

## روابط آلومتریک به منظور برآورد زیتوده چهار گونه صنوبر در استان چهارمحال و بختیاری

محمد کاظم پارساپور<sup>۱</sup>، هرمز سهرابی<sup>۲\*</sup>، علی سلطانی<sup>۳</sup> و یعقوب ایرانمنش<sup>۴</sup>

hsorabi@modares.ac.ir :

// :

/ / :

## چکیده

اندوخته شدن کربن در زیتوده گیاهی ساده‌ترین و به لحاظ اقتصادی عملی‌ترین راهکار برای کاهش دی‌اکسید کربن اتمسفری است. تحقیق حاضر در مورد چهار گونه صنوبر کاشته‌شده در ایستگاه تحقیقات صنوبر بلداجی واقع در استان چهارمحال و بختیاری انجام شده است. این چهار گونه شامل دو گونه بومی استان یعنی *Populus alba* و *P. nigra* و دو هیبرید *P. alba* × *P. euphratica* و *P. euphratica* × *P. alba* هستند. نمونه‌برداری از درختان به صورت تصادفی به تعداد ۱۰ اصله درخت برای هر گونه (مجموعاً ۴۰ اصله) انجام شد. مشخصات درختان سرپا شامل قطر برابر سینه، ارتفاع و قطر تاج اندازه‌گیری و بعد درختان قطع شدند. اجزای مختلف درخت به تفکیک، خشک و توزین گردیدند. با استفاده از تحلیل رگرسیون غیرخطی، زیتوده اندام‌های مختلف در مقابل متغیرهای مستقل مدل‌سازی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که روابطی قوی برای برآورد میزان زیتوده همه قسمت‌های درخت در هر یک از گونه‌ها قابل ایجاد است. در گونه‌های *P. alba* و *P. alba* × *P. euphratica* به ترتیب متغیر مستقل قطر برابر سینه، در مقابل تمام متغیرهای وابسته (با ضریب تبیین ۰/۹۵) و تنه اصلی در مقابل پوست تنه اصلی (با ضریب تبیین ۰/۸۶)، مدل‌هایی را با دقت بسیار خوب ارائه نمودند؛ ولی در برابر سایر متغیرهای وابسته، مدل‌هایی با دقت متوسط ارائه گردید. این در حالیست که در گونه‌های *P. nigra* و *P. alba* × *P. euphratica*، متغیر مستقل قطر برابر سینه، به هیچ وجه روابط خوبی به دلیل چندشاخگی تنه اصلی در ارتفاع برابر سینه ارائه نداد؛ اما برای این دو گونه، روابطی قوی در برآورد زیتوده برای قسمت‌های مختلف درخت به‌ویژه قسمت‌های چوبی بر اساس قطر تاج (با ضریب تبیین ۰/۸۸) بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: کربن، ارتفاع، قطر، تاج، رگرسیون، پوست

## مقدمه

گیاهان سبز به‌ویژه درختان به وسیله فرایند فتوسنتز، دی‌اکسید کربن اتمسفر را طی مراحل چرخه کالوین (Calvin cycle)، به مولکولهای قند تبدیل کرده و از این قند در ساخت زیتوده به صورت ریشه، ساقه، برگ و میوه استفاده می‌کنند (Moghaddam, 2001). این اندوخته کربن ساده‌ترین و به لحاظ اقتصادی، عملی‌ترین راهکار

ممکن برای کاهش دی‌اکسید کربن اتمسفری است (William, 2002). از مجموع ۱۸۱۴ بلیون تن کربن ذخیره شده در تمام اکوسیستم‌های زمینی، جنگل‌ها بیشترین مقدار (۱۰۸۸ بلیون تن) را به شکل درختان زنده، لاشبرگ، کربن خاک و محصولات چوبی ذخیره می‌کنند (Huang & Kronrad, 2001). به واسطه اثر جنگلکاری، احیا و رشد جنگل، سالیانه در حدود ۱ گیگا

سطح مقطع شاخه‌ها با زیتوده برگ وجود دارد. مطالعاتی از این دست در مناطق حاره نیز برای پیش‌بینی و اندازه‌گیری میزان زیتوده درختان به فراوانی انجام شده‌است، حاصل آنها روابط آلومتریکی متعددی است که بر اساس متغیرهای مستقل ابعاد درختان استقرار یافته‌اند (Chave *et al.*, 2005, Komiyama *et al.*, 2005, Basuki *et al.*, 2009, Ebuy *et al.*, 2011, Cole & Ewel., 2006).

با وجود نیاز بالا، فقر تحقیقات آلومتری برای گونه‌های تندرشد با کاربری در زراعت چوب به چشم می‌خورد. یکی از پرارجاع‌ترین این تحقیقات مطالعه Fang *et al.* (2007) می‌باشد. در این تحقیق بیشترین همبستگی ذخیره کربن و زیتوده اندام‌های مختلف کلن‌های ۴ تا ۸ ساله صنوبر با تراکم‌های متفاوت در چین، با قطر برابر سینه به دست آمد. در ایران نیز، مطالعات آلومتریکی چندانی برای گونه‌های سریع‌الرشد به‌ویژه گونه‌های صنوبرانجام نشده است ولی در مورد گونه‌های دیگر پژوهش‌های دیگری مانند Bordbar & Mortazavi (2006) در خصوص برآورد قابلیت ذخیره کربن در جنگلکاری‌های اکالیپتوس و آکاسیا در مناطق غربی استان فارس، Adl (2007) در زمینه برآورد زیتوده و شاخص سطح برگ دو گونه عمده جنگل‌های زاگرس، بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) و بنه (*Pistacia mutica*) در جنگل‌های یاسوج، ارزیابی توان ترسیب کربن درختان موجود در دو توده خالص و ناخالص (آمیخته) در جنگل خیرود توسط Kabiri (2008)، بررسی زیتوده و ارتباط آن با عوامل فیزیوگرافی و خاک توسط Khademi *et al.* (2009) در مورد درختان شاخه‌زاد بلوط اوری (*Q. macranthera*) در جنگل اندبیل خلخال انجام شده است.

همچنین، Panahi *et al.* (2011) در مطالعه خود در باغ گیاه‌شناسی ملی ایران، زیتوده و ذخیره کربن برگ و نیز

تن کربن در اندام‌های گیاهی و خاک ذخیره می‌گردد (Pandey & Narayan, 2002).

