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[۱*]

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 بلند مازو 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: بلند مازو، 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

Archive of SID

www.SID.ir

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)[1] مشخص می‌شود، 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 مدلسازی اقالیم و اکوسیستمها است و برای مقیاس منطقه‌ای و جهانی مدلها مورد نیاز است (۳۱). LAI می‌تواند 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 مدلهای رگرسیونی آلومتری اندازه گیری شود (۳۳). شاخص سطح برگ بدون واحد بوده و برای بیشتر گیاهان بین ۲ تا ٦ 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 مدلهای جهانی تعیین اثرات متقابل اتمسفر و بیوسفر است (۴۹).

گرمایش جهانی اقلیم و افزایش سریع غلظت دی اکسید کربن پیامد فعالیت‌های 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 دی‌اکسیدکربن را به صورت محصول کربن تبدیل می کنند و از این‌رو معمولاً جنگلها نسبت به دیگر کاربری‌های زمین (مثل کشاورزی) بیشتر کربن ذخیره می‌نمایند و در اکثر موارد جنگل‌کاری‌ها می‌توانند انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهند. اظهارات زیادی در مورد افزایش توان ذخیره کربن در اکوسیستم‌های خشکی از طریق اقدامات آمایش سرزمین نظیر جنگل‌کاری 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 باذخیره حدود ۷۰۰ میلیارد تن، بزرگترین مخزن ذخیره در اکوسیستم‌های جنگلی جهان می‌باشد (۲۱). ترسیب کربن در خاک و صورت نهایی آن یعنی هوموس بادوام، روش پایدارتری نسبت به ترسیب موقتی آن در زیتوده است (۹ و ۵۰). در درازمدت ترسیب کربن در خاک موثرترین راه کاهش گرمایش

[1] -Leaf Area Index

Archive of SID

www.SID.ir

اقلیمی است. لذا نظیر هر تغییر کاربری اراضی بزرگ مقیاس، جنگل‌کاری‌ها می توانند اثرات ذاتی زیست محیطی و اجتماعی اقتصادی داشته باشند که می تواند ارزش کلی پروژه های کاهش کربن را تحت تأثیر قرار دهد (۱۲). مهمترین عوامل موثر 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 گونه های جنگل‌کاری شده (۵۸)، مناطق و مدیریت متفاوت وجود دارد. تغییرات در شرایط زیست محیطی می تواند 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). تقریبا 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 روش ها

منطقه مورد مطالعه:

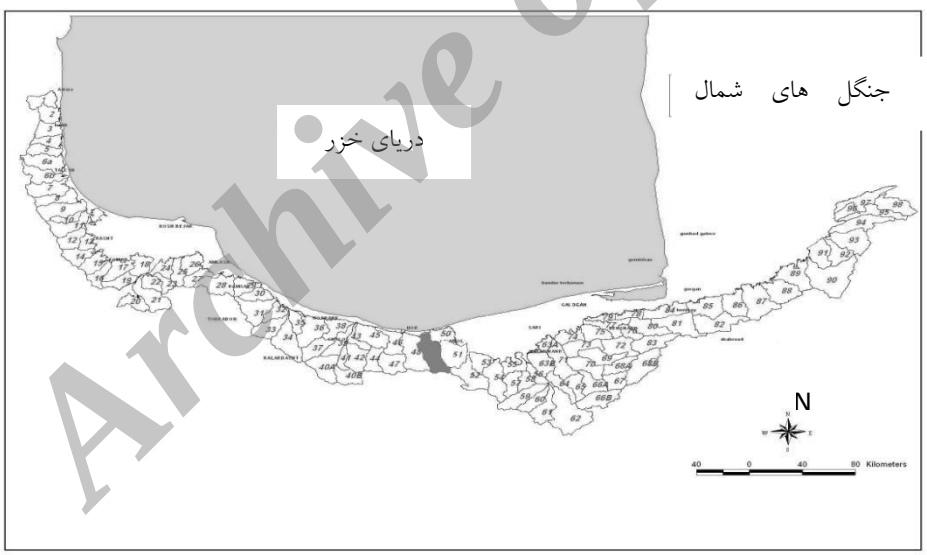
این تحقیق در اراضی ایستگاه تحقیقات جنگل و مرتع چمستان صورت گرفته که در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵۵ دقیقه شرقی در استان مازندران واقع است (شکل ۱). ارتفاع

Archive of SID

www.SID.ir

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

در این ایستگاه تحقیقات جنگل‌کاری بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) به عنوان گونه اصلی و هدف به صورت خالص و آمیخته به نسبت مساوی با هر یک از گونه‌های 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).



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. نمونه‌برداری 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

Archive of SID

www.SID.ir

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 زیتودهٔ برگ محاسبه شده، شاخص سطح برگ بدست آمد (۱).

