DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijfpr.2014.10667

فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۲ شماره ۲، صفحه ۲۲۴-۲۱۶، (۱۳۹۳)

تعیین معادله ضریب‌شکل تنه مناسب برای صنوبر دلتوئیدس (*Populus deltoides* Marsh) در ایستگاه تحقیقات البرز کرج

علی جهانی[۱]*، محسن کلاگری[۲]، علیرضا مدیررحمتی[۳] و رفعت‌الله قاسمی[۴]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار گروه علوم منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه محیط‌زیست، کرج، ایران. پست الکترونیک: Ajahani@ut.ac.ir

۲- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، ایران.

۳- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، ایران.

۴- مربی پژوهشیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۸

چکیده

صنوبر دلتوئیدس (*Populus deltoides* Marsh) ازنظر رشد و تولید چوب در واحد سطح نسبت به گونه‌های دیگر از وضعیت بهتری برخوردار است، ازاین‌رو می‌تواند به‌عنوان یکی از گونه‌های مهم در زراعت چوب، با هدف تولید و تأمین چوب موردنیاز صنایع کشور مورد استفاده قرار گیرد. در این تحقیق به‌منظور تعیین ضریب‌شکل حقیقی، تعداد ۴۰ اصله درخت انتخاب شد و متغیرهای طول تا دقت سانتی‌متر، قطر در محل نصف ارتفاع کل درخت (ارتفاع کنده و طول تنه افتاده)، قطر در محل ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ ارتفاع درخت و همچنین قطر بالایی هر بینه دومتری درخت تا قطر پنج سانتی‌متری ساقه در تمام درختان قطع‌شده اندازه‌گیری شد. سپس ضریب‌شکل حقیقی درخت محاسبه و با ضریب‌شکل طبیعی، ضریب‌شکل هوهه‌نادل و ضریب‌شکل مصنوعی مقایسه شد. نتیجه به‌دست‌آمده از مقایسه میانگین ضرایب‌شکل در طبقات قطری مختلف به‌روش تجزیه‌واریانس دوطرفه (ANOVA) نشان داد که بین میانگین ضریب‌شکل‌ها در طبقات قطری ۱۵ و ۲۵ سانتی‌متر با سایر طبقات قطری تفاوت معنی‌داری وجود دارد و به‌جز ضریب‌شکل مصنوعی درخت، سایر ضرایب‌شکل تفاوت معنی‌داری را با ضریب‌شکل حقیقی درخت نشان نمی‌دهند. همچنین استفاده از ضریب‌شکل حقیقی ۰/۵۰۲۸ در منطقه موردپژوهش، حجم حقیقی صنوبر دلتوئیدس را نشان می‌دهد و در دیگر مناطق با محاسبه ضرایب‌شکل جایگزین می‌توان به دقتی نزدیک به ضریب‌شکل حقیقی در تعیین حجم صنوبر دلتوئیدس رسید.

واژه‌های کلیدی: صنوبر دلتوئیدس، ضریب‌شکل حقیقی، ضریب‌شکل مصنوعی، ضریب‌شکل هوهه‌نادل، ضریب‌شکل طبیعی.

مقدمه

صنوبرها به‌دلیل قابلیت بالای تولید چوب‌های تجاری و صنعتی از ارزش اقتصادی زیادی برخوردارند (Ghasemi, 1999). افزایش تقاضا برای چوب و کاهش فرآورده‌های چوبی قابل‌دسترس باعث توجه بیشتر به کاشت گونه‌های چوبی با دوره بهره‌برداری کوتاه‌مدت شده است (Swamy *et al.*, 2006)، ازاین‌رو برای رهایی از فشار مضاعف بر جنگل‌ها و ممانعت از خروج مبالغ هنگفت ارز از کشور و نیز افزایش سطح اشتغال با تولیدات داخلی، تنها می‌توان به توسعه کشت صنوبر امیدوار بود و باید به‌منظور افزایش و استمرار تولید آنها، پژوهش و بررسی بیشتری درخصوص تعیین حجم آنها انجام شود (Azadfar, 2006). حجم هر درخت به‌طور کلی از رابطه $V = g \times h \times f$ به‌دست می‌آید که در آن g سطح‌مقطع برابرسینه به مترمربع، V حجم درخت