برآورد زیتوده برای تشخیص ساختار جنگل مهم بوده و به‌عنوان یک شاخص مهم برای ارزیابی رویشگاه از نظر بیواکولوژیکی و اقتصادی در نظر گرفته می‌شود (Cole & Ewel, 2006). دقیق‌ترین شیوه برای تخمین زیتوده درخت، روشی است که در آن درخت را قطع و آن را به تفکیک اندام‌ها تقسیم، خشک و توزین می‌نمایند (Basuki *et al.*, 2009). اما این روش به دلیل دشواری و هزینه زیاد و نیز عدم تطابق آن با ضوابط زیست‌محیطی چندان مطلوب نیست. در بین روش‌های موجود برای برآورد زیتوده درخت، روش‌هایی نیز وجود دارند که معایب روش قطع کامل را ندارند و تخریب کمتری را سبب می‌شوند. یکی از این روش‌ها که در این تحقیق نیز به آن پرداخته شده است، روش استفاده از روابط آلومتریکی (Allometric equations) است که رابطه‌ای بین وزن و اندازه هر یک از اندام‌هاست (Anonymous, 2005).

روابط آلومتریکی ابزاری برای برآورد وزن کل درخت و یا اندام‌های درخت از طریق متغیرهای مستقلی مانند قطر برابر سینه و یا ارتفاع است که در توده قابل اندازه‌گیری هستند (Komiyama *et al.*, 2008). روابط آلومتریکی در واقع معادلات رگرسیونی‌ای هستند که بطور مستقیم اندازه‌گیری‌هایی نظیر قطر و گاهی ارتفاع را به زیتوده کل درخت تبدیل می‌کنند (Losi *et al.*, 2003). به‌عنوان مثال Williams & Gresham (2006) در بررسی روابط موجود بین شاخص‌های کمی درخت، شامل قطر برابر سینه، سطح مقطع، ارتفاع تاج، قطر ابتدای تاج، قطر در فواصل یک متری تنه، طول و سطح مقطع شاخه با زیتوده برگ گونه کاج تدا (*Pinus taeda*) و عنبر سائل (*Liquidambar styraciflua*)، نشان دادند که همبستگی خوبی بین شاخص‌های قطر برابر سینه و

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات صنوبر و درختان سریع‌الرشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان انجام شد. ایستگاه در ۵ کیلومتری شهر بلداجی از توابع شهرستان بروجن در استان چهارمحال و بختیاری و در طول جغرافیایی شرقی ۷: ۶: ۵۱° و عرض جغرافیایی شمالی ۱/۷: ۵۵: ۳۱° قرار گرفته است. متوسط بارندگی سالیانه ۷۰۰-۶۰۰ میلی‌متر و دمای متوسط ایستگاه ۱۱ درجه سانتیگراد بوده و ارتفاع از سطح دریای آن ۲۲۶۰ متر می‌باشد (Talebi et al., 2008).

این پژوهش در مورد چهار گونه صنوبر کاشته شده در ایستگاه تحقیقات بلداجی انجام شد. این ۴ گونه شامل دو گونه بومی استان یعنی *P. alba* و *P. nigra* و دو هیبرید *P. euphratica* × *P. alba* و *P. alba* × *P. euphratica* بودند. تفاوت دو هیبرید اخیر در تحقیق (Jafari Mofidabadi et al., 1998) تشریح شده است. گونه‌ها در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۸۴ کشت شده بودند. دو گونه دورگ موجود در این تحقیق، با استفاده از روش درون شیشه‌ای نجات رویان، مورد کشت قرار گرفتند. در این روش تولید گیاهچه از جنین‌ها بین ۷۵ تا ۹۰ درصد بود (Jafari Mofidabadi et al., 1998).

### روش مطالعه

در این تحقیق، برای برآورد زیتوده و میزان کربن موجود در اندام‌های گیاهی و بعد استقرار روابط آلومتریکی، چهار گونه دست‌کاشت صنوبر شامل *P. alba*، *P. nigra*، *P. alba* × *P. euphratica* و *P. euphratica* × *P. alba* انتخاب گردید. ابتدا مشخصات تمام درختان سرپا شامل قطر برابر سینه، ارتفاع، طول درخت، طول و

روابط آلومتریکی گونه بینه (*Pistacia atlantica*) را بررسی کردند. در بررسی روابط آلومتریکی پس از تعیین روابط رگرسیونی مناسب مشخص شد که متغیر قطر متوسط تاج، تأثیرگذارترین متغیر بر زیتوده برگ و ذخیره کربن برگ است. (Bakhtiarvand Bakhtiari (2011) روابط آلومتریکی را برای برآورد اندوخته کربن و زیتوده دو گونه سوزنی-برگ و دو گونه پهن‌برگ در جنگل‌کاری‌های اطراف کارخانه فولاد مبارکه اصفهان، به کار برده و بیان کرد که روابط آلومتری برای گونه افاقیا کمترین ضریب همبستگی (۰/۸۹) و برای گونه توت بیشترین ضریب (۰/۹۹) را دارد. (Sohrabi & Shirvani (2012) برای برآورد زیتوده تاج و تنه درختان بینه در پارک ملی خجیر معادلات آلومتریکی را با مدل‌های توانایی و نمایی تحلیل نمودند. آنها مدل توانی را پیشنهاد نموده و به این نتیجه رسیدند که برآورد زیتوده بینه به کمک معادلات آلومتریکی با دقت بالایی ممکن است.

صنوبر به عنوان گونه‌ای تندرشد از جمله درختانی است که به دلیل دارا بودن صفاتی مانند قدرت تولید جست فراوان، نیاز به مراقبت کم، دامنه اکولوژیکی به نسبت زیاد، امکان دورگ‌گیری، دوره بهره‌برداری کوتاه مدت و ... می‌تواند با کاهش فشار برداشت چوب نقش بسیار مهمی در حفظ و صیانت از عرصه‌های جنگلی کشور ایفا نماید و در عین حال زیتوده زیادی در مدت زمانی کوتاه تولید کند. استان چهارمحال و بختیاری به دلیل وجود منابع آبی فراوان و اراضی مناسب حاشیه رودخانه‌ها، از مناطق مستعد برای توسعه کشت صنوبر محسوب می‌گردد. گونه بومی صنوبر در استان *Populus alba* بوده که نزدیک به ۵۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی استان را به خود اختصاص داده است (Talebi et al., 2008). هدف از تحقیق حاضر، ارائه روابط آلومتریکی برای برآورد زیتوده و اندوخته کربن چهار گونه صنوبر کاشته شده در ایستگاه تحقیقات درختان سریع‌الرشد بلداجی است.

