



بررسی توان ذخیره کربن گونه سرو نقره ای (*Cupressu arizonica Green var.arizonica*) در جنگلکاری های کارخانه ذوب آهن اصفهان

حجت نریمانی^{۱*}، محمد حسین ایران نژاد پاریزی^۲، بهمن کیانی^۳، رسول قربعلی^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری دانشگاه یزد
Hojatnarimani21167@yahoo.com
۲. استادیار دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی دانشگاه یزد
Iranpariz@gmail.com
۳. سرپرست تحقیقات ایمنی، بهداشت و محیط زیست کارخانه ذوب آهن اصفهان
Bnkiani@hotmail.com
Ghorbali1353@yahoo.com

*: مسؤل مکاتبات: تلفن:

چکیده

به منظور بررسی توان ترسیب کربن توسط گونه سرو نقره ای (*Cupressu arizonica Green var.arizonica*) در جنگلکاری های کارخانه ذوب آهن اصفهان، به صورت تصادفی تعدادی از قطعات نمونه در این جنگلکاری ها که با آب چاه های مختلف آبیاری می شدند، انتخاب و ترانسکتی به طول ۱۰۰ متر در آنها اجرا شد و مشخصه های کمی از جمله قطر برابر سینه، ارتفاع، و قطر تاج در آنها مورد اندازه گیری قرار گرفت. سپس با بررسی قطر درختان در مجموع سه قطعه انتخابی، پنج طبقه قطری مشخص شده و با توجه به پراکنش تعداد در کلاسه های قطری درختان موجود، از هر کلاسه قطری تعداد یک درخت به صورت تصادفی قطع و پس از تبدیل، اندام های مختلف از قبیل برگ، اندام چوبی (مجموع تنه و شاخه ها) و ریشه به تفکیک توزین گردیدند. به منظور برآورد میانگین وزن لاشریزه، به صورت تصادفی در زیر تاج پوشش هر درخت قطع شده، قطعه نمونه ۴۰۰ سانتی متر مربعی برداشت شده و وزن لاشریزه موجود در آنها تعیین گردید. همچنین نمونه برگ، لاشریزه، ریشه و اندام چوبی به آزمایشگاه منتقل و درصد کربن آلی هر کدام از آنها اندازه گیری شد. جهت اندازه گیری تعدادی از پارامتر های خاک و همچنین مقدار کربن ذخیره شده در خاک نیز نیمرخ هایی در دو عمق ۰-۲۵ و ۲۵-۵۰ سانتی متر حفر و پس از نمونه برداری و انتقال به آزمایشگاه، آزمایش های مربوطه انجام گرفت. به طور کلی گونه سرو نقره ای در این منطقه تن در هکتار کربن ذخیره کرده است. بیشترین میزان ذخیره کربن در اندام چوبی می باشد که اختلاف معنی داری با سایر اندام ها و قسمت های مختلف توده نشان می دهد. نتایج این تحقیق بیانگر آن است که در کشور ایران می توان با جنگلکاری به خصوص در اطراف مراکز صنعتی علاوه بر ایجاد فضای سبز مناسب و تولید چوب، با ذخیره میزان قابل توجهی از کربن اتمسفر، در امر کاهش اثر گلخانه ای و جلوگیری از افزایش دمای کره زمین اقدام نموده و بدین طریق از تخصیص های اعتبار مربوطه از سوی مراجع جهانی نیز برخوردار گردیم.

کلمات کلیدی: ذخیره کربن، سرو نقره ای، جنگلکاری، کارخانه ذوب آهن اصفهان

مقدمه

ایران اگرچه در زمره کشورهای صنعتی جهان محسوب نمی شود، به واسطه تولید نفت و فرآورده های نفتی که قسمت عمده صادرات و درآمد ناخالص ملی را شامل می شود، به طور غیر مستقیم سهم عمده ای در تولید مواد آلاینده از جمله دی اکسید کربن در سطح جهانی دارد (ورامش و همکاران، ۱۳۸۷). دی اکسید کربن عمده ترین جزء گازهای گلخانه ای است (Lal, 2004) که در سالهای اخیر افزایش یافته و آثار بسیار زیانباری بر محیط زیست و حیات انسان در پی داشته است (Kerr, 2007; UNDP, 2000). این آثار، توسعه پایدار بسیاری از کشورها را به خطر انداخته و منجر به افزایش شدید مطالعات در سطح جهانی شده است (Stern, 2007).