به مترمکعب، h ارتفاع به متر و f ضریب‌شکل درخت به متر است. اندازه‌گیری فاکتور سطح‌مقطع در درختان جنگلی به‌سهولت و با هزینه کم انجام می‌شود، اما اندازه‌گیری ضریب‌شکل درخت، کار بسیار زمان‌بر و پرهزینه است. اگرچه مشکلات اندازه‌گیری ارتفاع درختان توده‌های جنگلی با استفاده از معادلات و منحنی‌های قطر و ارتفاع تا حدودی آسان شده است، اما اندازه‌گیری ضریب‌شکل حقیقی درخت هنوز به‌عنوان یک مشکل اساسی مطرح است. ازاین‌رو محققان، معادلات ضریب‌شکل زیادی را به‌منظور جایگزین‌کردن ضریب‌شکل حقیقی درخت (برای آسان‌تر شدن محاسبات)، پیشنهاد کردند که از این موارد می‌توان به معادلات معرفی‌شده توسط Prodan و همکاران (۱۹۹۷) و Girard (۱۹۳۳) اشاره نمود. میزان دقت این ضریب‌شکل‌ها براساس رویشگاه، سن و گونه متفاوت است. شکل طولی ساقه درختان به‌طور معمول شکل هندسی منظمی ندارد. نوک ساقه شبیه مخروط، قسمت میانی پارابلوئید و نزدیک پایه به‌صورت نلوئید است (Avery & Burkhart, 2002). ازاین‌رو بسیاری از محققان نیز مدل‌هایی را برای نمایش پروفیل طولی ساقه ارائه کردند و سپس براساس این مدل‌ها، شکل ساقه را میان گروه‌های مختلف درختان مقایسه نمودند (Newnham, 1992; Figueiredo-Filho *et al.,* 1996; Muhairwe, 1999; Socha, 2002; Garber & Maguire, 2003; Lee *et al.,* 2003).

Mirabdollahi و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی ویژگی‌های کمی ساقه درختان راش در جنگل لومیر گیلان پرداختند. براساس ایشان، ضریب‌شکل ساقه درختان راش که با تقسیم حجم واقعی ساقه به حجم استوانه مبنا محاسبه شده است، به‌طور متوسط ۰/۴۲، ضریب‌شکل طبیعی درختان راش ۰/۵۶ و ضریب‌شکل مصنوعی درختان راش ۰/۵۷ است.

Azarnoush و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی مشخصه‌های کمی و کیفی صنوبر دلتوئیدس (*Populus deltoides*) در دو رویشگاه گلافشان و دلاکخیل پرداختند و طی پژوهش خود به رابطه بین کیفیت رویشگاه و متوسط قطر و ارتفاع درختان پی بردند، درحالی‌که به‌دلیل عدم امکان تعیین ضریب‌شکل این گونه، به نتایج کافی در مورد حجم چوب تولیدی دست نیافتند.

Rahimnezhad و همکاران (۲۰۰۶) مطالعات خود را بر تعیین معادله ضریب‌شکل مناسب برای گونه کاج تدا در استان گیلان انجام دادند. نتایج تحقیقات، معادله ضریب‌شکل هوهه‌نادل را به‌عنوان بهترین رابطه برای گونه کاج تدا معرفی نمود. از آنجایی‌که محاسبه ضریب‌شکل حقیقی درخت بسیار زمان‌بر است، نگارندگان معتقدند که معادله ضریب‌شکل هوهه‌نادل را می‌توان جایگزین ضریب‌شکل حقیقی کاج تدا در منطقه گیلان کرد.

همچنین Naseri (۲۰۰۹) به شناسایی عامل‌های مؤثر در توجیه اقتصادی صنوبرکاری پرداخت و در نتایج کار خود از کمبود دانش کافی به‌منظور تعیین حجم این گونه در عرصه‌های جنگلکاری‌شده به‌عنوان یک فاکتور تأثیرگذار در ارزیابی اقتصادی کشت صنوبر یاد کرد. عدم توجه به فاکتورهای رویشی خاص این گونه ازجمله ضریب‌شکل تنه، به‌عنوان یک عامل تأثیرگذار در برآورد حجم قابل‌برداشت در قطر اقتصادی برداشت صنوبر شناسایی شد.

