

بررسی ارتباط بین شاخص سطح برگ و میزان ترسیب کربن در خاک توده‌های جنگلی خالص و آمیخته دست‌کاشت بلندمازو (مطالعه موردی: جنگلهای جلگه‌ای چمستان)

عین اله روحی مقدم^{*}

تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۱۲

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی وجود رابطه میان شاخص سطح برگ با مقدار ترسیب کربن در خاک در ایستگاه تحقیقات جنگل و مرتع چمستان در قالب یک طرح کاملاً تصادفی صورت گرفته است که در آن گونه بلندمازو به صورت خالص و آمیخته با هر یک از گونه‌های آزاد، پلت، داغداغان و ممرز در سال ۱۳۷۳ جنگل‌کاری شده است. برای نمونه‌برداری برگ‌ها شش درخت از هر گونه در هر تیمار انتخاب گردید. میزان شاخص سطح برگ به روش مستقیم وزنی محاسبه شد. میزان اثربخشی هر یک از توده‌های جنگلی بر میزان ترسیب کربن خاک در دو عمق ۲۰-۰ سانتی متر و ۶۰-۲۱ سانتی متر مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که توده آمیخته بلندمازو و افرا با ۵/۹۶ و توده آمیخته بلندمازو و آزاد با ۳/۶۳ به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ را داشته‌اند. درختان بلوط در حالت آمیخته با افرا کمترین شاخص سطح برگ را دارا می‌باشند. در عمق اول خاک میزان ترسیب کربن در خاک در توده خالص بلوط به مقدار ۹۲/۸ تن در هکتار برآورد گردید و توده آمیخته بلوط ممرز بیشترین (۱۲۰/۱۶ تن در هکتار) و تیمار شاهد بدون جنگل‌کاری شده کمترین (۷۵/۰ تن در هکتار) ترسیب کربن در خاک را به خود اختصاص داده‌اند. در عمق ۴۰ سانتی متری دوم این میزان از ۹۶/۵۶ تا ۱۴۵/۸۶ تن در هکتار متغیر بوده و توده‌های مختلف اختلاف معنی‌داری از این نظر نداشته‌اند. ضریب پیرسون همبستگی معنی‌داری میان شاخص سطح برگ با میزان ترسیب کربن در خاک را تا به این سن از جنگل‌کاری‌ها نشان نداده است.

واژه‌های کلیدی: بلندمازو، جنگل‌کاری، ترکیب آمیختگی، شاخص سطح برگ، ترسیب کربن

^۱ - عضو هیأت علمی دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

* نویسنده مسئول: E-mail: rouhimoghaddam@yahoo.com

مقدمه

توسعه جنگلها موثرترین و از نظر اکولوژیکی مناسبترین راهکار برای جذب دی اکسید کربن و افزایش ذخایر کربن در اکوسیستمهای خشکی، تقلیل گرمایش جهانی و زمینه ساز احیاء اکولوژیکی است. سطح برگ به عنوان یک شاخص اکولوژیک در فرایندهای بیولوژیکی گیاهان محسوب می شود، زیرا سطح اصلی تبادل ماده و انرژی بین تاج درختان و اتمسفر می باشد. با اندازه گیری سطح برگ، امکان برآورد مشخصه هایی مانند ساختار تاج و قابلیت باروری تاج میسر می گردد (۴۲). مقدار مساحت برگ سبز که به صورت شاخص سطح برگ (LAI)^۱ مشخص می شود، یکی از فاکتورهای کلیدی در تعیین تولید اولیه اکوسیستم و تبادل انرژی میان سطح زمین و اتمسفر است (۳۳).

شاخص سطح برگ یک متغیر اصلی در کنترل کربن و جریانات آبی اکوسیستم است (۱۵). همچنین شاخص سطح برگ جنگل یک متغیر اساسی در مدل سازی اقلیم و اکوسیستمها است و برای مقیاس منطقه ای و جهانی مدلها مورد نیاز است (۳۱). LAI می تواند به صورت غیرمستقیم با استفاده از روشهای نوری که بر اساس رابطه تنگاتنگ میان LAI و نفوذ نور از تاج پوشش استوار هستند، یا از طریق مدل های رگرسیونی آلومتری اندازه گیری شود (۳۳). شاخص سطح برگ بدون واحد بوده و برای بیشتر گیاهان بین ۲ تا ۶ است، نگه داشتن شاخص سطح برگ در حد

مطلوب برای کارایی بهتر نور حایز اهمیت است (۳۵). افزایش دقت در ارزش شاخص سطح برگ و پوشش فضایی، بخش مهم هر اقدام موفقیت آمیز در مدل های جهانی تعیین اثرات متقابل اتمسفر و بیوسفر است (۴۹).

گرمایش جهانی اقلیم و افزایش سریع غلظت دی اکسید کربن پیامد فعالیت های آنتروپوژنیک و تغییرات کاربری زمین است که موجب رشد روزافزون مباحثی در مورد اقدامات برای صرفه جویی در انرژی، کاهش انتشار و افزایش ذخیره کربن شده است (۱۸). درختان و دیگر ریختارهای جنگلی طی عمل فتوسنتز دی اکسید کربن را به صورت محصول کربن تبدیل می کنند و از این رو معمولاً جنگلها نسبت به دیگر کاربری های زمین (مثل کشاورزی) بیشتر کربن ذخیره می نمایند و در اکثر موارد جنگل کاری ها می توانند انتشار گازهای گلخانه ای را کاهش دهند. اظهارات زیادی در مورد افزایش توان ذخیره کربن در اکوسیستم های خشکی از طریق اقدامات آمایش سرزمین نظیر جنگل کاری وجود وجود دارد (۱۶ و ۳۷).

