

ظرفیت وزنی ذخایر کربن آلی خاک در ارتباط با تغییرات تنوع زیستی توده‌های طبیعی پارک جنگلی نور

علی اصغر واحدی

دکتری جنگل‌داری، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

پست الکترونیک: ali.vahedi60@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۱۹

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۸/۱۳

چکیده

یکی از مهم‌ترین اصول مدیریت توسعه پاک، افزایش و یا حفظ موجودی ذخایر کربن آلی در اکوسیستم‌های طبیعی است. با توجه به این‌که حفظ تنوع زیستی نیز یکی از معیارهای اصلی توسعه پایدار محسوب می‌شود، پژوهش پیش‌رو در توده‌های طبیعی توسکا- انجیلی، پلت- انجیلی و اوجا- ممرز پارک جنگلی نور (مازندران) برای بررسی ارتباط بین مقادیر ترسیب کربن خاک و تنوع زیستی گیاهی انجام شد. هدف اصلی پژوهش این بود که آیا تغییرات تنوع زیستی گیاهی معرف مناسبی برای پایش صحیح ظرفیت وزنی ذخایر کربن خاک در جنگل مورد مطالعه محسوب می‌شود یا خیر. شاخص‌های رایج تنوع زیستی اشکوب‌های مختلف در قالب قطعه‌نمونه‌های ۴۰۰ متر مربعی با پنج تکرار با توزیع کامل تصادفی در هر توده محاسبه شد و لایه‌های خاک (صفر تا ۲۰ سانتی‌متری و ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متری) برای اندازه‌گیری کربن نمونه‌برداری شدند. نتایج حاکی از تغییرات معنی‌دار شاخص‌های تنوع زیستی پوشش‌های گیاهی در توده‌های مختلف بود. فقط غنای گونه‌ای و غلبه گونه‌ای اشکوب درختی در توده‌های مورد مطالعه تغییرات معنی‌داری نداشتند. نتایج نشان داد که در توده توسکا- انجیلی نسبت به توده‌های دیگر، به‌طور معنی‌داری ذخایر کربن آلی کمتری در افق‌های مختلف خاک وجود داشت، در صورتی‌که در توده پلت- انجیلی بیشترین ذخایر کربن آلی در افق‌های آلی و معدنی خاک وجود داشت. نتایج آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین غلبه گونه‌ای پوشش درختی و ذخایر کربن لایه معدنی خاک ارتباط معنی‌داری وجود داشت که نشان می‌دهد تراکم جمعیت و پراکندگی درختان گونه‌های غالب توده در میزان ذخایر کربن لایه معدنی خاک تأثیرگذار بوده است. ظرفیت وزنی ذخایر کربن عمق‌های آلی و معدنی خاک با شاخص وفور و با شاخص یکنواختی پایلو فلور کف جنگل همبستگی معنی‌داری داشت. از این‌رو میزان پوشش و نحوه توزیع پایه‌های علفی در جنگل مورد مطالعه می‌تواند معرف ویژگی‌های مقادیر وزنی کربن ترسیب‌شده افق‌های مختلف خاک باشد.

واژه‌های کلیدی: پارک جنگلی نور، پوشش درختی و علفی، ترسیب کربن، تنوع زیستی، مدیریت توسعه پاک.

مقدمه

بزرگی از جنگل‌های جلگه‌ای طبیعی شمال کشور محسوب می‌شود که بیشتر براساس جنبه‌های تفرجگاهی مورد توجه قرار گرفته است و هنوز ارزش‌های اکولوژیکی و محیط زیستی آن ناشناخته باقی مانده است. یکی از مهم‌ترین نقش‌های اکولوژیکی جنگل مورد مطالعه، اهمیت آن در

پارک جنگلی نور واقع در استان مازندران یکی از مهمترین جنگل‌های جلگه‌ای طبیعی شمال کشور است که به‌عنوان بزرگ‌ترین پارک جنگلی خاورمیانه محسوب می‌شود (Vahedi, 2017). درواقع این پارک به‌عنوان لکه

در تیپ‌های مختلف پارک جنگلی نور در ارتباط با ظرفیت وزنی ذخایر مخازن کربن آلی خاک بررسی شد. مطالعات گسترده‌ای در این زمینه انجام شده است که از آن جمله می‌توان به پژوهش Mahmoudi Taleghani و همکاران (۲۰۰۷) اشاره کرد که در مورد میزان ترسیب کربن خاک در جنگل‌های تحت مدیریت گزارش کردند که تنوع و آمیختگی گونه‌ها منجر به تشکیل تیپ‌های مختلف می‌شود و عامل مؤثری در افزایش ظرفیت ذخیره کربن خاک است. Kirby و Potvin (۲۰۰۷) هیچ‌گونه ارتباط معنی‌داری بین غنای گونه‌ای و مقادیر ترسیب کربن خاک در جنگل‌های استوایی مورد مطالعه خود پیدا نکردند. Varamesh و همکاران (۲۰۱۰) درخصوص اثر جنگل‌کاری‌های پارک جنگلی چیتگر (تهران) در افزایش ترسیب کربن خاک به این نتیجه رسیدند که میزان ترسیب کربن خاک در تیپ‌های مختلف سوزنی‌برگ و پهن‌برگ تفاوت معنی‌داری داشتند. Cantarello و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند که با تغییر کاربری اراضی کشاورزی و مراتع با تغییر در ترکیب پوشش و افزایش تنوع زیستی گیاهی، می‌توان ذخایر ترسیب کربن خاک را افزایش داد. درمقابل، Vahedi و همکاران (۲۰۱۴) درخصوص ارتباط بین ذخایر وزنی کربن آلی خاک و تنوع زیستی گیاهی در جنگل‌های آمیخته راش شمال کشور به این نتیجه رسیدند که ارتباط معنی‌داری بین کلیه شاخص‌های تنوع زیستی پوشش درختی و مقادیر ترسیب کربن در عمق‌های مختلف خاک وجود نداشت.

