تنوع خصوصیات فیزیوگرافیک، بستر رویش اغلب تیپ‌های جنگلی ناحیه رویشی هیرکانی بوده، ارائه نماید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه به مساحت ۱۸۷۶ هکتار در حوزه آبخیز گلندرود (حوزه شماره ۴۸ تقسیم‌بندی طرح جامع جنگل‌های شمال کشور) در جنوب شرقی شهرستان نوشهر در محدوده ارتفاعی ۱۰۰ تا ۱۷۰۰ متر از سطح دریا و در مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه ۲۸ دقیقه الی ۳۶ درجه ۳۱ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه ۴۷ دقیقه الی ۵۱ درجه ۵۱ دقیقه طول شرقی قرار دارد (شکل ۱). متوسط بارندگی سالیانه منطقه حدود ۱۳۰۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه آن ۱۵/۴ درجه سانتی‌گراد است. اقلیم منطقه به روش دومارتن به بسیار مرطوب سرد طبقه‌بندی می‌گردد. حداقل میانگین دمایی ماهیانه در ماه‌های تیر و مرداد با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و حداکثر میانگین دمایی ماهیانه نیز در بهمن ماه با دمای ۶/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. منطقه مورد مطالعه سنگ مادر آهکی با لایه نازک مارن بوده که سن آن‌ها به دوره کرتاسه می‌رسد. در سطح منطقه سه تیپ خاک شامل قهوه‌ای جنگلی، قهوه‌ای شسته نشده یا پسدوگلی و راندزین شسته شده وجود دارد (بی‌نام، ۱۳۷۷).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان مازندران، شمال ایران.

Figure 4. The position of the study area in Mazandaran province, north of Iran.

نمونه برداری پوشش گیاهی: نمونه برداری از پوشش گیاهی منطقه در فصل بهار هنگامی که انتظار می رود اکثر گونه های گیاهی در سطح منطقه حضور داشته و به رشد کامل رسیده اند، انجام شد. برای این منظور نخست تعداد ۷ طبقه ارتفاعی ۲۰۰ متری از پایین ترین حد ارتفاعی منطقه (۱۰۰ متر از سطح دریا) تا مرتفع ترین نقطه آن (۱۴۰۰ متر از سطح دریا) انتخاب شد. سپس در هر طبقه ارتفاعی، تعداد ۱۱ قطعه نمونه ۴۰۰ مترمربعی (شکل قطعه نمونه مربع ۲۰ در ۲۰ متر) در امتداد خطوط میزان منحنی تراز با فواصل افقی ۱۰۰ متر از یکدیگر پیاده شد. در هر قطعه نمونه پس از ثبت خصوصیات توپوگرافی، فهرست و درصد تاج پوشش کلیه گونه های گیاهی بر اساس معیار فراوانی- غلبه وان درمارل با اندکی تغییر (اسماعیلزاده و همکاران، ۱۳۸۸) ثبت شد.

تحلیل واحدهای اکوسیستمی: طبقه بندی اکوسیستمی براساس نتایج طبقه بندی حاصله از دو سری از اطلاعات پوشش گیاهی و داده های محیطی (خصوصیات توپوگرافیک رویش گاه به همراه خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک) انجام شد. برای این منظور نخست با استفاده از روش TWINSpan بر اساس مقادیر درصد پوشش تاجی گونه ها تعداد چهار گروه گیاهی طبقه بندی شد. در تحلیل CA نیز یک سطح معادل در نظر گرفته شد تا حداکثر تشابه را با گروه بندی TWINSpan نشان دهد. گروه بندی و تفکیک قطعات نمونه در قالب واحدهای اکوسیستمی بر مبنای نتایج تلفیقی آنالیزهای

طبقه‌بندی TWINSpan و CA به دست آمد. (مکناب و همکاران، ۱۹۹۹). جهت دامنه (Aspect) نیز برای به‌کارگیری در تجزیه و تحلیل‌های چند متغیره از طریق دو رابطه $(\cos A + 1)$ و $(\sin A + 1)$ (1) که در آن A آزیموت دامنه از بالا به پایین شیب می‌باشد به ترتیب به متغیرهای کمی شمال‌گرایی (Northness) و شرق‌گرایی (Eastness) با دامنه تغییرات صفر (جهت جنوبی و غربی) تا دو (جهت شمالی و شرقی) تبدیل گردید (اسماعیل‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹).