جنگلها می توانند کربن را هم در شرایط درونزا (به صورت زیتوده و خاک) و هم برونزا (به صورت تولیدات) ترسیب نمایند (۱۷). خاک جنگل با ذخیره حدود ۷۰۰ میلیارد تن، بزرگترین مخزن ذخیره در اکوسیستم های جنگلی جهان می باشد (۲۱). ترسیب کربن در خاک و صورت نهایی آن یعنی هوموس بادوام، روش پایدارتری نسبت به ترسیب موقتی آن در زیتوده است (۹) و

1 -Leaf Area Index

۵۰). در درازمدت ترسیب کربن در خاک موثرترین راه کاهش گرمایش اقلیمی است. لذا نظیر هر تغییر کاربری اراضی بزرگ مقیاس، جنگل‌کاری‌ها می‌توانند اثرات ذاتی زیست محیطی و اجتماعی اقتصادی داشته باشند که می‌تواند ارزش کلی پروژه‌های کاهش کربن را تحت تأثیر قرار دهد (۱۲). مهمترین عوامل مؤثر در تغییر میزان تأثیر کربن خاک کاربری گذشته زمین، اقلیم و نوع جنگل می‌باشد (۴۱).

میزان جذب سالانه کربن و دی‌اکسیدکربن در جنگل‌های ایران به ترتیب ۸ و ۳۰ میلیون تن می‌باشد. (۳۸). کربن ذخیره شده در جنگل‌های ایران ۱۸۰ میلیون تن و دی‌اکسیدکربن جذب شده ۶۶۲ میلیون تن می‌باشد (۴۵). با این وجود، تغییرات زیادی در پتانسیل ترسیب کربن در میان گونه‌های جنگل‌کاری شده (۵۸)، مناطق و مدیریت متفاوت وجود دارد. تغییرات در شرایط زیست محیطی می‌تواند توان ترسیب کربن را حتی درون یک سطح جغرافیایی نسبتاً کوچک تحت تأثیر قرار دهد (۱۷ و ۵۷).

مطالعات فراوان و درخور توجهی در مورد اثرات گونه‌های درختی متفاوت انجام شده است که نشان می‌دهند ترکیب اشکوب برین بر حاصلخیزی خاک مؤثر است (۱۱ و ۱۸). پایداری و دوام جنگل‌کاری‌ها، به مفهوم تولید طولانی مدت و حفظ کیفیت رویشگاه، یکی از اهداف اصلی جنگل‌شناسی است. در جنگل‌هایی که به طور متمرکز مدیریت می‌شوند، نظیر جنگل‌کاری‌ها، اثراتی که بهره‌برداری و فنون

آماده‌سازی متمرکز رویشگاه روی خاک دارند، نقش تعیین کننده‌ای در قدرت تولید جنگل ایجاد خواهند کرد (۳۴).

بین حاصلخیزی خاک، شاخص سطح برگ، رویش درختان و میزان بیوماس رابطه مستقیمی وجود دارد (۶). اهمیت میزان زیوزن برگ و شاخص سطح برگ در جامعه گیاهی از آنجا ناشی می‌گردد که در واقع عمل فتوسنتز به عنوان فرایند تولید ماده آلی در برگ انجام می‌شود و برگها اندام اصلی دریافت نور، فتوسنتز و تعرق می‌باشند (۱۹). تقریباً حدود ۷۵ درصد از عناصر معدنی جذب شده از خاک در برگ گیاهان متمرکز می‌گردد که پس از ریزش برگها این مواد به خاک باز گشته و موجب افزایش ذخیره مواد آلی و سایر عناصر غذایی در خاک می‌شوند. در نتیجه تجزیه لاشبرگها، پوشش مرده و هوموس خاک تولید می‌گردد و خواص فیزیکی خاک اصلاح می‌شود (۳۵).

نتایج تحقیقات متعدد از جمله Honda (2000)، Sun (2002) و Afas (2005) نشان می‌دهد که رابطه مثبت و معنی‌داری بین شاخص سطح برگ با مقدار کربن آلی خاک وجود دارد. این تحقیق با هدف برآورد شاخص سطح برگ گونه‌های جنگل‌کاری شده مورد مطالعه و بررسی ارتباط آن با میزان ترسیب کربن در خاک انجام شد.

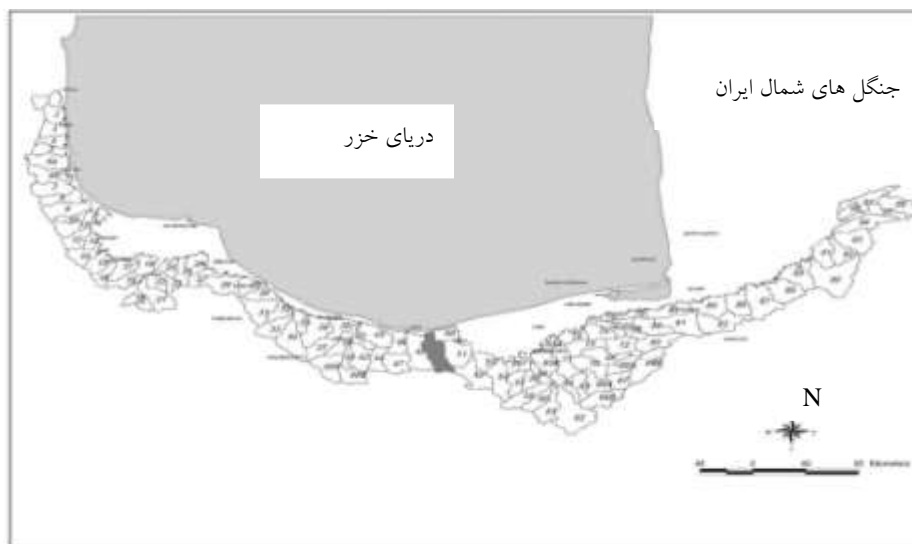
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه:

عمیق، رنگ آن قهوه‌ای خاکستری تا قهوه‌ای خیلی تیره و بافت آن بیشتر رسی لومی است (۴۶).