### روابط آلومتریکی گونه *P. alba*

نتایج مدل‌سازی برای پیش‌بینی میزان زیتوده اندام‌های مختلف گونه *P. alba* در مقابل متغیرهای مستقل قطر برابر سینه، ارتفاع درخت و قطر تاج در جدول ۱ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهند که تمام مدل‌های به‌دست آمده بجز پنج مدل پیش‌بینی وزن زیتوده تنه اصلی، پوست تنه اصلی، شاخه، پوست شاخه و برگ در مقابل قطر تاج، معنی‌دار هستند. متغیر ارتفاع در تمامی موارد برای برآورد میزان زیتوده، مدل‌هایی با دقت متوسط (ضریب تبیین حدود ۰/۵۰) را ارائه می‌دهد. متغیر قطر تاج نیز در برابر دو متغیر زیتوده سرشاخه و پوست سرشاخه، مدل‌هایی با قابلیت پیش‌بینی خوب را ارائه می‌دهد ولی در برابر سایر متغیرهای وابسته، نتایج معنی‌دار نیستند. در کل مشاهده می‌شود که در گونه *P. alba*، متغیر قطر برابر سینه در تمامی موارد از سایر متغیرها بهتر بوده و مدل‌های قویتری را ارائه می‌دهد (ضرایب تبیین بین ۰/۷۸ - ۰/۹۴) (جدول ۱).

### روابط آلومتریکی گونه *P. alba* × *P. euphratica*

از بین ۲۴ مدل ایجاد شده برای پیش‌بینی میزان زیتوده در گونه *P. alba* × *P. euphratica*، ۱۲ مدل معنی‌دار نیستند که ۷ مدل از این مدل‌ها، پیش‌بینی‌های وزن زیتوده همه متغیرهای وابسته بجز متغیر تنه اصلی در مقابل متغیر مستقل ارتفاع درخت و ۴ مدل نیز مدل‌های پیش‌بینی وزن زیتوده تنه اصلی، پوست تنه اصلی، سرشاخه و پوست سرشاخه در برابر قطر تاج هستند و در نهایت یک مدل نیز پیش‌بینی وزن زیتوده سرشاخه در برابر قطر برابر سینه می‌باشد (جدول ۲). به‌طورکلی متغیر قطر برابر سینه در مقابل متغیرهای وابسته تنه اصلی و پوست تنه اصلی، مدل‌هایی با دقت بسیار خوب (با ضرایب تبیین به‌ترتیب ۰/۸۴ و ۰/۸۶) را ارائه می‌دهد ولی در برابر سایر متغیرهای وابسته، مدل‌هایی با دقت متوسط ارائه می‌کند.

عرض تاج اندازه‌گیری شد. سپس ۱۰ اصله درخت از هر گونه با پراکنش کافی در طبقات قطری به صورت تصادفی انتخاب و قطع شد.

در محل قطع، اجزای مختلف درخت شامل شاخه، پوست شاخه، سرشاخه، پوست سرشاخه، تنه، پوست تنه و برگ تفکیک شدند و با استفاده از ترازوی رقومی با دقت ۱۰ گرم توزین گردید. ملاک جداسازی شاخه‌های اصلی و سرشاخه‌ها، قطر آنها بود که برای شاخه‌های اصلی، قطر بیشتر از ۱ سانتیمتر و برای سرشاخه‌ها، قطر کمتر از ۱ سانتیمتر در نظر گرفته شد (Walle et al., 2001).

سپس از هریک از اجزای درخت، نمونه‌هایی گرفته شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه، نمونه‌ها درون آون با دمای ۸۰ درجه سانتیگراد تا رسیدن به وزن پایدار خشک و توزین شدند. پس از محاسبه وزن خشک، درصد ماده خشک موجود در نمونه‌ها محاسبه گردید و بعد وزن خشک هر اندام به‌دست آمد. از مجموع وزن خشک شاخه، سرشاخه و پوست این دو اندام، وزن خشک تاج به‌دست آمد. در این تحقیق، درصد کربنی که در ماده خشک هر یک از نمونه‌ها وجود دارد، به طور متوسط ۵۰٪ وزن خشک (زیتوده) نمونه‌ها در نظر گرفته شد (Fang et al., 1999). در مرحله بعد، روابط آلومتریکی با استفاده از تحلیل رگرسیون غیر خطی با مدل توانی ( $Y = aX^b$ ) که در آن،  $Y$  متغیر وابسته،  $X$  متغیر مستقل و  $a$  و  $b$  ضرایب رگرسیون هستند، به‌دست آمد. معنی‌دار بودن مدل آلومتریکی با تحلیل واریانس بررسی شد و برازش منحنی به روش حداقل مربعات انجام گردید. نرمال بودن باقیمانده‌های مدل نیز با آزمون کولموگروف-اسمیرونوف بررسی شد. تمام مراحل در محیط نرم‌افزار SPSS 17 انجام شد.

### نتایج

سایر متغیرها در برآورد میزان زیتوده مدل‌های بهتری را ایجاد می‌نماید (جدول ۳). متغیر قطر برابر سینه در این گونه، برای هیچکدام از متغیرهای وابسته نمی‌تواند مدلی با پارامترهای دقیق را ارائه نماید. متغیر ارتفاع نیز در رابطه با سه متغیر برگ، تنه اصلی و پوست تنه اصلی، مدل‌هایی با دقت متوسط را ایجاد می‌کند (با ضرایب تبیین به ترتیب ۰/۴۹، ۰/۴۷ و ۰/۴۸) ولی در مقابل سایر متغیرها مدل خوبی را نشان نمی‌دهد.

متغیر قطر تاج نیز در برابر تاج، برگ، شاخه و پوست شاخه، مدل‌هایی با دقت متوسط را ایجاد نمود.

### روابط آلومتریک گونه *P. euphratica* × *P. alba*

در مورد گونه *P. euphratica* × *P. alba* تنها ۸ مدل معنی‌دار بودند. نتایج جدول ۳ بیانگر این مطلب است که تنها قطر تاج در برابر همه متغیرها بجز ۳ متغیر برگ، تنه اصلی و پوست تنه اصلی مدل‌هایی با دقت متوسط را ارائه داده است. پس می‌توان گفت که در کل قطر تاج از

جدول ۱ - نتایج مدل‌سازی زیتوده اندام‌های مختلف گونه *P. alba* در مقابل متغیرهای مستقل قطر برابر سینه به سانتیمتر (d)، ارتفاع درخت به متر (h) و قطر تاج درخت به متر (c)