نمونه‌برداری خاک: به منظور بررسی روند تغییرات اندوخته کربن خاک در واحدهای اکوسیستمی منطقه مورد مطالعه، در مرکز هر قطعه نمونه و در زیر لایه لاشبرگ با استفاده از مته اوگر به قطر ۵ سانتی‌متر یک نمونه خاک به عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر (زانگ و همکاران، ۲۰۱۰) تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌های خاک بعد از انتقال به آزمایشگاه ابتدا در معرض هوا خشک شده و بعد از جدا کردن ریشه‌ها، سنگ و سایر ناخالصی‌ها از الک با قطر ۲ میلی‌متر عبور داده شدند. برای هر یک از نمونه‌ها برخی از فاکتورهای شیمیایی و فیزیکی: شامل بافت خاک از روش هیدرومتری بایکاس، اسیدیته با استفاده از دستگاه pH مترالکترونیکی، فسفر (ppm) با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر و برای تعیین درصد کربن آلی خاک از روش والکی-بلاک (زرین‌کفش، ۱۳۷۲) استفاده شد. پس از اندازه‌گیری مشخصه‌های درصد کربن و وزن مخصوص ظاهری، مقادیر اندوخته کربن خاک در کلاسه‌های ارتفاعی بر حسب تن در هکتار (رابطه ۱) محاسبه شد (کوچ و همکاران، ۲۰۱۲).

$$\text{Cs} = 10000 \times \text{OC} (\%) \times \text{Bd} \times E \quad \text{رابطه (۱)}$$

OC = کربن آلی (kg/ha) OC درصد = درصد کربن آلی Bd = وزن مخصوص ظاهری خاک (g/cm^3)
E = ضخامت لایه خاک به سانتی‌متر

تجزیه و تحلیل آماری: به منظور مقایسه واحدهای اکوسیستمی از نظر خصوصیات محیطی، پس از احراز شرایط نرمال بودن و همگنی واریانس از تحلیل‌های واریانس یک طرفه برای مقایسه کلی بین واحدها و آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه چندگانه میانگین‌ها استفاده شد. برای تعیین مهمترین عامل محیطی مؤثر (متغیر مستقل) بر میزان اندوخته کربن خاک (متغیر وابسته) از رگرسیون چند متغیره به روش گام به گام استفاده شد. کلیه محاسبات مذکور با بهره‌گیری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ انجام گردید.

نتایج

شناسایی واحدهای اکوسیستمی: با استفاده از نتایج تلفیقی تحلیل‌های عددی خوشه‌ای بر اساس داده‌های محیطی (جدول ۲) و TWINSpan (بر اساس مقادیر درصد تاج پوشش کلیه گونه‌ها گونه‌ها اعم از پوشش علفی، درختچه‌ای و درختی) تعداد ۴ واحد اکوسیستمی در سطح منطقه تشخیص داده شد (جدول ۱). در این ارتباط قطعات نمونه‌ای که به‌طور یکسان (عضویت‌پذیری مشابه) در هر یک از طبقات چهارگانه گروه‌های اکولوژیک و گروه‌های پیش‌بینی شده توسط تحلیل خوشه‌ای قرار گرفتند به‌عنوان اعضای واحد اکوسیستمی متناظر با آن گروه‌ها طبقه‌بندی شدند. قطعات نمونه‌ای که در دو روش طبقه‌بندی در گروه یکسانی قرار نگرفتند با استفاده از نتایج تحلیل ممیزی و نیز نتایج اولیه تحلیل DCA (بر اساس مقادیر درصد تاج پوشش کلیه گونه‌ها) به واحدهای اکوسیستمی مربوطه پیوستند (نورمحمدی، ۱۳۹۲).

جدول ۱- توصیف واحدهای اکوسیستمی جنگل‌های صلاح‌الدین کلا.

Table 1. Description of ecosystem units of Salahodinkola forests.

تیپ غالب Dominant forest type	ویژگی‌های واحد (Unit features)		واحدهای اکوسیستمی Ecosystem units
	متوسط شیب (درصد) Slope average (%)	محدوده ارتفاع از سطح دریا (متر) The range of altitude (m.a.s.l)	
ممرز- انجیلی (Hornbeam- Ironwood)	34	156-604	اول (First)
راش- انجیلی (Beech- Ironwood)	25	583-875	دوم (Second)
راش- ممرز (Beech- Hornbeam)	37	825-1250	سوم (Third)
راش- ممرز- پلت (Beech- Hornbeam- Mapple)	39	1000-1380	چهارم (Fourth)

نتایج آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که واحدهای اکوسیستمی منطقه از نظر متغیرهای محیطی ارتفاع از سطح دریا، درصد شن، درصد سیلت، شاخص شرق‌گرایی و اسیدیته (pH) در سطح ۹۹ درصد ($P < 0/01$) و درصد کربن آلی و شاخص شمال‌گرایی در سطح ۹۵ درصد ($P < 0/05$) با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند. واحدهایی مزبور از نظر متغیرهای درصد نیتروژن، درصد آهک، درصد شیب، درصد رس، فسفر و میزان C/N با یکدیگر اختلاف نداشتند (جدول ۲). نتایج همچنین