در این ایستگاه تحقیقات جنگل‌کاری بلندمازو به *Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) عنوان گونه اصلی و هدف به صورت خالص و آمیخته به نسبت ۵۰ به ۵۰ با هر یک از گونه های همراه شامل آزاد (*Zelkova carpinifolia* Dipp.)، افرا پلت (*Acer velutinum* Bioss.)، ممرز (*Carpinus betulus* L.) و داغداغان (*Celtis australis* L.) شامل ۵ تیمار مختلف و هر یک در سه تکرار با فاصله کاشت ۱ × ۱ متر در سال ۱۳۷۳ انجام شده است. هر یک از کرت ها، قطعه ای به ابعاد ۲۵ × ۲۵ متر می‌باشد. نحوه آمیختگی به صورت پایه ای بوده است (۴۶).

این تحقیق در اراضی ایستگاه تحقیقات جنگل و مرتع چمستان صورت گرفته که در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵۵ دقیقه شرقی در استان مازندران واقع است (شکل ۱). ارتفاع ایستگاه از سطح دریا از ۷۰ تا ۱۵۰ متر و شیب آن از صفر تا ۳ درصد متغیر است. آب و هوای منطقه معتدل و مرطوب است. میانگین دمای سالانه ۱۵/۸ درجه سانتی گراد، متوسط بارندگی سالیانه ۸۴۰ میلی متر و متوسط تعداد روزهای بارندگی در طول سال ۸۴ روز می باشد. با توجه به کاهش بارندگی و افزایش دما، فصل خشک منطقه (۷۵ روز) در خرداد ماه شروع و تا اواخر مرداد ادامه می یابد. خاکهای ایستگاه چمستان به سه رده Entisols، Inceptisols و Alfisols تقسیم‌بندی می‌شود. عمق از عمیق تا خیلی



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در میان حوضه‌های آبخیز جنگل‌های شمال کشور

تعیین شاخص سطح برگ:

برآورد غیرمستقیم شاخص سطح برگ در عمل با مشکل جدی روبروست. بنابراین در این پژوهش از روش مستقیم وزنی (gravimetric method) استفاده شد. نمونه برداری برگ‌ها در مرداد ماه صورت گرفت. بدین منظور شش درخت از هر گونه (دو اصله در مرکز پلات و چهار اصله در چهار گوش پلات) انتخاب گردید و پس از اندازه گیری سطح ۵ عدد برگ از قسمتهای مختلف تاج هر درخت با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج و تعیین وزن خشک آنها (قرار دادن در اون به مدت ۴۸ ساعت در درجه حرارت ۶۵ درجه سانتیگراد)، نسبت سطح به وزن برگها محاسبه و با توجه به مقدار زیتوده برگ محاسبه شده، شاخص سطح برگ بدست آمد (۱).

تعیین میزان ترسیب کربن در خاک:

در این تحقیق، به منظور ارزیابی اثرات تیمارهای جنگل کاری بر میزان ترسیب کربن خاک، نمونه برداری خاک در ۳ تکرار از هر ۶ تیمار صورت پذیرفت (یک تیمار جنگل کاری خالص و چهار تیمار جنگل کاری آمیخته و یک تیمار شاهد بایر در مجاورت طرح). ابتدا با حفر و تشریح پروفیل‌های خاک دو افق تشخیص داده شد و به همین دلیل نمونه برداری خاک‌ها در دو عمق ۰-۲۰ cm (افق A) و ۲۱-۶۰ cm (افق B) در تمامی تیمارها انجام یافت. در این رابطه، از یک اوگر به قطر ۷/۶ سانتی متر استفاده شد بدین صورت که تقریباً در مرکز هر تیمار، یک نمونه ترکیبی از سه نقطه از خاک در هر افق برداشت

شد. این نمونه‌های ترکیبی در مجاورت هوا خشک گردید و بعد از جدا سازی ناخالصی‌ها، از الک ۲ میلی متری عبور داده و آماده برای انجام آزمایش گردید. وزن مخصوص ظاهری به روش کلوخه بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب مطالعه شد (۱۰). کربن آلی خاک به روش والکی بلک اندازه گیری شد (۴).

مقدار ترسیب کربن بر حسب گرم بر مترمربع بر اساس فرمول زیر محاسبه شد (۵۴)

$$Cs = 10000 \times OC(\%) \times Bd \times e$$

Cs = مقدار ترسیب کربن آلی (g/m²)

