آلومتری زی‌توده و ذخیرهٔ کربن برگ بلوط‌های باغ گیاه‌شناسی ملی ایران

پریسا پناهی*[۱]، مهدی پورهاشمی[۲] و مریم حسنی‌نژاد[۱]

[۱] **تهران، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، بخش تحقیقات گیاه‌شناسی**

[۲] **تهران، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، بخش تحقیقات جنگل**

تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۱/۸/۹

چکیده

این پژوهش در قطعهٔ زاگرس باغ گیاه‌شناسی ملی ایران با مساحت ۳/۲ هکتار و با هدف تعیین معادلات آلومتریک برای برآورد زی‌توده و اندوختهٔ کربن برگ سه گونهٔ برودار (*Quercus brantii*)، مازودار (*Q. infectoria*) و وی‌ول (*Q. libani*) انجام شد. همچنین میزان کربن ترسیب‌شده در برگ سه گونهٔ فوق محاسبه شد. ابتدا با استفاده از روش نمونه‌برداری طبقه‌ای تصادفی از هر گونه ۱۵ درخت انتخاب، شماره‌گذاری و فاکتورهای کمی آنها اندازه‌گیری شد. سپس برگ‌های یک قطاع ۴۵ درجهٔ تاج جمع‌آوری، توزین (وزن تر) و پس از خشک کردن در داخل آون مجدداً وزن (وزن خشک) شدند. پس از سوزاندن مقدار کافی از برگ‌های خشک‌شده در کورهٔ الکتریکی و توزین خاکستر، وزن مواد آلی برگ و مقدار کربن برگ‌ها بدست آمد. همچنین میزان دی‌اکسید کربن جذب شده از جو توسط برگ‌ها تعیین و با استفاده از مدل رگرسیونی توانی روابط آلومتریک محاسبه شد. براساس نتایج، متوسط زی‌تودهٔ برگ برودار، مازودار و وی‌ول به‌ترتیب ۲۸۲/۱، ۲۱۶/۳ و ۱۵۲/۳ کیلوگرم در هکتار و متوسط اندوختهٔ کربن برگ سه گونهٔ فوق نیز به‌ترتیب ۱۴۰/۲، ۱۰۷/۳ و ۷۵/۶ کیلوگرم برآورد شد. همچنین در دو گونهٔ برودار و مازودار مدل رگرسیونی بر مبنای متغیر مستقل قطر برابر سینه و در وی‌ول بر مبنای متغیر مستقل قطر متوسط تاج به‌عنوان بهترین مدل انتخاب شدند.

واژه‌های کلیدی: آلومتری، باغ گیاه‌شناسی ملی ایران، بلوط، زی‌تودهٔ برگ، ترسیب کربن.

* نویسنده مسئول، تلفن: ۵-۴۴۵۸۰۲۸۲-۰۲۱ ، پست الکترونیکی: Panahi@rifr-ac.ir

مقدمه

امروزه استفاده از روابط آلومتریک که به توصیف تغییرات یک ویژگی براساس یک ویژگی دیگر می‌پردازند (۳۵ و ۳۹) کاربرد فراوانی در علوم مختلف دارد. یکی از مهم‌ترین کاربردهای معادلات آلومتریک که در پژوهش‌های متعددی (۱۶، ۳۶ و ۴۲) بکار برده شده است، برآورد زی‌توده و ذخیرهٔ کربن اندام‌های مختلف گیاهان (برگ، شاخه، ساقه و ریشه) است که طی آن سعی می‌شود با اندازه‌گیری متغیرهای کمی درخت مانند قطر برابر سینه که به‌سادگی اندازه‌گیری می‌شوند و تعیین مدل رگرسیونی مناسب، زی‌توده و ذخیرهٔ کربن این اندام‌ها که اندازه‌گیری مستقیم آنها بسیار وقت‌گیر، پرهزینه و مخرب است، برآورد شود به‌طوری‌که بتوان این مدل را برای سایر درختان گونهٔ موردنظر در منطقهٔ موردمطالعه و همچنین در سال‌های آینده استفاده نمود. دراین‌صورت با اندازه‌گیری تعدادی درخت نمونه و تعیین معادلات آلومتریک و تعمیم نتایج می‌توان از اندازه‌گیری مستقیم زی‌توده و ذخیرهٔ کربن سایر درختان که باعث تخریب آنها نیز می‌شود، جلوگیری نمود. زی‌توده و ذخیرهٔ کربن از ویژگی‌های مهم درختان به‌شمار می‌آیند و نقش مهمی در فرآیندهای بیولوژیک و فیزیولوژیک گیاهان دارند. اهمیت کربن ترسیب‌شده در

Archive of SID
www.SID.ir

گیاهان ناشی از افزایش دما و گرم شدن کرهٔ زمین به‌دلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای است که امروزه یکی از چالش-های اساسی انسان در مسیر توسعهٔ پایدار می‌باشد (۱۸). دی‌اکسیدکربن مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای است (۳۳)، به-طوری‌که حدود نیمی از سهم گرم شدن گلخانه‌ای زمین مربوط به این گاز می‌باشد (۴۰ و ۴۱). ترسیب کربن توسط برگ گیاهان طی فرآیند فتوسنتز و استفاده از کربن آن برای ساخت زی‌توده که شامل برگ، ریشه، ساقه و میوه است، ارزان‌ترین و ساده‌ترین راهکار ممکن برای کاهش مقدار این گاز در جو می‌باشد (۱۱). از آنجایی‌که پوشش‌های گیاهی با بافت چوبی از توان ترسیب کربن بیشتری برخوردارند (۱۲)، بنابراین جنگل‌ها نقش مهمی در ذخیرهٔ طبیعی کربن در مقیاس جهانی دارند (۲۲)، تا آنجا که ۸۰ درصد زی‌تودهٔ روی زمین و ۴۰ درصد زی‌تودهٔ زیرزمین را اکوسیستم‌های خشکی تشکیل می‌دهند (۹). هر چند سهم زی‌تودهٔ برگ در مقایسه با سایر اندام‌های درخت کمتر می‌باشد (۱ و ۲۱) اما در بین اندام‌های مختلف درختان، نقش زی‌تودهٔ برگ به‌دلیل محل انجام عمل فتوسنتز و تولید مادهٔ آلی و همچنین برگشت سالانهٔ عناصر به جریان چرخهٔ زیستی مواد بین بخش زنده و غیرزندهٔ اکوسیستم از اولویت زیادی برخوردار است (۲۰ و ۴۳). برآورد زی‌توده کاربردهای فراوانی در جنگل دارد. به‌عنوان مثال زی‌توده در ارزیابی اندوخته و نوسانات برخی عناصر بیوشیمیایی و مقدار انرژی اولیهٔ جنگل (۳۲) کارآیی دارد. همچنین زی-توده متغیر کلیدی در بسیاری از مدل‌های اکولوژیک و اکوفیزیولوژیک می‌باشد (۱۶، ۳۰ و ۳۱).