بخش زیادی از کربن در اقیانوس ها محبوس شده و به صورت ذخیره شده نگهداری می شود، اما تحقیقات نشان می دهند که مخزن اقیانوس ها آن قدر بزرگ نیستند که بتوانند کل کربن اضافی را در خود ذخیره کنند، از این رو باقی مانده کربن مازاد باید در خشکی ذخیره شود. پالایش کربن با روشهای مصنوعی مثل فیلتراسیون نیز هزینه های سنگینی دارد. جنگلها از مهم ترین اکوسیستم های خشکی هستند و نقش مهمی در جریان انرژی، ماده و تبدیل این دو بین زمین و اتمسفر بازی می کنند (Sun et al., 2004). مهمترین تأثیر جنگل ها بر آب و هوا، جذب دی اکسید کربن جو از برگ ها طی فرایند فتوسنتز و استفاده از کربن آن برای ساخت زیتوده، شامل برگ، ریشه، ساقه و میوه است (مقدم، ۱۳۸۰) از این رو افزایش سرانه جنگل از راه جنگلکاری با گونه های مختلف درختی و درختچه ای که امروزه در دستور کار بسیاری از کشورهای جهان قرار گرفته است، علاوه بر ایجاد فضای سبز با کارکردهای متنوعش سبب ذخیره کربن و کنترل دمای کره زمین می شود. از سوی دیگر دلیل اهمیت مطالعه زیتوده در اکوسیستم های جنگلی این است که مقدار زیتوده هم بیانگر توان تولید در واحد سطح یا زمان (مقدار ذخایر کربن موجود در جنگل) است و هم بر چرخه های بیوژئوشیمیایی در جنگل تأثیر می گذارد (Husch et al., 2003).

کارخانه ذوب آهن اصفهان به برکت رودخانه زاینده رود و زمین های مسطح این حوزه آبریز، طی دو دهه اخیر با توجه به استقرار سیستم مدیریت زیست محیط ISO 14000 و خط مشی تعریف شده آن شرکت در خصوص حفاظت و بهسازی محیط زیست، با هدف جبران و کاهش اثرات آلاینده های زیست محیطی ناشی از فعالیت های آن سایت صنعتی، اقدام به توسعه چشمگیر فضای سبز نموده است. به نحوی که درحال حاضر، این کارخانه در کمربند عظیمی از فضای سبز قرار گرفته، که از نقش قابل توجهی در جذب و جلوگیری از انتشار ذرات گرد غبار و ته نشینی آنها به عنوان یک فیلتر طبیعی برخوردار است. بر مبنای آمار و اطلاعات ارائه شده توسط آن شرکت، مساحت فضای سبز کنونی، حدود ۱۶ هزار هکتار است. از این میزان، حدود ۲ هزار هکتار شامل انواع سوزنی برگان از جمله کاج تهران و سرو نقره ای و به میزان کمتر، انواع پهن برگان از جمله اقاویا، لیلیکی، زبان گنجشک، توت و... است که مورد مراقبت و آبیاری منظم و مداوم به روش غرقابی قرار دارد. بیشترین گسترش و جایگیری این

مجموعه از فضای سبز، دربخش اصلی سایت صنعتی و اضلاع جنوبی، شرقی و شمال شرقی کارخانه است. نزدیک به ۱۳ هزار هکتار دیگر از مساحت فضای سبز شرکت به کاشت جنگلهای بادام کوهی اختصاص یافته که شامل اراضی شمالی و غربی شرکت است. این مجموعه جنگلکاری ها بدون نیاز به هرگونه مراقبت و آبیاری، به صورت کاملا پایدار در شرایط منطقه استقرار یافته اند. درحال حاضر، بخشی از آب مورد نیاز جهت آبیاری حدود 2 هزار هکتار فضای سبز مجموعه مذکور، از محل پساب غیرسمی کارخانه که فاقد آلاینده های زیست محیطی است، استفاده می شود و بخشی نیز از طریق چاه های پراکنده در سطح شرکت که با هدف کنترل سطح آبها و حفاظت از تأسیسات زیرزمینی کارخانه حفر شده اند، تأمین می گردد.

سرو سیمین یا نقره ای از مقاوم ترین گونه های سوزنی برگ جهان است که دامنه وسیعی از شرایط اکولوژیکی رویشگاهها را تحمل می کند. درختی زیبا با تاجی آبی- نقره ای رنگ و خوش منظره بوده، در جوانی رشد سریعی داشته و ۳۰ تا ۴۰ متر ارتفاع بدست آورده، دیر زیستی آن ۴۰۰ سال و یا بیشتر است.

از نظر اقلیمی بی تفاوت، در آب و هوای معتدل گرم و معتدل سرد می روید و به خشکی محیط مقاومت و به یخبندان تحمل و ایستادگی نشان می دهد. در سرمای شدید (۲۵- درجه سانتی گراد) مقاوم است و از نظر تحمل سرما در بین گونه های سرو سرآمد و از همین رو کاربرد وسیعی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان پیدا کرده است (جزیره ای، ۱۳۸۱). این درخت لااقل در اوایل دهه ۲۰ به کشور ما وارد شد، چرا که حجازی و پژوهشگران همکار وی منشا بذوری را که از سال ۱۳۲۸ به بعد مورد استفاده قرار داده اند، محصول درختی ذکر می کنند که از دیر باز در باغ گیاه شناسی دانشکده کرج وجود داشت (جزیره ای، ۱۳۸۱).

