

تأثیر جنگل کاری با گونه‌های سوزنی برگ بر ترسیب کربن اتمسفری (پژوهش موردی: جنگل کاری‌های کارخانه ذوب آهن اصفهان)

حجت نریمانی^{۱*}، محمدحسین ایران‌نژادپاریزی^۲، بهمن کیانی^۲ و رسول قریبعلی^۳

*۱- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران

پست الکترونیک: Hojatnarimani21167@yahoo.com

۲- استادیار، دانشکده منابع طبیعی و کورشناسی دانشگاه یزد، یزد، ایران

۳- پژوهشگر، بخش تحقیقات پایه، ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست کارخانه ذوب آهن اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۷/۲۸

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۲۵

چکیده

به منظور ارزیابی توان ترسیب کربن گونه‌های سوزنی برگ سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica*) و کاج تهران (*Pinus eldarica*) در جنگل‌کاری‌های ذوب آهن اصفهان که در سنین ۱۷ تا ۱۸ سالگی بودند، پس از مشخص کردن قطعات کشت شده با این گونه‌ها، تعدادی از آنها به صورت کاملاً تصادفی انتخاب شدند. سپس از هر گونه تعداد پنج پایه از طبقات قطری مختلف (پنج طبقه) انتخاب و قطع شد. همچنین نمونه‌های خاک از دو عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری در هر یک از قطعات کشت شده تهیه شد. پس از انتقال اندام‌های مختلف گیاهی به آزمایشگاه، ضریب تبدیل ترسیب کربن اندام‌های گیاهی به صورت جداگانه با روش احتراق تعیین شد. در نهایت میزان ترسیب کربن کل برای گونه‌های مختلف و اندوخته کربن اندام‌ها و عمق‌های مختلف خاک مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان ترسیب کربن در دو گونه مورد بررسی، اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد دارد و سرو نقره‌ای توان ترسیب کربن بیشتری را نسبت به کاج تهران به خود اختصاص داده است. همچنین ترسیب کربن در بین اندام‌های مختلف (برگ، اندام چوبی، ریشه) تفاوت معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد نشان داد، به طوری که اندام چوبی بیشترین مقدار ترسیب کربن در هکتار را داشت. کربن ذخیره شده در خاک دو منطقه کشت شده با این گونه‌ها اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشت.

واژه‌های کلیدی: ترسیب کربن، جنگل کاری، ذوب آهن اصفهان، سوزنی برگ.

مقدمه

(Korner, 2003). گرم شدن هوا اثرات مخربی بر حیات موجودات داشته و سبب تخریب اکوسیستم‌های طبیعی، وقوع سیل و خشکسالی و برهم خوردن تعادل اقلیمی و اکولوژیکی می‌شود (Abdi et al., 2008). افزایش سطح پوشش گیاهی از طریق جنگل کاری در بسیاری از کشورهای جهان، به عنوان یکی از راهکارهای کاهش آثار گرم شدن

از زمان شروع انقلاب صنعتی در قرن نوزدهم، غلظت گازکربنیک در اتمسفر از ۲۸۰ به ۳۶۵ قسمت در میلیون رسیده است و پیش‌بینی می‌شود در قرن ۲۱ به ۶۰۰ قسمت در میلیون برسد که این امر باعث افزایش دمای متوسط سالانه زمین به میزان یک تا ۴/۵ درجه سانتی‌گراد می‌شود

رسیدند که مقدار ذخیره کربن در توده اکالیپتوس کمتر از توده آکاسیا است. Mahmoudi Taleghani و همکاران (۲۰۰۷) در مورد برآورد مقدار ترسیب کربن خاک در جنگل های تحت مدیریت شمال کشور نتیجه گرفتند که حجم در هکتار جنگل رابطه مستقیمی با زی توده جنگل دارد و در نتیجه به افزایش ذخیره کربن خاک کمک می کند. Varamesh و همکاران (۲۰۱۰a) نیز در بررسی اثر جنگل کاری بر مقدار ذخیره کربن خاک در پارک جنگلی چیتگر تهران به این نتیجه رسیدند که ترسیب کربن در خاک توده افاقیا (*Robinia pseudoacacia* L. ۷۸/۱۹ تن در هکتار، در توده کاج تهران *Pinus eldarica* Medw) ۵۷ تن در هکتار و در اراضی بایر ۱۰/۸ تن در هکتار است. در مطالعه Hu و همکاران (۲۰۰۸) در مورد تأثیر جنگل کاری با گونه های *Populus alba* و *Pinus Sylvestris* var. *Mongolica* در علفزارها این نتیجه به دست آمد که جنگل کاری در علفزارها باعث افزایش ترسیب کربن خاک می شود.

هدف از پژوهش پیش رو تعیین قابلیت ترسیب کربن در زی توده و خاک توده های سرو نقره ای و کاج تهران در جنگل کاری های کارخانه ذوب آهن اصفهان و مقایسه این توده ها با یکدیگر است.