جنگل‌های شهری یکی از باارزش‌ترین اکوسیستم‌های جنگلی هستند که به‌دلیل ارتباط مستقیم با انسان و نیز کارکردهای متنوع خود از قبیل زیبایی منظر، ترسیب کربن جو، کاهش انواع آلودگی‌ها، تولید اکسیژن و تلطیف هوا ارزش قابل‌توجهی دارند (۳ و ۸) و باغ‌های گیاه‌شناسی که معمولاً از تراکم و تنوع قابل‌ملاحظه‌ای از گیاهان علفی و چوبی (درختی، درختچه‌ای و بوته‌ای) تشکیل شده‌اند، از مهم‌ترین جنگل‌های شهری محسوب می‌شوند. کارکرد باغ‌های گیاه‌شناسی در کاهش دی‌اکسید کربن جو موقعی بیشتر می‌شود که در داخل یا اطراف شهرهای بزرگ و صنعتی احداث شوند. باغ گیاه‌شناسی ملی ایران با مساحت ۱۴۵ هکتار و دارابودن کلکسیون‌های مختلف جنگلی و غیرجنگلی بومی و غیربومی از این ویژگی برخوردار بوده و به‌دلیل نزدیکی با شهر تهران نقش مهمی در کاهش آلودگی هوای این شهر دارد. سابقهٔ احداث این باغ عظیم که در ۵ کیلومتری غرب تهران و در موسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور واقع شده است، به سال ۱۳۴۷ برمی‌گردد (۲ و ۶). از ابتدای تأسیس باغ به‌تدریج گونه-های مختلف درختی، درختچه‌ای و علفی از نقاط مختلف کشور و جهان جمع‌آوری و براساس یک برنامهٔ مدون در رویشگاه‌های مختلف آن کاشته شده‌اند به‌طوری‌که برخی از درختان موجود در باغ امروزه سنی بیشتر از ۳۰ سال دارند (۴). در یک تقسیم‌بندی کلی باغ به دو بخش جنگلی و غیرجنگلی تقسیم می‌شود و قطعهٔ زاگرس که موضوع این پژوهش می‌باشد، جزو کلکسیون‌های جنگلی باغ محسوب می‌شود. ازجمله مهم‌ترین گونه‌های درختی موجود در قطعهٔ زاگرس، بلوط‌های بومی غرب کشور شامل بروودار یا بلوط ایرانی، مازودار و وی‌ول می‌باشند که طی سالیان گذشته به این قطعه منتقل و کاشته شده‌اند، به-طوری‌که پس از گذشت بیش از دو دهه به‌خوبی در شرایط آب و هوایی تهران سازگار شده و به‌سهولت تجدیدحیات می‌کنند. هدف این پژوهش تعیین روابط آلومتریک برآورد زی‌توده و ذخیرهٔ کربن برگ گونه‌های مذکور با استفاده از متغیرهای کمی درخت است که اندازه‌گیری آنها آسان و کم‌هزینه است.

باتوجه به اینکه برای تعیین معادلات آلومتریک زی‌توده و ذخیرهٔ کربن اندام‌های مختلف درختان برای یکبار نیاز به اندازه‌گیری مستقیم می‌باشد که قبلاً به مشکلات آن اشاره شد، در داخل کشور استقرار معادلات آلومتریک با هدف موضوع پژوهش پیش‌رو در تحقیقات محدودی مدنظر بوده

www.SID.ir
Archive of SID

است. در پژوهش‌های انجام‌شدهٔ داخلی، معادلات آلومتریک برگ دو گونهٔ بلوط ایرانی و بنه (*Pistacia atlantica*) در جنگل‌های یاسوج محاسبه شد که براساس نتایج این پژوهش در گونهٔ بنه متغیر قطر برابر سینه و در گونهٔ بلوط ایرانی ترکیبی از متغیرهای قطر بزرگ و کوچک تاج و ارتفاع کل درخت نسبت به سایر متغیرها از درجهٔ اهمیت بیشتری برخوردار بودند (۱۰). همچنین روابط آلومتریک برآورد زی‌توده و ذخیرهٔ کربن برگ بنه در باغ گیاه‌شناسی ملی ایران مورد بررسی قرار گرفت (۵) و در پژوهش دیگری این معادلات برای برآورد زی‌تودهٔ روی زمین همین گونه در پارک ملی خجیر تعیین شدند (۹). برخلاف محدودیت منابع داخلی، در منابع خارجی پژوهش‌های متعددی در این زمینه انجام شده است. به‌عنوان مثال روابط آلومتریک برآورد زی‌توده و شاخص سطح برگ گونهٔ *Kandelia candel* در جنگل‌های مانگرو ژاپن (۲۹)، روابط آلومتریک برای برآورد زی‌تودهٔ ۱۰ گونهٔ درختی در جنگل‌های معتدلهٔ چین (۴۴) و روابط آلومتریک زی‌تودهٔ روی زمین گونه‌های مانگرو در کشور برزیل (۲۶) را می‌توان ذکر کرد. در پژوهش دیگری نیز روابط آلومتریک برای برآورد زی‌توده و مواد غذایی برگ گونهٔ *Avicennia germinans* در مانگروهای مکزیک محاسبه شد (۲۷) و ویژگی‌های معادلات آلومتریک خطی و غیرخطی و نحوهٔ انتخاب معادلهٔ مناسب برای برآورد زی‌تودهٔ جنگل نیز در پژوهش دیگری بررسی شد (۲۴).