مواد و روشها

الف) منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در حاشیه جاده زرین شهر- شهرکرد واقع می باشد و انواع گونه های درختی از جمله کاج الدار، سرو نقره ای، ااقایا، ارغوان و ... در این منطقه جنگلکاری شده است. مطالعه حاضر در سه قطعه از قطعات جنگلکاری شده با گونه سرو نقره ای انجام گرفت. قطعه اول در محدوده ۲۴° ۵۱' طول جغرافیایی شرقی و ۲۵° ۳۲' عرض جغرافیایی شمالی، قطعه دوم در محدوده ۲۴° ۵۱' طول جغرافیایی شرقی و ۲۴° ۳۲' عرض جغرافیایی شمالی و قطعه سوم در محدوده ۲۴° ۵۱' طول جغرافیایی شرقی و ۲۴° ۳۲' عرض جغرافیایی شمالی قرار دارد. این منطقه بین سالهای ۱۳۷۵ تا ۱۳۷۶ (زمستان ۷۵ تا بهار ۷۶) به جنگلکاری گونه کاج الدار با هدف ایجاد فضای سبز در اطراف کارخانه ذوب آهن اصفهان و همچنین کاهش آلودگی های صنعتی آن منطقه اختصاص یافته است.

جدول (۱) جریبات قطعات انتخابی در منطقه مورد مطالعه

آب چاه	منطقه	فاز	قطعه	ارتفاع از سطح دریا	مساحت قطعه (ha)	کاشت
مرکزی	۲	۲	۸	۱۷۳۴	۹	زمستان ۷۵ تا بهار ۷۶
مرکزی- قلعه قاسم	۲	۲	۳۷	۱۷۳۶	۸	زمستان ۷۵ تا بهار ۷۶



قلعه قاسم	۲	۲	۵۰	۱۷۳۱	۷	زمستان ۷۵ تا بهار ۷۶
-----------	---	---	----	------	---	----------------------

ب) روش نمونه برداری

منطقه مورد مطالعه به صورت قطعه بندی با انواع مختلف گونه های کشت شده می باشد. پس از تعیین دقیق مشخصات جغرافیایی و توپوگرافی قطعات ۱۷ تا ۱۸ ساله سرو نقره ای، به صورت تصادفی یک قطعه در هر نوع آبیاری با آب چاه انتخاب و در هر یک ترانسکتی با طول ۱۰۰ متر پیاده شد. در ترانسکت های مذکور ارتفاع، قطر برابر سینه و مساحت تاج درختان اندازه گیری شد.

جهت تعیین وضعیت توده های کاشته شده در قطعات نمونه انتخابی، در هر ترانسکت قطر برابر سینه تا دقت سانتی متر اندازه گیری شد و کلیه آمار جمع آوری شده با استفاده از نرم افزار Excel مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و رسم منحنی تعداد در طبقات قطری و ارتفاع انجام گرفت. با توجه به پراکنش تعداد در کلاسه های قطری درختان موجود، تعداد یک اصله از هر کلاسه قطری به صورت تصادفی از بین درختان موجود انتخاب و با رنگ نشانه گذاری گردید و پس از قطع اندام های مختلف با دقت گرم توزین شدند.

به منظور برآورد میانگین وزن لاشریزه، به صورت تصادفی در زیر تاج پوشش هر درخت قطع شده، قطعه نمونه ۴۰۰ سانتی متر مربعی برداشت شده و وزن لاشریزه موجود در آنها تعیین گردید. نمونه های خاک از دو عمق ۰ تا ۲۵ و ۲۵ تا ۵۰ سانتیمتری و پس از کنار زدن لایه لاشبریگی به صورت ترکیبی برداشت شد. نمونه ها در داخل کیسه های پلاستیکی قرار داده شده و به آزمایشگاه منتقل شد (ورامش و همکاران، ۱۳۸۸ و Hernandez, R *et al*, 2004 و Mac Dicken, K.G, 1997). در کل تعداد ۵ پروفیل خاک در قطعات مورد نظر اجرا شد که تعداد ۳ عدد آن ها در قطعه اول، تعداد ۱ عدد از پروفیل ها در قطعه دوم و تعداد ۱ عدد در قطعه سوم بود. همچنین از هر کلاسه قطری یک نمونه انتخاب و تا عمق یک متری کلیه ریشه های با قطر بیش از ۱ میلیمتر جمع آوری و توزین شدند.