متغیر وابسته	مدل آلومتریک	ضریب تعیین	اشتباه معیار	آماره F
زیتوده تاج	$y = ۸/۶۹d^{۳/۰۲}$	۰/۹۴۷	۰/۲۲۱	*** ۱۴۲/۲
	$y = ۸/۱۲h^{۳/۴۹}$	۰/۵۱۱	۰/۶۷۰	* ۸/۴
	$y = ۰/۱۷c^{۱/۷۹}$	۰/۴۵۳	۰/۷۰۹	* ۶/۶
زیتوده برگ	$y = ۱/۴۵d^{۳/۲۴}$	۰/۸۸۹	۰/۳۵۲	*** ۶۴/۳
	$y = ۲/۰۴h^{۳/۴۹}$	۰/۴۱۹	۰/۸۰۸	* ۵/۸
	$y = ۰/۲۵c^{۱/۴۷}$	۰/۲۵۰	۰/۹۱۷	ns ۲/۷
زیتوده پوست سرشاخه	$y = ۹/۷۰d^{۱/۹۶}$	۰/۸۱۸	۰/۲۸۵	*** ۳۵/۹
	$y = ۵/۵۰h^{۲/۵۷}$	۰/۵۷۱	۰/۴۳۸	* ۱۰/۶
	$y = ۰/۱۴c^{۱/۴۶}$	۰/۶۲۳	۰/۴۱۰	** ۱۳/۲
زیتوده سرشاخه	$y = ۷/۸۱d^{۲/۲۸}$	۰/۸۰۵	۰/۳۴۶	*** ۳۳/۰
	$y = ۵/۲۷h^{۲/۸۳}$	۰/۵۰۴	۰/۵۵۲	* ۸/۱
	$y = ۰/۰۳c^{۱/۸۰}$	۰/۶۸۶	۰/۴۳۹	** ۱۷/۵
زیتوده پوست شاخه	$y = ۰/۰۵d^{۴/۴۷}$	۰/۸۹۷	۰/۴۶۶	*** ۶۹/۹
	$y = ۰/۰۸h^{۴/۸۳}$	۰/۴۲۵	۱/۱۰۳	* ۵/۹
	$y = ۰/۰۰۲c^{۲/۱۷}$	۰/۲۸۹	۱/۲۲۷	ns ۳/۳
زیتوده شاخه	$y = ۰/۰۲d^{۵/۲۴}$	۰/۸۸۸	۰/۵۷۲	*** ۶۳/۷
	$y = ۰/۰۴h^{۵/۶۴}$	۰/۴۱۷	۱/۳۰۸	* ۵/۷
	$y = ۸/۶۹c^{۲/۰۲}$	۰/۲۶۸	۱/۴۶۵	ns ۲/۹
زیتوده پوست تنه اصلی	$y = ۰/۰۴d^{۱/۶۲}$	۰/۷۸۸	۰/۲۶۰	** ۲۹/۷

** ۱۳/۱	۰/۳۴۸	۰/۶۲۱	$y = ۰/۰۲h^{۲/۲۶}$	زیتوده تنه اصلی
ns ۲/۳۵۹	۰/۴۹۶	۰/۲۲۸	$y = ۰/۱۶c^{۰/۷۵}$	
*** ۶۸/۸	۰/۲۱۷	۰/۸۹۶	$y = ۰/۰۷d^{۲/۰۶}$	
** ۱۸/۲	۰/۳۷۱	۰/۶۹۵	$y = ۰/۰۳h^{۲/۸۵}$	
ns ۵/۱	۰/۵۲۶	۰/۳۸۷	$y = ۰/۰۰۶c^{۱/۱۶}$	

\* معنی داری با ۹۵ درصد اطمینان، ns معنی دار نبودن

\*\*\* معنی داری با ۹۹/۹ درصد اطمینان، \*\* معنی داری با ۹۹ درصد اطمینان،

جدول ۲- نتایج مدل سازی زیتوده اندام های مختلف گونه *P. alba* × *P. euphratica* در مقابل متغیرهای مستقل قطر برابر سینه به سانتیمتر (d)، ارتفاع درخت به متر (h) و قطر تاج درخت به متر (c)

متغیر وابسته	مدل آلومتریک	ضریب تعیین	اشتباه معیار	آماره F
زیتوده تاج	$y = ۲۰/۶۲d^{۲/۶۴}$	۰/۵۳۲	۰/۷۷۸	* ۹/۱
	$y = ۵۰۲/۸۵h^{۱/۲۱}$	۰/۰۴۲	۱/۱۱۴	ns ۰/۳
	$y = ۳/۳۷c^{۱/۳۶}$	۰/۴۶۳	۰/۸۳۴	* ۶/۹
زیتوده برگ	$y = ۵/۲۳d^{۲/۶۹}$	۰/۶۰۴	۰/۶۸۷	*** ۱۲/۲
	$y = ۹۷/۸۲h^{۱/۴۲}$	۰/۰۶۲	۱/۰۵۸	ns ۰/۵
	$y = ۱/۸۸c^{۱/۲۳}$	۰/۴۱۱	۰/۸۳۸	* ۵/۶
زیتوده پوست سرشاخه	$y = ۳/۱۰d^{۲/۴۵}$	۰/۴۲۵	۰/۸۹۷	* ۵/۹
	$y = ۳۴/۷۴h^{۱/۴۲}$	۰/۰۵۳	۱/۱۵۱	ns ۰/۴
	$y = ۰/۵۱c^{۱/۲۸}$	۰/۳۸۰	۰/۹۳۱	ns ۴/۹
زیتوده سرشاخه	$y = ۴/۹۱d^{۲/۳۸}$	۰/۳۷۵	۰/۹۷۰	ns ۴/۸
	$y = ۷۵/۶۲h^{۱/۱۸}$	۰/۰۳۴	۱/۲۰۶	ns ۰/۳
	$y = ۰/۶۰c^{۱/۳۱}$	۰/۳۶۹	۰/۹۷۴	ns ۴/۷
زیتوده پوست شاخه	$y = ۳/۶۱d^{۲/۴۹}$	۰/۴۵۹	۰/۸۵۲	* ۶/۸
	$y = ۲۴۷/۹h^{۰/۵۰}$	۰/۰۰۷	۱/۱۵۵	ns ۰/۱
	$y = ۰/۲۰c^{۱/۵۰}$	۰/۵۴۴	۰/۷۸۳	* ۹/۵
زیتوده شاخه	$y = ۵/۳۱d^{۲/۷۰}$	۰/۴۹۳	۰/۸۶۱	* ۷/۸
	$y = ۲۷۲/۰۴h^{۰/۸۸}$	۰/۰۲۰	۱/۱۹۸	ns ۰/۲
	$y = ۰/۴۱c^{۱/۵۱}$	۰/۵۰۸	۰/۸۴۹	* ۸/۲۴۸
زیتوده پوست تنه اصلی	$y = ۰/۰۳d^{۱/۸۴}$	۰/۸۶۸	۰/۲۲۶	*** ۵۲/۷
	$y = ۰/۱۱h^{۱/۳۷}$	۰/۲۷۸	۰/۵۶۵	ns ۱/۷
	$y = ۰/۰۳c^{۰/۶۹}$	۰/۳۹۶	۰/۴۸۴	ns ۵/۲
زیتوده تنه اصلی	$y = ۰/۱۵d^{۱/۷۷}$	۰/۸۴۰	۰/۲۴۳	*** ۴۱/۹
	$y = ۰/۱۲h^{۲/۰۸}$	۰/۴۳۰	۰/۴۵۹	* ۶/۰
	$y = ۰/۱۹c^{۰/۶۴}$	۰/۳۶۷	۰/۴۸۴	ns ۴/۷