همان‌طور که از یافته‌های پژوهش‌های مذکور و تحقیقات دیگر انجام‌شده در جنگل‌های زیست‌بوم‌های مختلف استنباط می‌شود، در مورد تغییرات تنوع زیستی و ذخایر ترسیب کربن، رابطه مشخص و قطعی وجود ندارد. این موضوع نیاز به بررسی بیشتر و دلایل روشن دارد. از این‌رو، پژوهش پیش‌رو با بررسی تغییرات ذخایر کربن آلی خاک در توده‌های مختلف پارک جنگلی نور با روند مختلف تنوع زیستی پوشش گیاهی در نظر دارد که ارتباط بین تنوع زیستی و ظرفیت ترسیب کربن خاک را مطالعه کند و بررسی کند که آیا شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی می‌تواند معرف

رابطه با ترسیب کربن اتمسفری است. درواقع ترسیب کربن یکی از مهم‌ترین رویدادهای طبیعی محسوب می‌شود که با توجه به تغییرات اقلیمی و افزایش گرمایش جهانی، اهمیت آن نسبت به رویدادهای اکولوژیکی دیگر در اکوسیستم‌های طبیعی بیشتر از پیش شناخته می‌شود (Xiaonan et al., 2008; Wamelink et al., 2009). در اکوسیستم‌های طبیعی جنگلی، خاک یکی از بزرگ‌ترین حوضچه‌های کربن آلی محسوب می‌شود که نه تنها نقش قابل توجهی در رابطه با ذخایر کربن و کاهش انتشار دی‌اکسید کربن دارد، بلکه نقش مستقیمی در رابطه با افزایش چرخه غذایی و تولیدات زی‌توده گیاهی دارد (Jandl et al., 2007; Nave et al., 2010). Peltoniemi و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعات خود درخصوص مدل‌های برآوردی ذخایر کربن خاک گزارش کردند که با توجه به تغییرپذیری زیاد ذخایر کربن خاک، باید یک مقوله استاندارد قابل اطمینان برای برآورد درست و پایش آن وجود داشته باشد که هنوز در این مورد نتایج جامعی وجود ندارد. مهمترین فرضیه‌ای که در این زمینه وجود دارد این است که افزایش تنوع زیستی گیاهی در جنگل با دربرگرفتن مجموعه‌هایی از روابط پیچیده پوشش گیاهی، سبب افزایش میزان کربن خاک می‌شود (Koziell & Kirby, 2002; Leader-Williams, 2002). Potvin (۲۰۰۷) نیز اذعان کردند که بر مبنای فرضیه آشیان مکمل (Niche-complementarily hypothesis)، اکوسیستم‌هایی که دارای تنوع زیستی بیشتری هستند نسبت به اکوسیستم‌های با تنوع زیستی کمتر، احتمال بیشتری برای حضور گونه‌های تأثیرگذار بر میزان ترسیب کربن خاک دارند.

در عصر کنونی به دنبال افزایش انتشار کربن اتمسفری و آثار مخرب محیط زیستی آن، یکی از مهمترین مکانیسم‌های مدیریت توسعه پاک براساس پروتوکل کیوتو، افزایش و یا حفظ ظرفیت ذخایر کربن آلی در اکوسیستم‌های طبیعی در ارتباط با افزایش تنوع زیستی به‌عنوان شاخص توسعه پایدار است (Houghton, 2005; Kirby & Potvin, 2007). در پژوهش پیش‌رو نیز تنوع زیستی پوشش گیاهی

کل و قطر متوسط تاج کلیه درختان اندازه‌گیری شدند. به‌جز یک قطعه‌نمونه، در داخل کلیه قطعه‌نمونه‌های پیاده‌شده، پوشش درختچه‌ای مشاهده نشد. برای اندازه‌گیری پوشش علفی، ریزقطعه‌نمونه‌های یک متر مربعی در مرکز و چهار گوشه قطعه‌نمونه اصلی جانمایی شدند. پوشش هریک از گونه‌های اشکوب علفی در هر ریزقطعه‌نمونه به‌روش ذهنی (Subjective) به‌دست آمد (Mesdagh, 2004; Vahedi et al., 2014).

برای انجام نمونه‌برداری خاک، در مرکز هر ریزقطعه‌نمونه با استفاده از اگر، دو لایه صفر تا ۲۰ و ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متری حفر شد و نمونه‌های خاک برداشت شدند (Vahedi & Bijani-nejad, 2015). برای افزایش دقت نمونه‌برداری، نمونه‌های هر عمق از ریزقطعه‌نمونه‌های مذکور با یکدیگر مخلوط شدند و سپس به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌ها در هوای آزاد به‌طور کامل خشک شدند و پس از خشک شدن از الک‌های دو میلی‌متری عبور داده شدند. در این میان کلیه ناخالصی‌های خاک اعم از سنگریزه‌ها، خرده‌چوب‌ها و ریشه‌های بزرگتر از دو میلی‌متر جدا شدند و کلیه مواد از جمله ریشه‌ها، سنگریزه‌ها و کلیه مواد ریز کوچکتر از دو میلی‌متر، جزء تجزیه و تحلیل‌های آزمایشگاهی خاک قرار گرفتند (Peichl & Arain, 2006). کلیه مواد بزرگتر از دو میلی‌متر (سنگریزه‌های باقی‌مانده در پشت الک) نیز در یک واحد حجمی ثابت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد آون گرفتند و خشک شدند و پس از خشک شدن با ترازوی دیجیتالی توزین شدند (Zhu et al., 2010). در روش‌های آزمایشگاهی برای محاسبه وزن مخصوص خاک از روش کلوخه برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب و برای تعیین درصد کربن آلی از روش والکی-بلاک استفاده شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

به‌منظور محاسبه ظرفیت وزنی مخازن کربن آلی خاک از رابطه ۱ استفاده شد (Zhu et al., 2010):

مناسبی برای پایش مقادیر کربن ترسیب‌شده در جنگل مورد مطالعه محسوب شوند یا خیر.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

جنگل مورد مطالعه در منطقه تمیشان نور در استان مازندران در حد فاصل محور اصلی نوشهر و بابلسر واقع شده است. مساحت پارک جنگلی حدود ۳۶۰۰ هکتار است که در موقعیت جغرافیایی ۲° ۵۲ تا ۸° ۵۲ طول شرقی و ۳۶° ۳۲ تا ۳۶° ۳۶ عرض شمالی واقع شده است. کلیه رویشگاه‌های آن به‌طور پیوسته به‌صورت جلگه‌ای و پست در ارتفاع پایین‌تر از سطح دریای آزاد قرار گرفته‌اند. خاک پارک از نوع آبرفتی و ناشی از رسوبات ریزبافت تجمع‌بافته در قسمت مسطح کناره دریای خزر است که از نظر عمق جزء خاک‌های عمیق تا نیمه‌عمیق است. بافت خاک نیز لومی-رسی است که زهکشی آن به‌علت سنگین بودن بافت خاک و خلل و فرج کم به‌کندی انجام می‌شود (Vahedi & Bijani-nejad, 2015). محدوده مورد مطالعه دارای سه تیپ توده‌ای مختلف با ترکیب توسکا-انجیلی (*Alnus glutinosa- Parrotia persica*)، پلت-انجیلی (*Acer velutinum - Parrotia persica*) و اوجا-ممرز (*Ulmus glabra - Carpinus betulus*) است. میانگین بارندگی سالانه منطقه ۱۰۹۷ میلی‌متر، میانگین کمترین درجه‌حرارت در سردترین ماه سال (دی) ۳/۷ درجه سانتی‌گراد و میانگین بیشترین درجه‌حرارت در گرم‌ترین ماه سال (خرداد)، ۳۰ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (Vahedi & Bijani-nejad, 2015).