مواد و روش ها منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد بررسی در شمال شهرهای زرین شهر و لنجان و اطراف کارخانه ذوب آهن اصفهان در ارتفاع ۱۷۰۰ تا ۱۸۵۰ متری از سطح دریا و در محدوده ۱۷° ۵۱' تا ۲۱° ۵۱' طول جغرافیایی شرقی و ۲۵° ۳۲' عرض جغرافیایی شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). از زمان تأسیس کارخانه تا سال ۱۳۷۰ یعنی طی ۲۵ سال، تنها ۲۲۰ هکتار فضای سبز به صورت درخت کاری ایجاد شده است، در صورتی که طی چند سال اخیر بیش از ۱۵۰۰۰ هکتار فضای سبز به فضاهای قبلی اضافه شده است. از این میزان حدود ۲۰۰۰ هکتار شامل انواع سوزنی برگان از جمله سرو نقره ای (*Cupressu arizonica* Green var. *arizonica*) و کاج

زمین در مجامع مختلف زیست محیطی جهان مورد توجه و تأکید قرار گرفته است (Paul et al., 2002).

ترسیب کربن در زی توده گیاهی و خاک هایی که تحت پوشش این زی توده هستند، ساده ترین و از نظر اقتصادی عملی ترین راهکار ممکن برای کاهش CO₂ اتمسفری است (Forouzeh et al., 2008). حدود ۷۵ درصد از کربن اتمسفر در خاک ذخیره می شود و خاک های مناطق جنگلی ۴۰ درصد از این مقدار را می توانند ذخیره کنند (Henderson, 1995)، بنابراین اکوسیستم های جنگلی جهان هم در جذب دی اکسید کربن اتمسفری تأثیر دارند و هم شرایط مناسب برای چرخه کربن و ذخیره آن در خاک را فراهم می کنند (Lal, 2005). وسعت زمین های بایر و رها شده در جهان حدود یک میلیارد هکتار است و اگر تولید در این عرصه ها سالانه ۱۲ تن ماده خشک در هکتار فرض شود (معادل شش تن کربن در هکتار در سال) حدوداً پنج گیگاتن کربن در سال جذب خواهد شد (Birdsey, 1992)، بنابراین برای کنترل غلظت فعلی گاز کربنیک در هوا لازم است ۶۰ درصد مقدار آن کاهش یابد. مخارج لازم برای این کار در طول یک دوره ۹۰ ساله حدود ۵۲۰ میلیارد دلار خواهد بود. در صورت استفاده از پوشش گیاهی و کاشت درختان در قالب جنگل کاری می توان علاوه بر تولید فضای سبز و چوب و سایر مزایای جنگل به هدف ذخیره سازی کربن نیز دست یافت (Barnes et al., 1998).

ترسیب کربن فرآیندی است که طی آن دی اکسید کربن اتمسفر جذب شده و در بافت های گیاهی به صورت هیدرات های کربن تجمع و رسوب می کند (Allen-Dias, 1996). تفاوت در محتوای کربن موجود در اکوسیستم های مختلف تا حدود زیادی وابسته به عامل های خاک و اقلیم است. به عنوان یک قاعده کلی، کربن موجود در خاک بیشتر از کربن موجود در زی توده ریشه هاست (et al., 2000) در (Mortazavi Jahromi و Bordbar, ۲۰۰۶) در بررسی پتانسیل ذخیره کربن در جنگل کاری های اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) و آکاسیا (*Acacia salicina* Linda) در مناطق غربی استان فارس به این نتیجه

تهران (Pinus eldarica Medw) و بقیه سطح به گونه‌های پهن‌برگ شامل انواع پهن‌برگان از جمله اقاچیا، لیلکی، زبان گنجشک، توت و بادام کوهی با سنین مختلف اختصاص دارد. جنگل‌های مورد بررسی بین سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۷۶ (زمستان ۱۳۷۵ تا بهار ۱۳۷۶) کاشته شده‌اند و شامل قطعات منظم کشت‌شده با گونه‌های سرو نقره‌ای و کاج تهران با سنین ۱۷ تا ۱۸ سال می‌باشند. آمار ایستگاه سینوپتیک ذوب‌آهن اصفهان نشان می‌دهد که میانگین بارندگی سالانه در منطقه حدود ۱۲۰ میلی‌متر است که عمدتاً به صورت باران است و در محدوده زمانی پاییز، زمستان و اوایل بهار ریزش می‌کند. بیشترین درجه

حرارت در تابستان ۴۰/۷ درجه سانتی‌گراد بالای صفر و کمترین آن در زمستان ۱۲/۵ درجه سانتی‌گراد زیر صفر بوده است. ماه‌های تیر و مرداد به‌عنوان گرم‌ترین ماه و دی ماه سردترین ماه سال اعلام شده است. میانگین دمای منطقه ۱۵/۸ درجه سانتی‌گراد با ۸۹ روز یخبندان و میانگین رطوبت ۴۶ درصد است. خاک منطقه نیمه‌عمیق تا عمیق است و بافت خاک منطقه شامل واریزه‌ها و دشت‌های دامنه‌ای با مقدار نسبتاً زیاد سنگ‌ریزه و همراه با لایه‌ها و بلورهای گچی و آهکی می‌باشد که به‌عنوان یکی از محدودیت‌های اصلی خاک در اکثر مناطق مختلف فضای سبز ذوب‌آهن اصفهان مطرح است (Aiiubi, 2012).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان اصفهان (منبع: نرم‌افزار Google Earth)