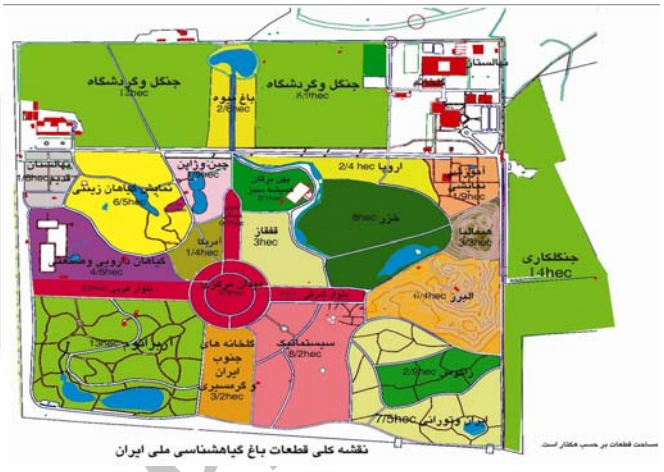
مواد و روشها

برای اجرای این پژوهش که در سال ۱۳۹۰ انجام شد، سه گونه از بلوط‌های بومی جنگل‌های طبیعی زاگرس به نام‌های برودار، مازودار و وی‌ول که از مدتها قبل در قطعهٔ زاگرس باغ گیاه‌شناسی ملی ایران با مساحت ۳/۲ هکتار (شکل‌های ۱ و ۲) کاشته شده بودند، درنظر گرفته شد. ابتدا دامنهٔ پراکنش قطری هر سه گونه مشخص شد و با استفاده از روش نمونه‌برداری طبقه‌ای تصادفی از هر گونه ۱۵ درخت انتخاب شد، به‌طوری‌که در هر طبقهٔ قطری ۵ سانتی‌متری حداقل ۲ درخت اندازه‌گیری شود. درختان نمونه شماره‌گذاری و فاکتورهای کمی آنها شامل قطر برابر سینه، ارتفاع کل درخت، طول تاج و دو قطر بزرگ و کوچک تاج اندازه‌گیری شد. برآورد زی‌تودهٔ برگ به‌صورت مستقیم با چیدن کلیهٔ برگ‌های یک قطاع ۴۵ درجه از تاج هر درخت نمونه انجام شد و برای اینکه خطای آماربرداری از بین برود، جمع‌آوری برگ‌ها از یک درخت به درخت دیگر به‌صورت سیستماتیک صورت پذیرفت (۵ و ۱۰). برگ‌های جمع‌آوری شده با استفاده از ترازوی دیجیتالی توزین شده (وزن تر)، سپس به آزمایشگاه منتقل شده و به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد در داخل آون قرار داده شدند (۵، ۱۰ و ۱۱). سپس برگ‌ها خارج شده و به‌مدت ۳۰ الی ۴۵ دقیقه در دسیکاتور قرار گرفتند تا خشک شوند و بار دیگر وزن شدند (وزن خشک). اعداد بدست آمده از یک چهارم سطح تاج تبدیل به کل (ضرب در ۴) شدند. درصد کربن آلی از روش احتراق خشک با جریان هوا در کورهٔ الکتریکی (۱، ۲۳ و ۲۵) محاسبه شد. برای محاسبهٔ درصد کربن آلی از برگ‌های خشک هر درخت به‌مقدار کافی جدا شد و به‌مدت ۳ ساعت در دمای ۴۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد در داخل کوره قرار داده شدند (۱، ۵ و ۱۲). وزن خاکستر نمونه‌ها پس از سرد شدن در دسیکاتور اندازه‌گیری شد. در این روش کاهش وزن حاصل از احتراق، مقدار مادهٔ آلی را نشان می‌دهد که معمولاً ۵۰ درصد آن به‌عنوان کربن در نظر گرفته می‌شود (۱۳ و ۲۸). نتایج به‌دست‌آمده از میزان ذخیرهٔ کربن برگ به کل درخت تعمیم داده شد.

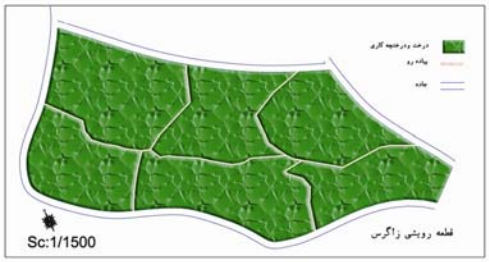
تحلیل آماری داده‌ها: فرض نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- سمیرنوف انجام شد و مشخص شد که متغیرهای موردبررسی نرمال هستند، بنابراین به‌کمک متغیرهای اندازه‌گیری شده، معادلات رگرسیونی براساس حداقل مربعات برازش داده شد. با توجه به اینکه

www.SID.ir

عمدتاً در معادلات آلومتریک برآورد زی‌توده و اندوختهٔ کربن از مدل رگرسیونی توانی با معادلهٔ $y = b_0x^{b1}$ (که در آن y و x به‌ترتیب متغیرهای وابسته و مستقل و b_0 و b_1 ضرایب رگرسیون هستند) استفاده می‌شود (۱۵ و ۱۹)، در این پژوهش نیز از مدل توانی استفاده شد. اعتبارسنجی مدل‌ها با استفاده از شاخص‌های ضریب تبیین، انحراف-معیار مدل برازش‌یافته، تحلیل واریانس رگرسیون، آزمون t ضریب‌های مدل و تبعیت توزیع مقادیر باقیمانده‌ها از توزیع نرمال انجام شد (۹ و ۳۴). کلیهٔ محاسبات و تحلیل آماری داده‌ها در محیط نرم‌افزارهای Excel و SPSS انجام شد.



شکل ۱- نقشهٔ باغ گیاهشناسی ملی ایران



شکل ۲- نقشهٔ قطعهٔ زاگرس

نتایج

بیشینه، متوسط و کمینهٔ زی‌توده، اندوختهٔ کربن و مقدار جذب CO_2 از جو توسط برگ هر سه گونه در شکل ۳ ارائه شده است. با توجه به اینکه هر سه گونه فقط در قطعهٔ زاگرس باغ پراکنش دارند، تعداد آنها در داخل قطعه شمارش شد و با توجه به مساحت قطعه (۳/۲ هکتار) تعداد در واحد سطح (هکتار) آنها مشخص شد. سپس با در نظر گرفتن اندازه‌های متوسط زی‌توده، اندوختهٔ کربن و مقدار جذب CO_2 از جو (شکل ۳)، محاسبات مربوط به اندازهٔ زی‌توده، ذخیرهٔ کربن و مقدار جذب CO_2 از جو توسط برگ هر سه گونه در واحد سطح و در کل قطعه انجام شد (جدول ۱).

نتیجهٔ برازش متغیرهای مختلف برای برآورد زی‌توده و اندوختهٔ کربن برگ نشان داد که در دو گونهٔ بروردار و مازودار متغیر قطر برابر سینه و در گونهٔ وی‌ول متغیر قطر متوسط تاج از نظر شاخص‌های مدل‌سازی نتایج بهتری را به‌همراه داشته و سهم بیشتری از زی‌توده و اندوختهٔ کربن برگ را توجیه می‌کردند. ضریب تبیین مدل‌های برآوردکنندهٔ زی‌توده و اندوختهٔ کربن برگ گونه‌های بروردار، مازودار و وی‌ول به‌ترتیب ۰/۸، ۰/۶۷ و ۰/۶۳ بود (شکل ۴). در هر سه گونه تلحیل واریانس مدل و آزمون t برای بررسی معنی‌دار بودن ضریب‌های مدل، نتایج معنی-داری داشتند (جدول ۲).