$$OC = \text{درصد کربن آلی}$$

$$Bd = \text{وزن مخصوص ظاهری خاک (gr/cm}^3\text{)}$$

$$E = \text{عمق نمونه برداری (cm)}$$

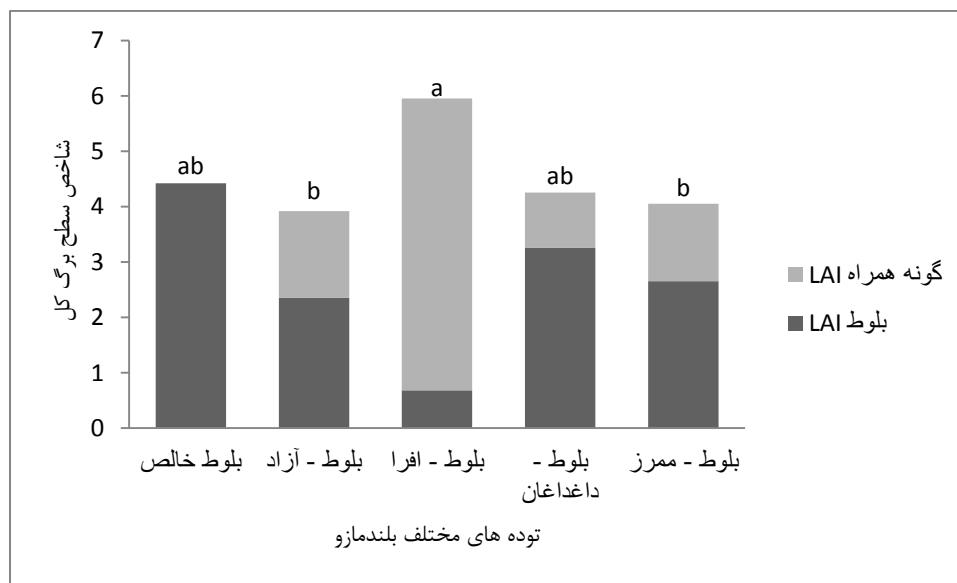
نتایج حاصل وارد نرم افزار SPSS گردید و نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Smirnov-Kolmogorov و همگنی واریانس داده‌ها با آزمون Levene مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین اثرات نوع جنگل کاری از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) و برای مقایسه چندگانه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد استفاده گردید. برای بررسی رابطه میان شاخص سطح برگ و میزان ترسیب کربن خاک از ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید. رسم نمودارها در نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج

میزان شاخص سطح برگ:

میانگین‌های شاخص سطح برگ نشان از وجود تفاوت‌های آماری معنی داری در تیمارهای مختلف این تحقیق دارد ($p < 0.05$)، به طوری که شاخص کل سطح برگ در توده‌های آمیخته بلندمازو با افرا (۵/۹۶) بیشتر از میزان این شاخص در توده‌های بلندمازو - آزاد (۳/۹۲) و بلندمازو - ممرز (۴/۰۵) می باشد و در توده‌های بلندمازو - داغداغان (۴/۲۶) و توده خالص بلندمازو (۴/۴۲) تفاوتی باهم نداشته است (شکل ۲).

شاخص سطح برگ درختان بلوط در توده‌های خالص (۴/۴۲) بیشتر از توده‌های آمیخته با افرا (۰/۶۸) می‌باشد. این شاخص برای توده‌های آمیخته بلندمازو با آزاد، ممرز و داغداغان که به ترتیب به مقدار ۲/۳۵، ۲/۶۵ و ۳/۲۶ بدست آمده تفاوت آماری معنی‌داری از خود نشان نداده است. همچنین در میان گونه‌های همراه در این تحقیق، گونه افرا (۵/۲۷) بیشترین و گونه داغداغان (۰/۹۹) کمترین شاخص سطح برگ را داشته‌اند و درختان آزاد و ممرز به ترتیب با شاخص ۱/۵۷ و ۱/۴ در ردیف‌های بعدی قرار می‌گیرند ($p < 0.05$ ؛ شکل ۲).



شکل ۲- نمودار میانگین شاخص سطح برگ در توده‌های مختلف بلندمازو به تفکیک گونه اصلی و گونه‌های همراه

(جدول ۱). آزمون دانکن مشخص نمود که میزان ترسیب کربن در عمق اول در توده آمیخته بلندمازو ممرز (۱۲۰/۱۶ تن در هکتار) بیشترین و در تیمار شاهد جنگل‌کاری نشده (۷۵/۰ تن در

میزان ترسیب کربن در توده‌های مختلف جنگلی؛ تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها حاکی از وجود تفاوت‌های معنی‌داری میان تیمارهای مختلف مورد بررسی در عمق اول خاک از این نظر می‌باشد

میانگین این میزان از ۹۶/۵۶ تا ۱۴۵/۸۶ تن در هکتار متغیر بوده و تیمارهای مختلف مورد بررسی اختلاف معنی‌داری از این نظر نداشته‌اند.

هکتار) کمترین بوده است و توده‌های آمیخته بلندمازو داغداغان، بلندمازو افرا و بلندمازو آزاد با توده خالص بلندمازو تفاوت آماری معنی‌داری نداشته‌اند. در عمق ۴۰ سانتی متری دوم،

جدول ۱- میزان ترسیب کربن (تن در هکتار) در خاک توده‌های خالص و آمیخته بلندمازو و قطعه نمونه شاهد

ANOVA	شاهد	بلوط-ممرز	بلوط-داغداغان	بلوط-افرا	بلوط-آزاد	بلوط خالص	تیمار عمق خاک
*	۷۵/۰ b	۱۲۰/۱۶ a	۹۷/۶ ab	۹۵/۶۸ ab	۹۲/۹ ab	۹۲/۸ ab	عمق اول (۰-۲۰ cm)
ns	۱۱۷/۳	۱۴۵/۸۶	۱۲۹/۲	۱۴۲/۴۶	۹۶/۵۶	۱۳۴/۱۳	عمق دوم (۲۱-۶۰ cm)

ns، معنی دار نبودن اثر تیمارها؛ *، $p < 0.05$ دانکن؛ حروف لاتین مشابه مبین عدم وجود تفاوت آماری معنی دار در میان تیمارها می‌باشد.