محاسبه مساحت تاج اندازه‌گیری شد. برای تعیین دقیق‌تر تراکم، تعداد ۲۰ قطعه نمونه در هر توده مورد مطالعه برداشت و تعداد در هکتار برای گونه‌های سرو نقره‌ای و کاج تهران محاسبه شد. لازم به ذکر است که قطعات نمونه تنها برای تعیین تراکم استفاده شدند، زیرا در بسیاری از ردیف‌ها درختان خشک شده و پیش‌بینی می‌شد روش ترانسکت نمی‌تواند برآورد درستی از تعداد در هکتار توده ارائه دهد. با توجه به اطلاعات ترانسکت‌ها و قطعات نمونه، متوسط تاج پوشش در هکتار، حجم در هکتار و سطح مقطع در هکتار توده‌ها نیز محاسبه شد. با توجه به حداقل و حداکثر

روش پژوهش

منطقه مورد مطالعه به صورت قطعات کشت شده با انواع مختلف گونه‌های درختی و درختچه‌ای (به صورت ردیفی) می‌باشد. پس از تعیین دقیق مشخصات جغرافیایی و توپوگرافی قطعات سرو نقره‌ای و کاج تهران، به‌طور تصادفی سه قطعه کشت شده از هرگونه انتخاب و به‌منظور برداشت مشخصات کمی دو توده مورد مطالعه، در هر یک ترانسکتی به طول ۱۰۰ متر برداشت شد. در ترانسکت‌ها ارتفاع تا دقت دسی‌متر، قطر برابر سینه تا دقت میلی‌متر و قطرهای (کوچک و بزرگ) تاج درختان تا دقت سانتی‌متر برای

گرمی جدا شد. این نمونه ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۴۵۰ درجه سانتی گراد در کوره الکتریکی قرار گرفتند. خاکستر نمونه ها پس از خارج شدن از کوره الکتریکی تا دقت هزارم گرم توزین شد. از اختلاف وزن اولیه (وزن خشک) از وزن خاکستر، میزان مواد آلی نمونه ها محاسبه و با استفاده از رابطه ۱ مقدار کربن آلی در هر کدام از اندام های گیاه به صورت جداگانه محاسبه شد (Narimani, 2013). در رابطه ۱، OC کربن آلی و OM ماده آلی بر حسب درصد است. براساس این معادله نیمی از ماده آلی گیاهان را کربن آلی تشکیل می دهد.

$$\text{OC} = 0.54 \text{ OM} \quad \text{رابطه (۱)}$$

برای تعیین میزان کربن آلی خاک در آزمایشگاه ابتدا وزن مخصوص ظاهری خاک به روش کلوخه بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب اندازه گیری شد (Blake & Hartge, 1986). سپس درصد کربن آلی به روش والکی بلاک به دست آمد (Nosetto et al., 2006). در پایان برای محاسبه میزان ترسیب کربن خاک بر حسب گرم در هر مترمربع از رابطه ۲ استفاده شد که در این رابطه Cc میزان وزن کربن ترسیب شده در یک مترمربع بر حسب گرم بر مترمربع، C تراکم کربن در عمق مشخصی از خاک بر حسب درصد، Bd وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب و e ضخامت عمق خاک بر حسب سانتی متر است (Narimani, 2013).

$$\text{Cc} = 10000 \times \text{C\%} \times \text{Bd} \times e \quad \text{رابطه (۲)}$$

تجزیه و تحلیل آماری

داده های حاصل از اندازه گیری ها با استفاده از نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. ابتدا نرمال بودن داده ها با آزمون کولموگروف-سمیرونوف مورد بررسی قرار گرفت. به منظور مقایسه ترسیب کربن در اندام های دو گونه سرو نقره ای و کاج تهران از آزمون تجزیه واریانس استفاده شد. لازم به ذکر است که در این پژوهش طبقه قطری به عنوان بلوک در نظر گرفته شد و طرح به صورت فاکتوریل در پایه بلوک های کامل تصادفی تجزیه شد که در آن اندام و گونه دو فاکتور مورد بررسی بودند (Varamesh et al.,