\* معنی داری با ۹۵ درصد اطمینان، ns معنی دار نبودن

\*\*\* معنی داری با ۹۹/۹ درصد اطمینان، \*\* معنی داری با ۹۹ درصد اطمینان،

جدول ۳- نتایج مدل سازی زیتوده اندام های مختلف گونه *P. euphratica* × *P. alba* در مقابل متغیرهای مستقل قطر برابر سینه به سانتیمتر (d)، ارتفاع درخت به متر (h) و قطر تاج درخت به متر (c)

متغیر وابسته	مدل آلومتریک	ضریب تعیین	اشتباه معیار	آماره F
زیتوده تاج	$y = 1938 d^{0.14}$	۰/۰۲۰	۰/۶۲۳	ns ۰/۲
	$y = 99.77h^{1.99}$	۰/۳۳۹	۰/۵۱۲	ns ۴/۱
	$y = 0.56c^{1.06}$	۰/۵۶۷	۰/۴۱۴	* ۱۰/۵
زیتوده برگ	$y = 648.08d^{1.16}$	۰/۰۴۵	۰/۴۵۰	ns ۰/۴
	$y = 3.61h^{3.41}$	۰/۴۹۴	۰/۲۹۳	* ۸/۰
	$y = 3.0.66c^{0.62}$	۰/۱۶۸	۰/۴۲۱	ns ۱/۶
زیتوده پوست سرشاخه	$y = 135.5d^{1.15}$	۰/۰۰۸	۱/۰۴۴	ns ۰/۱
	$y = 2.49h^{2.63}$	۰/۲۱۴	۰/۹۳۰	ns ۲/۲
	$y = 0.003c^{2.49}$	۰/۵۱۸	۰/۷۲۸	* ۸/۶
زیتوده سرشاخه	$y = 281.13d^{1.14}$	۰/۰۰۶	۱/۰۶۹	ns ۱/۱
	$y = 5.03h^{2.63}$	۰/۲۰۵	۱/۹۵۶	ns ۲/۱
	$y = 0.002c^{2.68}$	۰/۵۷۲	۰/۷۰۲	* ۱۰/۷
زیتوده پوست شاخه	$y = 165.5d^{1.24}$	۰/۰۲۷	۱/۹۰۱	ns ۰/۱
	$y = 2.86h^{2.77}$	۰/۳۱۴	۰/۷۵۷	ns ۳/۷
	$y = 0.001c^{2.28}$	۰/۵۷۱	۰/۵۹۸	* ۱۰/۶
زیتوده شاخه	$y = 493.3d^{1.17}$	۰/۰۱۴	۰/۹۰۲	ns ۰/۱
	$y = 6.22h^{2.89}$	۰/۳۴۳	۰/۷۳۶	ns ۴/۲
	$y = 0.005c^{2.19}$	۰/۵۳۴	۰/۶۲۰	* ۹/۲
زیتوده پوست تنه اصلی	$y = 0.64d^{1.15}$	۰/۰۶۱	۰/۳۷۰	ns ۰/۵
	$y = 0.08h^{1.43}$	۰/۴۸۳	۰/۲۷۴	* ۷/۵
	$y = 0.03c^{2.58}$	۰/۲۱۰	۰/۳۳۹	ns ۲/۱
زیتوده تنه اصلی	$y = 2.9d^{1.11}$	۰/۰۳۱	۰/۴۰۱	ns ۰/۳
	$y = 0.30h^{1.53}$	۰/۴۷۹	۰/۲۹۴	* ۷/۴
	$y = 0.32c^{1.45}$	۰/۱۱۲	۰/۳۸۴	ns ۱/۰

\*\*\* معنی داری با ۹۹/۹ درصد اطمینان، \* معنی داری با ۹۹ درصد اطمینان، \* معنی داری با ۹۵ درصد اطمینان، ns معنی دار نبودن

همه متغیرهای وابسته در مقابل متغیر مستقل قطر برابر سینه هستند. پس می توان گفت که قطر برابر سینه، مدل های پیش بینی وزن زیتوده دقیقی (ضرایب تبیین بین ۰/۰۳-۰/۱۵) را ایجاد نمی کند. ۳ مدل نیز پیش بینی وزن

روابط آلومتریک گونه *P. nigra* در رابطه با این گونه این طور نتیجه گیری می شود که ۱۱ مدل از ۲۴ مدل پیش بینی میزان زیتوده موجود در اندام ها، معنی دار نیستند که ۸ مدل پیش بینی وزن زیتوده

تیین بین ۰/۵۳ - ۰/۸۷) (جدول ۴). برای این گونه نیز ابر نقاط و منحنی برازش برای برآورد زیتوده بخش‌های مختلف، مطابق شکل ۴ با استفاده از متغیرهای وابسته و مستقل رسم گردید (شکل ۴).

زیتوده برگ و سرشاخه و پوست سرشاخه در مقابل ارتفاع درخت هستند ولی در کل مدل‌های پیش‌بینی وزن زیتوده بقیه متغیرها در برابر ارتفاع درخت، مدل‌هایی با دقت متوسط هستند. در کل متغیر قطر تاج در تمامی موارد برای برآورد میزان زیتوده اندام‌ها، از سایر متغیرها بهتر بوده و مدل‌های قویتری را ارائه می‌دهد (با ضرایب

جدول ۴- نتایج مدل‌سازی زیتوده اندام‌های مختلف گونه *P. nigra* در مقابل متغیرهای مستقل قطر برابر سینه به سانتیمتر (d)، ارتفاع درخت به متر (h) و قطر تاج درخت به متر (c)