میزان ترسیب کربن در خاک بوده است، اما نتایج آماری این همستگی را تا به این سن از جنگل کاری ثابت نکرده است (جدول ۲).

بررسی رابطه میان میزان شاخص سطح برگ و میزان ترسیب کربن: هر چند که هدف اصلی این تحقیق بررسی وجود ارتباط احتمالی بین میزان شاخص سطح برگ و

جدول ۲- همبستگی پیرسون برای بررسی ارتباط میان شاخص سطح برگ با میزان ترسیب کربن در خاک

LAI کل توده	LAI درختان همراه	LAI درختان بلوط	
- ۰/۱۹۵	۰/۷۶	- ۰/۵۶	ترسیب کربن در عمق اول خاک
۰/۵۷۳	۰/۲۱۲	- ۰/۰۷۱	ترسیب کربن در عمق دوم خاک

۳/۲۶ در توده‌های آمیخته با داغداغان داشته‌اند. متوسط شاخص سطح برگ بلندمازو در توده‌های خالص ۴/۴۲، افرا ۵/۲۷، آزاد ۱/۵۷، ممرز ۱/۴۰ و داغداغان ۰/۹۹ بدست آمد.

لازم به توضیح است که میزان این شاخص به گونه، مراحل توسعه یا توالی جوامع گیاهی، فصول مختلف سال و به طور قوی به شرایط

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق تفاوت‌های آماری معنی‌داری در متوسط شاخص سطح برگ در توده‌های خالص و آمیخته بلندمازو وجود دارد و با توجه به یکسان بودن درصد آمیختگی‌ها، به علت نوع گونه‌ها و وضعیت چیرگی آنها درختان بلوط شاخص متفاوتی از ۰/۶۸ در توده‌های آمیخته با افرا تا

حاکم بر رویشگاه و اقدامات مدیریتی اعمال شده بر آن وابسته است. مجموعه عوامل یادشده به همراه تفاوت در روشهای برآورد، سبب ایجاد دامنه تغییرات زیادی در مقادیر محاسبه شده شاخص سطح برگ در گزارشهای علمی مختلف شده است (۱). هر چه مقدار این شاخص بیشتر باشد، امکان تبدلات گازی بین تاج درخت و اتمسفر افزایش می‌یابد.

میزان ترسیب کربن در خاک سطحی این توده‌ها که در جنگلهای جلگه‌ای هیرکانی در چمستان نور واقع هستند، به مقدار متوسط از ۹۲/۸ تن در هکتار در توده خالص بلندمازو تا ۱۲۰/۱۶ تن در هکتار در توده‌های آمیخته با ممرز متغیر بوده است. این تفاوتها شاید به خاطر شرایط متفاوت رویشگاه‌ها، نوع گونه‌ها و تراکم زیاد درختان (فاصله کاشت ۱ متر در ۱ متر می‌باشد) در منطقه مورد مطالعه باشد. چنانچه ویژگیهای خاک میان توده‌ها متفاوت باشد، نتایج متفاوتی از ذخیره کربن بدست خواهد آمد. بنابراین استفاده از توده‌هایی که از نظر سنگ مادر، تیپ خاک، شکل زمین و کاربری قبلی مشابه می‌تواند میزان خطاها را کاهش دهد.

کربن ذخیره شده در بافت‌های گیاه نظیر چوب و برگ ذخیره می‌شود و در فصل خزان برگ‌ها پس از خشک شدن روی زمین می‌افتند و تجزیه می‌شوند و همچنین باعث افزایش ماده آلی می‌شوند. بنابراین در سطح خاک منطقه با توجه به وجود لاشبرگ، ترسیب کربن در لایه سطحی توده‌ها بیشتر از منطقه شاهد بوده است. وقتی که

درختان جنگل رشد می‌کنند، با گذشت زمان کربن را در بافت‌های چوبی و ماده آلی خاک ذخیره می‌کنند. وقتی جنگل‌ها جوان هستند، جذب خالص کربن، بیشترین حد سرعت خود را دارا می‌باشد (۳۶).

تغییرات کربن آلی خاک تدریجی است (۱۴). ریشه یکی از مهمترین اجزاء اکوسیستم در ترسیب کربن است. ریشه و همزیستی ریشه با میکروارگانیسم‌ها از جمله عواملی است که بر ترسیب کربن در خاک نواحی جنگلی و جنگلکاری شده کمک می‌کند. بنابراین معمولاً در عمق زیرین میزان ترسیب کربن کمتر است (۲۹). از آنجا که پتانسیل ترسیب کربن خاک تحت تاثیر عواملی همچون نوع گونه درختی، سن جنگل‌کاری، اقلیم، عمق خاک، شرایط رویشگاه و عملیات پرورشی جنگل متفاوت خواهد بود (۵۷). بنابراین می‌توان بیان کرد با افزایش عمق میزان ترسیب کربن کاهش یافته است.

نوع جنگل در میزان ترسیب کربن موثر است (۲۲). مرور منابع نشان می‌دهد که مقدار کربن تحت تأثیر تیپ جنگل، اقلیم، خاک، توپوگرافی و فعالیت انسانی قرار دارد (۲۵). بعد از جنگل‌کاری، میزان کربن آلی خاک ممکن است افزایش (۱۳) و (۵۵) یا کاهش (۳۰، ۴۴، ۴۷ و ۵۹) یابد. اما بیشتر مطالعات نشان دادند که بدنبال افزایش جزئی، میزان کربن آلی کاهش اولیه داشته است (۲۶، ۴۱ و ۵۱).

