

برآورد زیتوده و ذخیره کربن برگ گونه بانه در باغ گیاهشناسی ملی ایران

پریسا پناهی^۱، مهدی پورهاشمی^{۲*} و مریم حسینی نژاد^۳

مریی پژوهش، بخش تحقیقات گیاهشناسی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

پژوهشگر بخش تحقیقات گیاهشناسی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

(تاریخ دریافت: ۸۹/۴/۱۵، تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۰/۶)

چکیده

باغ گیاهشناسی ملی ایران متشکل از کلکسیونهای بومی و غیربومی متعددی است که قطعههای بومی آن شامل گونههای درختی و درختچههای متنوعی از جنگلهای طبیعی ایران است. یکی از گونههای بومی باغ بانه (*Pistacia atlantica*) است که تراکم زیادی در برخی کلکسیونهای بومی باغ دارد. درختان و درختچههای باغهای گیاهشناسی در جذب جو و تلطیف هوا نقش مهمی دارند و در تمام نقاط دنیا از اهداف اصلی احداث باغهای گیاهشناسی به شمار میروند، از اینرو در این پژوهش زیتوده و ذخیره کربن برگ گونه بانه بررسی شد. به این منظور با استفاده از روش نمونهبرداری طبقه‌ای تصادفی، ۳۰ اصله درخت بانه گزینش شده و فاکتورهای کمی مورد نظر در آنها اندازه‌گیری شد. سپس برگهای یک قطاع ۴۵ درجه از سطح تاج جمع‌آوری، توزین (وزن تر) و پس از خشک کردن در داخل آون، دوباره وزن (وزن خشک) شد. پس از سوزاندن مقدار کافی از برگهای خشک‌شده در کوره الکتریکی و توزین خاکستر، وزن مواد آلی برگ و مقدار کربن برگها به دست آمد. همچنین مقدار دی‌اکسید کربن جذب‌شده از جو توسط برگها و همچنین روابط آلومتریکی محاسبه شد. بر اساس نتایج حاصل، متوسط زیتوده برگ، متوسط ذخیره کربن برگ و متوسط مقدار جذب دی‌اکسید کربن از جو در هکتار به ترتیب، ۶۹/۴، ۲۶/۲ و ۹۶/۳ کیلوگرم به دست آمد و از این نظر اختلاف بین طبقه‌های قطری مختلف درختان نمونه معنی‌دار نبود. در بررسی روابط آلومتریکی نیز پس از تعیین روابط رگرسیونی مناسب مشخص شد که فاکتور قطر متوسط تاج، تأثیرگذارترین متغیر بر زیتوده برگ و ذخیره کربن برگ است.

واژه‌های کلیدی: باغ گیاهشناسی ملی ایران، بانه، آلومتری، زیتوده برگ، ذخیره کربن برگ.

مقدمه و هدف

تغییر اقلیم و افزایش گرمای کره زمین به عقیده بسیاری از محققان ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر است (Brooks, 1998). گازهای گلخانه‌ای مثل بخار آب، دی‌اکسید کربن، متان و اکسید ازت پرتو فروسرخ را جذب می‌کنند و سبب افزایش درجه حرارت زمین می‌شوند. علت حدود نیمی از گرم شدن گلخانه‌ای زمین، دی‌اکسید کربن است (Petit et al., 1999; Scott, 2000). از هنگام شروع انقلاب صنعتی در قرن نوزدهم غلظت دی‌اکسید کربن در اتمسفر از ۲۸۰ به ۳۶۵ قسمت در میلیون رسیده که سبب افزایش دمای متوسط سالانه زمین از ۱ تا ۴/۵ درجه سانتی‌گراد شده است (Houghton et al., 1992). بخش زیادی از کربن در اقیانوس‌ها محبوس شده و به‌صورت ذخیره شده نگهداری می‌شود، اما تحقیقات نشان می‌دهند که مخزن اقیانوس‌ها آن قدر بزرگ نیستند که بتوانند کل کربن اضافی را در خود ذخیره کنند، از این‌رو باقی‌مانده کربن مازاد باید در خشکی ذخیره شود. پالایش کربن با روش‌های مصنوعی مثل فیلتراسیون نیز هزینه‌های سنگینی دارد. جنگل‌ها از مهم‌ترین اکوسیستم‌های خشکی هستند و نقش مهمی در جریان انرژی، ماده و تبدیل این دو بین زمین و اتمسفر بازی می‌کنند (Sun et al., 2004). مهم‌ترین تأثیر جنگل‌ها بر آب و هوا، جذب دی‌اکسید کربن جو از برگ‌ها طی فرایند فتوسنتز و استفاده از کربن آن برای ساخت زیتوده، شامل برگ، ریشه، ساقه و میوه است (مقدم، ۱۳۸۰). از این‌رو افزایش سرانه جنگل از راه جنگلکاری با گونه‌های مختلف درختی و درختچه‌ای که امروزه در دستور کار بسیاری از کشورهای جهان قرار گرفته است، علاوه بر ایجاد فضای سبز با کارکردهای متنوع سبب ذخیره کربن و کنترل دمای کره زمین می‌شود. از سوی دیگر دلیل اهمیت مطالعه زیتوده در اکوسیستم‌های 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 چرخه‌های بیوژئوشیمیایی در جنگل تأثیر می‌گذارد (Husch et al., 2003). تغییر تراکم زیتوده با توالی طبیعی، فعالیت‌های جنگل‌شناسی، برداشت و تخریب و نیز آثار طبیعی شدید ناشی از آتش‌سوزی‌ها و