روش پژوهش

با استفاده از نقشه‌های پوشش گیاهی منطقه و جنگل‌گردشی با همراهی کارشناسان مجرب، سه تیپ توده توسکا-انجیلی (AI)، پلت-انجیلی (MI) و اوجا-ممرز (EH) انتخاب شدند. در هر توده به‌طور تصادفی پنج قطعه‌نمونه ۴۰۰ متر مربعی پیاده شد و قطر برابر سینه، ارتفاع

$$SOC = \sum_{i=1}^n C_i \times D_i \times (\rho_i - R_i) \quad \text{رابطه (۱)}$$

سمیرنوف و همگنی داده‌ها با استفاده از آزمون لیون بررسی شد. برای بررسی مقادیر مشاهده‌شده بین دو عمق متفاوت خاک از آزمون t جفتی استفاده شد. برای بررسی اختلاف معنی‌داری شاخص‌های تنوع زیستی و ظرفیت وزنی ذخایر کربن آلی بین توده‌های مورد مطالعه از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده شد. برای مقایسه چندگانه میانگین بین گروه‌های مختلف، از آزمون توکی استفاده شد. همبستگی بین ذخایر کربن آلی خاک و شاخص‌های تنوع زیستی با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون تعیین شد.

نتایج

جدول ۱ فهرست کلیه پوشش‌های علفی، درختچه‌ای و درختی را در توده‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. برخی از گونه‌های درختی ارایه‌شده به‌عنوان گونه‌های همراه محسوب می‌شوند. با توجه به جدول ۱ تنها پوشش درختچه‌ای مشاهده‌شده، سرخ‌ولیک است. لازم به‌ذکر است که در کلیه قطعه‌نمونه‌های جانمایی‌شده، به‌دلیل عدم حضور قابل توجه پوشش درختچه‌ای، از احتساب آن در بخش محاسبات شاخص تنوع زیستی خودداری شد.

که در آن: C_i درصد کربن آلی مربوط به هر لایه خاک، D_i ضخامت هریک از لایه‌های خاک برحسب سانتی‌متر، P_i و R_i به‌ترتیب وزن مخصوص ظاهری خاک و سنگریزه‌ها و خرده‌مواد بزرگتر از دو میلی‌متر گرم در ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب هستند. درواقع SOC موجودی وزنی ظرفیت کربن آلی خاک است که برحسب تن در هکتار برآورد می‌شود. با توجه به این‌که ضریب کربن خاک به‌طور مستقیم اندازه‌گیری شد، به‌جای استفاده از حاصل‌ضرب شاخص بملن (Bemmel) و ماده آلی خاک، از ضریب کربن به‌دست‌آمده از رابطه ۱ استفاده شد.

تنوع زیستی گیاهی بر مبنای رایج‌ترین شاخص‌های تنوع گونه‌ای گیاهی تجزیه و تحلیل شد. شاخص‌های کاربردی در این پژوهش عبارت بودند از: وفور $Abundance$ (Mesdaghi, 2004; Vahedi et al., 2014)، تنوع شانون وینر H' (Pourbabaei & Dado, 2005; Mesdaghi, 2004)، شاخص غنای گونه‌ای SR (Mesdaghi, 2004; Esmailzadeh & Hoseini, 2012)، یکنواختی پایلو J' (Mesdaghi, 2004; Esmailzadeh & Hoseini, 2012) و غلبه گونه‌ای D (Mesdaghi, 2004).
نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-

جدول ۱- فهرست گونه‌های گیاهی محدوده‌های مورد مطالعه در پارک جنگلی نور

گونه علفی	نام علمی	گونه چوبی	نام علمی
دم‌اسبی	<i>Equisetum palustre</i> L.	سرخ‌ولیک	<i>Crataegus microphylla</i> C. Koch
النا	<i>Oplismenus undulatifolius</i> P. Beau	توسکای قشلاقی	<i>Alnus glutinosa</i> L.
کارکس	<i>Carex sylvatica</i> Huds.	انجیلی	<i>Parrotia caspica</i> C. A. Mey.
سرخس‌نر	<i>Dryopteris filix-mass</i> (L.) Schott.	پلت	<i>Acer velutinum</i> Bioss.
بنفشه	<i>Viola odorata</i> L.	ممرز	<i>Carpinus betulus</i> L.
آقطی	<i>Sambucus ebulus</i> L.	اوجا	<i>Ulmus glabra</i> Huds.
افسونگر شب	<i>Circaea lutetiana</i> L.	ون	<i>Fraxinus excelsior</i> L.

<i>Pterocarya fraxinifolia</i> Lam.	لرگ	<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.	علف روسی
<i>Populus caspica</i> L.	سفیدپلت	<i>Vincetoxicum scandens</i> Sommier & Levier.	تریاق برافراشته
<i>Quercus castaneifolia</i> L.	بلندمازو	<i>Prunella vulgaris</i> L.	نعناء چمنی
<i>Ficus carica</i> L.	انجیر	<i>Mentha aquatica</i> L.	پونه
		<i>Poa nemoralis</i> L.	چمن جنگلی
		<i>Salvia glutinosa</i> L.	مریم‌گلی
		<i>Polypodium vulgare</i> L.	بسفایج
		<i>Hedera pastuchovii</i> Woron ex. Grossh.	عشقه
		<i>Rumex sanguineus</i> L.	ترشک
		<i>Smilax excels</i> L.	ازملک

جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس تغییرات تنوع زیستی پوشش درختی را در توده‌های AI، MI و EH نشان می‌دهد. نتایج به‌دست‌آمده از آزمون توکی در رابطه با مقایسه چندگانه میانگین شاخص‌های تنوع زیستی پوشش درختی در توده‌های مذکور نشان داد که غنای گونه‌ای و غلبه گونه‌ای در توده‌های مورد مطالعه تغییرات معنی‌داری نداشتند (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس تغییرات تنوع زیستی پوشش درختی در توده‌های مورد مطالعه