تعیین میزان ترسیب کربن در خاک:

در این تحقیق، به منظور ارزیابی اثرات تیمارهای جنگل‌کاری بر میزان ترسیب کربن خاک، نمونه برداری خاک در ۳ تکرار از هر ۶ تیمار صورت پذیرفت (یک تیمار جنگل‌کاری خالص و چهار تیمار جنگل‌کاری 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 ۲۰-۰ cm (افق A) و ۶۰-۲۱ 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 = مقدارترسیب کربن آلی (g/m^2)

OC٪ = درصد کربن آلی

Bd = وزن مخصوص ظاهری خاک (gr/cm^3)

E = عمق نمونه برداری (cm)

نتایج حاصل وارد نرم افزار SPSS گردید و نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov- Smirnov و همگنی واریانس داده ها با آزمون Levene مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین اثرات نوع جنگل‌کاری از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) و برای مقایسه چندگانه میانگین ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ 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

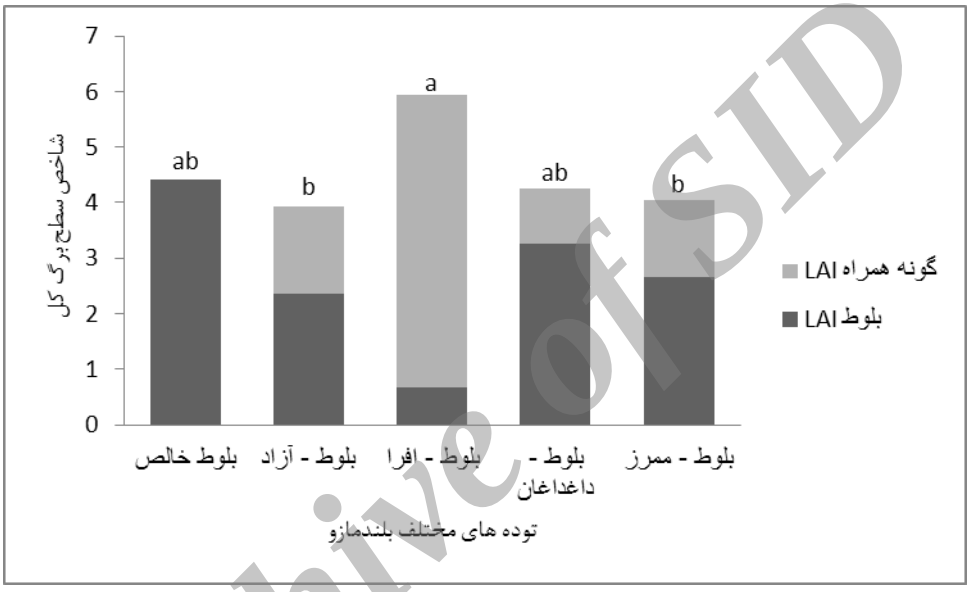
میزان شاخص سطح برگ:

میانگین‌های شاخص سطح برگ نشان از وجود تفاوتهای آماری معنی داری در تیمارهای مختلف این تحقیق دارد ($p < ۰/۰۵$)، به طوری که شاخص کل سطح برگ در توده‌های آمیخته بلندمازو با افرا (۵/۹۶) بیشتر از میزان این شاخص در توده های 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).

Archive of SID

www.SID.ir

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 ردیف های بعدی قرار می‌گیرند ($p < ۰/۰۵$ ؛ شکل ۲).



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

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 (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 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، 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.

Archive of SID

www.SID.ir

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

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

ns، معنی دار نبودن اثر تیمارها؛ * ، $p < ۰/۰۵$ دانکن؛ حروف لاتین مشابه مبین عدم وجود تفاوت آماری معنی دار در میان تیمارها می‌باشد.

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

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

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

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 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 حاکم بر رویشگاه و اقدامات مدیریتی اعمال شده بر آن وابسته است. مجموعهٔ عوامل یادشده به همراه تفاوت در روشهای برآورد، سبب ایجاد دامنهٔ تغییرات زیادی در مقادیر محاسبه شدهٔ شاخص سطح برگ در گزارشهای علمی مختلف شده است (۱). هر چه مقدار این شاخص بیشتر باشد، امکان تبادلات 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

Archive of SID

www.SID.ir

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 جزیی، 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 ارتباط مثبتی دیده می‌شود، اما این همبستگی معنی دار نبوده است. 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

بطورکلی 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 گردیده است. همچنین با توجه به اینکه ترسیب کربن یکی از معیارهای پایداری اکوسیستم است، بنابراین با شناخت گونه‌هایی

Archive of SID

www.SID.ir

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.

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 Soceity 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.

Archive of SID

www.SID.ir

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 Environtal 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 prodution 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 useon the soil carbon sequestration (case study: Nomeh 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

Archive of SID

www.SID.ir

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. Ferandez-Lopez, F. Solla-Gullon, & J.M. Edeso, 2004. Soil changes and tree growth in intensively managed *Pinus radiate* 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 managment to offest greenhouse gas emisson in Uni of Wyoming.
37- Murthy, I.K., M. Gupta, S. Tomar, M. Munsi, 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.

Archive of SID

www.SID.ir

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 caabon following afforestation of former avable land. Forest Ecology and Management 169: 137 – 147.
54- Walkley, A., & I. Black, 1934. An exmination of the Degtjaref method for determining Soil otganic matter and proposed modification of the choromic 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. Cabon Stocks in Senegal Sahel Transition zone. Journal of Arid Environment 134 – 147.
57- Yan, H., M. Cao, J. lieu, & B. Tao, 2007. Ptential and sustinablility for carbon ssequsestion with improre 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.

Archive of SID

www.SID.ir