قطر موجود در داده ها (به ترتیب ۴/۴۵ و ۱۴/۶۹ سانتی متر برای کاج تهران و ۴/۷۷ و ۱۲/۷۳ سانتی متر برای سرو نقره ای) پنج طبقه در نظر گرفته شد. تعداد یک اصله درخت از هر طبقه قطری (از بین کل درختان موجود در سه ترانسکت برداشت شده در عرصه کشت هر گونه)، به صورت تصادفی انتخاب و نشانه گذاری شد. پس از قطع، اقدام به برداشت نمونه از زی توده هوایی (برگ و اندام چوبی) و زیرزمینی تا عمق نفوذ ریشه (ریشه های با قطر بیشتر از یک میلی متر) شد. سپس اندام های مختلف هوایی و زیرزمینی با دقت گرم توزین شدند. همچنین به منظور محاسبه میزان ترسیب کربن در خاک دو منطقه کشت شده با گونه های مورد مطالعه، در عرصه کشت هر گونه تعداد پنج پروفیل خاک حفر (در مجموع ۱۰ پروفیل خاک) و از دو عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی متری نمونه های خاک برداشت شد. نمونه های گیاهی و خاک به آزمایشگاه منتقل و میزان ترسیب کربن در آنها اندازه گیری شد (Narimani, 2013). نمونه های خاک در هوای آزاد خشک شدند و سپس وزن مخصوص ظاهری خاک به روش کلوخه بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب اندازه گیری شد (Blake & Hartge, 1986). بعد از خرد کردن کلوخه ها و جدا کردن ریشه ها، سنگ و سایر ناخالصی ها، آسیاب و از الک دو میلی متری (مش ۲۰) عبور داده شد. اسیدیته خاک به روش پتانسیومتری از طریق دستگاه pH متر الکترونیکی و هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع با استفاده از دستگاه EC متر الکترونیکی مورد اندازه گیری قرار گرفت. کربن و ماده آلی با استفاده از روش سرد و بر مبنای اکسیداسیون کربن آلی به کمک بیکنات پتاسیم ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) در محیط کاملاً اسیدی (H_2SO_4) اندازه گیری شد.

نمونه های برگ، اندام چوبی و ریشه در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و سپس وزن خشک آنها با استفاده از ترازو تعیین شد. به منظور تعیین کربن آلی نمونه ها از روش احتراق در کوره الکتریکی استفاده شد (MacDicken, 1997). بر این اساس ابتدا نمونه ها آسیاب شدند، سپس از هر کدام یک نمونه یک

2010b). برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون دانکن استفاده شد. برای مقایسه ترسیب کل دو گونه مورد مطالعه و ترسیب کربن خاک نیز از تجزیه واریانس استفاده شد. مشخصات کمی دو توده از جمله تعداد، حجم و تاج پوشش در هکتار نیز با آزمون t مستقل مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج

مشخصات کمی توده‌های سرو نقره‌ای و کاج تهران

با توجه به اینکه داده‌ها نرمال بودند، نیازی به تبدیل آنها نبود. نتایج نشان داد که اختلاف توده‌های مورد مطالعه برای هیچ‌یک از مشخصات کمی از نظر آماری معنی‌دار نبود. جدول ۱ میانگین مشخصه‌های کمی در توده‌های مورد

جدول ۱- میانگین مشخصه‌های کمی در توده‌های مورد مطالعه

گونه	تعداد در هکتار	تاج پوشش در هکتار (مترمربع)	حجم در هکتار (مترمکعب)	سطح مقطع در هکتار (مترمربع)
سرو نقره‌ای	۱۴۰۰	۶۳۶۰/۶۶	۱۴/۵۲	۷/۱۴
کاج تهران	۱۳۵۰	۶۴۸۶/۷۵	۳۳/۲۵	۱۲/۱۷

جدول ۲- ضریب تبدیل اندام‌های مختلف به کربن آلی (درصد)

گونه	برگ	اندام چوبی	اندام	ریشه
سرو نقره‌ای	۴۹/۲	۴۸/۵	۴۷/۶	۴۸/۹
کاج تهران	۴۸/۵	۴۸/۷	۴۸/۹	...

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس ترسیب کربن در هکتار در اندام‌های گونه‌های مورد مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	معنی‌داری
گونه	۱	۳۱۳/۲۸۲	۵۱/۰۶۰	۰/۰۰۰**
اندام	۳	۱۴۱/۹۹۷	۲۳/۱۴۳	۰/۰۰۰**
گونه × اندام	۳	۴۴/۳۱۹	۷/۲۲۳	۰/۰۰۶**
خطا	۲۸	۶/۱۳۶	...	...
کل	۴۰	...	...	...

** : معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد

مطالعه را نشان می‌دهد.

ضریب تبدیل و میزان ترسیب کربن گیاه

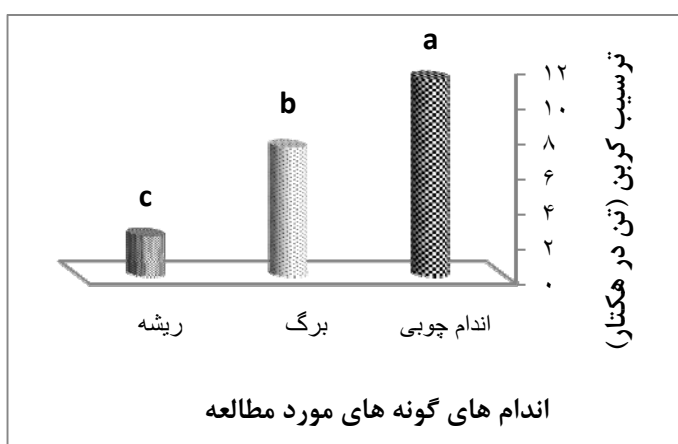
نتایج محاسبه ضریب تبدیل اندام‌های گیاهی نشان داد که در میان اندام‌های هوایی دو گونه مورد مطالعه، برگ سرو نقره‌ای بیشترین ضریب تبدیل و در نتیجه بیشترین درصد کربن آلی را دارد، اما اندام چوبی و ریشه کاج تهران ضریب تبدیل بیشتری نسبت به سرو نقره‌ای دارد (جدول ۲).