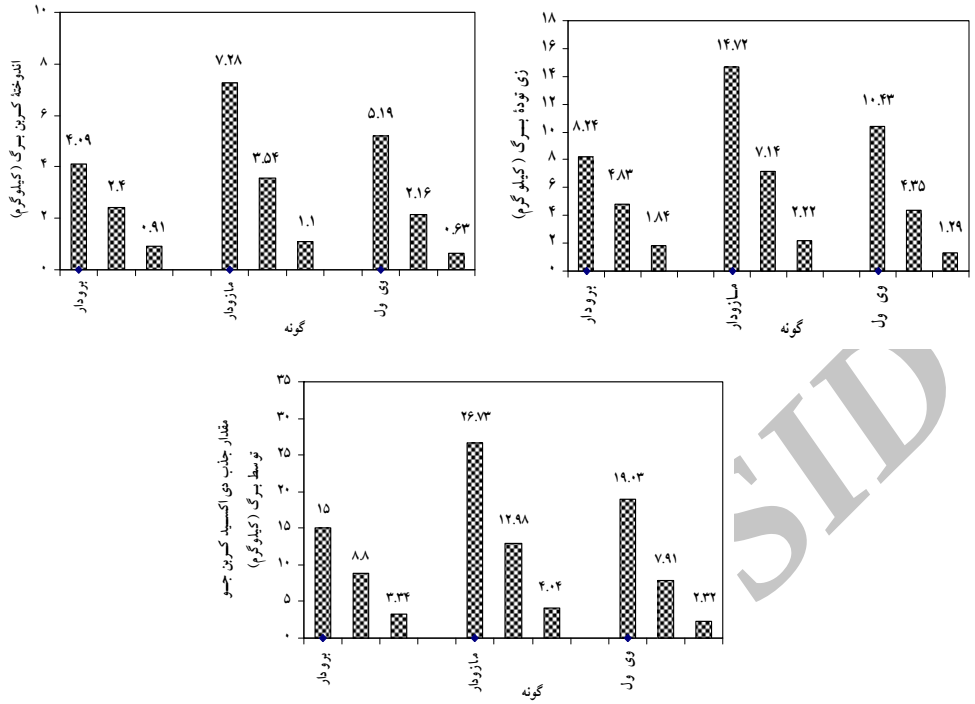
بحث

بررسی معادلات آلومتریک برای برآورد زی‌توده و اندوختهٔ کربن برگ در این پژوهش به‌خوبی بیانگر استقرار این نوع معادلات درمورد سه گونهٔ بروردار، مازودار و وی‌ول در قطعهٔ زاگرس باغ گیاهشناسی ملی ایران بود، به‌طوری‌که در دو گونهٔ بروردار و مازودار متغیر مستقل قطر برابر سینه و در گونهٔ وی‌ول متغیر مستقل قطر متوسط تاج به‌خوبی

Archive of SID

www.SID.ir

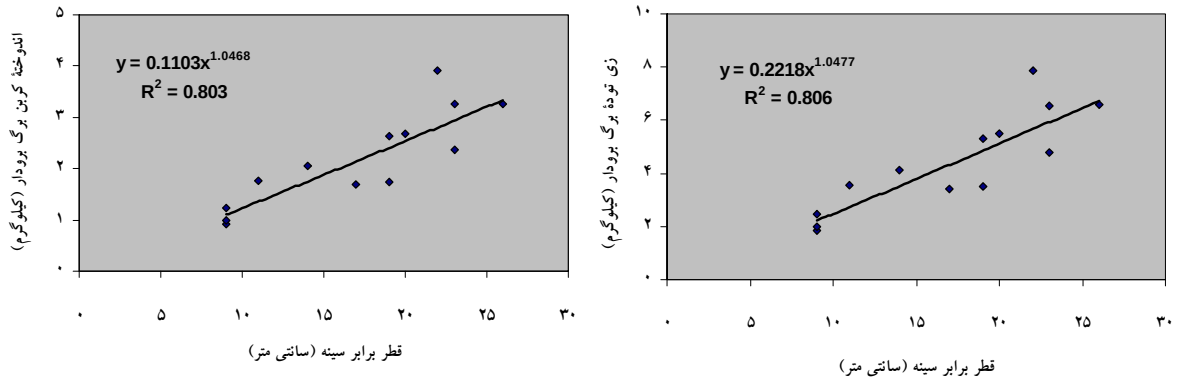
برآوردکنندهٔ زی‌توده و ذخیرهٔ کربن برگ بودند.



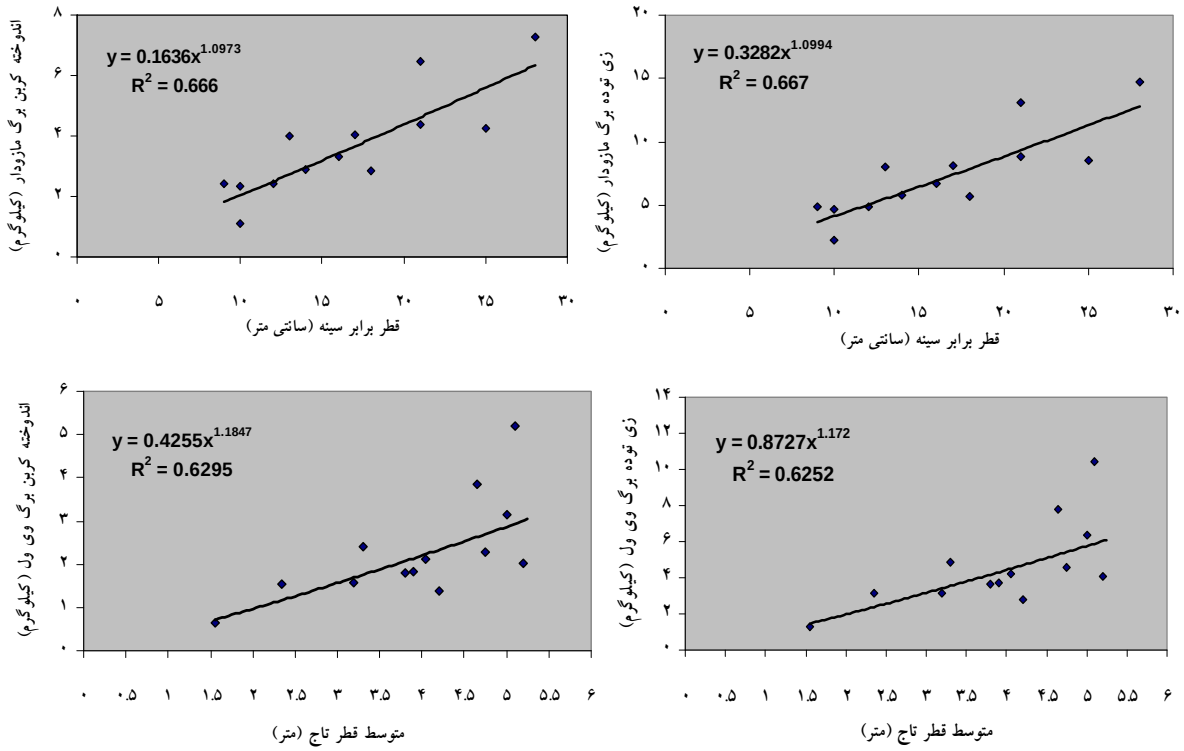
شکل ۳- بیشینه، متوسط و کمینه زی‌توده، اندوخته کربن و مقدار جذب CO_2 از جو توسط برگ گونه‌های بلوط