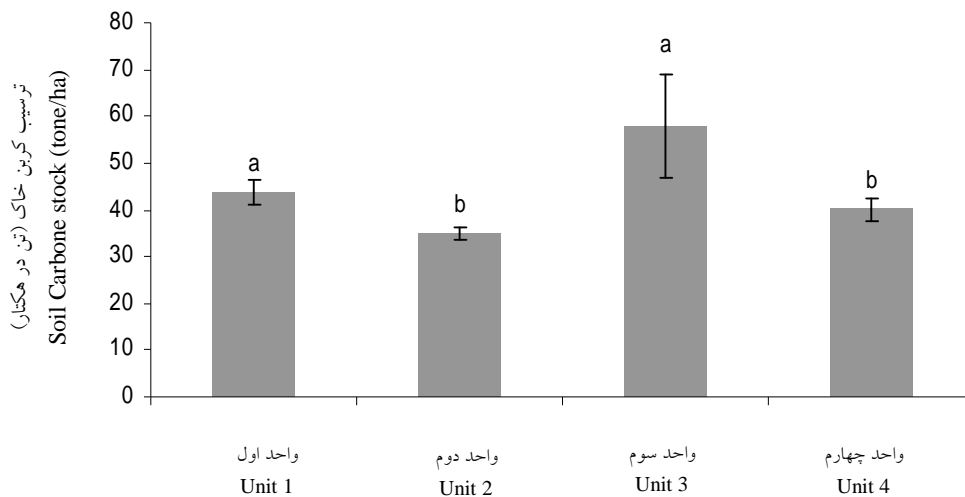
نشان داد که واحدهای مزبور از نظر میزان کل ذخیره کربن خاک با همدیگر اختلاف دارند ($P < 0.05$). واحد اکوسیستمی سوم که نماینده تیپ راش - ممرز در سطح منطقه می‌باشد بیشترین میزان اندوخته کربن (۵۷/۷۳ تن در هکتار) را به خود اختصاص داد این در حالی است که دیگر واحدها از این نظر با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (شکل ۲).

جدول ۲- میانگین (\pm اشتباه معیار) متغیرهای محیطی در سطح واحدهای اکوسیستمی جنگل‌های صلاح‌الدین کلا.

Table 2. Mean (\pm standard error) of environmental variables in ecosystem units of Salahodinkola forests.

معنی‌داری Sig.	F	واحد چهارم Fourth unit	واحد سوم Third unit	واحد دوم Second unit	واحد اول First unit	متغیرهای محیطی Environmental variables
P<0.05	4.065	40.04 \pm 2.31 ^b	57.73 \pm 11.00 ^a	34.85 \pm 1.31 ^b	43.75 \pm 2.69 ^b	اندوخته کربن (تن در هکتار) (Carbon stock) (tone/ha)
ns	1.477	0.11 \pm 0.017	0.16 \pm 0.029	0.11 \pm 0.009	0.19 \pm 0.47	درصد نیتروژن (Nitrogen) (%)
P<0.05	3.871	1.30 \pm 0.03 ^b	1.74 \pm 0.30 ^a	1.24 \pm 0.03 ^b	1.35 \pm 0.02 ^b	درصد کربن آلی (Organic matter) (%)
P<0.01	6.489	5.87 \pm 0.17 ^b	6.21 \pm 0.31 ^{ab}	5.79 \pm 0.12 ^b	6.74 \pm 0.17 ^a	اسیدیته (pH)
ns	1.843	1.77 \pm 0.38 ^a	3.91 \pm 1.71 ^a	2.25 \pm 0.32 ^a	5.65 \pm 4.93 ^a	درصد آهک (Lime) (%)
ns	1.439	38.7 \pm 2.1	37.3 \pm 2.9	24.8 \pm 5.9	33.9 \pm 6.1	درصد شیب (Slope) (%)
P<0.05	4.175	1.74 \pm 0.16 ^{ab}	1.13 \pm 0.38 ^{bc}	1.9 \pm 0.02 ^a	0.98 \pm 0.27 ^c	شاخص شمال‌گرایی (Northness index)
P<0.01	5.118	1.15 \pm 0.17 ^a	1.09 \pm 0.14 ^a	0.59 \pm 0.05 ^b	1.13 \pm 0.12 ^a	شاخص شرق‌گرایی (Eastness index)
ns	0.019	41.6 \pm 0.7	41.4 \pm 0.8	41.6 \pm 1.6	42.0 \pm 2.4	درصد رس (Clay) (%)
P<0.01	7.711	39.8 \pm 1.1 ^a	32.9 \pm 2.3 ^b	40.4 \pm 2.1 ^a	30.7 \pm 1.7 ^b	درصد سیلت (Silt) (%)
P<0.01	6.623	18.7 \pm 0.8 ^b	25.7 \pm 24.2 ^a	18.0 \pm 0.97 ^b	27.3 \pm 2.6 ^a	درصد شن (Sand) (%)
ns	0.779	13.4 \pm 0.9	16.4 \pm 2.6	16 \pm 2.6	18.3 \pm 2.3	فسفر (Phosphor) (ppm)
ns	0.731	15.2 \pm 3.8	11.7 \pm 0.98	11.9 \pm 1.1	11.4 \pm 1.2	نسبت کربن به نیتروژن (C/N)
P<0.01	85.53	1157 \pm 56 ^a	1112 \pm 53 ^a	716 \pm 39 ^b	284 \pm 36 ^c	ارتفاع از سطح دریا (متر) (Altitude) (m.a.s.l.)