در این تحقیق هر چند که میان میزان ترسیب کربن با شاخص سطح برگ گونه‌های همراه

گردیده است. همچنین با توجه به اینکه ترسیب کربن یکی از معیارهای پایداری اکوسیستم است، بنابراین با شناخت گونه‌هایی که توانایی بیشتری برای ترسیب کربن دارند و همچنین بررسی عوامل مدیریتی تاثیر گذار بر فرآیند ترسیب کربن، می‌توان اصلاح و احیای اراضی را از این منظر دنبال کرد.

قدردانی:

از مجری طرح آقای مهندس عزت الله ابراهیمی که در انجام این تحقیق مساعدت داشته‌اند، صمیمانه سپاسگزاری می‌گردد.

ارتباط مثبتی دیده می‌شود، اما این همبستگی معنی دار نبوده است. نتایج تحقیقات متعدد از جمله (2000) Honda، (2002) Sun و Afas (2005) نشان می‌دهد که رابطه مثبت و معنی‌داری بین شاخص سطح برگ با مقدار کربن آلی خاک وجود دارد

بطور کلی در این مطالعه مشخص شده است که اقدامات مدیریتی مانند جنگل‌کاری‌ها و انتخاب نوع گونه‌ها برای کاشت در برخی از متغیرهای کلیدی اکوسیستم از جمله شاخص سطح برگ و میزان ترسیب کربن خاک موثر بوده است. به طوری که ترکیب جنگلی بلندمازو - ممرز دارای میزان بالاتری از ترسیب کربن در عمق اول خاک

References

- 1-Adl, H.R., 2007. Estimation of leaf biomass and leaf area index of two major species in Yasuj forests. Iranian Journal of Forest and Poplar Research 15(4): 417-426.
- 2- Afas, N., A. Pellis, & U. Niinemets, 2005. Growth and production of a short rotation coppice culture of poplar. II. Clonal and year-to-year differences in leaf and petiole characteristic and stand leaf area index. Journal of Biomass and Bioenergy 28: 536-547.
- 3-Ali Arab, A., S.M. Hosseini, & S.Gh. Jalali, 2006. Effects of Maple, Robinia, Populus and Cupressus species on soil physicochemical properties in East Haraz afforestation. Soil and Water Sciences, 19 (1): 97-106.
- 4- Allison, L.E., 1975. Organic carbon. In: Black, C.A. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 2. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 1367-1378.
- 5-Amighy, S.J., H.M. Asgari, V. Berdy Sheikh, & F. Honardoost, 2012. Impact of Agroforestry systems on carbon sequestration in soils (Golestan, Aqqala). First National Conference on Desert, Tehran University. Iran.
- 6- Arias, D., 2007. Calibration of LAI- 2000 to estimate leaf area index and assessment of its relationship with stand productivity in six native and introduced tree species in Costa Rica. Forest Ecology and Management 247: 185-193.
- 7- Augusto, L., J. Ranger, D. Binkley, & A. Rothe, 2002. Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. Annales Forest Science 59: 233-253.
- 8-Babaei, Kafaki, S., A. Khademi, & A. Matajy, 2009. Relationship between leaf area index and phisiographical and edaphical condition in a *Quercus macranthera* stand (Case study: Andebil's forest, Khalkhal). Iranian Journal of Forest and Poplar Research 17 (2): 280-289.
- 9- Batjes, N.H., 1998. Mitigation of atmospheric CO₂ concentrations by increased carbon sequestration in the soil. Biology and Fertility of Soils 27: 230-5.

- 10- Blake, G.R., & K.H. Hartge, 1986. Bulk density. In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Methods*. Soil Science Society of America Journal 9 (1): 363-376.
- 11- Boley, J.D., P. Allan, A.P. Drew, E. Richard, & R.E. Andrus, 2009. Effects of active pasture, teak (*Tectona grandis*) and mixed native plantations on soil chemistry in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 257 (11), 2254-2261.
- 12- Canadell, J.G., 2008. Raupach MR. Managing forests for climate change mitigation. *Science* 320: 1456–7.
- 13- Charles, T., & J.R. Garten, 2002. Soil carbon storage beneath recently established tree plantations in Tennessee and South Carolina, USA. *Biomass and Bioenergy* 23(2): 93–102.
- 14- Chiti, T., A. Certini, A. Puglisi, A. Sanesi, C. Capperucci, & C. Forte, 2007. Effects of associating a N-fixer species to monotypic oak plantations on the quantity and quality of organic matter in minesoils. *Geoderma* 138, 162-169.
- 15- Davi, H., F. Baret, R. Huc, & E. Dufrêne, 2008. Effect of thinning on LAI variance in heterogeneous forests. *Forest Ecology and Management* 256 (5): 890-899.
- 16- Dixon, R.K., S. Brown, R.A. Houghton, A.M. Solomon, & M.C. Trexler, 1994. Carbon pools and fluxes of global forest ecosystems. *Science* 263: 185-190.
- 17- Fang, S., J. Xue, & L. Tang, 2007. Biomass production and carbon sequestration potential in poplar plantations with different management patterns. *Journal of Environmental Management* 85: 672–679.
- 18- Farley, K.A., & E.F. Kelly, 2004. Effects of afforestation of a Paramo grassland on soil nutrient status. *Forest Ecology and Management* 195, 281-290.
- 19- Geng, Y.B., Y.S. Dong, & W.Q. Meng, 2000. Progresses of terrestrial carbon cycle studies. *Advance in Earth Science* 19: 297- 306.
- 20- Gower, S.T. & J.M. Norman, 1991. Rapid Estimation of Leaf Area Index In Conifer and Broad-leaf Plantation. *Ecology* 72(5): 1896-1900.
- 21- Gower, S.T., J.G. Vogel, J.M. Normal, C.J. Kucharic, S.J. Steele, & T.K. Stow, 1997. Carbon distribution and aboveground net primary production in aspen, jack pine, and black spruce stands in Saskatchewan and Manitoba, Canada. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 102(24): 29029-41.
- 22- Gucinski, H., E. Vance, & W.A. Reiners, 1995. Potential affect of global climate change in: Smith, W. K., Hinckley,T.M.(Eds), *Ecophysiology of Coniferous Forests*. Academic Prees, NewYork, Chapter 10.pp. 309 – 331.
- 23- Hagen-Thorn, A., I. Callesen, K. Armolaitis, & B., Nihlgard, 2004. The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantations on former agricultural land. *Forest Ecology and Management* 195, 373-384.
- 24- Honda, Y., H. Yamamoto, & K. Kajiwara, 2000 . Biomass Information in Central Asia. Center for. Environmental Remote Sensing, Chiba University 263: 1-33.
- 25- Huang, L., J. Liu, Q. Shao, & X. Xu, 2012. Carbon sequestration by forestation across China: Past, present, and future. *Renew. Sustainable Energy Reviews* 16: 1291– 1299.
- 26- Huang, M., J.J. Ji, K.R. Li, Y.F. Liu, & F.T. Yang, 2007. The ecosystem carbon accumulation after conversion of grasslands to pine plantations in subtropical red soil of South China. *Tellus B*. 59: 439–48.