جدول ۱- اندازهٔ زی‌توده، اندوختهٔ کربن و مقدار جذب CO_2 از جو توسط برگ گونه‌های بلوط در واحد سطح و در کل قطعهٔ زاگرس

گونه	تعداد در هکتار	زی‌تودهٔ برگ در هکتار (کیلوگرم)	ذخیرهٔ کربن برگ در هکتار (کیلوگرم)	مقدار جذب CO_2 از جو در هکتار (کیلوگرم)	زی‌تودهٔ برگ در کل قطعه (کیلوگرم)	ذخیرهٔ کربن برگ در کل قطعه (کیلوگرم)	مقدار جذب CO_2 از جو در کل قطعه (کیلوگرم)
برودار	۵۸/۴	۲۸۲/۱	۱۴۰/۲	۵۱۳/۹	۹۰۲/۶	۴۴۸/۶	۱۶۴۴/۵
مازودار	۳۰/۳	۲۱۶/۳	۱۰۷/۳	۳۹۳/۳	۶۹۲/۲	۳۴۳/۴	۱۲۵۸/۶
وی‌ول	۳۵	۱۵۲/۳	۷۵/۶	۲۷۶/۹	۴۸۷/۴	۲۴۱/۹	۸۸۶/۱



Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۴- ابر نقاط و مدل رگرسیونی توانی برآورد زی‌توده و اندوختهٔ کربن برگ بلوط‌های موردمطالعه

جدول ۲- نتیجهٔ تحلیل رگرسیون غیرخطی برای تعیین مدل برآورد زی‌توده و اندوختهٔ کربن برگ بلوط‌های موردمطالعه

گونه	متغیر وابسته	متغیر مستقل	معادله	ضریب تبیین تطبیق‌یافته	F	سطح معنی داری مدل	انحراف‌معیار مدل	سطح معنی‌داری ضریب‌ها	
								متغیر مستقل	مقدار ثابت
برودار	زی‌تودهٔ برگ (کیلوگرم)	قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	$Y = 0.2218\ X^{1.0477}$	۰/۸۱	۴۵/۶۵	***	۰/۲۱	***	*
مازودار		قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	$Y = 0.3282\ X^{1.0468}$	۰/۶۷	۲۲/۰۳	***	۰/۳۰	***	ns
وی‌ول		متوسط قطر تاج (متر)	$Y = 0.8727\ X^{1.172}$	۰/۶۳	۱۸/۳۵	***	۰/۳۳	***	*
برودار	اندوختهٔ کربن برگ (کیلوگرم)	قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	$Y = 0.1103\ X^{1.0468}$	۰/۸۰	۴۴/۹۶	***	۰/۲۱	***	*
مازودار		قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	$Y = 0.1636\ X^{1.0973}$	۰/۶۷	۲۱/۹۷	***	۰/۲۹	***	ns
وی‌ول		متوسط قطر تاج (متر)	$Y = 0.4255\ X^{1.1847}$	۰/۶۳	۱۸/۶۹	***	۰/۳۳	***	*

توضیحات: F: آمارهٔ تحلیل واریانس، *** معنی‌داری در سطح ۰/۰۰۱ خطا، * معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ خطا، ns عدم معنی‌داری

مقادیر ضریب تبیین به‌دست‌آمده به‌خصوص در گونهٔ برودار (۰/۸۱ و ۰/۸ به‌ترتیب برای معادلهٔ آلومتریک زی-توده و ذخیرهٔ کربن برگ) این موضوع را تأیید می‌نماید. هرچند در این پژوهش برای طراحی مدل‌های آلومتریک از روش نمونه‌برداری تخریبی برگ استفاده شد و به‌ناچار برگ‌های حجم مشخصی از تاج درختان نمونه جمع‌آوری شد، اما با معادلات آلومتریک محاسبه‌شده به‌راحتی می‌توان برای سایر درختان گونه‌های موردمطالعه در داخل باغ و همچنین در سال‌های آینده بدون نیاز به نمونه‌برداری تخریبی، برآورد قابل‌قبولی از زی‌توده و اندوختهٔ کربن

www.SID.ir

برگ و نقش این اندام در جذب دی‌اکسیدکربن جو داشت، بنابراین معادلات آلومتریک به‌دست‌آمده امکان پایش درازمدت متغیرهای اکولوژیک فوق را در مدت زمان طولانی و دستیابی به یکی از اهداف باغ‌های گیاه‌شناسی که نقش و تأثیر آنها در کاهش آلاینده‌های جو (به‌خصوص دی‌اکسیدکربن) می‌باشد، میسر می‌سازد.