مدل‌سازی اندوخته کربن خاک: در تعیین مهمترین عوامل فیزیکی- شیمیایی خاک (درصد شن، درصد رس، درصد سیلت، اسیدیته (pH)، درصد آهک، فسفر، نیتروژن) و عوامل توپوگرافی (ارتفاع از سطح دریا، شیب، شاخص شمال‌گرایی و شاخص شرق‌گرایی) مؤثر بر درصد کربن آلی با استفاده از تحلیل رگرسیون گام‌به‌گام مشخص شد که تنها سه متغیر درصد نیتروژن، درصد ذرات شن و ارتفاع از سطح دریا به‌ترتیب در سه مرحله وارد معادله رگرسیونی شدند. در مرحله اول از بین متغیرهای ورودی (متغیرهای خاکی و عوامل توپوگرافی)، تنها درصد نیتروژن وارد معادله گردید ($P=0/00$ و $F=30/344$)، در مرحله دوم علاوه بر درصد نیتروژن، درصد شن نیز به معادله اضافه گردید ($P=0/00$ و $F=21/461$). در نهایت مدل سوم که بر مبنای متغیرهای درصد نیتروژن، درصد شن و ارتفاع از سطح دریا شکل گرفته است، بیش از ۶۲ درصد از تغییرپذیری میزان اندوخته کربن خاک را توجیه نمود (جدول ۳).



شکل ۲- میانگین (\pm اشتباه معیار) اندوخته کربن خاک در واحدهای اکوسیستمی جنگل‌های صلاح‌الدین کلا.

Figure 2. Mean (\pm standard error) of Carbone stock in ecosystem units of Salahodinkola forests.

جدول ۳- نتایج تحلیل رگرسیون گام به گام مقادیر کربن آلی اندوخته شده با خصوصیات توپوگرافیک و مشخصه‌های خاک (متغیرهای مستقل).

Table 3. Results of stepwise regression of Carbone stock with topographical and soil features as independent variables.

مدل (Model)	حالت (Status)	معادله رگرسیون Regression equation	F-value	ضریب تبیین (R ²)
یک (1)	UC SC	$Y = 16.66 + 207 N$ $Y = 0.681 N$	30.344	0.464
دو (2)	UC SC	$Y = 3.108 + 193.742 N + 0.704 Sand$ $Y = 0.635 N + 0.309 Sand$	21.461	0.558
سه (3)	UC SC	$Y = -6.684 + 186.523 N + 0.815 Sand + 0.011 Altitude$ $Y = 0.611 N + 0.358 Sand + 0.268 Altitude$	18.525	0.627

UC: ضرایب استاندارد نشده
Y: اندوخته کربن خاک (تن در هکتار)
SC: Standardized Coefficient
UC: Unstandardized Coefficient

بحث و نتیجه‌گیری

تغییرپذیری اندوخته کربن خاک در سطح واحدهای اکوسیستمی: نتایج این تحقیق نشان داد در امتداد شیب تغییرات ارتفاع از سطح دریا در سطح منطقه، تعداد چهار واحد اکوسیستمی با ترکیب فلورستیکی و خصوصیات محیطی متمایز قابل تفکیک است. واحدهای دوم، سوم و چهارم مربوط به تیپ‌های مختلف راش در سطح منطقه بوده و واحد اول نماینده تیپ‌های جنگلی ممرز-انجیلی می‌باشد (جدول ۱). حضور عناصر درختی گرم‌پسند نظیر داغداغان، بلند مازو و آزاد که معرف جوامع جنگلی پایین‌بند ناحیه هیرکانی محسوب می‌شوند در واحد اول، قابلیت تفکیک و تمایز این واحد را از دیگر واحدها که نماینده جوامع گیاهی راش در منطقه می‌باشند را دلالت می‌کند. مقایسه واحدها براساس خصوصیات محیطی (خصوصیات توپوگرافیک و مشخصه‌های خاک) بیانگر آن است که واحدهای مزبور دارای اختلاف معنی‌داری هستند. نتایج تحقیق حاضر از این جنبه، مشابه مطالعه اسماعیل‌زاده و همکاران (۱۳۹۰) است که در بررسی قابلیت تفکیک واحدهای اکوسیستمی در طبقه‌بندی جنگل راش دارکلا نشان دادند، طبقه‌بندی اکوسیستمی هرچند بر مبنای آنالیز پوشش گیاهی تعیین می‌شود اما می‌تواند یک پیش‌بینی قابل قبولی از تغییرپذیری خصوصیات محیطی را ارائه دهد.