تغییرات اقلیمی کاملاً مرتبط است، بنابراین تراکم زیتوده به‌عنوان ابزاری مفید در ارزیابی و پایش تغییر در ساختار جنگل، اهمیت فراوان دارد (Schreuder et al., 1997). هر چند سهم زیتوده برگ در مقایسه با دیگر اندام‌های درخت کمتر است (بردبار، ۱۳۸۳؛ INDUFOR, 2002)، در بین اندام‌های مختلف درختان، به‌دلیل اینکه برگ محل انجام فتوسنتز (جذب دی‌اکسید کربن موجود در جو) و تولید ماده آلی و همچنین برگشت سالانه عناصر به جریان چرخه زیستی مواد بین بخش زنده و غیرزنده اکوسیستم است، اولویت زیادی دارد (Taiz, 1998; Geng et al., 2000). اندازه‌گیری مستقیم زیتوده و به‌دنبال آن ذخیره کربن اندام‌های مختلف هوایی و زیرزمینی در درختان، فرایندی بسیار مشکل و هزینه‌بردار است و به قطع درخت و توزین (نمونه‌برداری تخریبی^۱) نیاز دارد. در مورد زیتوده برگ نیز، جمع‌آوری برگ درختان یا به‌طور مستقیم از تاج درخت، یا با استفاده از تله‌های برگ و توزین آنها ضروری است (عدل، ۱۳۸۶). از این‌رو انتخاب روشی مناسب برای برآورد زیتوده و مقدار ذخیره کربن اندام‌های مختلف، بدون آنکه قطع تمام درخت نیاز باشد، همواره مدنظر مدیران جنگل بوده است و در حال حاضر این کار با استفاده از معادلات رگرسیونی به‌دست‌آمده از آلومتری گونه‌های مختلف، ممکن شده است. آلومتری (در جنگل) عبارت است از بررسی روابط بین فاکتورهای کمی درخت مانند قطر برابر سینه، قطر در محل شروع تاج و ارتفاع درخت با شاخص‌های اکولوژیک مانند مقدار زیتوده و ذخیره کربن اندام‌های مختلف و استفاده از این روابط به‌منظور برآورد زیتوده و ذخیره کربن دیگر درختان همین گونه در منطقه مورد بررسی و نیز برآورد زیتوده و ذخیره کربن در سال‌های آتی، بدون نیاز به نمونه‌برداری تخریبی مجدد (Niklas, 1994; Ter-Mikaelian & Korzukhin, 1997; Zianis & Mencuccini, 2004; Chave et al., 2005). با توجه به موارد یاد شده در این پژوهش، برای اولین بار در باغ گیاه‌شناسی ملی ایران سعی شد مقدار زیتوده برگ گونه بنه به‌عنوان یکی از گونه‌های شاخص درختی موجود در باغ، مقدار کربن ذخیره‌شده در برگ این گونه و روابط آلومتری آن بررسی شود.

اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis*) و آکاسیا (*Acacia salicina*) در استان فارس نشان می‌دهد که گونه اکالیپتوس در رویشگاه به‌نسبت حاصلخیز و رویشگاه ضعیف، به‌ترتیب، ۳/۶۲ و ۲/۲۷ تن در هکتار در سال و گونه آکاسیا در رویشگاه ضعیف، ۱/۵ تن در هکتار در سال کربن ذخیره کرده است. بیشترین مقدار ذخیره کربن در تنه است که اختلاف معنی‌داری با اندام‌های دیگر دارد. عدل (۱۳۸۶) در پژوهشی بر روی دو گونه بنه و بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) در جنگل‌های یاسوج، مقدار متوسط زیتوده برگ این دو گونه را به‌ترتیب ۵۷/۲ و ۱۳۱۷/۳ کیلوگرم در هکتار محاسبه کرده است. دلیل تفاوت فاحش زیتوده برگ دو گونه یادشده، تراکم بیشتر پایه‌های بلوط نسبت به بنه در منطقه تحقیقاتی بوده است (به‌ترتیب ۹۰ و ۵ پایه در هکتار). در نتیجه پژوهش‌های خودم و همکاران (۱۳۸۸) بر روی درختان شاخه‌زاد اوری (*Q. macranthera*) در جنگل اندبیل خلخال نیز زیتوده اندام‌های مختلف این گونه در طول دوره رشد (۱۴ سال) به‌طور متوسط ۲۳/۴ تن در هکتار محاسبه شد که از این مقدار ۶۵/۲ درصد در اندام‌های هوایی، ۲۹/۲ درصد در اندام‌های زیرزمینی و ۵/۶ درصد مربوط به لاشریزه بوده است. همچنین متوسط وزن خشک برگ این گونه ۱۸۶۴ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. باده‌بان و همکاران (۱۳۸۸) نیز در جنگل خیرودکنار نوشهر به این نتیجه رسیدند که مقدار کربن هر دو بخش آلی و معدنی خاک در توده خالص راش (۳۴۱/۲۰ تن در هکتار) بیشتر از مقدار کربن خاک توده آمیخته راش (۲۹۵/۹۱ تن در هکتار) است.

در منابع خارجی تحقیقات متعددی در این زمینه صورت گرفته که به برخی از مهم‌ترین آنها اشاره می‌گردد. نتایج تحقیقی به‌منظور ارائه مدلی غیرمخرب برای برآورد زیتوده برگ سه گونه درختی هرس‌شده موجود در یک سیستم اگروفارستری نشان داد که روابط معنی‌داری بین سطح مقطع شاخه و زیتوده برگ گونه‌های مورد نظر وجود دارد که در بیشتر موارد این رابطه خطی بود (Nygren et al., 1993). در پژوهشی دیگر، زیتوده برگ و سطح برگ و همچنین ارتباط آنها با قطر برابر سینه و شاخص‌های کمی تاج در درختان پهن‌برگ شهری بررسی شده و چنین نتیجه‌گیری شد که

یکی از اهداف احداث باغ‌های گیاه‌شناسی در نقاط مختلف دنیا، نقش و تأثیر آنها در جذب گاز کربنیک، ذخیره کربن و تلطیف هواست، از این رو همواره سعی می‌شود باغ‌های گیاه‌شناسی تا حد امکان در مجاورت کلان‌شهرها احداث شود تا تأثیر مثبت آنها بر زندگی مردم ملموس باشد. باغ گیاه‌شناسی ملی ایران نیز از این قاعده کلی مستثنا نبوده و در زمینی به مساحت ۱۴۳ هکتار در ۵ کیلومتری کلان‌شهر تهران، در موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور احداث شده است. عملیات اجرایی ساخت این باغ عظیم از سال ۱۳۴۷ آغاز شده که از آن زمان تاکنون به تدریج قطعات مختلف آن ساخته و تکمیل شده است. از دیگر اهداف مهم تأسیس این باغ می‌توان به حفاظت از گونه‌های گیاهی بومی و غیربومی، انجام تحقیقات و پژوهش‌های مختلف بر روی گیاهان و درختان، آموزش افراد مختلف مانند دانشجویان و دانش‌آموزان، آموزش عمومی و آشنا ساختن مردم با اهمیت گیاهان و لزوم حفاظت از آنها، حفاظت از ذخایر ژنتیکی و گونه‌های در معرض انقراض و پژوهش در مورد تکثیر و پرورش گونه‌های باارزش اشاره کرد. باغ گیاه‌شناسی ملی ایران، متشکل از کلکسیون‌ها و رویشگاه‌های متعددی است که هر کدام نشان‌دهنده منطقه فیتوجغرافیایی خاصی از کشور یا دیگر مناطق جهان است. از بدو تأسیس باغ به تدریج گونه‌های مختلف درختی، درختچه‌ای و علفی از نقاط مختلف کشور و جهان جمع‌آوری و بر اساس برنامه‌ای مدون در رویشگاه‌های مختلف آن کاشته شد، به طوری که امروز سن برخی از درختان باغ، بیش از ۳۰ سال است. در دسته‌بندی کلی، باغ به دو بخش جنگلی و غیرجنگلی تقسیم می‌شود. بخش جنگلی باغ که موضوع این تحقیق است، ۴۰ هکتار وسعت دارد و شامل رویشگاه‌ها و گونه‌های چوبی مختلفی است. دیگر کلکسیون‌ها به پوشش‌های علفی اختصاص یافته‌اند. یکی از گونه‌های درختی مهم رویشگاه‌های جنگلی باغ، گونه بنه است که تراکم زیادی در دو رویشگاه بومی زاگرس و البرز دارد.