معنی‌داری	F	میانگین مربعات	
۰/۰۱۱*	۶/۷۶	۰/۰۹۱	وفور
۰/۰۳۱*	۴/۶۸	۱/۲۶	تنوع شانون وینر
۰/۷۷۸ ^{ns}	۰/۲۵۵	۰/۴۶۷	غنای گونه‌ای
۰/۰۱۳*	۶/۳۶	۰/۰۴۵	یکنواختی پایلو
۰/۳۲۲ ^{ns}	۱/۲۴	۰/۰۰۴	غلبه گونه‌ای

*معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ^{ns} غیرمعنی‌دار

جدول ۳- مقایسه میانگین (± اشتباه معیار) شاخص‌های تنوع زیستی پوشش درختی در توده‌های مورد مطالعه با استفاده از آزمون توکی

EH	MI	AI	
۰/۴۸ ± ۰/۰۵ ^b	۰/۷۴ ± ۰/۰۵ ^a	۰/۶۲ ± ۰/۰۴ ^{ab}	وفور
۱/۲۵ ± ۰/۱۶ ^b	۲/۲۶ ± ۰/۳۱ ^a	۱/۷۱ ± ۰/۲۱ ^{ab}	تنوع شانون وینر
۴/۲۱ ± ۰/۰۵ ^a	۳/۶۱ ± ۰/۸۷ ^a	۴ ± ۰/۴۴ ^a	غنای گونه‌ای
۰/۶۱ ± ۰/۰۴ ^b	۰/۸۱ ± ۰/۰۴ ^a	۰/۶۷ ± ۰/۰۲ ^{ab}	یکنواختی پایلو
۰/۱۴ ± ۰/۰۳ ^a	۰/۱۵ ± ۰/۰۲ ^a	۰/۰۹۹ ± ۰/۰۱ ^a	غلبه گونه‌ای

حروف انگلیسی متفاوت در سطر، اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.

جدول ۴ نتایج تحلیلی به دست آمده از تجزیه واریانس یک طرفه در رابطه با تغییرات شاخص‌های تنوع زیستی پوشش علفی کف جنگل در هریک از توده‌های مورد مطالعه در پارک جنگلی نور را نشان می‌دهد.

جدول ۴- تجزیه واریانس تغییرات تنوع زیستی پوشش علفی در توده‌های مورد مطالعه

معنی داری	F	میانگین مربعات	
۰/۰۰۷**	۷/۶۱	۰/۰۶۷	وفور
۰/۰۳۳*	۴/۵۷	۱/۰۷	تنوع شانون وینر
۰/۰۰۲**	۱۱/۴۸	۲۵/۲۶	غنای گونه‌ای
۰/۰۴*	۴/۲۷	۰/۱۲۹	یکنواختی پایلو
۰/۰۴۷*	۳/۹۸	۰/۰۰۳	غلبه گونه‌ای

** معنی دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ * معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد

نتایج به دست آمده از آزمون توکی نشان داد که کلیه شاخص‌های تنوع زیستی پوشش علفی در توده‌های مورد مطالعه دارای تغییرات معنی دار بودند (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین (\pm اشتباه معیار) شاخص‌های تنوع زیستی پوشش علفی در توده‌های مورد مطالعه با استفاده از آزمون توکی

EH	MI	AI	
۰/۶۵ \pm ۰/۰۳ ^a	۰/۶۵ \pm ۰/۰۲ ^a	۰/۴۵ \pm ۰/۰۵ ^b	وفور
۱/۲۷ \pm ۰/۷۲ ^{ab}	۱/۸۴ \pm ۰/۱۹ ^a	۰/۹۸ \pm ۰/۱۶ ^b	تنوع شانون وینر
۷ \pm ۱/۰۴ ^b	۱۱/۴ \pm ۰/۴۱ ^a	۸/۴ \pm ۰/۲۴ ^b	غنای گونه‌ای
۰/۷۴ \pm ۰/۰۸ ^{ab}	۰/۸۱ \pm ۰/۰۳ ^a	۰/۵۱ \pm ۰/۰۹ ^b	یکنواختی پایلو
۰/۱۱ \pm ۰/۰۱ ^a	۰/۰۹ \pm ۰/۰۱۶ ^{ab}	۰/۰۶۹ \pm ۰/۰۰۵ ^b	غلبه گونه‌ای

حروف انگلیسی متفاوت در سطر، اختلاف معنی دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.

جدول ۶ نتایج تحلیلی به دست آمده از تجزیه واریانس یک طرفه در رابطه با تغییرات ذخایر کربن آلی خاک در عمق‌های مختلف را نشان می‌دهد. نتایج آزمون توکی نشان

جدول ۶- تجزیه واریانس تغییرات ذخایر کربن آلی خاک در توده‌های مورد مطالعه

معنی داری	F	میانگین مربعات	عمق خاک
۰/۰۰۲**	۱۱/۰۹	۳۱/۶۳	۰-۲۰ سانتی متر
۰/۰۱۲*	۶/۵۱	۳/۵۹	۲۰-۴۰ سانتی متر

** معنی دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ * معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد

دارای حداقل مقادیر وزنی بود. مقادیر عددی ظرفیت وزنی کربن آلی خاک برحسب تن در هکتار در جدول‌های مذکور نشان داده شده است.

همان‌طور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود، ذخایر وزنی کربن آلی در عمق آلی (صفر تا ۲۰ سانتی‌متر) و معدنی خاک (۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متر) در توده توسکا- انجیلی (AI)

جدول ۷- مقایسه میانگین ذخایر کربن آلی خاک (تن در هکتار) در توده‌های مورد مطالعه با استفاده از آزمون توکی

EH	MI	AI	عمق خاک
۴۱/۱۷ ± ۰/۷۶ ^a	۴۲/۱۴ ± ۰/۸۳ ^a	۳۷/۳۸ ± ۰/۶۵ ^b	۰-۲۰ سانتی‌متر
۲۵/۹۶ ± ۰/۴۸ ^{ab}	۲۶/۴۸ ± ۰/۱۸ ^a	۲۴/۸۲ ± ۰/۲۴ ^b	۲۰-۴۰ سانتی‌متر

حروف انگلیسی متفاوت در سطر، اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.