ج) بررسی آزمایشگاهی

از اندام های مختلف درختان (شاخه، تنه، ریشه و لاشبرگ) نمونه برداری و به آزمایشگاه منتقل شده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد خشک شد و سپس درصد کربن آلی به روش احتراق در کوره الکتریکی تعیین شد. چگالی نمونه ها نیز با استفاده از روش دانسیته وزن خشک محاسبه شد. نمونه های خاک در هوای آزاد خشک و بعد از خرد نمودن کلوخه ها و جدا کردن ریشه ها، سنگ و سایر ناخالصی ها، آسیاب و از الک ۲ میلیمتری (مش ۲۰) عبور داده شد. بافت خاک با استفاده از روش هیدرو متری بایکاس که بر مبنای تئوری تغییرات وزن مخصوص (وزن در واحد حجم) مخلوط خاک و آب طی رسوب گذاری پایه گذاری شده است، تعیین گردید (۷). اسیدیته خاک به روش پتانسیومتری از طریق دستگاه pH متر الکترونیکی، هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع و با استفاده از دستگاه EC متر الکترونیکی و تعیین ازت کل خاک با دستگاه کجلدال انجام شد. ماده آلی و کربن آلی



با استفاده از روش سرد و بر مبنای اکسیداسیون کربن آلی به کمک بیکربنات پتاسیم ($K_2Cr_2O_7$) در محیط کاملاً اسیدی (H_2SO_4) اندازه گیری شد. درصد نیتروژن با استفاده از روش کجدال (۸)، غلظت فسفر قابل جذب خاک با استفاده از روش اولسون اندازه گیری شد. برای اندازه گیری کلسیم و منیزیم از روش تیتراسیون و پتاسیم و سدیم خاک نیز به روش فیلم فتومتری مورد محاسبه قرار گرفت. در آخر درصد رطوبت اشباع خاک نیز اندازه گیری شد.

د) محاسبات

برای آنالیز خصوصیات کمی اندازه گیری شده از درختان مانند قطر برابر سینه، ارتفاع، حجم و سطح تاج، ابتدا نرمال بودن داده ها با آزمون کولموگروف - اسمیرنوف یک نمونه ای مورد بررسی قرار گرفت. نمودارها نیز با نرم افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

الف) اندازه گیری مشخصه های کمی توده سرو نقره ای

پس از اجرای ترانسکت به طول ۱۰۰ متر در هر یک از توده ها، مشخصه های کمی از جمله قطر برابر سینه، ارتفاع، و قطر تاج در آنها مورد اندازه گیری قرار گرفت. سپس با استفاده از این داده ها مشخصه های کمی دیگر توده از جمله تاج پوشش در هکتار، حجم در هکتار و سطح مقطع در هکتار هر توده سرو نقره ای در منطقه محاسبه گردید که نتایج آن به شرح زیر می باشد:

جدول (۲) مشخصه های کمی اندازه گیری شده در هر ترانسکت در توده های سرو نقره ای

ترانسکت	تاج پوشش در هکتار	حجم در هکتار	سطح مقطع در هکتار
۱	۶۴۱۲	۱۰.۶۶	۵.۷۹
۲	۶۷۲۰	۱۸.۱۷	۸.۳۳
۳	۵۹۵۰	۱۴.۷۵	۷.۳۰

ب) اندازه گیری تعدادی از پارامترهای خاکشناسی

در جدول ذیل تعدادی از مهمترین پارامترهای مورد اندازه گیری در دو عمق مختلف خاک ذکر شده اند.

پروفیل	آب چاه	عمق (cm)	N (Meq L ⁻¹)	P (Mg kg ⁻¹)	Ca+Mg (Meq L ⁻¹)	Na (Meq L ⁻¹)	K (Meq L ⁻¹)	PH	EC (μs)	Sp %	OC %
--------	--------	----------	--------------------------	--------------------------	------------------------------	---------------------------	--------------------------	----	---------	------	------