در مورد موضوع تحقیق، پژوهش‌های صورت‌گرفته بر روی درختان جنگلی در داخل کشور محدود است که دلیل آن نوپا بودن این نوع پژوهش‌ها و دشواری‌های اندازه‌گیری است. نتایج تحقیق بردبار (۱۳۸۳) در جنگلکاری‌های

منتخب در تمام طبقات پراکنش داشته باشند تا نتایج دقیق تری از شرایط درختان بنه موجود در باغ را نشان دهند. فاکتورهای کمی مورد نظر شامل قطر یقه (DBH)، ارتفاع درخت (H)، طول تاج (CL)، قطر بزرگ تاج (CBD) و قطر کوچک تاج (CSD) بر روی درختان اندازه گیری شد. برای برآورد زیتوده برگ از روش مستقیم چیدن برگ درختان نمونه و توزین آنها استفاده شد. سطح تاج هر درخت به صورت یک دایره مثلثاتی در نظر گرفته شد و برای هر درخت کلیه برگ های یک ربع مثلثاتی (یک قطاع ۹۰ درجه) از روی تاج درخت جمع آوری شد. همچنین برای از بین بردن خطای آماربرداری، جمع آوری برگ ها از یک درخت به درخت دیگر به صورت منظم صورت پذیرفت (عدل، ۱۳۸۶؛ پناهی و همکاران، ۱۳۸۸). برگ های جمع آوری شده با استفاده از ترازوی دیجیتالی توزین شدند (وزن تر) و سپس به آزمایشگاه انتقال یافتند و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه در داخل آون قرار داده شدند (فروزه، ۱۳۸۵؛ عدل، ۱۳۸۶). سپس برگ ها خارج شدند و به مدت ۴۵-۳۰ دقیقه در دسیکاتور قرار گرفتند تا خشک شوند و بار دیگر وزن شدند (وزن خشک). اعداد به دست آمده از یک چهارم سطح تاج تبدیل به کل (ضرب در ۴) شدند. درصد کربن آلی از روش احتراق خشک با جریان هوا در کوره الکتریکی (بردبار، ۱۳۸۳؛ عبدی، ۱۳۸۴؛ فروزه، ۱۳۸۵؛ McDicken, 1997؛ Losi et al., 2003) محاسبه شد. برای محاسبه درصد کربن آلی، از برگ های خشک هر درخت به مقدار کافی جدا و به مدت ۳ ساعت در دمای ۴۵۰ درجه در داخل کوره قرار داده شدند (بردبار، ۱۳۸۳؛ فروزه، ۱۳۸۷). خاکستر نمونه ها پس از خنک شدن در دسیکاتور، توزین شد. در این روش کاهش وزن ناشی از احتراق، مقدار ماده آلی را نشان می دهد که به طور معمول ۵۰ درصد آن به عنوان کربن در نظر گرفته می شود (IPCC, 2003; IPCC, 2006). نتایج حاصل از مقدار ذخیره کربن برگ به کل درخت تعمیم داده شد. همچنین به منظور تعمیم نتایج به دست آمده به سطحی از باغ که درختان بنه در آن پراکنش دارند، از روش درخت متوسط استفاده شد. برای این کار، میانگین داده های حاصل از هر درخت نمونه اندازه های درخت متوسط را معین می کند. سپس با محاسبه تعداد کل درختان گونه مورد نظر

شاخص های کمی تاج نسبت به قطر برابر سینه ارتباط معنی دارتری با زیتوده برگ در گونه های بررسی شده دارند (Nowak, 1996). همچنین از روش های غیرمخرب به منظور برآورد زیتوده برگ درختچه های اشکوب زیرین در یک جنگل سوزنی برگ متشکل از گونه کاج جنگلی (*Pinus sylvestris*) استفاده شد. بر این اساس مقدار زیتوده درختچه ها، ۲/۴ تن در هکتار به دست آمد که معادل یک سوم زیتوده برگ درختان کاج اشکوب فوقانی بود (Nadezhkina et al., 2003). بر اساس نتایج تحقیقی در مورد روابط موجود بین شاخص های کمی درخت شامل قطر برابر سینه، رویه زمینی، ارتفاع تاج سبز، قطر ابتدای تاج، قطر در فواصل یک متری تنه، طول شاخه و سطح مقطع شاخه با زیتوده برگ گونه کاج تدا (*P. taeda*) مشخص شد که همبستگی خوبی بین شاخص های قطر برابر سینه و سطح مقطع شاخه ها با زیتوده برگ وجود دارد (Williams et al., 2004). در تحقیقی درباره ذخیره کربن و زیتوده اندام های مختلف کلن های صنوبر با سوابق کاشت و تراکم های متفاوت در چین نیز مشخص شد که بیشترین مقدار کربن ذخیره شده در برگ متعلق به صنوبر کاری های شش و هشت ساله با تراکم مشابه ۸۳۳ اصله در هکتار است که مقدار آن ۲/۵ تن در هکتار به دست آمد. کمترین مقدار کربن ذخیره شده در برگ نیز، ۱/۳ تن در هکتار و متعلق به صنوبر کاری های چهارساله با تراکم ۵۰۰ اصله در هکتار بود (Fang et al., 2007).