توده‌های مختلف بود (جدول ۸). با توجه به نتایج به‌دست آمده، مقادیر وزنی ترسیب کربن لایه آلی و معدنی خاک در توده‌های مورد مطالعه نسبت به یکدیگر متفاوت بودند.

نتایج آزمون t جفتی در رابطه با اختلاف ظرفیت وزنی ذخایر کربن آلی در عمق‌های مورد مطالعه خاک در جدول ۸ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که ظرفیت وزنی کربن آلی عمق رویی خاک به‌صورت معنی‌داری دارای مقادیر بیشتری از ذخایر کربن آلی لایه معدنی خاک در

جدول ۸- نتایج آزمون t جفتی ظرفیت کربن آلی لایه آلی و معدنی خاک توده‌های مورد مطالعه

t	حدود اطمینان (سطح ۹۵ درصد)	اختلاف میانگین	
۱۶/۹۵ ^{**}	۱۰/۵۱ - ۱۴/۶۱	۱۲/۵۶ ± ۱/۶۵	AI
۱۹/۰۳ ^{**}	۱۳/۳۸ - ۱۷/۹۵	۱۵/۶۶ ± ۱/۸۳	MI
۱۳/۳۵ ^{**}	۱۲/۰۴ - ۱۸/۳۶	۱۵/۲ ± ۲/۵۴	EH

^{**} معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

خاک در عمق‌های مختلف و شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی وجود نداشت. در واقع، فقط بین شاخص غلبه گونه‌ای و ظرفیت کربن آلی در عمق دوم خاک رابطه معنی‌دار ($R = ۰/۷۸۳$) مشاهده شد.

جدول ۹ نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین کلیه شاخص‌های تنوع زیستی پوشش درختی و ذخایر کربن آلی خاک در تمام توده‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین ذخایر وزنی کربن آلی

جدول ۹- نتایج همبستگی بین ذخایر کربن آلی خاک و شاخص‌های تنوع زیستی پوشش درختی

غلبه گونه‌ای	یکنواختی پایلو	غنای گونه‌ای	تنوع شانون	وفور	
۰/۳۶۳ ^{ns}	۰/۲۰۱ ^{ns}	-۰/۱۰۸ ^{ns}	۰/۲۳۱ ^{ns}	۰/۱۷۱ ^{ns}	ظرفیت وزنی ذخایر کربن آلی خاک (۰-۲۰ سانتی‌متر)
۰/۷۸۳ ^{**}	۰/۴۲۸ ^{ns}	۰/۲۲۳ ^{ns}	۰/۱۶۸ ^{ns}	۰/۰۵۹ ^{ns}	ظرفیت وزنی ذخایر کربن آلی خاک (۲۰-۴۰ سانتی‌متر)

^{**} معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ ^{ns} غیرمعنی‌دار

ظرفیت وزنی ذخایر کربن لایه‌های آلی و معدنی خاک با شاخص وفور و با شاخص یکنواختی پوشش علفی ارتباط معنی‌داری داشت (جدول ۱۰).

نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین کلیه شاخص‌های تنوع زیستی پوشش علفی و ذخایر کربن آلی خاک نیز ارتباط مختلفی را نشان داد (جدول ۱۰). نتایج نشان داد که

جدول ۱۰- نتایج همبستگی بین ذخایر کربن آلی خاک و شاخص‌های تنوع زیستی پوشش علفی

غلبه گونه‌ای	یکنواختی پایلو	غنا گونه‌ای	تنوع شانون	وفور	
۰/۴۳۶ ^{NS}	۰/۵۳۹*	۰/۱۹۷ ^{NS}	۰/۴۸۹ ^{NS}	۰/۶۷۳**	ظرفیت وزنی ذخایر کربن آلی خاک (۲۰-۰ سانتی‌متر)
۰/۴۹۱ ^{NS}	۰/۵۸۶*	۰/۴۶۸ ^{NS}	۰/۴۷۱ ^{NS}	۰/۶۸۵**	ظرفیت وزنی ذخایر کربن آلی خاک (۴۰-۲۰ سانتی‌متر)

** معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ * معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ^{NS} غیرمعنی‌دار

بحث

زمانی بسیار کند تنفس و نرخ پوسیدگی لایه چرمی شکل کف جنگل‌های آمیخته راش، میزان ترسیب کربن لایه آلی خاک با وفور هرچه بیشتر گونه‌های مذکور افزایش پیدا کرده است. در پژوهش پیش‌رو با توجه به تیپ توده‌های مورد مطالعه و ترکیب گونه‌ای معرفی شده، انتظار می‌رود مقادیر نیتروژن بیشتر باشد و به عبارت دیگر نسبت C/N کلیه مواد آلی و لاشبرگی کف جنگل نسبت به راشستان شمال کشور کمتر باشد که منجر به کاهش ورودی ترکیبات کربن‌دار و رسوب آن در داخل خاک می‌شود. به همین دلیل ارتباط معنی‌داری بین میزان پوشش درختان و ذخایر کربن آلی خاک در پارک نور مشاهده نشد. البته نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که ذخایر کربن آلی در عمق معدنی خاک ارتباط صعودی با غلبه گونه‌ای لایه درختی داشت. با توجه به این‌که غلبه گونه‌ای سیمپسون (*D*) بیان‌گر فراوانی جمعیت برخی گونه‌ها نسبت به گونه‌های دیگر است (Mesdaghi, 2004)، معنی‌داری ارتباط بین شاخص مذکور و ذخایر کربن لایه معدنی خاک طبق نتایج به دست آمده، باعث قوت گرفتن فرضیه آشیان مکمل می‌شود که توسط Kirby و Potvin (۲۰۰۷) تشریح شده است. در واقع حضور برخی گونه‌ها مانند بلوط به عنوان گونه‌های همراه یا پراکنندگی درختانی که دارای حجم زیاد هستند و در قالب گونه‌های چیره یا چیره‌نما نمود پیدا می‌کنند، می‌تواند از طریق ریشه‌دوانی و یا ساختار فیزیولوژیکی زیرزمینی دیگر به طور بارز بر مخازن