ترسیب کربن اندام‌ها

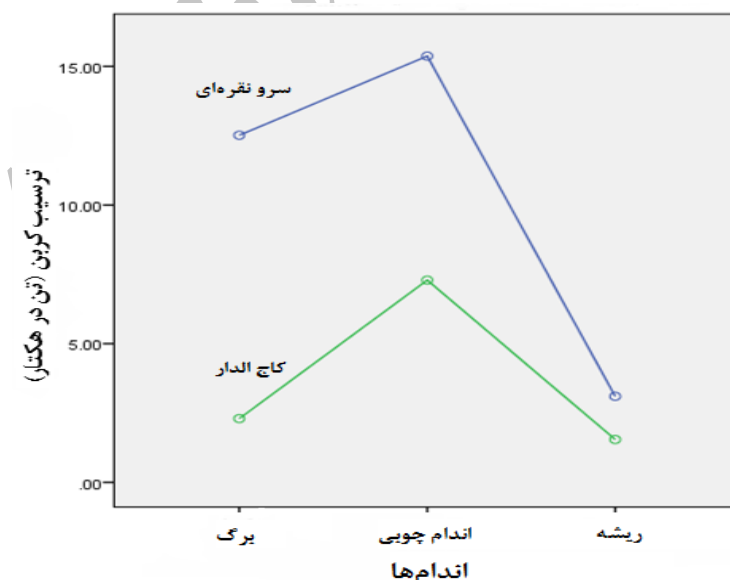
نتایج نشان داد که بین گونه‌های مختلف و اندام‌های مختلف از نظر میزان کربن ترسیب شده اختلاف معنی‌داری وجود دارد. همچنین اثر متقابل گونه و اندام در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

(شکل ۳). بر این اساس بیشترین ترسیب کربن مربوط به اندام چوبی گونه سرو نقره ای و کمترین ترسیب مربوط به اندام ریشه کاج تهران بود. به طور کلی سرو نقره ای در تمامی اندامها ترسیب کربن بیشتری داشت. در مجموع برگ و اندام چوبی سرو نقره ای و کاج تهران اختلاف زیادی از نظر ترسیب کربن در هکتار داشتند، اما ریشه این دو گونه تفاوت چندانی از نظر ترسیب کربن در هکتار نشان نداد.

مقایسه میانگین کربن ذخیره شده در اندامهای مختلف گونه ها نشان داد که بین متوسط کربن ذخیره شده در اندامهای سه گانه گونه های مورد مطالعه تفاوت معنی داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد وجود دارد (شکل ۲). به طور کلی در میان اندامهای مختلف، اندام چوبی بیشترین میزان ترسیب کربن در هکتار را به خود اختصاص داد و اندامهای برگ و ریشه در رتبه های بعدی قرار گرفتند. در این پژوهش اثر متقابل گونه و اندام نیز معنی دار بود



شکل ۲- مقایسه میزان ترسیب کربن در هکتار مجموع اندامهای مختلف گونه ها



شکل ۳- اثر متقابل گونه و اندام بر ترسیب کربن در هکتار

ترسیب کربن کل

نتایج نشان داد که بین دو گونه از نظر ترسیب کربن کل تفاوت معنی داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد وجود دارد (جدول ۴).

آزمون دانکن نیز نشان داد که سرو نقره‌ای با میانگین ۳۰/۹۹ تن در هکتار ترسیب کربن بیشتری نسبت به کاج تهران (۱۱/۱۳ تن در هکتار) دارد (شکل ۴).

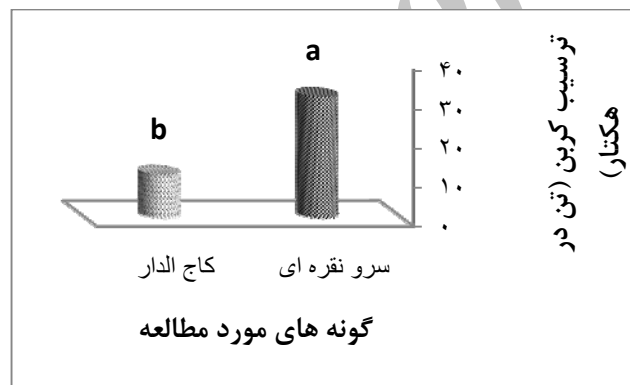
ترسیب کربن و سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نتایج نشان داد که اختلاف بین دو عرصه کشت شده با

گونه‌های مورد مطالعه از نظر کربن ذخیره شده در خاک معنی دار نیست. در مورد سایر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، نتایج نشان داد خاک موجود در عرصه کشت گونه‌های سرو نقره‌ای و کاج تهران از نظر میزان پتاسیم و سیلت در سطح اطمینان ۹۹ درصد و از نظر درصد رطوبت اشباع (SP) و میزان شن در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی داری دارند (شکل ۵).