مواد و روش ها

این تحقیق در سال ۱۳۸۸، در باغ گیاه شناسی ملی ایران صورت پذیرفت. برای گزینش درختان از روش نمونه برداری طبقه ای تصادفی استفاده شد. به این منظور ابتدا پس از جنگل گردشی حداکثر قطر برابر سینه پایه های بنه مشخص شد که ۲۲ سانتی متر بود. دامنه قطری درختان بنه (۷/۵-۲۲/۵ سانتی متر) به سه طبقه ۵ سانتی متری تقسیم بندی شد به طوری که عدد میانه طبقه، معرف آن طبقه، باشد (طبقه های قطری ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی متر). سپس به طور کاملاً تصادفی، ۳۰ اصله درخت بنه در سطح باغ گزینش و شماره گذاری شدند به طوری که درختان

فاکتورهای کمی درخت و نیز بین مقدار ذخیره کربن برگ و این فاکتورها، از روش رگرسیون چندمتغیره خطی به کمک شیوه انتخاب گام به گام استفاده شد که طی آن مهم‌ترین متغیرها یک به یک وارد معادله رگرسیون می‌شوند و این عمل تا موقعی ادامه پیدا می‌کند که خطای آزمون معنی‌داری به ۵ درصد برسد (بی‌همتا و زارع‌چاهوکی، ۱۳۸۷). علاوه بر فاکتورهای کمی اندازه‌گیری شده، متوسط قطر تاج (CLM)، لگاریتم فاکتورهای کمی و ترکیب مختلف متغیرها شامل $DBH \times H$ ، $DBH^2 \times H$ ، $CBD \times CSD$ ، $DBH \times CL$ ، $CLM \times H$ و $CLM \times CL$ نیز در محاسبات وارد شد تا بهترین مدل به دست آید. کلیه محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در محیط نرم‌افزارهای Excel و SPSS صورت پذیرفت.

نتایج

با توجه به اینکه داده‌ها نرمال بودند، نیازی به تبدیل آنها نبود. جدول ۱ آماره‌های توصیفی به دست آمده از داده‌های درختان نمونه مربوط به اندازه‌های درخت متوسط را نشان می‌دهد.

در واحد سطح جنگل مورد بررسی و ضرب کردن اندازه‌های درخت متوسط در تعداد کل درختان، هدف مورد نظر به دست می‌آید (عدل، ۱۳۸۶). همچنین پس از اعمال ضریب $3/67$ در مقدار کربن آلی ذخیره شده در برگ‌ها، مقدار جذب دی اکسید کربن از جو مشخص شد (Brooks, 2008; IPCC, 2003; IPCC, 2006; ESA21, 1998). با توجه به شمار داده‌ها ($n > 40$)، فرض نرمال بودن آنها با بهره‌گیری از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف انجام پذیرفت، با این توضیح که در این آزمون، محدودیت حداقل فراوانی در طبقات وجود ندارد (زبیری، ۱۳۸۱). به منظور مقایسه زیتوده برگ و ذخیره کربن برگ درختان مورد بررسی با توجه به اینکه تعداد گروه‌هایی که با یکدیگر مقایسه می‌شد، بیش از دو گروه بود، از تجزیه واریانس یکطرفه Anova، برای مقایسه میانگین‌ها از روش مقایسه‌های چندگانه دانکن که شرط معنی‌دار بودن F جدول تجزیه واریانس ندارد، و برای بررسی فرض همگن بودن واریانس‌ها از آزمون Levene بهره‌گیری شد (بی‌همتا و زارع‌چاهوکی، ۱۳۸۷). برای بررسی روابط آلومتریکی بین زیتوده برگ و

جدول ۱- اندازه‌های کمی درخت متوسط (میانگین \pm انحراف معیار)

| گونه | قطر یقه (سانتی‌متر) | ارتفاع درخت (متر) | طول تاج (متر) | قطر بزرگ تاج (متر) | قطر کوچک تاج (متر) | زیتوده برگ (کیلوگرم) | ذخیره کربن برگ (کیلوگرم) | مقدار جذب CO_2 از جو (کیلوگرم) | ضریب تبدیل |
|------|---------------------|-------------------|-----------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|----------------------------------|------------|
| بنه | $14/7 \pm 2/96$ | $4/15 \pm 0/60$ | $3/12 \pm 0/55$ | $4/09 \pm 0/80$ | $3/71 \pm 0/64$ | $8/41 \pm 2/57$ | $3/18 \pm 0/97$ | $11/67 \pm 3/57$ | $18/7$ |

گرفت (جدول ۲). همان‌طور که پیشتر اشاره شد، مساحت رویشگاه‌های جنگلی باغ ۴۰ هکتار است که پس از شمارش درختان بنه در این سطح مشخص شد که تعداد کل آنها ۳۳۰ اصله است، در نتیجه تعداد در واحد سطح درختان بنه، $8/3$ اصله به دست آمد.

پس از شمارش تعداد کل درختان بنه موجود در باغ و محاسبه تعداد درختان بنه در واحد سطح (هکتار) و با در نظر گرفتن اندازه‌های درخت متوسط، محاسبات مربوط به زیتوده برگ کل درختان بنه باغ، متوسط زیتوده برگ در واحد سطح، مقدار ذخیره کربن برگ کل درختان بنه باغ و متوسط ذخیره کربن برگ درختان بنه در واحد سطح انجام

جدول ۲- زیتوده برگ، مقدار ذخیره کربن برگ و مقدار جذب CO_2 از جو توسط برگ‌های درختان بنه در کل باغ و در واحد سطح

| گونه | زیتوده برگ (کیلوگرم) | زیتوده برگ در رویشگاه‌های جنگلی باغ (کیلوگرم) | ذخیره کربن برگ در رویشگاه‌های جنگلی باغ (کیلوگرم) | ذخیره کربن برگ در هکتار (کیلوگرم) | مقدار جذب CO_2 از جو در رویشگاه‌های جنگلی (کیلوگرم) | مقدار جذب CO_2 از جو در رویشگاه‌های جنگلی (کیلوگرم) |
|------|----------------------|---|---|-----------------------------------|---|---|
| بنه | $69/4$ | $2775/3$ | $26/2$ | $1049/4$ | $96/3$ | $3851/1$ |

***: به ترتیب معنی‌داری در سطح یک و پنج درصد

تجزیه و تحلیل مقادیر زیتوده برگ و ذخیره کربن برگ درختان بنه در طبقه‌های قطری مختلف نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین طبقه‌های قطری موجود در سطح