نتایج به دست آمده از پژوهش پیش‌رو نشان داد که اندوخته کربن آلی خاک در لایه‌های آلی و معدنی بین توده‌های طبیعی اختلاف معنی‌داری داشت. در واقع، با توجه به شرایط فیزیکی رویشگاه‌های طبیعی پارک جنگلی نور، می‌توان تغییرات حوضچه‌های کربن آلی خاک را منوط به تغییرات شاخص‌های متعلق به پوشش گیاهی دانست. یکی از این ویژگی‌های بارز، تنوع زیستی گیاهی است. به همین دلیل در پژوهش پیش‌رو برای بررسی روند تغییرات ترسیب کربن خاک، توده‌های طبیعی که از نظر تنوع زیستی در اشکوب‌های مختلف دارای اختلاف معنی‌دار بودند، مورد توجه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بین ذخایر کربن لایه آلی و معدنی خاک و کلیه شاخص‌های تنوع زیستی پوشش درختی ارتباط معنی‌داری وجود نداشت. نتایج پژوهش پیش‌رو به طور کامل منطبق با نتایج مطالعه Vahedi و همکاران (۲۰۱۴) در جنگل‌های آمیخته راش است. با این تفاوت که در مطالعه آنها از بین کلیه شاخص‌های تنوع زیستی، فقط بین وفور پوشش درختی و مخازن کربن لایه آلی خاک ارتباط معنی‌داری وجود داشت. ایشان دلیل این نتیجه را به پراکنش و پوشش گسترده درختان راش به همراه درختان بلندمازو در منطقه مورد مطالعه خود نسبت دادند و بیان کردند که به دلیل نسبت زیاد C/N در لایه لاشبرگی و مواد آلی به دست آمده از درختان گونه‌های مذکور، بازه

تنوع زیستی لایه درختی بود. البته Vahedi و Bijani-nejad (۲۰۱۵) غرقابی بودن خاک پارک جنگلی نور در فصل غیررویش را به عنوان مهم ترین عامل عدم معنی داری تغییرات ذخایر کربن در قسمت های مختلف حاشیه شالیزار تا عمق جنگل بیان کردند. لازم به ذکر است که تحقیقات ایشان فقط در یک توده از یک تیپ مشخص بوده است، درحالی که نتایج به دست آمده از پژوهش پیش رو نشان داد که در توده های مختلف، اختلاف مقادیر ترسیب کربن خاک معنی دار بود که نشان می دهد ترکیب پوشش گیاهی از جمله ترکیب پوشش درختان غالب بر میزان ترسیب کربن خاک تأثیرگذار بوده است (Jandl et al., 2007). اهمیت ترکیب پوشش گیاهی با توجه به نوع تیپ توده های مورد مطالعه از آنجا ناشی می شود که ذخایر کربن آلی خاک در توده توسکا-انجیلی مقادیر کمتری را نسبت به توده های دیگر نشان داد. درحقیقت با توجه به غالب بودن توسکا و فراوانی گسترده آن در توده مذکور (AI)، مقادیر ترسیب کربن خاک به دلیل پمپاژ شدن محتوی آب داخل خاک و تجزیه سریع تر مواد آلی به دست آمده از درختان توسکا به دلیل داشتن نرخ تنفس زیاد و ورود هرچه بیشتر کربن در چرخه اتمسفری، کاهش یافته است. Lal (۲۰۰۵) و Jandl و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که نوع گونه های گیاهی از جمله درختان غالب به دلیل روند فیزیولوژیکی ریشه و کیفیت و کمیت مواد آلی به دست آمده از زی توده آنها در خاک، تأثیر مستقیمی بر میزان ظرفیت وزنی خاک دارند. باید توجه داشت که غرقابی بودن خاک باعث به وجود آمدن شرایط غیرهوازی در داخل خاک می شود و این امر سبب عدم تجزیه مواد آلی و کند شدن فعالیت های بیولوژیکی در خاک می شود. همچنین به دلیل نرخ بسیار پایین تنفس در شرایط غرقابی، مقادیر کربن موجود به دلیل عدم ورود به چرخه اتمسفری کربن (Carbon cycle) به مقدار زیادی در خاک حبس می شود و به صورت ترکیب دی اکسید کربن در محلول خاک باقی می ماند که باعث خفگی ریشه و خشکیدگی درختان می شود (Vahedi & Bijani-nejad, 2015) که در عمل این موارد در برخی از رویشگاه های جنگل مذکور مشاهده شده است.

کربن آلی خاک تأثیرگذار باشد (Mahmoudi Taleghani et al., 2007).

طبق نتایج به دست آمده از پژوهش پیش رو، ذخایر کربن لایه آلی خاک (صفر تا ۲۰ سانتی متر) به طور معنی داری مقادیر بیشتری نسبت به ظرفیت کربن آلی لایه معدنی خاک (۲۰ تا ۴۰ سانتی متر) در کلیه توده های مورد مطالعه داشت که نتایج به دست آمده برخلاف نتایج مطالعات Taleghani Mahmoudi و همکاران (۲۰۰۷) و Vahedi و همکاران (۲۰۱۴) است. در مطالعات مذکور، عمق لایه آلی خاک نصف لایه های معدنی در نظر گرفته شد، در صورتی که در پژوهش پیش رو از ضخامت مساوی برای استنباط دقیق تغییرات ذخایر وزنی کربن و مقایسه اختلاف تغییرات بین لایه های آلی و معدنی خاک استفاده شد. در مقایسه با نتایج پژوهش پیش رو می توان به مطالعه Vahedi و Bijani-nejad (۲۰۱۵) در رابطه با مقادیر ترسیب کربن از حواشی شالیزار تا عمق داخل پارک جنگلی نور اشاره کرد که در تحقیق خود نشان دادند که ذخایر کربن لایه آلی خاک نسبت به افق های معدنی دارای ظرفیت وزنی بیشتری است. البته ایشان در طی تحقیقات خود در خصوص ارتباط بین الگوی مکانی مخازن کربن آلی خاک و مقادیر مختلف شدت نور رسیده به کف جنگل بیان کردند که با نفوذ هرچه بیشتر به عمق جنگل در یک راستای عمودی، مقادیر ذخایر کربن آلی خاک دارای تغییرات معنی داری نبود. با توجه به این نتیجه می توان این چنین تحلیل کرد که با افزایش فاصله از حاشیه اراضی کشاورزی به عمق داخل جنگل، پوشش گیاهی و شاخص های تنوع زیستی تغییر پیدا می کنند و با توجه به عدم معنی داری ترسیب کربن خاک در فواصل مذکور، این احتمال وجود دارد که بین مخازن کربن آلی خاک و تغییرات تنوع زیستی گیاهی ارتباط معنی داری وجود نداشته باشد.