نتایج تجزیه واریانس و آزمون مقایسه میانگین دانکن نشان داد که میزان کل ذخیره کربن خاک در واحدهای اکوسیستمی مختلف با هم اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهند به طوری که واحد سوم که نماینده تیپ راش - ممرز می‌باشد با میزان اندوخته کربن $57/73$ تن در هکتار بیشترین سهم اندوخته کربن را به خود اختصاص داده است. این در حالی است که سایر واحدها از لحاظ مقدار اندوخته کربن با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. مقایسه بافت خاک در واحدهای اکوسیستمی نشان داد که واحد اول و سوم حاوی بالاترین مقدار درصد ذرات شن بوده لذا خاک این واحدها حاوی سبک‌ترین بافت نسبت به دو واحد دیگر می‌باشد. هرچند مرور منابع بیانگر آن است که با افزایش میزان درصد شن بر مقدار ذخیره کربن خاک افزوده می‌شود (کوچ و همکاران، ۲۰۱۲) و لذا انتظار می‌رفت تا واحد یک همانند واحد سوم، حاوی بالاترین میزان ذخیره کربن در سطح منطقه باشد اما استقرار واحد اول در پایین‌ترین حد ارتفاعی منطقه (محدوده ارتفاعی ۱۵۶ تا ۶۰۴ متر) که از یک سو کاهش تراکم درختان راش و افزایش تراکم درختان ممرز را به همراه داشته و از سوی دیگر افزایش نرخ تجزیه لاشبرگ را به دلیل فعالیت بیشتر جمعیت تجزیه‌کنندگان به همراه دارد سبب کاهش میزان ذخیره کربن در آن می‌شود. کاهش مقادیر درصد کربن خاک در جوامع جنگلی در نتیجه افزایش تراکم درختان ممرز در مطالعات زرین‌کفش، (۱۳۸۰) و اسماعیلزاده و همکاران، (۱۳۹۰) نیز گزارش گردید. همچنین صالحی و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی تغییرات خصوصیات فیزیکی - شیمیایی خاک در ارتباط با گروه‌های اکولوژیک سری نمخانه جنگل خیرود کنار نشان دادند که درصد کربن و نسبت C/N در تیپ‌های راش با افزایش میزان غلبه درختان ممرز کاهش می‌یابد.

نتایج حاصل از تحلیل رگرسیون گام‌به‌گام در بررسی توزیع میزان ذخیره کربن خاک در امتداد شیب تغییرات ارتفاع از سطح دریا حاکی از آن است که دو فاکتور درصد نیتروژن و درصد شن به همراه ارتفاع از سطح دریا به‌عنوان مهمترین عوامل تأثیرگذار بر میزان ذخیره کربن محسوب می‌شوند. در ارتباط با تأثیرگذاری درصد ذرات شن بر میزان اندوخته کربن خاک مطالعه عبدی (۱۳۸۴) در مراتع گون‌زار نشان داد که با افزایش درصد سنگ، سنگریزه و شن در بافت خاک، اندوخته کربن افزایش می‌یابد. نوبخت و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه اندوخته کربن خاک در توده‌های جنگل‌کاری منطقه دهیمان مازندران، مشخصه‌های بافت خاک، نیتروژن و نسبت C/N را به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر ذخیره اندوخته کربن خاک گزارش دادند. کوچ و همکاران (۲۰۱۲) در تعیین بهترین عوامل مؤثر بر میزان اندوخته کربن خاک در توده‌های جنگل‌کاری دارابکلا نشان دادند که میزان اندوخته کربن خاک

همبستگی مثبت با متغیرهای درصد ذرات شن، نیتروژن و C/N و با مشخصه درصد آهک و درصد رس همبستگی منفی دارد. و در مطالعات دیگری در شمال ایران بایرامزاده (۲۰۱۴) نیز نشان دادند در عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متری خاک رابطه مثبت و قوی بین ذخیره کربن با درصد شن دارد. در خصوص تأثیر مثبت ارتفاع از سطح دریا بر افزایش میزان اندوخته کربن خاک نتایج تحقیق حاضر مشابه نتایج مطالعه ژوو و همکاران (۲۰۱۰) در جنگل‌های معتدله شمال چین است که نشان دادند ارتفاع از سطح دریا نقش مؤثری بر میزان اندوخته کربن خاک دارد به طوری که با افزایش ارتفاع، میزان ذخیره کربن نیز افزایش می‌یابد.