متغیر وابسته	مدل آلومتریک	ضریب تعیین	اشتباه معیار	آماره F
زیتوده تاج	$y = ۵۴۶۰d^{-۰/۰۹}$	۰/۰۰۳	۰/۴۳۲	ns ۰/۰
	$y = ۳۹۹/۰۲h^{۱/۷۴}$	۰/۴۰۱	۰/۳۳۴	* ۵/۴
	$y = ۰/۲۵c^{۱/۹۱}$	۰/۸۰۷	۰/۱۹۰	*** ۳۳/۴
زیتوده برگ	$y = ۱۲۷۴/۹d^{-۱/۱۵}$	۰/۰۱۲	۰/۳۵۶	ns ۰/۱
	$y = ۱۵۵h^{۱/۳۱}$	۰/۳۳۴	۰/۲۹۲	ns ۴/۰
	$y = ۱/۰۸c^{۱/۳۲}$	۰/۵۶۹	۰/۲۳۵	* ۱۰/۵
زیتوده پوست سرشاخه	$y = ۳۱۱۶/۹d^{-۱/۴۳}$	۰/۱۴۷	۰/۸۶۰	ns ۱/۴
	$y = ۵۴/۴۵h^{۱/۳۸}$	۰/۰۵۴	۰/۹۰۵	ns ۰/۵
	$y = ۰/۰۰۰۰۱c^{۴/۲۷}$	۰/۸۷۲	۰/۳۳۲	*** ۵۴/۷
زیتوده سرشاخه	$y = ۳۹۶۸/۴d^{-۱/۳۴}$	۰/۱۵۰	۰/۷۹۴	ns ۱/۴
	$y = ۸۸/۱۵h^{۱/۳۰}$	۰/۰۵۷	۰/۸۳۷	ns ۰/۵
	$y = ۰/۰۰۰۰۱c^{۳/۹۷}$	۰/۸۷۹	۰/۳۰۰	*** ۵۷/۹
زیتوده پوست شاخه	$y = ۶۵۳/۸d^{۱/۱۷}$	۰/۰۰۹	۰/۴۶۲	ns ۰/۱
	$y = ۳۸/۵۲h^{۲/۱۶}$	۰/۵۳۹	۰/۳۱۵	* ۹/۴
	$y = ۰/۱۵c^{۱/۶۷}$	۰/۵۳۵	۰/۳۱۶	* ۹/۲
زیتوده شاخه	$y = ۱۳۹۳/۴d^{۱/۱۸}$	۰/۰۰۹	۰/۴۶۸	ns ۰/۱
	$y = ۷۹/۳۲h^{۲/۱۹}$	۰/۵۴۰	۰/۳۱۹	* ۹/۴
	$y = ۰/۲۴c^{۱/۷۳}$	۰/۵۶۲	۰/۳۱۱	* ۱۰/۳
زیتوده پوست تنه اصلی	$y = ۰/۵۲d^{۱/۱۲}$	۰/۰۰۷	۰/۳۵۹	ns ۰/۱
	$y = ۰/۰۶h^{۱/۵۶}$	۰/۴۶۶	۰/۲۶۳	* ۶/۹



** ۲۳/۰	۰/۱۸۳	۰/۷۴۲	$y = ۰/۰۰۰۲c^{۱/۵۲}$	زیتوده تنه اصلی
ns ۰/۳	۰/۵۲۹	۰/۰۰۰	$y = ۲/۳۱d^{۱/۰۳}$	
* ۷/۶	۰/۳۷۹	۰/۴۸۷	$y = ۰/۰۸h^{۲/۳۵}$	
** ۲۱/۶	۰/۲۷۵	۰/۷۳۰	$y = ۰/۰۰۰۰۲c^{۲/۲۲}$	

\*\*\* معنی داری با ۹۹/۹ درصد اطمینان، \*\* معنی داری با ۹۹ درصد اطمینان، \* معنی داری با ۹۵ درصد اطمینان، ns معنی دار نبودن

## بحث

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که همبستگی بالایی بین میزان زیتوده برای همه قسمت‌های درخت و متغیر مستقل قطر برابر سینه در گونه *P. alba*، وجود دارد که می‌توان علت را به شکل تنه این گونه مربوط دانست که نسبت به دیگر گونه‌ها، مستقیم و بدون چندشاخگی است. کشیدگی تنه این گونه کمتر تحت تأثیر شرایط محیط قرار می‌گیرد (Madejón et al. 2004) و نیز در گونه *P. alba × P. euphratica* متغیر مستقل قطر برابر سینه، در مقابل متغیرهای وابسته تنه اصلی و پوست تنه اصلی، مدل‌هایی با دقت بالا را ارائه می‌دهند ولی در برابر سایر متغیرهای وابسته، مدل‌هایی با دقت متوسط ارائه می‌کنند. به نظر می‌رسد طی مراحل تولید شیشه‌ای این هیبرید اثرپذیری آن از صفات مرتبط با کشیدگی تنه در گونه مادری *P. alba* بیشتر باشد. این مسئله را می‌توان به نزدیک بودن صفات مورفولوژیک این هیبرید به پایه مادری *P. alba* نسبت داد. تحقیقات نشان داده است که در فرایند دورگ-گیری، بیشترین صفات از پایه مادری به هیبرید منتقل می‌گردد (Jafari Mofidabadi et al., 1998).

در گونه‌های *P. nigra* و *P. alba × P. euphratica*، متغیر مستقل قطر برابر سینه، به هیچ وجه همبستگی بالایی را با اوزان خشک ارائه نمی‌دهد که این مسئله می‌تواند به دلیل تولید شاخه‌های جانبی فراوان در گونه *P. nigra* و چندشاخگی هیبرید *P. alba × P. euphratica* در اثر سرمازدگی بهاره و زمستانه باشد. این در حالیست که در این دو گونه، قطر تاج روابط خوب و دقیقی را در برآورد

میزان زیتوده برای همه قسمت‌های درخت به‌ویژه قسمت‌های چوبی ارائه می‌دهد.

این تحقیق همچنین نشان می‌دهد که اصولاً روابط ایجاد شده برای پیش‌بینی مقدار زیتوده در اندام‌های چوبی بسیار قویتر از روابطی است که برای پیش‌بینی مقدار زیتوده در اندام‌های غیر چوبی شامل برگ و سرشاخه‌ها ایجاد می‌شوند. در کل، برآورد میزان زیتوده برگ با دقتی که در برآورد میزان زیتوده تنه اصلی و زیتوده کل وجود دارد، مشکل است (Navar, 2009). دلیل این مشکل بودن برآورد، تغییرات زیاد زیتوده شاخ و برگ و وابستگی زیاد آن به شرایط رویشگاه است (Socha & Wezyk, 2007).

(Bakhtiarvand Bakhtiari 2011) روابط آلومتریک را برای برآورد اندوخته کربن و زیتوده دو گونه سوزنی‌برگ شامل کاج (*Pinus eldaica*) و سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica*) و دو گونه پهن‌برگ شامل توت (*Morus alba*) و افاقیا (*Robinia pseudoacacia*)، در جنگل‌کاری‌های اطراف کارخانه فولاد مبارکه اصفهان به کار برده، با هم مقایسه نموده و نتیجه‌گیری کرده است که در دو گونه سوزنی‌برگ، متغیر قطر برابر سینه و در دو گونه پهن‌برگ، دو متغیر قطر در ارتفاع ۰/۳ متری و ارتفاع، بیشترین همبستگی را با زیتوده درختی دارند. از آنجایی که درختان سوزنی‌برگی مانند کاج تنه صاف و کشیده‌ای دارند و تقریباً تنه آنها شبیه گونه‌های *P. alba × P. euphratica* و *P. alba* در این بررسی می‌باشد، می‌توان گفت که متغیر قطر برابر سینه بیشترین همبستگی را

رویشگاه و تعدیل کننده‌هایی نظیر ارتفاع، و تراکم چوب یا نسبت‌های عامل بسط بی‌نیاز کند.