اطمینان ۹۵ درصد وجود ندارد (جدول‌های ۳ و ۴)، به طوری که تمام طبقه‌های قطری در یک گروه قرار گرفتند.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس زیتوده برگ و ذخیره کربن برگ درختان بنه در طبقه‌های قطری

| شاخص | منبع تغییرات | درجه آزادی | مجموع مربعات | میانگین مربعات | F | سطح معنی‌داری |
|----------------|--------------|------------|--------------|----------------|-------|---------------|
| زیتوده برگ | بین گروهی | ۲ | ۳۷/۰۷۹ | ۱۸/۵۴۰ | ۳/۲۳۷ | ۰/۰۵۵ |
| | درون گروهی | ۲۷ | ۱۵۴/۶۴۸ | ۵/۷۲۸ | | |
| | کل | ۲۹ | ۱۹۱/۷۲۸ | | | |
| ذخیره کربن برگ | بین گروهی | ۲ | ۴/۴۸۲ | ۲/۲۴۱ | ۲/۶۳۰ | ۰/۰۹۰ |
| | درون گروهی | ۲۷ | ۲۳/۰۰۷ | ۰/۸۵۲ | | |
| | کل | ۲۹ | ۲۷/۴۸۹ | | | |

جدول ۴- گروه‌بندی میانگین‌های زیتوده برگ و ذخیره کربن برگ درختان بنه در طبقه‌های قطری

| طبقه‌های قطری (سانتی‌متر) | | | گروه‌بندی دانکن |
|---------------------------|---------------------|--------------------|-----------------|
| ۱۷/۵-۲۲/۴۹ | ۱۲/۵-۱۷/۴۹ | ۷/۵-۱۲/۴۹ | |
| ۹/۰۳۴ ^a | ۹/۰۹۷ ^a | ۶/۵۶۹ ^a | زیتوده برگ |
| ۶/۵۷۴ ^a | ۲۲/۴۷۳ ^a | ۵/۱۴۳ ^a | ذخیره کربن برگ |

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم تغییرات معنی‌دار در سطح احتمال بررسی شده است.

Y: زیتوده برگ (کیلوگرم)، X: قطر متوسط تاج (متر)
رابطه ۲:

$$Y = 0.935X - 0.435 \quad R^2 = 0.60$$

که در آن:

Y: ذخیره کربن برگ (کیلوگرم)، X: قطر متوسط تاج (متر)

با توجه به مقدار F و سطح معنی‌داری به دست آمده از تجزیه واریانس، رابطه‌های رگرسیونی به دست آمده با اطمینان ۹۹ درصد تأیید می‌شوند (جدول ۵). آزمون معنی‌دار بودن ضرایب مدل نیز در جدول ۶ آورده شده است. با توجه به مقادیر سطح معنی‌داری مشخص شد که ضرایب رابطه‌ها نیز در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دارند.

پس از انجام رگرسیون چندگانه خطی، رابطه‌های آلومتریک ۱ و ۲ به ترتیب برای برآورد زیتوده برگ و مقدار ذخیره کربن برگ حاصل شدند. همان‌طور که مشخص است در هر دو رابطه، متغیر مستقل قطر متوسط تاج، تأثیرگذارترین فاکتور بر مقدار متغیر وابسته بررسی شده بوده است. مقدار R^2 به دست آمده از رابطه ۱ بیانگر این است که ۶۲ درصد از تغییرات زیتوده برگ بر اساس متغیر قطر متوسط تاج توجیه می‌شود که این مقدار برای متغیر وابسته مقدار ذخیره کربن برگ ۶۰ درصد است.

رابطه ۱:

$$Y = 2/432X - 1/097 \quad R^2 = 0.62$$

که در آن:

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس رابطه‌های رگرسیونی بررسی شده

| متغیر وابسته | مدل | درجه آزادی | مجموع مربعات | میانگین مربعات | F | سطح معنی‌داری |
|----------------|------------|------------|--------------|----------------|--------|---------------|
| زیتوده برگ | رگرسیون | ۱ | ۸۴/۷۲۷ | ۸۴/۷۲۷ | ۳۷/۵۹۵ | ۰/۰۰۰ |
| | باقی‌مانده | ۲۸ | ۵۱/۸۳۵ | ۲/۲۵۴ | | |
| | مجموع | ۲۹ | ۱۳۶/۶۵۲ | | | |
| ذخیره کربن برگ | رگرسیون | ۱ | ۱۲/۵۲۴ | ۱۲/۵۲۴ | ۲۹/۴۱۳ | ۰/۰۰۰ |
| | باقی‌مانده | ۲۸ | ۹/۷۹۴ | ۰/۴۲۶ | | |
| | مجموع | ۲۹ | ۲۲/۳۱۸ | | | |

جدول ۶- ضریب‌های رابطه‌های رگرسیون به‌دست‌آمده و آزمون معنی‌داری آنها

| متغیر وابسته | مدل | ضریب استاندارد نشده | | سطح معنی‌داری |
|----------------|---------------|---------------------|--------------|---------------|
| | | B | اشتباه معیار | |
| زیتوده برگ | مقدار ثابت | -۱/۰۹۷ | ۱/۵۶۴ | ۰/۰۰۱ |
| | قطر متوسط تاج | ۲/۴۳۲ | ۰/۳۹۷ | ۰/۰۰۰ |
| ذخیره کربن برگ | مقدار ثابت | -۰/۴۳۵ | ۰/۶۸۰ | ۰/۰۰۱ |
| | قطر متوسط تاج | ۰/۹۳۵ | ۰/۱۷۲ | ۰/۰۰۰ |

بحث

زمین، نقش درختان، درختچه‌ها و پوشش علفی را به‌عنوان منابع جذب دی‌اکسید کربن و کنترل دمای زمین دوچندان ساخته است. در این بین اکوسیستم‌های جنگلی و فضاها سبز دارای پوشش چوبی، اهمیت خاصی دارند که باغ گیاه‌شناسی ملی ایران نیز در این دسته قرار می‌گیرد. این باغ دارای دو کلکسیون کاملاً جنگلی به‌نام‌های رویشگاه خزر با وسعت ۷ هکتار و رویشگاه زاگرس با وسعت ۳ هکتار و دارای گونه‌های متنوع درختی و درختچه‌ای جنگل‌های طبیعی شمال و غرب کشور با تراکم و وسعت قابل‌زیاد است (پناهی، ۱۳۸۶). علاوه بر دو کلکسیون نامبرده، رویشگاه‌های دیگری نیز در باغ وجود دارند که هر چند سهم پوشش چوبی آنها همانند دو قطعه خزر و زاگرس نیست، مدت زمان به‌نسبت زیادی است که گونه‌های درختی و درختچه‌ای متنوعی در آنها کاشته شده‌اند و امروزه سن زیادی دارند (۱۵ تا ۳۰ سال)، همانند قطعه البرز. طبعاً پوشش گیاهی باغ، نقش مهمی در جذب کربن جو و