طبق نتایج به دست آمده از پژوهش پیش رو، شاخص های تنوع زیستی پوشش درختی بین توده های مختلف دارای تغییرات معنی داری بود، اما با توجه به نتایج آزمون پیرسون، تغییرات ظرفیت مخازن کربن آلی خاک مستقل از تغییرات

تنوع زیستی و ترسیب کربن در چهارچوب مبانی اقتصادی به این نتیجه رسیدند که انجام عملیات جنگل‌شناسی و اجرای طرح‌های جنگل‌داری با هدف افزایش ترسیب کربن روی زمینی و زیرزمینی تحت پروتوکل کیوتو امکان دارد باعث کاهش تنوع زیستی در اکوسیستم شود که این امر باعث ایجاد اختلال در پایداری اکوسیستم می‌شود، زیرا به عقیده ایشان در اکوسیستم‌های جنگلی با حداقل تنوع زیستی، حداکثر ترسیب کربن اتفاق خواهد افتاد. به همین دلیل مدیریت بهینه فقط برای افزایش ترسیب کربن روی زمینی و زیرزمینی (ذخایر کربن خاک) باید در اراضی تحت زراعت چوب با گونه‌های سریع‌الرشد متمرکز شود و در رابطه با اکوسیستم‌های طبیعی، باید حفظ موجودی ذخایر کربن و پویایی آن در ارتباط با رویش پوشش گیاهی، ترکیب و تنوع آنها در نظر گرفته شود. از این رو، با توجه به عدم معنی‌داری ارتباط بین تنوع زیستی پوشش زی‌توده کلان توده‌های طبیعی و افزایش اندوخته کربن آلی خاک در پژوهش پیش‌رو و با استناد به این‌که تغییرات ذخایر کربن خاک تحت تأثیر فرآیندهای بیولوژیکی پوشش‌های گیاهی است، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که افزایش هرچه بیشتر مقادیر ترسیب کربن به‌خصوص در لایه‌های مختلف خاک نمی‌تواند نشان‌دهنده پایداری و حالت ایده‌آل یک اکوسیستم جنگلی باشد، بلکه آنچه که اهمیت دارد این است که میزان موجودی کربن خاک باید در چرخه تعادل خود باقی بماند و افزایش یا کاهش بیشتر از حد آن در خاک ممکن است تأثیر منفی در روند پویایی جنگل و فعالیت‌های بیولوژیکی آن داشته باشد.

سیاسگزاری

بدین‌وسیله از جناب آقای مهندس صادق بور مسئول محترم آزمایشگاه دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی تربیت مدرس، مهندس عزت‌اله خطیب‌نیا از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری نوشهر و مهندس علیرضا بیژنی‌نژاد برای همکاری در پژوهش پیش‌رو صمیمانه قدردانی می‌شود.

نتایج همچنین نشان داد که بین وفور و شاخص یکنواختی پوشش علفی و میزان ترسیب کربن لایه‌های آلی و معدنی خاک ارتباط معنی‌داری وجود داشت، بنابراین می‌توان بیان کرد که شاخص‌های مذکور با داشتن چنین ارتباطی می‌توانند معرف مناسبی برای پایش اندوخته کربن لایه‌های آلی و معدنی خاک باشند. البته Vahedi و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که نمی‌توان با قاطعیت بیان کرد که پوشش علفی تأثیر بارزی بر افزایش یا کاهش مقادیر ترسیب کربن خاک داشته باشد. Jimenez و همکاران (۲۰۰۷) ساختار مولکولی خاک، پایداری خاکدانه‌ها و عناصر غذایی و شیمیایی دیگر خاک را مهمترین عامل‌های تأثیرگذار بر ذخایر کربن خاک درمقایسه با پوشش کف جنگل می‌دانند. پوشش علفی، تحت تأثیر ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک است و در بیشتر مطالعات جامعه‌شناسی گیاهی نیز به‌نوعی معرف ویژگی‌های خاک محسوب می‌شود (Mesdaghi, 2004; Eshaghi Rad et al., 2009). این رو می‌توان نتیجه‌گیری کرد که میزان پوشش، نحوه پراکنش و توزیع پایه‌های علفی به‌نوعی تحت تأثیر مقادیر ترسیب کربن خاک قرار دارد و با استفاده از این ارتباط می‌توان پایش صحیحی درخصوص مقادیر ترسیب کربن خاک تحت یک مدیریت بهینه داشت. البته باید اذعان کرد که فعالیت‌های میکروبی، زی‌توده جانوران، عناصر غذایی و حاصلخیزی خاک و همچنین کلیه خصوصیات فیزیکی خاک از جمله ساختار و پایداری خاکدانه‌ها نیز می‌توانند به‌عنوان عامل‌های تأثیرگذار بر مقادیر ترسیب کربن خاک محسوب شوند که باید در ارتباط با شاخص‌های تنوع زیستی در نظر گرفته شوند تا بتوان به نتایج قطعی و جامعی در این مورد دست یافت.

در بسیاری از موارد در مطالعات مختلف نشان داده شده است که بین تنوع زیستی گیاهی و مقادیر زی‌توده گیاهی یا ترسیب کربن روی زمینی ارتباط معنی‌داری وجود نداشته است (Kirby & Potvin, 2007; Nguyen et al., 2012; Faraji et al., 2015). در این رابطه، Caparros و Jacquemont (۲۰۰۳) درخصوص چالش‌های مدیریتی

- London, 368p.
- Lal, R., 2005. Forest soils and carbon sequestration. *Forest Ecology and Management*, 220: 242-258.
 - Leader-Williams, N., 2002. Animal Conservation, Carbon and Sustainability. In: Swingland, I.R. (Ed.). *Capturing Carbon and Conserving Biodiversity: The Market Approach*. Earthscan, London, 368pp.
 - Mahmoudi Taleghani, E., Zahedi Amiri, G.H., Adeli, E. and Sagheb-Talebi, Kh., 2007. Assessment of carbon sequestration in soil layers of managed forest. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 15(3): 241-252 (In Persian).
 - Mesdaghi, M., 2004. *Plant Ecology*. Jahad-e Daneshgahi Press, Mashhad, 187p (In Persian).
 - Nave, L.E., Vance, E.D., Swanston, C.W. and Curtis, P.S., 2010. Harvest impacts on soil carbon storage in temperate forests. *Forest Ecology and Management*, 259: 857-866.
 - Nguyen, H., Herbohn, J., Firm, J. and Lamb, D., 2012. Biodiversity-productivity relationships in small-scale mixed-species plantations using native species in Leyte province, Philippines. *Forest Ecology and Management*, 274: 81-90.
 - Peichl, M. and Arain, M.A., 2006. Above-and belowground ecosystem biomass and carbon pools in an age-sequence of temperate pine plantation forests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 140: 51-63.
 - Peltoniemi, M., Thürig, E., Ogle, S., Palosuo, T., Schrupf, M., Wutzler, T., Butterbach-Bahl, K., Chertov, O., Komarov, A., Mikhailov, A., Gärdenäs, A., Perry, C., Liski, J., Smith, P. and Mäkipää, R., 2007. Models in country scale carbon accounting of forest soils. *Silva Fennica*, 41(3): 575-602.
 - Pourbabaei, H. and Dado, K.H., 2005. Species diversity of woody plants in the district No.1 forests, Kelardasht, Mazandaran province. *Iranian Journal of Biology*, 4: 307-322 (In Persian).
 - Vahedi, A.A., 2017. Monitoring soil carbon pool in the Hyrcanian coastal plain forest of Iran: Artificial neural network application in comparison with developing traditional models. *Catena*, 152: 182-189.
 - Vahedi, A.A. and Bijani-nejad, A., 2015. Variation within soil organic carbon pool in the forest-paddy field edges (Case study: Nour