با توجه به دشواری اندازه‌گیری مستقیم متغیرهای اکولوژیک فوق در درختان، انجام تحقیقاتی همانند پژوهش پیش‌رو که منجر به ارائهٔ مدل‌های آلومتریک ساده برای برآورد متغیرهای اکولوژیکی مختلف در گونه‌های گیاهی می‌شود، از اهمیت فراوانی برخوردار است. در پژوهش مشابهی پس از محاسبهٔ معادلات آلومتریک برآورد زی‌تودهٔ برگ دو گونهٔ بلوط ایرانی و بنه در جنگل‌های یاسوج نتیجه‌گیری شد که در بنه متغیر قطر برابر سینه و در بلوط ایرانی ترکیبی از متغیرهای قطر بزرگ و کوچک تاج و ارتفاع کل درخت نسبت به سایر متغیرها از درجهٔ اهمیت بیشتری برخوردار بودند (۱۰). در پژوهش پیش‌رو نیز در مورد برودار (بلوط ایرانی) مدل رگرسیونی محاسبه‌شده با استفاده از متغیر قطر برابر سینه به‌دست آمد که با نتایج پژوهش اشاره‌شده همخوانی دارد. همچنین برای گونهٔ وی-ول نیز مهم‌ترین متغیر مستقل قطر متوسط تاج بود که در پژوهش اشاره‌شده (۱۰) در معادلهٔ آلومتریک محاسبه‌شده برای بلوط ایرانی، این متغیر نقش داشت. نکتهٔ قابل توجه در مورد پژوهش اشاره‌شده اینست که در استقرار معادلات آلومتریک از ترکیب متغیرهای کمی و تحلیل آنها با استفاده از روش رگرسیون چندمتغیره استفاده شده است، اما در پژوهش پیش‌رو سعی شد از مدل رگرسیونی تک‌متغیرهٔ توانی استفاده شود. درمورد استفاده از مدل‌های آلومتریک چندمتغیره ذکر این نکته ضروریست که عمدتاً در پژوهش-های مربوط به زی‌توده، همبستگی بین متغیرهای کمی موردبررسی زیاد است و افزودن آنها به مدل اطلاعات مفید بیشتری را به‌همراه ندارد، بلکه فقط مدل را پیچیده‌تر خواهد نمود. این درحالیست که امروزه در استقرار معادلات آلومتریک زی‌توده و اندوختهٔ کربن در تمام نقاط دنیا سعی می‌شود مدل‌های رگرسیونی ساده (تک‌متغیره) مورداستفاده قرار گیرند (به‌عنوان مثال منابع ۱۴، ۱۵، ۱۹ و ۲۳). علاوه‌براین در معادلات آلومتریک چندمتغیره اگر متغیرها همبستگی داشته باشند، همخطی چندجانبه بوجود می‌آید که باعث ناپایداری ضرایب شده و توزیع باقیمانده-ها را با مشکل مواجه می‌کند. در داخل کشور نیز برای برآورد زی‌توده و اندوختهٔ کربن برگ بنه در باغ گیاه‌شناسی ملی ایران با استفاده از متغیر مستقل قطر متوسط تاج، دو رابطهٔ خطی به‌ترتیب با ضریب تبیین ۰/۶۲ و ۰/۶ محاسبه شد (۵). همچنین به‌کمک متغیر مستقل قطر تاج، معادلات آلومتریک مناسبی (با ضریب تبیین ۰/۹۳) برای برآورد زی‌تودهٔ روی زمین بنه در پارک ملی خجیر محاسبه شد (۹). در هر دو پژوهش فوق از معادلات سادهٔ تک‌متغیره استفاده شده است و نتایج آنها درمورد نقش متغیر مستقل قطر تاج در استقرار معادلات آلومتریک با نتایج پژوهش پیش‌رو مطابقت دارد. در بسیاری از مطالعات خارجی نیز مدل‌های رگرسیونی برآورد زی‌توده و اندوختهٔ کربن اندام-های مختلف درختان به‌کمک متغیرهای قطر برابر سینه یا قطر متوسط تاج محاسبه شده است (به‌عنوان مثال منابع ۱۹، ۲۳، ۳۷ و ۳۸) که مشابه با نتایج پژوهش حاضر می باشد.

در بخش دیگری از این پژوهش متوسط زی‌تودهٔ برگ درختان برودار، مازودار و وی‌ول به‌ترتیب ۲۸۲/۱، ۲۱۶/۳ و ۱۵۲/۳ کیلوگرم در هکتار برآورد شد، درحالی‌که زی‌تودهٔ برگ درختان برودار و بنه در جنگل‌های یاسوج به‌ترتیب ۱۳۱۷/۳ و ۵۷/۲ کیلوگرم در هکتار (۱۰) و برای درختان بنهٔ باغ گیاه‌شناسی ملی ایران ۶۹/۴ کیلوگرم در هکتار برآورد شد (۵). علت تفاوت در مقادیر برآوردشده مربوط به تفاوت متغیرهای کمی درختان نمونه و همچنین فراوانی درختان نمونه در مناطق موردمطالعه می باشد. در جنگل-های یاسوج متوسط قطر برابر سینه، متوسط قطر تاج و تعداد در هکتار درختان برودار به‌ترتیب ۲۸/۹ سانتی‌متر،

Archive of SID

www.SID.ir

۶/۶۳ متر و ۸۹/۹ بوده است، درحالی‌که در پژوهش پیش‌رو مقدار متناظر متغیرهای فوق برای برودار در باغ گیاه شناسی به‌ترتیب ۱۶/۷ سانتی‌متر، ۴/۵ و ۵۸/۴ بود که در همهٔ موارد کمتر می‌باشد. متوسط زی‌تودهٔ برگ درختان شاخه‌زاد ۱۴ سالهٔ اوری (*Q. macranthera*) در جنگل اندبیل خلخال در درصدهای مختلف تاج‌پوشش شامل کمتر از ۵ درصد، بین ۵ تا ۲۵ درصد و بین ۲۵ تا ۵۰ درصد نیز به‌ترتیب معادل ۱۳۲، ۷۰۲ و ۹۹۴ کیلوگرم در هکتار برآورد شد (۷) که در تاج‌پوشش‌های بیشتر از ۵ درصد، مقدار زی‌توده بیشتر از پژوهش حاضر بوده است. در مطالعات خارجی نیز زی‌تودهٔ روی زمین (برگ، شاخه و ساقه) جنگلکاری‌های ۸ و ۹ سالهٔ گونهٔ *Eucalyptus grandis* در اندونزی به‌ترتیب ۸۱/۸۹ و ۱۲۹/۸۴ تن در هکتار و ذخیرهٔ کربن اندام‌های فوق را به‌ترتیب ۳۹/۴۳ و ۶۲/۸۴ تن در هکتار برآورد شد (۳۷). همچنین زی‌تودهٔ برگ ۱۲ درخت از سه گونهٔ متعلق به جنگل‌های بارانی کشور کنگو شامل *Gilbertiodendron dewevrei*، *Autranella congolensis* و *Drypetes likwa* بین ۱/۸ تا ۱۲۰/۵ کیلوگرم محاسبه شد (۱۷). از سوی دیگر در پژوهش حاضر متوسط ذخیرهٔ کربن برگ سه گونه بلوط موردمطالعه به‌ترتیب ۱۴۰/۲، ۱۰۷/۳ و ۷۵/۶ کیلوگرم در هکتار برآورد شد که از مقدار متناظر آن (۲۶/۲ کیلوگرم در هکتار) برای گونهٔ بنه در باغ گیاه‌شناسی ملی ایران بیشتر بود. همچنین با توجه به نتایج بدست‌آمده مشخص شد که در حال حاضر سه گونه بلوط موجود در قطعهٔ زاگرس باغ گیاه‌شناسی قادرند سالانه حدود ۱۰۳۳ کیلوگرم کربن را در برگ‌های خود ترسیب نمایند و برای ترسیب این مقدار کربن درمجموع ۳/۷۹ تن دی‌اکسید کربن را جذب می‌نمایند، بنابراین این باغ با دارابودن گونه‌های درختی متنوع دیگرکه برخی از آنها ابعاد قابل‌ملاحظه‌ای نیز دارند، می‌تواند تأثیر مهمی در پالایش هوای تهران داشته باشد که باید به این مهم توجه خاصی داشت. ارزشگذاری اقتصادی این کارکرد مهم باغ‌های گیاه‌شناسی ارزش‌های واقعی آنها را بهتر نمایان خواهد ساخت.