۱	مرکزی	۰-۲۵	.۲۴۸	۱۸.۸۱	۱۰	۴۴۴.۴۴	۳۰	۸.۳	۱۳۷۹	۳۷.۲۲	۱.۶۸
	مرکزی	۲۵-۵۰	.۲۲۳	۳.۸۶	۸	۱۲۹.۴۱	۲۹.۰۹	۷.۹۸	۹۷۷	۳۶.۹۵	۱.۵۱
۲	مرکزی	۰-۲۵	.۲۴۷	۴.۲۷	۶	۱۲۶.۴۷	۱۵.۹۰	۸.۰۱	۹۵۵	۳۷.۳۸	۱.۸۵
	مرکزی	۲۵-۵۰	.۱۴۷	۴.۴۷	۶	۱۲۹.۴۱	۲۹.۰۹	۸.۰۷	۹۳۵	۴۴.۸۲	.۹۹
۳	مرکزی	۰-۲۵	.۱۹۷	۱۷.۸۶	۶	۱۵۵.۸۸	۳۲.۸۵	۸.۱۲	۱۱۱۶	۲۴.۱۷	۱.۳۳
	مرکزی	۲۵-۵۰	.۱۹۸	۶.۸۱	۶	۱۲۶.۴۷	۴۷.۶۱	۸.۱۲	۹۶۷	۴۴.۶۵	۱.۳۳
۴	مرکزی-قلعه قاسم	۰-۲۵	.۱۲۲	۱.۶۲	۴	۸۶.۳۶	۵۹.۵۲	۸.۰۴	۷۶۶	۳۴.۲۸	.۸۲
	مرکزی-قلعه قاسم	۲۵-۵۰	.۱۴۹	۱۰.۶۷	۶	۹۵.۴۵	۴۷.۶۱	۷.۴۵	۸۰۶	۳۳.۳۳	.۹۹
۵	قلعه قاسم	۰-۲۵	.۱۲۵	۵.۲۸	۲۰	۱۴.۱۶	۵۹.۵۰	۷.۷۵	۳۱۴۰	۲۷.۳۹	.۸۲
	قلعه قاسم	۲۵-۵۰	.۱۲۴	۱.۲۲	۸	۳۸۸.۸۸	۴۷.۶۰	۷.۸۷	۱۷۳۴	۳۹.۳۱	.۸۲

جدول (۳) نتایج اندازه گیری پارامترهای خاک بعد از شروع آزمایش

ج) اندازه گیری ترسیب کربن

۱) ترسیب کربن بیوماس

- ذخیره کربن اندامهای مختلف درخت سرو نقره ای

نمونه‌های برگ، اندام چوبی و ریشه برداشت شده از منطقه، در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ الی ۴۸ ساعت خشک شدند و سپس وزن خشک آنها با استفاده از ترازو تعیین گردید. جهت تعیین کربن آلی نمونه‌ها از روش احتراق در کوره استفاده شد (McDicken, ۱۹۹۷). بر این اساس ابتدا نمونه‌ها آسیاب شده، سپس از هر کدام یک نمونه یک گرمی جدا گردید. این نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد در کوره الکتریکی قرار گرفت. خاکستر نمونه‌ها پس از خارج شدن از کوره الکتریکی توزین شد. اختلاف وزن اولیه و وزن خاکستر، مقدار ماده آلی نمونه را نشان می‌دهد. با در دست داشتن ماده آلی و بر اساس رابطه ۱-۳ (Birdsey و همکاران، ۲۰۰۰) مقدار کربن آلی در هر یک از نمونه‌ها به صورت جداگانه محاسبه شد.

$$OC = \frac{1}{2} OM \quad (1)$$

که در آن، OC: کربن آلی (%). و OM: ماده آلی (%). است.

بر اساس این رابطه نیمی از ماده آلی گیاهان را کربن آلی تشکیل می‌دهد.

نتایج در جدول ذیل به شرح زیر می باشد:

جدول (۴) ذخیره کربن اندام های مختلف گونه سرو نقره‌ای در منطقه

ذخیره کربن کل در هکتار (Kg)	ذخیره کربن کل	ذخیره کربن برگ	ذخیره کربن تاج یک درخت در هکتار (Kg)	ذخیره کربن ریشه در هکتار (Kg)	ذخیره کربن ریشه یک درخت (Kg)	ذخیره کربن اندام چوبی در هکتار (Kg)	ذخیره کربن اندام چوبی یک درخت (Kg)	تعداد	طبقه قطری
۱۱۸۷.۷۳	۱۴.۳۱	۴۴۹.۴۳	۵.۴۱	۱۸۰.۳۲	۲.۱۷	۵۵۸.۸۴	۶.۷۳	۸۳	۴.۵۰-۶.۵۰
۴۳۰۰.۶۶	۱۵.۴۷	۱۶۸۴.۶۸	۶.۰۶	۵۸۹.۳۶	۲.۱۲	۲۰۲۶.۶۲	۷.۲۹	۲۷۸	۶.۵۰-۸.۵۰
۱۷۸۷.۴	۱۷.۸۷	۸۶۹.۰۵	۸.۶۹	۱۷.۴۲	.۱۷۴	۹۰۱.۸۹	۹.۰۱	۱۰۰	۸.۵۰-۱۰.۵۰
۴۶۹.۲	۲۷.۶	۱۸۱.۷۶	۱۰.۶۹	۴۷.۸۷	۲.۸۱	۲۳۹.۸۴	۱۴.۱۰	۱۷	۱۰.۵۰-۱۲.۵۰
۴۲۴.۳۲	۳۵.۳۶	۱۶۶.۱۷	۱۳.۸۴	۴۵.۵۹	۳.۷۹	۲۱۲.۸۶	۱۷.۷۳	۱۲	۱۲.۵۰-۱۴.۵۰
۸۱۶۹.۳۱	۱۱۰.۶۱	۳۳۵۱.۰۹	۴۴.۶۹	۸۸۰.۵۶	۱۱.۰۶	۳۹۴۰.۰۵	۵۴.۸۶	۴۹۰	کل