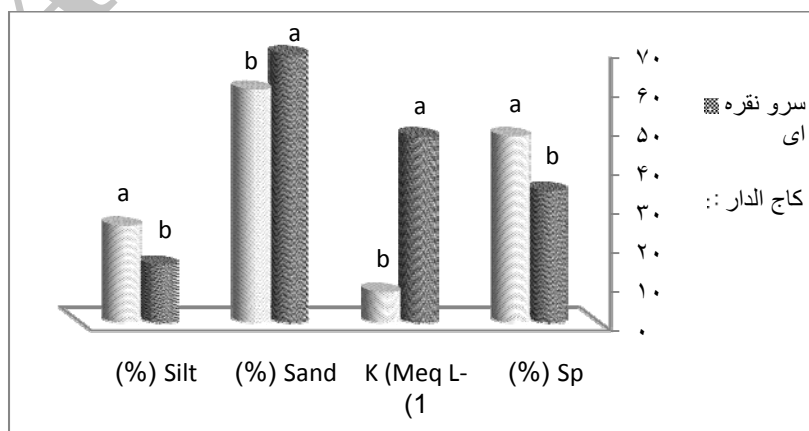
جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس ترسیب کربن در هکتار گونه‌های مورد مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	معنی داری
گونه	۱	۹۸۵/۲۸۲۹۷	۲۸/۰۹۷	۰/۰۰۶**
خطا	۴	۳۵/۰۶۸	...	...
کل	۱۰	...	...	...

** : معنی داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد



شکل ۴- مقایسه میزان ترسیب کربن کل در گونه‌های مورد مطالعه



شکل ۵- مقایسه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

بحث

در پژوهش پیش رو، مقایسه میزان ترسیب کربن در اندام های مختلف گونه های مورد مطالعه نشان داد که اندام چوبی در سرو نقره ای، بیشترین مقدار ذخیره کربن در هکتار را در میان اندام های دو گونه مورد مطالعه دارد. نتایج بررسی محققان نشان داده است که سهم اندام های مختلف گیاهان در میزان ترسیب کربن متفاوت است، به طوری که میزان ترسیب کربن در اندام چوبی به خصوص ساقه گیاهان دارای بیشترین مقدار می باشد (Indufor, 2002). این نتایج مؤید آن است که اندام هایی که دارای بافت چوبی هستند از توانایی بیشتری در ترسیب کربن برخوردار بوده و هرچه نسبت اندام چوبی در گیاه بیشتر باشد، توان آن در ترسیب کربن افزایش می یابد. Forouzeh و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که میزان ترسیب کربن در ساقه سه گونه بوته ای گل آفتابی، سیاه گینه و درمنه کوهی اختلاف معنی داری با ریشه، ساقه و برگ آنها دارد. همچنین Fang و همکاران (۲۰۰۷) تولید زی توده و پتانسیل ترسیب کربن در جنگل کاری های سپیدار با الگوهای مدیریتی متفاوت را در اراضی جنگلی هانیوان در چین مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که برای تمامی الگوهای کشت، بیشترین زی توده تولیدی به ترتیب به تنه، ریشه، شاخه و سپس برگ تعلق داشت.

پس از مقایسه کربن آلی ذخیره شده در کل زی توده دو گونه مورد مطالعه، مشاهده شد که گونه ها از نظر ترسیب کربن تفاوت دارند و سرو نقره ای با ۳۰/۹۹ تن در هکتار، توان ترسیب کربن بیشتری را نسبت به کاج تهران دارد. همچنین مقایسه ترسیب کربن خاک در عرصه کشت گونه ها نشان داد که دو گونه مورد مطالعه از نظر ترسیب کربن خاک اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند. در مجموع در هر دو گونه مورد مطالعه، میزان کربن ذخیره شده در خاک بیشتر از زی توده بود. در مطالعه ای که Uti و همکاران (۲۰۱۲) در توده های جوان توس انجام دادند، مشخص شد که کربن ذخیره شده در زی توده روی زمین کمتر از خاک بود، اما در توده های بالغ و نیمه بالغ این قضیه برعکس بود. ذخیره کربن در زی توده درخت با افزایش سن توده زیاد می شود،

در حالی که کربن آلی خاک ثابت باقی می ماند. به طور کلی درختان جوان مقدار و سرعت ترسیب کربن بیشتری نسبت به درختان مسن دارند، اما درختان مسن نیز کربن را به میزان بیشتر و برای مدت طولانی تری ترسیب می کنند (Schlesinger, 1999).

Mahdavi و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی خود به این نتیجه رسیدند که سیستم ریشه ای در فواصل کمتر، تراکم بیشتری در واحد حجم خاک دارد و به دلیل رقابت در جذب رطوبت از اعماق پایین تر، رشد عمقی تری خواهد داشت، در نتیجه میزان کربن خاک افزایش می یابد. همچنین Bruce و همکاران (۱۹۹۹) اعتقاد دارند مقدار مواد آلی خاک با قابلیت تولیدی آن رابطه مستقیم دارد و با افزایش زی توده گیاهی در اراضی، مقدار مواد آلی خاک و در نتیجه ترسیب کربن در خاک افزایش خواهد یافت.