- 27-Javadi Tabalvandan, MRr., Gh. Zehtabyan, H. Ahmadi, Sh. Ayoubi, M. Jaafari, & M. Alizadeh, 2011. The role of different land use on the soil carbon sequestration (case study: Nomez Rood watershed, Noor, Iran). *Journal of natural ecosystems of Iran*, 1 (2): 156-166.
- 28-Khademi, A., B. Kord, & S. Poor Abbasi, 2011. Estimation of Robinia LAI and its correlation with physiographical conditions and soil and growth characteristics (Case study: Bame Malayer plantation, Iran). *Journal of science and technologies of natural resources* 6 (1): 41-52.
- 29- Korkance, S. Y., 2014. Effects of afforestation on soil organic carbon and other soil properties. *Catena* 123: 62-69.
- 30- Lackner, K.S., 2003. A guide to CO₂ sequestration. *Science* 300, 1677–1678.
- 31- Ma, H., J. Song, J. Wang, Z. Xiao, & Z. Fu, 2014. Improvement of spatially continuous forest LAI retrieval by integration of discrete airborne LiDAR and remote sensing multi-angle optical data. *Agricultural and Forest Meteorology* 189-190 (1): 60-70.
- 32-Mahmoudi Taleghani, E., Gh. Zahedi Amiri, E. Adeli, & Kh. Sagheb-Talebi. 2007. Assessment of carbon sequestration in soil layers of managed forest. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* 15(3): 241-252.
- 33- Majasalmi, T., M. Rautiainen, P. Stenberg, & P. Lukeš, 2013. An assessment of ground reference methods for estimating LAI of boreal forests. *Forest Ecology and Management* 292 (15): 10-18.
- 34- Merino, A., A. Fernandez-Lopez, F. Solla-Gullon, & J.M. Edeso, 2004. Soil changes and tree growth in intensively managed *Pinus radiata* in northern Spain. *Forest Ecology and Management* 196: 393-404.
- 35-Moghadam, M., 2006. *terricolous plants ecology*. Tehran University Press, 512 pages.
- 36- Mortenson, M., & G.E. Schuman, 2002. carbon sequestration in rangeland interseed with yellow flowering Alfalfa (*Medicago sativa*, *Facata* spp), USDA symposium on natural resource management to offset greenhouse gas emission in Uni of Wyoming.
- 37- Murthy, I.K., M. Gupta, S. Tomar, M. Munsu, R. Tiwari, G.T. Hegde, & N.H. Ravindranath, 2013. Carbon Sequestration Potential of Agroforestry Systems in India. *Earth Science and Climate Change* 4(1): 131-137.
- 38-Naghipour Borj.,A., A. Aghakhani, Gh. Dianati, & D. Kartoolinejad, 2005. Carbon sequestration in Caspian forests, a way for mitigating of climate change. *Proceedings of the first international conference on climate change and dendrochronology in the Caspian ecosystem*, Sari, Iran.
- 39-Nobakht, A., M. Pourmajidian, S.M. Hojjati, & A. Fallah, 2011. A comparison of soil carbon sequestration in hardwood and softwood monocultures (Case study: Dehmian forest management plan, Mazindaran). *Iranian Journal of Forest* 3(1): 13-23.
- 40-Panahi, P., M. Pourhashemi, & M. Hassani Nejad, 2012. Estimation of tree species' Leaf ecological indicators in the Caspian segment National Botanic Garden. *Second national conference on environmental planning and management*, Tehran University, Iran.
- 41- Paul, K.I., P.J. Polglase, J.G. Nyakuengama, & P.K. Khanna, 2002. Change in soil carbon following afforestation. *Forest Ecology and Management* 168(1–3): 241–57.