نتایج نشان داد که به طور متوسط، میزان ذخیره کربن در هر کدام از اندام‌های، اندام چوبی، ریشه و برگ تاج سرو نقره‌ای در منطقه به ترتیب برابر ۳.۹۴، ۰/۸۸، ۳.۳۵ تن در هکتار است. در مجموع اندام چوبی این درخت (مجموع شاخه و تنه) با درصد بیشترین و ریشه کمترین سهم را در این زمینه به خود اختصاص داده است (شکل ۱)

در کل میزان ذخیره کربن گونه سرو نقره‌ای در منطقه برابر ۸.۱۶۹ تن در هکتار اندازه‌گیری شد. با توجه به مساحت جنگلکاری با گونه سرو نقره‌ای در منطقه (۸۰ هکتار)، میزان ذخیره کربن توسط گونه سرو نقره‌ای برای کل این منطقه حدود ۶۵۳.۵۲ تن بدست آمد.



شکل (۱) سهم هر کدام از اندام‌های درخت سرو نقره‌ای در ذخیره کربن (%)

نتایج بدست آمده با نتایج فروزه و همکاران (۱۳۸۷)، عبدی و همکاران (۱۳۸۷)، مهدوی و همکاران (۱۳۸۸)، رنجبری کریمیان (۱۳۸۹)، شیدایی (۱۳۹۰)، Swame و همکاران (۲۰۰۳) و Paul و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد. بررسی این محققان نشان می‌دهد که اندام‌هایی که دارای بافت چوبی‌اند، از توانایی بیشتری در ترسیب کربن برخوردار بوده و هر چه نسبت اندام‌های چوبی



در گیاه بیشتر باشد، توان آن در ترسیب کربن افزایش می‌یابد. مطالعه Houghton و همکاران (۱۹۹۹)، نیز نشان داد که بیش از ۵۰ درصد کربن در یک گیاه در بافت‌های چوبی آن نظیر ساقه وجود دارد.

۲) ترسیب کربن لاشبرگ

به منظور برآورد میانگین وزن لاشریزه، به صورت تصادفی در زیر تاج پوشش هر درخت قطع شده، قطعه نمونه ۴۰۰ سانتی متر مربعی برداشت شده و وزن لاشریزه موجود در آنها تعیین گردید و سپس به آزمایشگاه منتقل شد. جهت تعیین ترسیب کربن لاشبرگ نمونه‌ها در کوره قرار داده شد و پس از خاکستر شدن کامل مجدداً وزن کشتی شدند. در نتیجه با در دست داشتن وزن خاکستر و وزن اولیه میزان کربن ترسیب شده لاشبرگ زیر تاج هر درخت محاسبه شد. سپس با در دست داشتن سطح تاج پوشش در هکتار گونه سرو نقره ای در منطقه، میزان کربن ترسیب شده در هکتار لاشبرگ این گونه در منطقه در جدولی به شرح زیر می‌باشد:

جدول (۵) ترسیب کربن در هکتار لاشبرگ گونه سرو نقره ای در منطقه

طبقه	تعداد در هکتار	میانگین مساحت تاج در ترانسکت (m ²)	مساحت تاج در هکتار (m ²)	کربن آلی زیر تاج (kg)	ترسیب کربن در هکتار (kg)
۱	۸۳	۴/۵۲	۳۷۵.۱۶	۳.۱۹۹	۲۶۵.۵۱
۲	۲۷۸	۳/۹۷	۱۱۰۳.۶۶	۴.۱۳۶	۱۱۴۹.۸۰
۳	۱۰۰	۲/۸۳	۲۸۳	۴.۷۵۷	۴۷۵.۷
۴	۱۷	۵/۱۰	۸۶.۷	۶.۸۷۹	۱۱۶.۹۴
۵	۱۲	۶/۶۰	۷۹.۲	۵.۰۸۵	۶۱.۰۲
کل	۴۹۰	۲۳.۰۲	۱۹۲۷.۷۲	۲۴.۰۵	۲۰۶۸.۹۷

نتایج نشان داد که به طور متوسط، میزان ذخیره کربن در هکتار لاشبرگ گونه سرو نقره ای در منطقه ۲/۰۶۸ تن در هکتار می‌باشد. با توجه به مساحت جنگلکاری با گونه سرو نقره ای در منطقه (۸۰ هکتار)، میزان ذخیره کربن لاشبرگ توسط گونه سرو نقره ای برای کل این منطقه حدود ۱۶۵/۴۴ تن بدست آمد.