References

- Cantarello, E., Newton, A.C. and Hill, R.A., 2011. Potential effects of future land-use change on regional carbon stocks in the UK. *Environmental Science & Policy*, 14: 40-52.
- Caparros, A. and Jacquemont, F., 2003. Conflicts between biodiversity and carbon sequestration programs: Economic and legal implications. *Ecological Economics*, 46: 143-157.
- Eshaghi Rad, J., Zahedi Amiri, G.H., Marvi Mohajer, M.R. and Matji, A., 2009. Relationship between vegetation and physical and chemical properties of soil in *Fagetum* communities (Case study: Kheiroudkenar forest). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 2: 175-187 (In Persian).
- Esmailzadeh, O. and Hoseini, S.M., 2012. Relationship between ecological species group and plant biodiversity indices in yew reserve of Afratakhteh. *Iranian Journal of Environment Science*, 43: 21-30 (In Persian).
- Faraji, F., Mataji, A., Babayi-Kafaki, S. and Vahedi, A., 2015. The relationship between plant diversity and above-ground biomass changes in *Fagus orientalis* L. forests (Case study: Hajikola-Tirankoli, Sari). *Iranian Journal of Forest*, 7(2): 151-165 (In Persian).
- Houghton, R.A., 2005. Aboveground forest biomass and the global carbon balance. *Global Change Biology*, 11: 945-958.
- Jandl, R., Lindner, M., Vesterdal, L., Bauwens, B., Baritz, R., Hagedorn, F., Johnson, D.W., Minkinen, K. and Byrne, K.A., 2007. How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? *Geoderma*, 137: 253-268.
- Jimenez, J.J., Lal, R., Leblanc, H.A. and Russo, R.O., 2007. Soil organic carbon pool under native tree plantations in the Caribbean lowlands of Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, 241: 134-144.
- Kirby, K.R. and Potvin, C., 2007. Variation in carbon storage among tree species: Implications for the management of a small-scale carbon sink project. *Forest Ecology and Management*, 246: 208-221.
- Koziell, I. and Swingland, I.R., 2002. Collateral Biodiversity Benefits Associated with 'Free-market' Approaches to Sustainable Land Use and Forestry Activities. In: Swingland, I.R. (Ed.). *Capturing Carbon and Conserving Biodiversity: The Market Approach*. Earthscan,

- Dijkstra, J.P., Schouwenberg, E.P.A.G., Kros, J., de Vries, W. and Berendse, F., 2009. Effect of nitrogen deposition reduction on biodiversity and carbon sequestration. *Forest Ecology and Management*, 258: 1774-1779.
- Xiaonan, D., Xiaoke, W., Lu, F. and Zhiyun, O., 2008. Primary evaluation of carbon sequestration potential of wetlands in China. *Acta Ecologica Sinica*, 28: 463-469.
 - Zhu, B., Wang, X., Fang, W., Piao, S., Shen, H., Zhao, S. and Peng, C., 2010. Altitudinal changes in carbon storage of temperate forests on Mt Changbai, Northeast China. *Journal of Plant Research*, 123: 439-452.
 - Forest Park). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 1: 104-116 (In Persian).
 - Vahedi, A.A., Mataji, A. and Eshaghi Rad, J., 2014. Variation of soil organic carbon pool weight associated with plant biodiversity (Case study: Mixed-beech forests of Glandrood in Nour). *Iranian Journal of Applied Ecology*, 7: 1-11 (In Persian).
 - 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*, 1: 25-35 (In Persian).
 - Wamelink, G.W.W., van Dobben, H.F., Mol-

Potential weight of soil organic carbon pool in relation to variation of natural stands biodiversity in Noor Forest Park, Mazandaran province

A.A. Vahedi

Ph.D. Forestry, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. Email: ali.vahedi60@gmail.com

Received: 04.11.2015

Accepted: 08.02.2016

Abstract

One of the most important principles of clean development management (CDM) is to maintain or increase organic carbon pool in the natural ecosystems. As keeping the biodiversity is one of the prominent criteria of sustainable development, this study was conducted to study the relationship between the amount of carbon sequestration and plant biodiversity in the natural stands of Alder-Ironwood (AI), Maple- Ironwood (MI) and Elm-Hornbeam (EH) in the Noor Forest Park, Mazandaran province. The main purpose was to see if variation of plant biodiversity represents the optimal monitoring of soil carbon stock in the studied forest. The common diversity indices related to the different plant storeys were calculated in the random distributed plots with 400 m² and five repetitions in each stand. Furthermore, the 0- 20 and 20 – 40 cm soil depths were sampled in each stand to measure carbon factor. The results showed significant differences amongst the plant biodiversity indices of the studied stands. Only the index of species richness and species dominance of tree storey was not significantly different among the stands. As such, the findings showed that the AI stand had significantly less soil carbon stock in different soil layers compared to other stands; however, the soil organic carbon was significantly higher in the different soil depths in the MI stand. The results of Pearson's correlation test showed a significant relationship between tree species dominance and mineral layer of soil carbon stock, implying that density and dispersion of dominant tree species in the stands prominently affect the carbon stock of the soil mineral layer. As such, the following results indicated that potential level of carbon pool of soil organic and mineral layers are significantly correlated with the abundance and evenness of herbal storey. Therefore, coverage and distribution of herbal species in the studied forest can be considered to represent the carbon pool weight in the different soil horizons.

Keywords: Biodiversity, carbon sequestration, clean development management, Noor forest park, tree and herbal coverage.