باغ‌های گیاه‌شناسی از جمله فضاها سبزی به‌شمار می‌آیند که با ماهیتی چندگانه، اهداف متفاوتی در آنها دنبال می‌شود. ترجیح هدف در باغ‌های گیاه‌شناسی، به انتظاراتی که از آنها می‌رود و در بدو تأسیس به آنها توجه شده است، بستگی دارد. به‌طور کلی در تمام نقاط دنیا دو وجه اشتراک اصلی تمام باغ‌های گیاه‌شناسی، حفاظت و تکثیر گونه‌های گیاهی و نیز پژوهش و آموزش است. البته باغ‌های گیاه‌شناسی کارکردهای متنوع دیگری نیز دارند که گاه نقش آنها پرننگ‌تر از موارد اشاره‌شده است، همانند تکثیر گونه‌های نادر و در حال انقراض و نیز آموزش‌های عمومی و تخصصی. یکی از کارکردهای مهم باغ‌های گیاه‌شناسی نقشی است که گیاهان آن در جذب دی‌اکسید کربن جو و پاکسازی هوا دارند، به‌طوری‌که این مهم ضرورت توجه به احداث این باغ‌ها در مجاورت کلان‌شهرها را توجیه می‌کند. همان‌طور که پیشتر اشاره شد، امروزه افزایش روزمره گازهای گلخانه‌ای و به‌دنبال آن وقوع پدیده گرمایش

درختان شاخه‌زاد ۱۴ ساله اوری در جنگل اندبیل خلخال در درصدهای مختلف تاج‌پوشش شامل کمتر از ۵ درصد، بین ۵ تا ۲۵ درصد و بین ۲۵ تا ۵۰ درصد به ترتیب ۱۳۲، ۷۰۲ و ۹۹۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (خادمی و همکاران، ۱۳۸۸) که بسیار بیشتر از این پژوهش است. در تحقیقی دیگر، متوسط زیتوده برگ درختان صنوبر با تراکم‌های کاشت متفاوت (چهار تیمار شامل تراکم کاشت ۱۱۱۱، ۸۳۳، ۶۲۵ و ۵۰۰ اصله در هکتار) و سنین متفاوت (۴، ۶، ۸ و ۱۰ ساله) ۱/۹۸ تن در هکتار بوده است (Fang et al., 2007). همچنین متوسط زیتوده برگ در هکتار در جنگلکاری‌های گونه *Q. pagoda* در آمریکا که تحت سه تیمار تنک کردن شامل تنک کردن سنگین، تنک کردن سبک و بدون تنک کردن قرار گرفته بودند، دو سال پس از تنک کردن به ترتیب ۲۸۴/۳، ۲۴۳/۲ و ۲۱۱ کیلوگرم به دست آمد (Stelzer et al., 2004). در تمام موارد بالا، تراکم درختان در واحد سطح بیشتر از پژوهش پیش‌رو بوده است.

در بررسی روابط آلومتریک نیز مشخص شد که بین قطر متوسط تاج، و زیتوده برگ و مقدار ذخیره کربن برگ ارتباط معنی‌داری وجود دارد و بر اساس آنالیز چندگانه خطی، مدل ساده‌ای بدست آمد که با دقت خوبی شاخص‌های یادشده را برآورد می‌کند. این روابط در نقاط مختلف دنیا برای گونه‌های مختلف به منظور برآورد زیتوده اندام‌های گوناگون، مقدار ذخیره کربن اندام‌های گوناگون، شاخص سطح برگ و برخی شاخص‌های اکولوژیک دیگر به دفعات بررسی شده‌اند و امکان دستیابی به شاخص‌های یادشده را بر مبنای متغیرهای کمی درخت فراهم ساخته‌اند (Nygren et al., 1993; Nowak, 1996; Wang, 2006; Medeiros & Sampaio, 2008). در بسیاری از این روابط سعی شده متغیر مستقل مدل به دست آمده، قطر برابر سینه باشد (Nowak, 1996; Wang, 2006; Medeiros & Sampaio, 2008). در داخل کشور نیز در تنها پژوهش صورت گرفته در مورد زیتوده برگ، یک مدل لگاریتمی خطی ($r^2=0/95$) متشکل از متغیر قطر برابر سینه برای برآورد زیتوده برگ درختان بانه در جنگل‌های یاسوج معرفی شد (عدل، ۱۳۸۶)، ولی در برخی تحقیقات بر حسب مورد از فاکتورهای دیگری همچون

ذخیرسازی آن دارد و قرار گرفتن این مجموعه سبز عظیم در منطقه ۲۲ شهرداری تهران بر اهمیت آن افزوده است. مقدار ضریب تبدیل برگ‌ها به دلیل داشتن مواد معدنی بیشتر، از دیگر اندام‌های درخت کمتر است (بردبار، ۱۳۸۳). مقدار این ضریب در تحقیقات مختلفی بررسی شده است. ضریب تبدیل به دست آمده در پژوهش پیش‌رو به منظور تبدیل وزن تر زیتوده برگ به مقدار کربن ذخیره شده (۱۸/۷ درصد)، کمتر از ضریب تبدیل گونه *Eucalyptus camaldulensis* (۲۱/۳۴ درصد) و بیشتر از ضریب تبدیل گونه *Acacia salicina* (۱۶/۸۵ درصد) در جنگلکاری‌های اطراف شهرستان نورآباد ممسنی در استان فارس است (بردبار و مرتضوی جهرمی، ۱۳۸۵). در برخی منابع نیز ضریب تبدیل کل اندام‌های درخت برای سوزنی‌برگان ۲۱ و برای پهن‌برگان ۲۴ در نظر گرفته شده است (Thompson & Matthews, 1989). در این پژوهش مشخص شد که متوسط زیتوده برگ درختان بانه در هکتار حدود ۷۰ کیلوگرم است که از مقدار به دست آمده در پژوهش عدل (۱۳۸۶) بر روی همین گونه در جنگل‌های یاسوج یعنی ۵۷/۲ کیلوگرم در هکتار، کمی بیشتر است. هر چند درختان منتخب بانه در جنگل‌های یاسوج، سطح تاج بزرگ‌تر و طول تاج بیشتری در مقایسه با درختان بانه باغ گیاه‌شناسی داشتند (متوسط سطح تاج و متوسط طول تاج درختان بانه در جنگل‌های یاسوج در تحقیق یادشده به ترتیب ۳۰/۸ متر مربع و ۴/۱ متر بوده است، در حالی که مقادیر متناظر آنها برای درختان بانه باغ به ترتیب ۱۱/۹ متر مربع و ۳/۱ متر است). به دلیل تراکم بیشتر درختان بانه باغ گیاه‌شناسی در مقایسه با جنگل‌های طبیعی یاسوج (۸/۳ اصله در هکتار در باغ گیاه‌شناسی در مقابل ۵ اصله در جنگل‌های یاسوج)، سبب افزایش متوسط زیتوده برگ درختان بانه در واحد سطح در باغ، در مقایسه با جنگل‌های یاسوج شده است. همچنین در تحقیق عدل (۱۳۸۶) و در بررسی روابط آلومتریک، نتیجه‌گیری شد که در تعیین زیتوده برگ گونه بانه در جنگل‌های یاسوج، متغیر مستقل قطر برابر سینه نسبت به دیگر متغیرها، اهمیت بیشتری دارد، در حالی که در مدل به دست آمده در پژوهش پیش‌رو، قطر متوسط تاج تأثیرگذارترین عامل بوده است. در پژوهش دیگری، متوسط زیتوده برگ