عامل ارتفاع از سطح دریا با تأثیرگذاری بر کاهش دما و افزایش بارندگی (ژوو و همکاران، ۲۰۱۰) کاهش سرعت تجزیه ماده آلی خاک شده (جلوگیری از معدنی شدن کربن آلی) را منجر شده و سبب می‌شود تا شرایط مناسب برای تجمع کربن آلی خاک در زیرآشکوب توده‌های جنگلی و در نتیجه افزایش میزان ذخیره کربن خاک را فراهم می‌سازد (کیت و همکاران، ۲۰۰۹؛ زانگ و همکاران، ۲۰۱۱). فیشر و بینکل (۲۰۰۰) نیز اعتقاد دارند که روند انباشتگی و ذخیره کربن در خاک و به‌دنبال آن افزایش نسبت C/N با افزایش ارتفاع از سطح دریا افزایش می‌یابد. زانگ و همکاران (۲۰۱۱)، اقیلم و تیپ‌های گیاهی را دو عامل اصلی تنظیم‌کننده توزیع کربن آلی خاک در جنگل‌های معتدله کوهستانی دانستند، آن‌ها همچنین بیان داشتند که الگویی مشخص بین توزیع کربن آلی با افزایش ارتفاع از سطح دریا وجود ندارد. البته نتایج تحقیق حاضر از این نظر برخلاف نتایج مطالعه کومار و همکاران (۲۰۱۳) است که اعتقاد دارند با افزایش ارتفاع از سطح دریا از میزان ذخیره کربن آلی خاک کاسته می‌شود و دلیل آن را احتمالاً کاهش سرعت تجزیه شدن برگ‌ها در ارتفاع بالا نسبت به ارتفاعات پایین‌تر دانستند. شیخ و همکاران (۲۰۰۹) نیز در مطالعه خود در جنگل‌های معتدله کوهستانی هیمالیا، نشان دادند که بین ارتفاع از سطح دریا و مقدار ذخیره کربن همبستگی منفی وجود دارد به طوری که بیشترین این میزان در ارتفاع پایین‌تر مشاهده می‌شود که دلیل آن را تثبیت بهتر کربن آلی خاک در ارتفاع پایین دانستند. در این ارتباط زانگ و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که الگویی مشخص بین توزیع کربن آلی با افزایش ارتفاع از سطح دریا وجود ندارد.

نتیجه گیری نهایی

به طور کلی این پژوهش نشان داد که تغییرپذیری اندوخته کربن خاک به دلیل تأثیرپذیری از متغیرهای محیطی (درصد شن و درصد نیتروژن) و نوع پوشش گیاهی (واحد های اکوسیستمی)، الگوی منظمی را در شیب تغییرات ارتفاع از سطح دریا منطقه مورد مطالعه نشان نمی دهد. از آن جای که بسیاری از فاکتورهای دیگر از جمله: اقلیم، سن توده، مدیریت رویش گاه و بهره برداری بر پتانسیل اندوخته کربن مؤثر هستند در نتیجه مقدار تغییرپذیری اندوخته کربن خاک در مناطق مختلف بسیار متفاوت است از این رو نیاز است اندوخته کربن خاک در سطح محلی بررسی شود.

منابع

1. Abdi, N., Maddah Arefi, H., and Zahedi Amiri, GH. 2008. Estimation of carbon sequestration in Astragalus rangelands of Markazi province (Case study: Malmir rangeland in Shazand region). Iranian journal of Range and Desert Research, 15: 269-282. (In Persian)
2. Anonymous, 1998. Esrak forest management plan. Forest Rangeland and Watershed Organization, Sari, 228p. (In Persian)
3. Bahrami, B., Erfanzadeh, R., and Motamedi, J. 2013. Effect of slope and vegetation on carbon sequestration in a semi-dry rangeland of western Iran, case study: Khanghah Sorkh, Urmia. Journal of Water and Soil, 27: 703-711. (In Persian)
4. Bameri, A., Khormali, F., Kiani, F., and Dehghani, A.A. 2012. Spatial variability of soil organic carbon on different slope positions of loess hillslopes in Toshan area, Golestan Province. J. of Water and Soil Conservation, 19: 43-62. (In Persian)
5. Barnes, B.V., Zak, D.R., Denton, S.R., and Spur, S.H. 1998. Forest Ecology, John Wiley and Sons INC New York, 773p.
6. Bayramzadeh, V. 2014. Does tree species composition control the soil carbon stocks of the Hyrcanian forest in the Northern Iran? (A case study in Guilan province, Iran). Journal of Forestry Research 25: 143-146.
7. Bu, X., Ruan, H., Wang, L., Ma, W., Ding, J., and Yu, X. 2012. Soil organic matter in density fractions as related to vegetation changes along an altitude gradient in the Wuyi Mountains, southeastern China. Applied Soil Ecology, 52: 42-47.
8. Dai, W., and Huang, Y. 2006. Relation of soil organic matter concentration to climate and altitude in zonal soils of China. *Catena*, 65: 87-94.