۳) ترسیب کربن خاک

پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه و انجام آزمایشات مربوطه، مقدار ترسیب کربن خاک بر حسب کیلوگرم بر هکتار بر اساس فرمول زیر محاسبه و در جدول ارائه شده است:

$$CS=10000*OC(\%)*Bd*e \quad (2)$$

CS: کربن آلی خاک (Kg/ha)

OC%: درصد کربن آلی

Bd: وزن مخصوص ظاهری خاک (gr/cm^3)

e: عمق نمونه برداری (cm)

جدول (۶) ترسیب کربن خاک به تفکیک هر عمق (تن در هکتار)

پروفیل	عمق (cm)	ترسیب کربن (تن در هکتار)
۱	۰-۲۵	۷۸.۹۶
	۲۵-۵۰	۷۵.۱۲
۲	۰-۲۵	۸۱.۸۶
	۲۵-۵۰	۴۸.۰۱
۳	۰-۲۵	۶۲.۱۷
	۲۵-۵۰	۶۴.۸۳
۴	۰-۲۵	۳۹.۹۷
	۲۵-۵۰	۴۰.۵۹
۵	۰-۲۵	۳۷.۷۲
	۲۵-۵۰	۴۵.۲۹

۴) ترسیب کربن کل

تودهٔ سرو نقره ای در مدت ۱۷ سال $۸۷۶/۴۱$ تن در هکتار کربن ترسیب کرده است. که از این میزان، هر کدام از اندامهای، اندام چوبی، ریشه و برگ تاج سرو نقره ای در منطقه به ترتیب برابر ۳.۹۴ ، $۰/۸۸$ ، ۳.۳۵ تن در هکتار، لاشبرگ ۱۶۵.۴۴ و خاک به طور متوسط ۵۷.۴۵ تن در هکتار کربن ترسیب کرده بودند.

نتیجه گیری

همان گونه که مشاهده شد ترسیب کربن اندام های مختلف، متفاوت است. با توجه به این که ترسیب کربن یکی از معیارهای پایداری اکوسیستم است، بنابراین با شناخت گونه هایی که توانایی بیشتری برای ترسیب کربن دارند و همچنین بررسی عوامل مدیریتی تأثیر گذار بر فرایند ترسیب کربن، می توان اصلاح و احیای اراضی را از منظر ترسیب کربن دنبال کرد. هرچه توان تولید بیومس هوایی و زیرزمینی در گونه ها، عرصه ها و رویشگاههای مختلف بیشتر باشد، ذخیره کربن در پیکره درختان، لاشبرگ و خاک نیز بیشتر می شود و در صورتی که کارایی و سرعت عوامل منجر به تجزیه و هدررفت کربن از درخت، لاشبرگ و خاک کمتر باشد، بقای کربن ذخیره شده در اکوسیستم بیشتر شده و مقدار ترسیب کربن افزایش خواهد یافت. با توجه به اهمیت تأثیر سیستم های مدیریتی بر ترسیب کربن، محققان در تلاشند تا از ویژگی های حاکم بر جنگلکاری ها و نحوه مدیریت آنها بیشترین استفاده را در افزایش مقدار ترسیب کربن انجام دهند. نتایج این تحقیق نیز نشان داد که گونه سرو نقره ای بی شک از حیث ترسیب کربن و سایر ارزش های شناخته شده جنگلکاری ها حایز اهمیت فراوانی است. بنابراین پیشنهاد می شود که با احداث، محافظت و

مدیریت مناسب جنگلکاری با این گونه گیاهی در اطراف مراکز صنعتی که، دی اکسید کربن بیشتری را منتشر می کنند، گام مثبتی در کاهش تراکم کربن اتمسفری برداشته شود.

تشکر و قدردانی

انجام این تحقیق بدون یاری و مساعدت اساتید محترم گروه جنگلداری دانشگاه یزد جناب آقای دکتر بهمن کیانی و جناب آقای دکتر محمد حسین ایران نژاد پاریزی و جناب آقای مهندس رسول قربعلی سرپرست تحقیقات ایمنی، بهداشت و محیط زیست کارخانه ذوب آهن اصفهان میسر نبود. همچنین بر خود لازم میدانم از همکاری های آقایان مهندس شاهمرادی، مهندس هاشمی و جناب آقای عباسی و دیگر دست اندر کاران فضای سبز سایت ذوب آهن اصفهان که در این تحقیق ما را یاری کردند، تشکر نمایم.