سپاسگزاری

این تحقیق با استفاده از اعتبارات و امکانات مؤسسهٔ تحقیقات جنگلها و مراتع کشور انجام شده است که بدینوسیله از مسئولین ذیربط سپاسگزاری می‌شود. همچنین در برداشت‌های زمینی و فعالیت‌های آزمایشگاهی این پژوهش آقایان دکتر متینی‌زاده، مهندس خوشنویس، جیلان آذرسا، خانم مهندس علیزاده و تعدادی از پرسنل باغ گیاه‌شناسی ملی ایران همکاری داشتند که از همگی آنان قدردانی می‌شود.

منابع

۱- بردبار، ک.، ۱۳۸۳. بررسی توان ذخیرهٔ کربن در جنگلکاری‌های اکالیپتوس و آکاسیای استان فارس. رسالهٔ دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۵۸ صفحه.

۲- بی‌نام، ۱۳۹۰. باغ گیاه‌شناسی ملی ایران. انتشارات مؤسسهٔ تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، ۶۳ صفحه.

۳- پناهی، پ.، زبیری، م.، حسینی، س.م. و مخدوم، م.، ۱۳۸۲. تعیین مناسب‌ترین روش آماربرداری در جنگلداری شهری. مجلهٔ منابع طبیعی ایران، ۵۶(۳): ۲۰۰-۱۹۱

۴- پناهی، پ.، ۱۳۸۶. بررسی کمی و کیفی قطعهٔ خزر باغ گیاه‌شناسی ملی ایران در راستای مدیریت بهینهٔ آن. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ۷۸ صفحه.

۵- پناهی، پ.، پورهاشمی، م. و حسنی‌نژاد، م.، ۱۳۹۰. برآورد زیتوده و ذخیرهٔ کربن برگ گونهٔ بنه در باغ گیاه‌شناسی ملی ایران، مجلهٔ جنگل ایران، ۳(۱): ۱۲-۱

۶- جلیلی، ع. و جم‌زاد، ز.، ۱۳۸۸. تجربهٔ راهبردی در طراحی منظر و فضای سبز در ایران (برداشتی از باغ گیاه‌شناسی ملی ایران). انتشارات مؤسسهٔ تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، ۴۰۶ صفحه.

Archive of SID
www.SID.ir

۷- خادمی، ا.، بابایی‌کفایی، س. و متاجی، ا.، ۱۳۸۸. بررسی مقدار زیتوده و ارتباط آن با عوامل فیزیوگرافی و خاک در جنگل‌های شاخه‌زاد بلوط (مطالعهٔ موردی: جنگل‌های منطقهٔ اندبیل خلخال). مجلهٔ جنگل ایران، ۱(۱): ۶۷-۵۷

۸- خلدبرین، ع.، ۱۳۷۴. فضای سبز، جنگلداری شهری- تغییر دیدگاه-ها، فصلنامهٔ فضای سبز، ۳(۹ و ۱۰): ۴۳-۴۰

۹- سهرابی، ه. و شیروانی، ا.، ۱۳۹۱. معادلات آلومتریک برای برآورد زی‌تودهٔ روی زمین بنه (*Pistacia atlantica* var. *mutica*) در پارک ملی خجیر. مجلهٔ جنگل ایران، ۴(۱): ۶۴-۵۵

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

۱۱- فروزه، م.ر.، ۱۳۸۵. بررسی ترسیب کربن خاک و زی‌تودهٔ سرپای گونه‌های بوته‌ای غالب در منطقهٔ پخش سیلاب گربایگان فسا. پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۰۳ صفحه.

۱۲- فروزه، م.ر، حشمتی، غ.ع.، قنبریان، غ.ع. و مصباح، س.ح.، ۱۳۸۷. مقایسهٔ توان ترسیب کربن سه گونهٔ بوته‌ای گل آفتابی، سیاه‌گینه و درمنهٔ دشتی در مراتع خشک ایران (مطالعهٔ موردی: دشت گربایگان فسا)، محیط‌شناسی، ۴۶: ۷۲-۶۵.

13- Brown, S., 1986. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. FAO Forestry Paper 134. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

14- Castro, I., Casado, M.A., Ramírez-Sanz, L., De Miguel, J.M., Costa, M. and Díaz, F., 1996. Fanciones de estimación de la biomasa aérea de varias species del matorral mediterráneo del centro de la península Ibérica. Orsis, 11: 107-116.

15 - Causton, D.R., 1985. Biometrical, structural and physiological relationships among tree parts. In: Cannell, M.G.R. and Jackson, J.E (eds.), Attributes of trees as crop plants. Institute of Terrestrial Ecology, Great Britain, pp: 137–159.

16- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D., Fölster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.P., Nelson, B.W., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B. and Yamakura, T., 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. Oecologia, 145: 87-99.

17- Ebuy, J., Lokombe, J.P., Ponette, Q., Sonwa, D. and Picard, N., 2011. Allometric equation for predicting abouveground biomass of three tree species. Journal of Tropical Forest Science, 23(2): 125-132.

18- Gheorghi, I.F., Biriş, I.A. and Valcu, C.M. 2010. Efficiency of different forest types in carbon storage depends on their internal structure. Acta Societatis Botanicorum Poloniae, 79(4): 325-332.

19- Fownes, J.H. and Harrington, R.A., 1992. Allometry of woody biomass and leaf area in five tropical multipurpose trees. Journal of Tropical Forest Science, 4(4): 317-330.