- 42-Pourhashemi, M., S. Eskandari, M. Dehghani, T. Najafi, A. Asadi, & P. Panahi, 2012. Biomass and leaf area index of Caucasian Hackberry (*Celtis caucasica* Willd.) in Taileh urban forest, Sanandaj, Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* 19 (4): 609-620.
- 43- Qi, Y., Z. Liu, & G. Jin, 2014. Impact of understorey on overstorey leaf area index estimation from optical remote sensing in five forest types in northeastern China. *Agricultural and Forest Meteorology* 198-199: 72-80.
- 44- Richter, D.D., D. Markewitz, S.E. Trumbore, & C.G. Wells, 1999. Rapid accumulation and turnover of soil carbon in a re-establishing forest. *Nature* 400: 56–8.
- 45-Roosta, T. & M. Hodjati, 2011. Soil forest management in relation to carbon sequestration. Fourth Conference of Environment, Tehran, Iran.
- 46-Rouhi Moghaddam, E., 2007. Growth and Nutrition dynamic of pure and mixed Oak Plantations. Ph.D. thesis of Forestry, Department of Forestry, Tarbiat Modarres University, Iran, 235 pages.
- 47- Specht, A., 2003. West PW. Estimation of biomass and sequestered carbon on farm forest plantations in northern New South Wales, *Australian Biomass and Bioenergy* 25(4): 363–79.
- 48- Sun, R., J.M. Chen, Y. Zhou, & Y. Liu, 2004. Spatial distribution of net primary productivity and evapotranspiration in Changbaishan natural reserve. China, using Land sat ETM+ data. *Canadian Journal of Remote sensing* 30: 731-742.
- 49- Tang, H., M. Brolly, F. Zhao, A.H. Strahler, C.L. Schaaf, S. Ganguly, G. Zhang, & R. Dubayah, 2014. Deriving and validating Leaf Area Index (LAI) at multiple spatial scales through lidar remote sensing: A case study in Sierra National Forest, CA. *Remote Sensing of Environment* 143 (5): 131-141.
- 50- Thuille A., & E. Schulze, 2006. Carbon dynamics in successional and afforested spruce stands in Thuringia and the Alps. *Global Change Biology* 12(2): 325–342.
- 51- Turner, J., & M. Lambert, 2000. Change in organic carbon in forest plantation soils in eastern Australia. *Forest Ecology and Management* 133(3): 231–47.
- 52-Varamesh, S., S.M. Hosseini, & N. Abdi, 2011. The effect of afforestation of hardwood species on soil carbon sequestration in Cheetgar Forest Par. *Soil and Water Sciences*, 25 (3): 187-196.
- 53- Vesterdal, L., 2002. change in soil organic carbon following afforestation of former available land. *Forest Ecology and Management* 169: 137 – 147.
- 54- Walkley, A., & I. Black, 1934. An examination of the Degtjaref method for determining Soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science Society America Journal* 37: 29 – 38.
- 55- Wang, S.Q., J.Y. Liu, G.R. Yu, Y.D. Pan, Q.M. Chen, & K.R. Li, 2004. Effects of land use change on the storage of soil organic carbon: a case study of the Qianyanzhou forest experimental station in China. *Climatic Change* 67: 247–55.
- 56- Woomer, D.L., A. Tourc, & M. Sall, 2004. Carbon Stocks in Senegal Sahel Transition zone. *Journal of Arid Environment* 134 – 147.
- 57- Yan, H., M. Cao, J. lieu, & B. Tao, 2007. Potential and sustainability for carbon sequestration with improve soil mangment in agricultural soils. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121: 352 – 335.

- 58- Zeng, X., W. Zhang, J. Cao, X. Liu, H. Shen, & X. Zhao, 2014. Changes in soil organic carbon, nitrogen, phosphorus, and bulk density after afforestation of the “Beijing–Tianjin Sandstorm Source Control” program in China. *Catena*. 118: 186-194.
- 59- Zinn, Y.L., D.V.S. Resck, & J.E. Silva, 2002. Soil organic carbon as affected by afforestation with Eucalyptus and Pinus in the Cerrado region of Brazil. *Forest Ecology and Management* 166(1–3): 285–94.

Investigation of the relationship between LAI and soil carbon sequestration in pure and mixed planted stands of Oak (Case Study: the lowland forests of Chamestan)

E. Rouhi Moghaddam^{1*}

Abstract

This study done aimed to investigating of the relationship between LAI and soil carbon sequestration in Chamestan Forest and Rangeland Research Station in a completely randomized design, which Oak (*Quercus castaneifolia*) has been planted in pure and mixed with any of the species including Siberian Elm (*Zelkova carpinifolia*), Maple (*Acer velutinum*), Hackberry (*Celtis australis*) and Hornbeam (*Carpinus betulus*) in 1995. For sampling of leave, six trees were selected from each species in each treatment. The leaf area index was determined by gravimetric method. The effectiveness of each forest stand on carbon sequestration was studied in two soil depths of 0-20 cm and 21-60 cm. The results showed that the highest and lowest amount of LAI was calculated for Oak-Maple mixed stand (5.96) and Oak-Elm mixed stand (3.63) respectively. Oak trees have the lowest LAI in Oak-Maple plantation. Soil carbon sequestration in pure stand of Oak was estimated 92.8 ton/hectare in the first depth and mixed stand of Oak-Hornbeam has the highest (120.16 t/ha) and bare land treatment has the lowest (75.0 t/ha) soil carbon sequestration amount. This parameter at second soil depth of 40 cm varies at the rate of 96.56 to 145.86 t/ha and different stands were not significantly different in this respect. The Pearson correlation hasn't shown coefficient between LAI and soil carbon sequestration to this age of plantations.

Keywords: Oak, Plantation, Mixture composition, LAI, Carbon sequestration.

^{*1} Faculty of Water & Soil, Zabol University, Zabol, Iran, erouhimm@uoz.ac.ir