با در نظر گرفتن اینکه حدود ۸۰ هکتار از مساحت کل جنگل کاری های ذوب آهن اصفهان به کاشت سرو نقره ای و ۸۵۰ هکتار آن به کاج تهران اختصاص دارد، هر کدام از توده های فوق به ترتیب باعث جذب و ترسیب کربن اتمسفری به میزان ۹۱۳۷/۰۴ و ۳۵۰۰۳/۸۵ تن در زی توده گیاهی و ۱۴۱۵۱/۷۶ و ۱۷۴۱۷۰/۱ تن در خاک عرصه کشت خود از زمان کاشت تا به امروز شده اند.

نتایج پژوهش های پیشین در مورد تأثیر جنگل ها بر ترسیب کربن خاک همگی حاکی از آن است که افزایش سطح جنگل ها به ویژه در اراضی بایر و تخریب شده، به افزایش جذب کربن منجر خواهد شد. بیشتر محققان تأثیر جنگل کاری ها بر مقدار جذب کربن خاک را مثبت ارزیابی کرده اند (Schulp et al., 2008). نتایج پژوهش پیش رو نیز نشان داد که سرو نقره ای بی شک از جنبه ترسیب کربن و سایر ارزش های شناخته شده جنگل کاری ها حائز اهمیت فراوانی است. با توجه به جدول ۱ مشخصه های کمی از جمله تاج پوشش، حجم و سطح مقطع در هکتار کاج تهران بیشتر از سرو نقره ای است، اما با توجه به اینکه وزن تر و خشک عامل های تعیین کننده در محاسبه میزان ترسیب کربن اندام هستند، چون اندام سرو نقره ای وزن تر بیشتری نسبت به

- Service, 12p.
- Blake, G.R. and Hartge, K.H., 1986. Bulk density. In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Methods. Soils Science Society of America, Publication No. 9, Part 1: 363-376.
 - Bordbar, S.K. and Mortazavi Jahromi, M., 2006. Carbon sequestration potential of *Eucalyptus comaldulensis* Dehnh. and *Acacia salicina* Lindl. plantation in western areas of Fars province. Journal of Pajuhesh & Sazandegi, 70: 95-103 (In Persian).
 - Bruce, J.P., Frome, M., Haites, E., Joanne, H., Lal, R. and Faustion, K., 1999. Carbon sequestration in soils. Journal of Soil and Water Conservation, First Quarter, 382-389.
 - Forouzeh, M.R., Heshmati, G. and Messbah, S.H., 2008. Comparing on carbon sequestration potential of three shrub species: *Helianthemum lippii* (L.) Pers., *Dendrostellera lessertii* Van Tiegh. And *Artemisia sieberi* Besser in semi-arid rangelands of Iran. Journal of Environmental Studies, 46: 65-72 (In Persian).
 - Henderson, G.S., 1995. Soil organic matter: a link between forest management and productivity. In: Bigham, J.M. and Bartels, J.M. (Eds.), Carbon forms and Functions in Forest soils. Soils Science Society of America, Madison, WI, pp. 419-435.
 - Hu, Y.L., Zeng, D.H., Fan, Z.P., Chen, G.S., Zhao, Q. and Pepper, D., 2008. Changes in ecosystem carbon stocks following grassland afforestation of semiarid sandy soil in the southeastern Keerqin Sandy Lands, China. Journal of Arid Environments, 72: 2193-2200.
 - Indufor, 2002. Assessing forest based carbon sinks in the Kyoto protocol forest management and carbon sequestration. Discussion paper, 115p.
 - Korner, C., 2003. Carbon limitation in trees. Journal of Ecology, 91: 4-17.
 - Lal, R., 2005. Forest soils and carbon sequestration. Forest Ecology and Management, 180 (1-3): 317-333.
 - MacDicken, K.G., 1997. A Guide to monitoring carbon storage in forestry and agro forestry projects. Winrock International Arlington, VA, USA, 87p.
 - Mahmoudi Taleghani, E.A., Zahedi Amiri, G.H., Adeli, E. and Sagheb Talebi, Kh., 2007. Assessment of carbon sequestration in soil layer

کاج تهران دارد، در نتیجه با توجه به شکل ۳ دارای میزان ترسیب کربن در هکتار بیشتری نسبت به کاج تهران است، بنابراین کاشت، محافظت و مدیریت مناسب جنگل کاری با این گونه گیاهی همراه با در نظر گرفتن ملاحظات اکولوژیک در اطراف مراکز صنعتی، هم مانع از سیر قهقراپی، فرسایش و آب شویی خاک می شود و هم گام مثبتی در جهت افزایش ترسیب کربن و کاهش دی اکسید کربن جو خواهد بود.

سپاسگزاری

ضروریست از همکاری های شایسته و بی دریغ اساتید محترم گروه جنگلداری دانشگاه یزد و همچنین پرسنل زحمت کش فضای سبز ذوب آهن اصفهان که ما را در انجام این پژوهش یاری نمودند، قدردانی شود.