Zewdie *et al.*, (2009) زیتوده بالای زمینی و روابط آلومتریکی را در جنگل‌های شاخه‌زاد کوهستان‌های مرکزی کشور اتیوپی به دست آوردند. داده‌های جمع‌آوری شده توسط آنها، از ۱۰ توده اکالیپتوس با دوره گردش کوتاه شاخه‌زاد بین ۱ تا ۹ سال بود. نتایج آنها نشان داد که زیتوده بالای زمینی دارای یک رابطه خطی با سن جست‌هاست و نیز گفتند که چوب تنه بیشترین مقدار ماده خشک را تشکیل می‌دهد. ترتیب اجزای درخت برای تولید زیتوده از زیاد به کم عبارتند از: چوب تنه، برگ، پوست تنه و شاخه. قطر تاج و ارتفاع درخت نیز دارای بیشترین میزان همبستگی با زیتوده بودند، از آنجا که درختان شاخه‌زاد در محل قطر برابر سینه چندشاخه هستند، با نتایج تحقیق ما در مورد گونه‌های *P. nigra* و *P. alba* مشاهده می‌شد همخوانی دارد. به‌طورکلی روابط آلومتریکی به‌دست آمده برای برآورد وزن خشک با استفاده از متغیر قطر برابر سینه برای دو گونه *P. alba* و *P. alba* × *P. euphratica* قویتر و گویاتر هستند ولی برای دو گونه دیگر یعنی *P. nigra* و *P. alba* × *P. euphratica* تأثیرگذار نبوده و دو متغیر ارتفاع کل درخت و قطر متوسط تاج برآورد دقیق‌تری از وزن خشک را ارائه می‌دهند. بنابراین از آنجا که معادلات آلومتریکی وابسته به رویشگاه بوده و ویژگی‌های گونه‌های مختلف با هم تفاوت دارند، لازم است این روابط برای گونه‌های مورد بررسی در این تحقیق در سایر رویشگاه‌ها نیز بدست آیند تا صحت و دقت آنها در برآورد زیتوده یا کربن موجود در اندام‌های درختان بررسی گردد.

#### منابع مورد استفاده

#### References

- Adl, H.R., 2007. Estimation of leaf biomass and leaf area index of two major species in Yasuj forests.

با زیتوده درختی در درختانی که تنه صاف و کشیده‌ای دارند، از خود نشان می‌دهد.

Fang *et al.* (2007) در تحقیق خود در چین، توان ذخیره کربن و زیتوده اندام‌های مختلف کلون‌های مختلف صنوبر ۴ تا ۸ ساله را به دست آوردند و نشان دادند که برای کلون *P. alba* ۴ تا ۶ ساله، قطر برابر سینه، بیشترین میزان همبستگی را با میزان زیتوده اندام‌های مختلف این گونه صنوبر دارد که با نتایج به‌دست آمده از این تحقیق در مورد گونه *P. alba*، همخوانی دارد. Cole & Ewel (2006) نیز در آزمایش خود در جنگل‌های تروپیکال به نتایج مشابهی دست یافتند که دلیل آن را به حساس بودن زیتوده برگ و سرشاخه به شرایط آب و هوایی، وجود حشرات گیاه‌خوار و رقابت درون خود گیاه ربط دادند. (Montagu *et al.* (2005) در تحقیق خود، استقرار روابط آلومتریکی عمومی (General Allometric Equations) برای برآوردهای منطقه‌ای ترسیب کربن را به همراه مثالی با استفاده از داده‌های برگرفته از گونه *Eucalyptus pilularis* که در هفت رویشگاه متفاوت کاشته شده بودند را مورد بررسی قرار دادند و به نتایج مشابهی از این نظر که قطر برابر سینه دارای رابطه خوبی برای برآورد زیتوده است، دست یافتند. امتحان مدل‌های وابسته به رویشگاه و روابط آن مشخص کرد که استفاده از قطر برابر سینه به عنوان متغیر پیش‌بینی کننده قویترین رابطه عام را برای ایجاد مدل‌های آلومتریکی ایجاد خواهد کرد. آنها نشان دادند که برای *E. pilularis* یک رابطه عمومی آلومتریکی با استفاده از قطر برابر سینه، تنها به عنوان متغیر پیش‌بینی کننده می‌تواند با دقت بیشتری نسبت به رابطه آلومتریکی وابسته به رویشگاه و با قابلیت کاربرد وسیع در محیط‌ها، رژیم‌های مدیریتی و سنین مختلف مورد استفاده قرار گیرد. این ساده سازی برآوردهای زیتوده روی زمین از طریق اندازه‌گیری‌های آماری می‌تواند ما را از روابط آلومتریکی وابسته به