فرآورده‌های چوب (مجله منابع طبیعی ایران)، ۶۲ (۱): ۳۵-۴۴.

بردبار، کاظم، ۱۳۸۳. بررسی توان ذخیره کربن در جنگلکاری‌های اکالیپتوس و آکاسیای استان فارس، رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۵۸ ص.

بی‌همتا، محمدرضا و محمدعلی زارع‌چاهوکی، ۱۳۸۷. اصول آمار در علوم منابع طبیعی، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۳۰۰ ص.

پناهی، پریسا، ۱۳۸۶. بررسی کمی و کیفی قطعه خزر باغ گیاه‌شناسی ملی ایران در راستای مدیریت بهینه آن، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور. ۷۸ ص.

پناهی، پریسا، ۱۳۸۸. بررسی امکان تولید بذر گونه‌های بلوط جنگل‌های زاگرس و ویژگی‌های کیفی آنها در قطعه زاگرس باغ گیاه‌شناسی ملی ایران، نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب (مجله منابع طبیعی ایران)، ۶۲ (۱): ۴۵-۵۸.

خادمی، امین، ساسان بابایی کفایی و اسداله متاجی، ۱۳۸۸. بررسی مقدار زیتوده و ارتباط آن با عوامل فیزیوگرافی و خاک در جنگل‌های شاخه‌زاد بلوط (مطالعه موردی: جنگل‌های منطقه اندبیل خلخال)، مجله جنگل ایران، ۱۱ (۱): ۶۷-۵۷.

زبیری، محمود، ۱۳۸۱. زیست‌سنجی (بیومتری) جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۴۱۱ ص.

عبدی، نورا، ۱۳۸۴. برآورد ظرفیت ترسیب کربن توسط جنس گون، زیرجنس *Tragacantha* در دو استان مرکزی و اصفهان، رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۲۰۲ ص.

عدل، حمید رضا، ۱۳۸۶. برآورد بیوماس برگ و شاخص سطح برگ دو گونه عمده در جنگل‌های یاسوج، فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۵ (۴): ۴۲۶-۴۱۷.

فروزه، محمد رحیم، ۱۳۸۵. بررسی ترسیب کربن خاک و زیتوده سرپای گونه‌های بوته‌ای غالب در منطقه پخش سیلاب گریبانگان فسا، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۰۳ ص.

سطح مقطع شاخه، سطح تاج و قطر درخت در محل شروع تاج استفاده شده که با دقت خوبی نیز همراه بوده‌اند (Nygren et al., 1993; Nowak, 1996; Williams et al., 2004).

با توجه به تعداد درختان بنه باغ و توان جذب دی‌اکسید کربن هر پایه مشخص شد که درختان بنه باغ، سالانه توانایی جذب ۳/۹ تن دی‌اکسید کربن جو را دارند که در صورتی که توان جذب دی‌اکسید کربن تمام گونه‌های درختی و درختچه‌ای باغ گیاه‌شناسی ملی ایران محاسبه شود، رقم بزرگی خواهد شد. با توجه به شرایط خاص و بحرانی کلان‌شهر تهران، وجود این کارخانه عظیم تصفیه هوا در مجاورت تهران، بیانگر یکی از توانایی‌های بالقوه باغ‌های گیاه‌شناسی است که متأسفانه به آن توجه چندانی نشده است. از این رو پیشنهاد می‌شود در صورت امکان تحقیقاتی در مورد دیگر گونه‌های شاخص چوبی کلکسیون‌های مختلف باغ نیز صورت پذیرد و در مواردی که بنا به دلایل مختلفی تعدادی پایه از یک گونه درختی خاص در داخل باغ قطع می‌شوند (برای مثال در برش‌های بهداشتی)، زیتوده تنه، شاخه‌ها و ریشه نیز بررسی شود.

سیاسگزاری

این تحقیق با استفاده از اعتبارات مالی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور صورت پذیرفته است که بدین‌وسیله از مسئولان مربوطه قدردانی می‌شود. همچنین ضروری است از آقای دکتر متینی‌زاده به دلیل در اختیار قرار دادن تجهیزات آزمایشگاه بخش تحقیقات جنگل مؤسسه مذکور، آقای مهندس خوشنویس و کارکنان باغ گیاه‌شناسی ملی ایران که در برداشت‌های زمینی و کارهای آزمایشگاهی یاریگر ما بودند، تشکر و قدردانی شود.

منابع

باده‌یان، ضیاء‌الدین، قوام‌الدین زاهدی امیری، نصرت‌اله ضرغام و محمدرضا مروی مهاجر، ۱۳۸۸. بررسی تأثیر آمیختگی بر میزان ذخیره کربن در خاک جنگل (مطالعه موردی: جنگل خیرودکنار نوشهر)، نشریه جنگل و