منابع مورد استفاده

۱. جزیره‌ای، م. ۱۳۸۱. جنگلکاری در خشکبوم، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران- تهران
۲. رنجبری کریمیان، ژ. ۱۳۸۹. مقایسه میزان ذخیره کربن در دو جامعه علفزار و بوته‌زار (مطالعه موردی: اخترآباد شهریار). پایان‌نامه کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
۳. شیدایی، ا. ۱۳۹۰. ارزیابی توان ترسیب کربن گونه‌های احيایی *Atriplex* و *Agropyron elongatom (Host)P.Beauv* *lentoformis S.Wats.* (مطالعه موردی: منطقه چیر قویمه گنبد). پایان‌نامه کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۴. عبدی، ن.، مداح عارفی، ح.، زاهدی امیری، ق. ۱۳۸۷. برآورد ظرفیت ترسیب کربن در گو نزارهای استان مرکزی (مطالعه موردی منطقه مالمیر شهرستان شازند). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۵، شماره ۲، ۲۸۲-۲۶۹.
۵. فروزه، م.، حشمتی، غ.، مصباح، ح.، قنبریان، غ. ۱۳۷۸. بررسی تأثیر آبیاری سیلابی بر توان ترسیب کربن سه گونه مرتعی *Helianthemum lippii* (L.) و *Dendrostellera lessertii* Van Tiegh و *Artemisiasieberi* Besser. (مطالعه موردی: گربایگان فسا). مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۷۸، ۱۹-۱۱.
۶. مقدم، م. ۱۳۸۰. اکولوژی توصیفی و آماری پوشش گیاهی، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۵۱۲، تهران، ۲۴۸ ص.
۷. مهدوی، س. خ.، سندگل، ع.، آذرینوند، ح.، بابایی کفاکی، س.، جعفری، م.، مهدوی، ف. ۱۳۸۸. بررسی اثر تراکم آتریپلکس لنتی فورمیس بر میزان ترسیب کربن و مقایسه آن با تراکم کشت آتریپلکس در پروژه بوته‌کاری در مرتع (مطالعه موردی اصفهان). مجله گیاه و زیست‌بوم، شماره هفدهم، بهار ۱۳۸۸.
۸. ورامش، س.، حسینی، س. م.، عبدی، ن. ۱۳۸۷. پتانسیل جنگل شهری در کاهش گازهای گلخانه‌ای و حفظ انرژی. ماهنامه تازه های انرژی. شماره اول ۷۱ تا ۷۲.
۹. ورامش، س.، حسینی، س. م.، عبدی، ن. ۱۳۸۸. مقایسه میزان ترسیب کربن گونه های پهن برگ و سوزنی برگ در جنگل شهری (مطالعه موردی پارک چیتگر تهران). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس ۱۳۲۰ صفحه.



-
10. Birdsey R., Heath I., Williams D., 2000. Estimation of Carbon Budget Model of the United State Forest Sector Advances in Terrestrial Ecosystem Carbon Inventory, Measurements and Monitoring Conference in Raleigh. North Carolina. 5, 51-59.
 11. Hernandez,R., P.,koohafkan, J.,Antoine .2004. Assessing Carbon Stocks and modeling win-win Scenarios of carbon sequestration through land-use change.166 pp.
 12. Houghton .J.T., Jenkins, G.J., Ephraum, J.J., 1999. Climate change the IPCC scientific Assessment. Cambridge University press. Cambridge.
 13. Husch, B., T.W. Beers & J.A. Kershaw, 2003. Forest mensuration. 4th Edition, John Wiley & Sons Inc., 443 pp.
 - 14 .Kerr,R.A. 2007. Global warming is changing the world. Science188–90
 15. Lal,R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change, Geoderma, Vol 123: 1-22.
 16. Mac Dicken,K.G. 1997. A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agro forestry Projects. Winrock International Institute for Agricultural Development, Forest Carbon Monitoring Program. pp 91.
 17. Paul, K. I., Jacobsen, K. Koul, V. Lepper, P. and Smith, J. 2009. Predicting growth and sequestration of carbon by plantations growing in regions of low- rainfall in Southern Australia. J. Forest Ecology and Management. 254, 205-216.
 18. Stern,N. 2007.The economics of climate change: the Stern Review. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
 19. Sun, R., J.M. Chen, Y. Zhou & Y. Liu, 2004. Spatial distribution of net primary productivity and evapotranspiration in Changbaishan natural reserve, China using Landsat ETM+ data. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 30: 731-742.
 20. Swame, S. L., Pri,S.,and Singh, A. K., 2003. Growth biomass, carbon storage and nutrient distribution in Gmelina araborea Roxb. Stand on red lateritic soils in sentral India. *Bioresource Technology*, 90(2), 109-126.
 21. UNDP.2000. Carbon sequestration in the decertified rangelands of Hossein Abad, through community based management, program coordination, pp: 1-7.