- Komiyama, A., Ong, J.E. and Pongparn, S., 2008. Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*, 89(2): 128-137.
- Losi C.J., Siccama, T.G., Juan, R.C., and Morales, E., 2003. Analysis of alternative methods for estimating carbon stock in young tropical plantations. *Forest Ecology and Management*, 184: 355-368.
- Madejón, P., Marañón, T., Murillo, J.M. and Robinson, B., 2004. White poplar (*Populus alba*) as a biomonitor of trace elements in contaminated riparian forests. *Environmental Pollution* 132(1): 145-155.
- Moghaddam, M.R., 2001. Statistical and descriptive ecology of vegetation. Tehran University Press, 285 p.
- Montagu, K.D., Duttmer, K., Barton, C.V.M. and Cowie, A.L., 2005. Developing general allometric relationships for regional estimates of carbon sequestration- an example using *Eucalyptus pilularis* from seven contrasting sites, *Forest Ecology and Management*, 204: 113-127.
- Navar, J., 2009. Allometric equations and expansion factors for tropical dry forest trees of eastern Sinaloa, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10: 45-52.
- Panahi, P., Pourhashemi, M. and Hasaninejad, M., 2011. Estimation of leaf biomass and leaf carbon sequestration of *Pistacia atlantica* in National Botanical Garden of Iran. *Iranian Journal of Forest*, 3(1): 1-12.
- Pandey F. and Narayan, D., 2002. Global climate change and carbon management in multifunctional forests. *Current Science*, 83: 593-602.
- Socha, J. and Wezyk, P., 2007. Allometric equations for estimating the foliage biomass of Scots pine. *European Journal of Forest Research*, 126: 263-270.
- Sohrabi, H. and Shirvani, A., 2012. Allometric equations for estimating standing biomass of Atlantic Pistachio (*Pistacia atlantica* var. *mutica*) in Khojir National Park. *Iranian Journal of Forest*, 4(1): 55-64.
- Talebi, M., Modir Rahmati, A., Jahanbazi Gojani, H. and Haghghian, F., 2008. Final trial on adaptability of different poplar clones to introduce suitable ones for executive section. Final Report of Research, Agricultural and Natural Resource Research Center of Chaharmahal and Bakhtiari province, 43 p.
- Walle, I. V., Mussehe, S., Samson, R., Last, N. and Lemeur, R., 2001. The above- and below ground Carbon pools of tow mixed deciduous forest located in East-Flanders, Belgium. *Forest Science*, 58: 507-517.
- William, E., 2002. Carbon dioxide fluxes in a semiarid environment with high carbonate soils. *Agricultural and Forest Meteorology*, 116: 91-102.
- Williams, T.M. and Gresham, C.A., 2006. Biomass accumulation in rapidly growing loblolly pine and sweetgum, *Biomass and Bioenergy*, 30(4): 370-377.
- Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15(4): 417-426.
- Anonymous., 2005. Manual of biomass survey and analysis. Forestry Research and Development Agency & Japan International cooperation Agency, 23 p.
- Bakhtiarvand Bakhtiari, S., 2011. Assessment of Carbon estimation methods for conifers and broadleaves trees in Mobarake Steel plantation. MSc. thesis, Faculty of Natural Resources and Earth Science, Shahrekord University, I.R.Iran, 112 p.
- Basuki, T.M., Van Laake, P.E., Skidmore, A.K. and Hussin. Y.A., 2009. Allometric equations for estimation the above-ground biomass in tropical lowland Dipterocarp forests. *Forest Ecology and Management*, 257: 1684-1694.
- Bordbar, S.K., Mortazavi Jahromi, S.M., 2006. Carbon sequestration potential of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. and *Acacia salicina* Lindl. Plantation in western areas of Fars province. *Journal of Pajouhesh & Sazandegi*, 70: 95-103.
- Chave, J., Andalo, S., Brown, N. and Cairns, A., 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145: 87-99.
- Cole, T.G. and Ewel, J.J., 2006. Allometric equations for four valuable tropical tree species. *Forest Ecology and Management*, 229: 351-360.
- Ebuy, J., Lokombe, J., Ponette, P., Snwa, Q., and Picard, D., 2011. Allometric equations for predicting aboveground biomass of tree species. *Journal of Tropical Forest Science*, 23(2): 132-152.
- Fang, SH., Xu, X., Lu, SH. and Tang, L., 1999. Growth dynamics and biomass production in short-rotation poplar plantations: 6-year results for three clones at four spacings. *Biomass and Bioenergy*, 17(5): 415-425.
- 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(3): 672-679.
- Huang, C.H. and Kronrad, G.D., 2001. The cost of sequestration carbon on private forest lands. *Forest Policy and Economics*, 2: 133-142.
- Jafari Mofidabadi, A., Modir-Rahmati, A.R. and Tavesoli, A., 1998. Application of ovary and ovule culture in *Populus alba* L. and *P. euphratica* Oliv. hybridization. *Silvae Genetica*, 47: 5-6.
- Kabiri Koupaei, K., 2009. Comparison of carbon sequestration and its spatial pattern in the above ground woody compartment of a pure and mixed beech forest (case study: Gorazbon forest, north of Iran). PhD thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, 102 p.
- Khademi, A., Babaei, S. and Mataji, M., 2009. Investigation on the amount of biomass and its relationship with physiographic and edaphic factors in oak coppice stand (Case study Khalkhal, Iran). *Iranian Journal of Forest*, 1(1): 57-67.

Coppice plantations along a chronosequence in the central highlands of Ethiopia. Biomass and Bioenergy, 33: 421-428.

- Zewdie, M., Olsson, M., and Verwijst, T., 2009. Above-ground biomass production and allometric relations of *Eucalyptus globulus* Labill.

## Allometric equations for estimating biomass in four poplar species at Charmahal and Bakhtiari province

M. K. Parsapour<sup>1</sup>, H. Sohrabi<sup>2\*</sup>, A. Soltani<sup>3</sup> and Y. Iranmanesh<sup>4</sup>

<sup>1</sup>. MSc. Graduate, Department of Forest Science, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, ShahreKord University, ShahreKord, I.R. Iran.

<sup>2\*</sup> Corresponding author, Assistant Professor, Department of Forest Science, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Nour, I.R. Iran. Email: hsohrabi@modares.ac.ir.

<sup>3</sup>. Assistant Professor, Department of Forest Science, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, ShahreKord University, ShahreKord, I.R. Iran.

<sup>4</sup>. Senior Research Expert, Agricultural and Natural Resources Research Center of Chaharmahal and Bakhtiari Province, ShahreKord, I.R. Iran.

Received: 16.01.2012

Accepted: 18.05.2013

### Abstract

Carbon sequestration into plant biomass is an easiest and economically most practical way for dropping off CO<sub>2</sub> from atmosphere. The current study was made for four poplar species, consisting of two natives (*Populus alba* and *P. nigra*) and two exotics (*P. alba*×*euphratica* and *P. euphratica*×*alba*), planted at Boldaji Experimental Station in province of Charmahal and Bakhtiari of I.R. Iran. Tree sampling was made randomly (10 trees for each species). After measuring the tree's characteristics including diameter at breast height (dbh), total height and crown diameter, they were felled down to measure the dry weight of different organs, including: (whole tree, trunk, main branches, twigs, leaf and bark of twigs and branches). The regression analysis was applied to find out relationships between mass production and poplar characteristics and to develop different allometry models between different organs and their carbon sequestration ability. The results showed that there are significant correlations to predict biomass for the whole tree's organs at each species. The independent dbh values, in *Populus alba* and *P. alba*×*euphratica* demonstrated high correlation against all the dependent variables ( $R^2=0.95$ ). On the other hand, the main trunk weight was significantly correlated to bark weight ( $R^2=0.86$ ), showed high accurate models. In *P. nigra* and *P. euphratica* × *P. alba*, due to forked stems, dbh didn't prove any correlation with the tree's characteristics. At the same species, on the other hand, crown diameter was correlated to carbon sequestered amount on all portions of the trees ( $R^2=0.88$ ). The research showed also significant priority of woody organs in comparison to leaf and twigs, when the prediction of the carbon storage is scheduled.

**Key words:** Carbon sequestration, regression, height, diameter, crown, bark.