- Losi, C.J., T.G. Siccama, R. Condit & J.E. Morales, 2003. Analysis of alternative methods for estimating carbon stock in young tropical plantations. *Forest Ecology and Management*, 184: 355-368.
- McDicken, K.G., 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agro-forestry projects. Winrock International Institute for Agricultural Development, Washington D.C, 357 pp.
- Medeiros, T.C.C. & E.V.S.B. Sampaio, 2008. Allometry of aboveground biomasses in mangrove species in Itamaraca', Pernambuco, Brazil, *Wetlands Ecology Management*, 16: 323-330.
- Nadezhdina, N., F. Tatarinova & R. Ceulemansb, 2003. Leaf area and biomass of Rhododendron understory in a stand of Scots pine. *Forest Ecology and Management*, 187(2-3): 235-246.
- Niklas, K.J., 1994. Plant allometry. the scaling of form and process. University of Chicago press, Chicago, Illinois, 134 pp.
- Nowak, L., 1996. Estimating leaf area and leaf biomass of open-grown deciduous urban trees. *Forest Science*, 24(4): 504-507.
- Nygren, P., S. Robottaro & R. Chavarria, 1993. Application of the pipe model theory to non-destructive estimation of leaf biomass and leaf area of pruned agroforestry trees. *Agroforestry systems*, 23: 63-77.
- Petit, J.R., J. Jouzel, D. Raynaud, N.I. Barkov, J.M. Barnola, I. Basile, M. Bender, J. Chappellaz, M. Davis, G. Delaygue, M. Delmotte, V.M. Kotlyakov, M. Legrand, V.Y. Lipenkov, C. Lorius, L. Pépin, C. Ritz, E. Saltzman & M. Stievenard, 1999. Climate and atmospheric history of past 420000 years from the Vostock ice core, Antarctica, *Nature*, 399: 429-436.
- Schreuder, P., S. Brown, J. Mo, R. Birdsey & C. Gieszewski, 1997. Biomass estimation for temperate broadleaf forests of the United States using inventory data. *Forest Science*, 43: 424-434.
- Scott, N.A., K.R. Tate, D. Giltrap, H.R. Wilde, & M. Davis, 2000. Land-cover effects on soil carbon storage in New Zealand: A national monitoring system. Advances in Terrestrial Ecosystem Carbon Inventory, Measurements, and Monitoring Conference in Raleigh, North Carolina, 3-5 October, 231-240.
- Stelzer, E.L., J.L. Chambers, J.S. Meadows & K.F. Ribbeck, 2004. Leaf biomass and acorn production in a thinned 30 year old Cherrybark oak plantation. Gen. Tech. Rep. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, SRS-71: 276-279
- فروزه، محمد رحیم، غلام‌علی حشمتی، غلام‌عباس قنبریان و سید حمید مصباح، ۱۳۸۷. مقایسه توان ترسیب کربن سه گونه بوته‌ای گل آفتابی، سیاه‌گینه و درمنه دشتی در مراتع خشک ایران (مطالعه موردی: دشت گریایگان فسا)، محیط‌شناسی، ۴۶: ۶۵-۷۲.
- مقدم، محمدرضا، ۱۳۸۰. اکولوژی توصیفی و آماری پوشش گیاهی، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۵۱۲، تهران، ۲۴۸ ص.
- Brooks, R., 1998. Carbon Sequestration ... what's that? UI Extension Forestry Information Series, *Forest Management* No: 32, 2 pp.
- Chave J., C. Andalo, S. Brown, M.A. Cairns, J.Q. Chambers, D. Eamus, H. Folster, F. Fromard, N. Higuchi, T. Kira, J.P. Lescure, B.W. Nelson, H. Ogawa, H. Puig, B. Rie'ra & T. Yamakura, 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145: 87-99.
- Environmental science activities for the 21st century (ESA21), 2008. Trees and carbon. 13 pp.
- 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.
- Geng, Y.B., Y.S. Dong & W.Q. Meng, 2000. Progress of terrestrial carbon cycle studies. *Advance in Earth Science*, 19: 297-306.
- Houghton, J.T., B.A. Callander & S.K. Varney, 1992. Climate Change 1992. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment, Cambridge University Press, 200 pp.
- Husch, B., T.W. Beers & J.A. Kershaw, 2003. Forest mensuration. 4th Edition, John Wiley & Sons Inc., 443 pp.
- INDUFOR, 2002. Assessing Forest Based carbon sinks in the Kyoto protocol Forest Management and Carbon sequestration. Discussion paper, 115 pp.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2003. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan. 599 pp.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volum 1; General guidance and reporting. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan. 309 pp.

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.

Taiz, L. & E. Zeiger, 1998. Plant Physiology, 2nd Edition. Sinauer Associates, Inc., Massachusetts, 792 pp.

Thompson, D.A. & R.W. Matthews, 1989. The storage of carbon in trees and timber. Research Information, Wrecclsham, United Kingdom, Forestry Commission Research Division, 160: 19-22.

Ter-Mikaelian M.T & M.D. Korzukhin, 1997. Biomass equations for sixty-five North American tree species. *Forest Ecology and Management*, 97: 1-24.

Wang, C., 2006. Biomass allometric equations for 10 co-occurring tree species in Chinese temperate forests, *Forest Ecology and Management*, 222: 9-16.

Williams, T. M. & C.A. Gresham, 2004. Relation of stem diameter, branch basal area and leaf biomass in rapidly growing Loblolly pine. General Technical Report, SRS-71: 216-219.

Zianis, D. & M. Mencuccini, 2004. On simplifying allometric analysis of forest biomass. *Forest Ecology and Management*, 187: 311-322.

Estimation of leaf biomass and leaf carbon sequestration of *Pistacia atlantica* in National Botanical Garden of Iran

P. Panahi¹, M. Pourhashemi^{*2} and M. Hassani Nejad³

¹Senior Research Expert, Botany Research Division, Research Institute of Forests & Rangelands, I. R. Iran

²Assistant Prof., Forest Research Division, Research Institute of Forests & Rangelands, I. R. Iran

³Researcher, Botany Research Division, Research Institute of Forests & Rangelands, I. R. Iran

(Received: 6 July 2010, Accepted: 27 December 2010)

Abstract

National Botanical Garden of Iran (N.B.G.I) consists of different native and exotic collections. *Pistacia atlantica* is one of the main species which has remarkable density in native collections. Woody species existed in national botanical gardens throughout the world have effective role to absorb CO₂ from atmosphere. In this research, leaf biomass and leaf carbon sequestration of *Pistacia atlantica* was studied in N.B.G.I. At first, 30 trees were selected using stratified random sampling method and quantitative parameters were measured. All leaves of 1/4 crown area were gathered, weighted and dried. Enough quantity of leaves was burned in electrical kiln to calculate the Carbon storage. Finally, amount of atmosphere CO₂ absorption was determined and allometric regressions were calculated. Based on results, mean of leaf biomass, mean of leaf Carbon sequestration and mean of atmosphere CO₂ absorption were 69.4, 26.2 and 96.3 kg per hectare, respectively. Diameter difference had no effect on leaf biomass and leaf Carbon sequestration. There was good relationship between mean diameter of crown with leaf biomass and leaf Carbon sequestration.

Key words: National botanical garden of Iran, *Pistacia atlantica*, Allometry, Leaf biomass, Leaf carbon sequestration.