9. Dar, J.A., and Sundarapandian, S.M. 2013. Soil Organic Carbon Stock Assessment in Two Temperate Forest Types of Western Himalaya of Jammu and Kashmir. India. Forest Res, 3: 1-5.
10. Du, B., Kang, H., Pumpanen, J., Zhu, P., Yin, S., Zou, Q., and Liu, C. 2014. Soil organic carbon stock and chemical composition along an altitude gradient in the Lushan Mountain, subtropical China. Ecological Research, 29: 433-439.
11. Esmailzadeh, O., Hosseini, M., Mesdaghi, M., Tabari, M., Mohammadi, J. (2010) Can Soil Seed Bank Floristic Data Describe Above Ground Vegetation Plant Communities? Environmental Sciences. 17(2): 41-62. (In Persian)
12. Esmailzadeh, O. Hosseini, S.M., Tabari, M., and Asadi, H. (2011) Ecological system analysis in classification of forest plant communities (case study: Darkola beech forest). Journal of Plant Biology. 7: 11-28. (In Persian)
13. Fang, J.Y., Shen, ZH., and Cui, HT. 2004. Ecological characteristics of mountains and research issues of mountain ecology. BiodiversSci, 12: 10-19.
14. Fisher, R., and Binkley, D. 2000. Ecology and management of forest soils, 3th edition, John Wiley And Sons, Inc, New York.
15. Fu, X., Shao, M., Wei, X., and Horton, R. 2010. Soil organic carbon and total nitrogen as affected by vegetation types in Northern Loess Plateau of China. Geoderma, 155: 31-35.
16. Guckland, A., Jacob, M., Flessa, H., Thomas, F.M., and Leuschner, C. 2009. Acidity, nutrient stocks, and organic matter content in soils of a temperate deciduous forest with different abundance of European beech (*Fagus sylvatica* L.). Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 172: 500-511.
17. Haynes, R.J., Dominy, C.S., and Graham, M.H. 2003. Effect of agricultural land use on soil organic matter status and the composition of earthworm communities in KwaZulu-Natal, South Africa. Agriculture, ecosystems and environment, 95: 453-464.
18. Javadi Tabalvendani, M.R., Zehtabiyan, G.R., Ahmadi, H., Ayobi, S., Jafari, M., and Alizadeh, M. 2011. The role of different land use on the soil carbon sequestration (Case study: Noumeh roud watershed, Nour province). Natural Ecosystem of Iran, 1: 146-154. (In Persian)
19. Jiang, P.K., and Xu, Q.F. 2006. Abundance and dynamics of soil labile carbon pools under different types of forest vegetation. Pedosphere, 16: 505-511.
20. Jobbagy, E.G., and Jackson, R.B. 2000. The vertical distribution in soil organic C and its relation to climate and vegetation. Ecol A, 110: 423-436.
21. Keith, H., Mackey, B.G., and Lindenmayer, D.B. 2009. Re-evaluation of forest biomass carbon stocks and lessons from the world's most carbon-dense forests. Proceedings of the National Academy of Sciences, 106: 11635-11640.

22. Kooch, Y., Hosseini, S.M., Akbarinia, M., and Jalilvand, H. 2010. Earth Heating Phenomenon and Carbon Sequestration in Forest Ecosystems. Kazemi, S.M. The 2th International Conference on Climate Change and Dendrochronology. Sepehr, Tehran, 384p. (In Persian)
23. Kooch, Y., Hosseini, S.M., Zaccane, 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. *Journal of Environmental Monitoring*, 14: 2438-2446.
24. Korner, C. 2007. The use of 'altitude' in ecological research. *Trends EcolEvol*, 22: 569-574.
25. Kumar, S., Kumar, M., and Sheikh, M.A. 2013. Carbon stock variation of *Pinus roxburghii* Sarg. Forest along altitudes of Garhwal Himalaya, India. *Russian Journal of Ecology*, 44: 131-136.
26. Lal, R. 2008. Carbon sequestration. *Philos. Trans. R. Soc. B. Biol. Sci*, 363: 815-830.
27. Liu, D., Wang, Z., Zhang, B., Song, K., Li, X., Li, J., and Duan, H. 2006. Spatial distribution of soil organic carbon and analysis of related factors in croplands of the black soil region, Northeast China. *Agriculture, ecosystems and environment*, 113: 73-81.
28. Mahmoudi Taleghani, E., Zahedi Amiri, G.H., Adeli, E., and Sagheb-Talebi, K. H. 2007. Assessment of carbon sequestration in soil layers of managed forest. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 15: 241-252. (In Persian)
29. McNab, W.H., Browing, S.A., Simon, S.A., and Fouts, P.E. 1999. An unconventional approach to ecosystem unit classification in western north Carolina, USA. *Forest Ecology and Management*, 114: 405-420.
30. Neilson, E.T., MacLean, D.A., Meng, F.R., and Arp, P.A. 2007. Spatial distribution of carbon in natural and managed stands in an industrial forest in New Brunswick, Canada. *Forest ecology and management*, 253: 148-160.
31. Nobakht, A., Pourmajidian, M., Hojjati, S.M., and Fallah A. 2011. A comparison of soil carbon sequestration in hardwood and softwood monocultures (Case study: Dehmian forest management plan, Mazindaran). *Iranian Journal of Forest*, 3: 13-23. (In Persian)
32. Nourmohammadi, K. 2014. Soil Seed Bank Persistence along an Altitudinal Gradient in Salaheddinkola Forests, M.Sc. Thesis, Tarbiat Modarres University, Tehran, 171p.
33. Salehi, A., Zahedi Amiri, Gh., Burslem, D.F.R.P., and Swaine, M.D. 2007. Relationships between tree species composition, soil properties and topographic factors in a temperate deciduous forest in northern Iran. *Asian Journal of Plant Science*, 6: 455-462.