References

- Abdi, N., Maadah Arefi, H. and Zahedi Amiri, Gh., 2008. Estimation of carbon sequestration in Astragalus rangelands of Markazi province (Case study: Malmir rangeland in Shazand region). Iranian Journal of Range and Desert Research, 15(2): 269-282 (In Persian).
- Aiiubi, Sh., 2012. Assessment limitations and capacity of soils current range green space of Isfahan steel company (Final Report). Isfahan Steel Company in Collaboration with Technical University of Isfahan, 431p (In Persian).
- Allen-Dias, B., 1996. Rangelands in a changing climate: impacts, adaptations and mitigation. In: Watson, Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate change: Scientific- Technical Analyses. Cambridge University Press, Cambridge, 131-158.
- Aradottir, A., Savarsottri, L., Kristin, H., Jonsson, P. and Gudbergsson, G., 2000. Carbon accumulation in vegetation and soils by reclamation of degraded areas. Icelandic Agricultural Sciences, 13: 99-113.
- Barnes, B.V., Zak, D.R., Denton, S.R. and Spurr, S.H., 1998. Forest Ecology. 4th edition, John Wiley and Sons, Inc, New York, 56p.
- Birdsey, R.A., 1992. Carbon storage and accumulation in United States forest ecosystems. Washington, DC: USDA Forest

- P.H. and Waal, R.W., 2008. Effect of tree species on carbon stock in forest floor and mineral soil and implication for soil carbon inventories. *Forest Ecology and Management*, 256: 482-490.
- Fang, S., Xue, J. and Tang, L., 2007. Biomass production and carbon sequestration potential in poplar plantations with different management patterns. *Journal of Environmental Management*, 85: 672-679.
 - Varamesh, S., Hoseini, S.M., Abdi, N. and Akbarinia, M., 2010a. Effect of plantation on increasing carbon sequestration and improved some soil characteristics. *Iranian Journal of Forest*, 1(2): 25- 35 (In Persian).
 - Varamesh, S., Hoseini, S.M., Abdi, N. and Akbarinia, M., 2010b. Increment of soil carbon sequestration due to forestation and its relation with some physical and chemical factors of soil. *Iranian Journal of Forest*, 35: 1-25 (In Persian).
 - Uri, V., Varik, M., Aosaar, J., Kanal, A., Kukumagi, M. and Lohmus, K., 2012. Biomass production and carbon sequestration in a fertile silver birch (*Betula pendula* Roth) forest chronosequence. *Forest Ecology and Management*, 267: 117-126.
 - of managed forest. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 15(2): 241-252 (In Persian).
 - Narimani, H., Iran Nezhad Parizi, M.H., Kiani, B. and Ghorbali, R., 2013. Evaluation and comparison potential carbon sequestration of important species in green space of Isfahan Steel Company. M. Sc. Thesis, azd University, 111p.
 - Noretto, M.D., Jobbagy, E.G. and Paruelo, J.M., 2006. Carbon sequestration in semi-arid rangelands. *Journal of Arid Environments*, 67: 142-156.
 - Mahdavi, S.Kh., Sanadgol, A., Azarneivandi, H., Babae Kafaee, S., Jafari, M. and Mahdavi, F., 2009. The impact of *Atriplex lentiformis* density on carbon sequestration and comparison with its Rangeland plantation project (Case study: Isfahan). *Plant and Ecosystem*, 17: 19-29 (In Persian).
 - Paul, K.I., Polglase, P.J., Nyakuengama, J.G. and Khanna P.K., 2002. Change in soil carbon following afforestation. *Forest Ecology and Management*, 168(1-3): 241-257.
 - Schlesinger., 1999. Soil Organic matter a Source of atmospheric CO₂ Department of Botany. North Carolina, USA, pp. 111-125.
 - Schulp Catharina, J.E., Naburus, G.J., Verburg,

Archive

Effects of plantation with conifers on Carbon sequestration (Case study: Zob-e-Ahan company, Isfahan)

H. Narimani^{1*}, M.H. Iran Nezhad Parizi², B. Kiani² and R. Ghorbali³

1* - Corresponding author, M.Sc. Student Forestry, Faculty of Natural Resources and Desert Science, Yazd University, Yazd, Iran. E-mail: Hojatnarimani21167@yahoo.com

2- Assistant Prof., Faculty of Natural Resources and Desert Science, Yazd University, Yazd, Iran

3- Research Expert, Division of Main, Safety, Hygiene and Environment, Esfahan Steel Company, Isfahan, Iran

Received: 01.15.2014

Accepted: 10.20.2014

Abstract

The potential for carbon sequestration was evaluated for two coniferous species (*Cupressus arizonica* Green var. *arizonica* and *Pinus eldarica* Medw) in 17-18 year old plantations of Zob-e-Ahan industrial company near Isfahan. Transect sampling was conducted in each section, and five trees in each of the available 5 diameter classes were randomly selected and cut. Moreover, soil samples from 0 to 30 and 30 to 60 cm depth were collected in each part. Shoots and roots of the trees were separately collected and weighted. In addition, carbon sequestration of organs and soil was determined with an in-situ combustion method. Results showed that the rate of carbon sequestration was significantly different between two species ($p < 0.01$), for which *C. arizonica* showed higher rate than *P. eldarica*. In addition, carbon sequestration showed significant difference ($p < 0.01$) amongst the tree parts (roots, woody organs and leaves), where woody parts exhibited the highest carbon sequestration. Investigation of soil carbon storage showed no significant difference between soils in which two plantations were established.

Keywords: Carbon Sequestration, plantation, conifer, Zob-e-Ahan company of Isfahan.