20- Geng, Y.B., Dong, Y.S. and Meng, W.Q., 2000. Progress of terrestrial carbon cycle studies. Advance in Earth Science, 19: 297-306.

21- INDUFOR, 2002. Assessing Forest Based carbon sinks in the Kyoto protocol Forest Management and Carbon sequestration. Discussion paper, 115 pp.

22- Komiyama, A., Poungparn, S. and Kato, S., 2005. Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. Journal of Tropical Ecology, 21:471-477.

23- Losi, C.J., Siccama, T.G., Condit, R. and Morales, J.E., 2003. Analysis of alternative methods for estimating carbon stock in young tropical plantations. Forest Ecology and Management, 184: 355-368.

24- Mascaro, j., Litton, C.M., Hughes, R.F., Uowolo, A. and Schnitzer, S.A., 2011. Minimizing Bias in Biomass Allometry: Model Selection and Log-Transformation of Data. Biotropica, 43(6): 649-653.

25- 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.

26- Medeiros, T.C.C. and Sampaio, E.V.S.B., 2008. Allometry of aboveground biomasses in mangrove species in Itamaraca´, Pernambuco, Brazil. Wetlands Ecological Management, 16: 32-330.

27- Méndez-Alonzo, R., López-Portillo, J. and Rivera-Monroy, V.H., 2008. Latitudinal Variation in Leaf and Tree Traits of the Mangrove *Avicennia germinans* (Avicenniaceae) in the Central Region of the Gulf of Mexico. Biotropica, 40(4): 449-456.

Archive of SID

www.SID.ir

28- Montagnini, F. and Porras, C., 1998. Evaluating the role of plantations as carbon sinks: an example of an integrative approach from the humid tropics. Environmental Management, 22(3): 459-470.

29- Nabiul Islam Khan, Md., Suwa, R. and Hagihara, A., 2005. Allometric relationships for estimating the aboveground phytomass and leaf area of mangrove Kandelia candel (L.) Druce trees in the Manko Wetland, Okinawa Island, Japan. Trees, 19: 266-272.

30- Návar, J., 2009a. Allometric equations for tree species and carbon stocks for forests of north western Mexico, Forest Ecology and Management, 257(2): 427-434.

31- Návar, J. 2009b. Biomass component equations for Latin American species and groups of species. Annals of Forest Science 66: 208-216.

32- Návar, J. 2010. Measurement and assessment methods of forest aboveground biomass: A literature review and the challenges ahead. In: Momba, M. and Bux, F. (eds.), Biomass, Sciyo, Croatia, pp. 202.

33- NAST (National Assessment Synthesis Team), 2000. US global change research program (USGCRP), climate change impacts on the United States: the potential consequences of climate variability and change. Overview Report, Cambridge University Press, New York.

34- Nelson, B.W., Mesquita, R., Periera, L.G., De Souza, S.G.A., Teixeira Batista, G. and Bovino Couto, L., 1999. Allometric regressions for improved estimate of secondary forest biomass in the central Amazon. Forest Ecology and management, 117: 149-167.

35- Niklas, K.J., 1994. Plant allometry: the scaling of form and process. University of Chicago Press, USA, 395 pp.

36- Ong, J.E., Gong, W.K. and Wong, C.H., 2004. Allometry and partitioning of the mangrove, *Rhizophora apiculata*. Forest Ecology and Management, 188: 395-408.

37- Onrizal, Kusmana, C., Mansor, M. and Hartono, R., 2010. Allometric biomass and carbon stock equations of planted *Eucalyptus grandis* in Toba Plateau, North Sumatra. International seminar research on plantation forests: challenges and opportunities, IPB International Convention Centre, Bogor, Indonesia, 6 pp.

38- Oyonarte, P.B. and Cerrillo, R.M.N., 2003. Aboveground phytomass models for major species in shrub ecosystems of western Andalisia, Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, 12(3): 47-55.

39- Peters, R.H. 1983. The ecological implications of body size. Cambridge University Press, UK, 345 pp.

40- Petit, J.R., Jouzel, J., Raynaud, D., Barkov, N.I., Barnola, J.M., Basile, I., Bender, M., Chappellaz, J., Davis, M., Delaygue, G., Delmotte,M., Kotlyakov, V.M., Legrand, M., Lipenkov, V.Y., Lorius, C., PÉpin, L., Ritz, C., Saltzman, e. and Stievenard, M., 1999. Climate and atmospheric history of past 420000 years from the Vostock ice core, Antarctica, Nature, 399: 429-436.

41- Scott**,** N.A., Tate, K.R., Giltrap, D., Wilde, H.R. and Davis, M., 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.

42- Smith, T.J. III, Whelan, K.R.T., 2006. Development of allometric relations for three mangroves for use in the Greater Everglades Ecosystem restoration. Wetlands Ecology and Management, 14: 4 09-419

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

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

Archive of SID

www.SID.ir

Allometric equations of leaf biomass and carbon stocks of oaks in National Botanical Garden of Iran

Panahi P.[1], Pourhashemi M.[2] and Hasaninejad M.[1]

[1] **Botany Research Division, Research Institute of Forests & Rangelands, Tehran, I.R. of Iran**

[2] **Forest Research Division, Research Institute of Forests & Rangelands, Tehran, I.R. of Iran**

Abstract

This research was carried out in Zagros Collection of National Botanical Garden of Iran, with an area of 3.2 ha. The objective of this research was to calculate the best allometric models for estimation of leaf biomass and carbon stock of oak species (*Quercus brantii*, *Q. infectoria* & *Q. libani*). Furthermore, we estimate the leaf carbon sequestration in studied species. For each species, 15 sample trees were selected, numbered and their quantitative variables measured. The leaves of a sector of the tree crown were picked off and after weighting, their dry weight were measured in laboratory. Enough quantity of leaves was burned in electrical kiln to calculate the carbon storage. Finally, amount of atmosphere CO_2 absorption was determined and allometric regressions were calculated using power regression model. Based on results, the mean of leaf biomass for *Q. brantii*, *Q. infectoria* & *Q. libani* were 282.1, 216.3 and 152.3 kg per hectare, respectively. In adition, the mean of leaf carbon stocks were 140.2, 107.3 and 75.6 kg per hectare, respectively. The best power regression model for *Q. brantii* and *Q. infectoria* was resulted from DBH variable, while the mean of crown diameter had the main role in *Q. libani*.

Key words: Allometry, National Botanical Garden of Iran, oak, leaf biomass, carbon sequestration.

Archive of SID

www.SID.ir