33. Schuman, G.E., Janzen, H., and Herrick, J.E. 2002. Soil carbon information and potential carbon sequestration by rangelands, *Environmental Pollution*, 116: 391-396.
34. Sheikh, M.A., Kumar, M., and Bussmann, R.W. 2009. Altitudinal variation in soil organic carbon stock in coniferous subtropical and broadleaf temperate forests in Garhwal Himalaya. *Carbon balance and management*, 4: 1-6.
35. Su, Z.Y., Xiong, Y.M., Zhu, J.Y., Ye, Y.C., and Ye, M. 2006. Soil organic carbon content and distribution in a small landscape of Dongguan, South China. *Pedosphere*, 16: 10-17.
36. Varamesh, S., Hosseini, S.M., Abdi, N., and Akbarinia, M. 2010. Increment of soil carbon sequestration due to forestation and its relation with some physical and chemical factors of soil. *Iranian Journal of Forest*. 2: 25-35. (In Persian)
37. Vesterdal, L., Clarke, N., Sigurdsson, B.D., and Gundersen, P. 2013. Do tree species influence soil carbon stocks in temperate and boreal forests?. *Forest Ecology and Management*, 309: 4-18.
38. Wang, Y.Q., Zhang, X.C., Zhang, J.L., and LI, S.J. 2009. Spatial variability of soil organic carbon in a watershed on the Loess Plateau. *Pedosphere*, 19: 486-495.
39. Xavier, F.A.D.S., Maia, S.M.F., Ribeiro, K.A., de Sá Mendonça, E., and Senna de Oliveira, T. 2013. Effect of cover plants on soil C and N dynamics in different soil management systems in dwarf cashew culture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 165: 173-183.
40. Zarrinkafsh, M. 2002. Forest Soil, soil and plant interactions in relation to environmental factors in forest ecosystems. Research Institute of Forests and Rangelands press, 361p. (In Persian)
41. Zarrinkafsh, M. 1993. Applied soil science, soil survey and soil-plant-water analysis. Tehran University Publication, 342p. (In Persian)
42. Zhang, M., Zhang, X.K., Liang, W.J., Jiang, Y., Dai, G.H., Wang, X.G., and Han, S.J. 2011. Distribution of soil organic carbon fractions along the altitudinal gradient in Changbai Mountain, China. *Pedosphere*, 21: 615-620.
43. Zhu, B., Wang, X., Fang, J., Piao, S., Shen, H., Zhao, S., Peng, C. 2010. Altitudinal changes in carbon storage of temperate forests on Mt Changbai, Northeast China. *J. Plant Res*, 123: 439-452.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 22 (3), 2015
<http://jwfst.gau.ac.ir>

Variability of soil carbon stock along an altitudinal gradient in Salahodinkola Forest, Nowshahr

K. Noormohammadi¹ and *O. Esmailzadeh²

¹Master's Degree of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat
Modaeres, ²Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat Modaeres

Received: 02/20/2014; Accepted: 06/21/2015

Abstract

Background and objectives: Understanding soil carbon fractions regarding to global warming is important for improving soil carbon management in natural forest ecosystems. Therefore, in this study we measured the contents of soil total organic carbon (SOC) in soil upper layers (0–20 cm) along a natural altitudinal transect (100–1400 m a.s.l.) in northern slope of Salaheddinkola forests, Nowshahr.

Materials and methods: Accordingly, vegetation data based on Braun-Blanquet method with some environmental properties were recorded in totally 77 plot with an area 400 m² including seven classes of altitudinal gradient. Four ecosystem units were distinguished by using combined results of clustering (based on environmental data) and TWINSpan (based on floristic data) as numerical classification analysis.

Results: The analysis of variance showed that the amount of soil carbon sequestration had significant difference ($p < 0.05$) in the four ecosystem units and third unit, which represents beech-hornbeam forests, to be allocated the largest amount of carbon sequestration (57.73 ton/ha), Because of the establishment of this unit in higher elevations, and high density of beech. Results of stepwise regression showed that nitrogen percentage, sand percentage and altitude were the most important factors affecting soil organic carbon content.

Conclusion: Totally, the results of this study reiterate that the variability of soil carbon sequestration does not show a regular pattern along the altitudinal gradient and ecosystem units by exhibiting a proper distinction of environmental changes in habitat can be priority used in soil carbon stock variations study.

Keywords: Soil Carbon Stock, Ecosystem Units, Clustering Analysis, Soil Characteristics, Topography

*Corresponding author: oesmailzadeh@modares.ac.ir