با توجه به اینکه آزمایش‌ها در مناطق مختلف استان‌های مازندران و گیلان نشان داده است که صنوبرهای دلتوئیدس ازنظر رشد و تولید چوب در واحد سطح نسبت به گونه‌های دیگر از وضعیت بهتری برخوردار بوده‌اند (Tanvir & Siddiqui, 2010; Singh & Lodhiyal, 2009; Chaturvedi *et al.,* 2004; Lotfian, 1985)، از این‌رو به‌عنوان یکی از گونه‌های مهم مورداستفاده در جنگلکاری با هدف تولید و تأمین چوب موردنیاز صنایع کشور به‌منظور تعیین ضریب‌شکل حقیقی در این تحقیق مورداستفاده قرار گرفت. امروزه به‌دلیل کمبود مطالعات علمی در زمینه ضریب‌شکل حقیقی درختان صنوبر در جنگلکاری‌ها از ضریب‌شکل متوسط ۰/۵ استفاده می‌شود که باعث اختلاف معنی‌دار در تعیین حجم واقعی این درختان شده و عدم برآورد ارزش واقعی محصولات چوبی در جنگلکاری‌ها را به‌دنبال دارد. هدف از این بررسی، تعیین ضریب‌شکل حقیقی

صنوبر دلتوئیدس به‌منظور جایگزین کردن آن بجای ضریب‌شکل ۰/۵ بوده است تا گامی در افزایش دقت تعیین حجم درختان سرپا و ارزیابی‌های طرح‌های کشت صنوبر ازنظر اکولوژیکی و اقتصادی برداشته شود.

مواد و روش‌ها

این بررسی در ایستگاه البرز کرج وابسته به موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور و درمورد تعدادی صنوبر دورگ طبیعی دلتوئیدس انجام شد. با توجه به شناسنامه طرح تحقیقاتی، سن درختان ۱۳ سال و فاصله کاشت آنها ۴ متر در ۴ متر بود که در حال حاضر به قطر اقتصادی مناسب به‌منظور قطع رسیده‌اند، درنتیجه باید حجم تنه تجاری آنها محاسبه شود. به‌منظور انجام این پروژه، ابتدا به بررسی پایه‌های صنوبر در عرصه پرداخته شد و با توجه به لزوم انتخاب حدود پنج پایه در هر طبقه قطری (به‌منظور دستیابی به دقت آماربرداری مناسب)، پایه‌های مناسب انتخاب شدند. ازاین‌رو درنهایت با توجه به درختان موجود در عرصه، ۴۰ اصله درخت شامل شش درخت در طبقه قطری ۱۵، ده درخت در طبقه قطری ۲۰، ده درخت در طبقه قطری ۲۵، ده درخت در طبقه قطری ۳۰ و چهار درخت در طبقه قطری ۳۵ سانتی‌متر برای این پژوهش انتخاب و نشانه‌گذاری شدند. قبل از قطع درختان، قطر در ارتفاع برابرسینه با نوار قطرسنج تا دقت میلی‌متر و ارتفاع درختان با شیب‌سنج تا دقت سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. اطلاعات مربوط به قطر درخت، طبقه قطری و شماره درخت روی تنه هر درخت نیز ثبت شد. سپس درختان در چند مرحله (به‌منظور جلوگیری از تجمع درختان قطع‌شده در عرصه) قطع شدند. متغیرهای اندازه‌گیری‌شده در هر پایه قطع‌شده عبارت بودند از: طول هر پایه تا دقت سانتی‌متر، قطر هر پایه در محل نصف ارتفاع کل درخت (ارتفاع کنده و طول تنه افتاده)، قطر هر پایه در ارتفاع‌های ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ درخت سرپا و همچنین قطر بالایی هر بینه دومتری درخت تا قطر پنج سانتی‌متری ساقه با دقت میلی‌متر. متغیرهای مذکور به‌منظور محاسبه ضرایب‌شکل هوبر، هوهه‌نادل و ضریب‌شکل طبیعی اندازه‌گیری شدند. به‌منظور تعیین ضریب‌شکل مناسب، ضریب‌شکل حقیقی درخت محاسبه و با ضرایب‌شکل طبیعی، هوهه‌نادل و مصنوعی مقایسه شد.

ضریب‌شکل حقیقی درخت

برای محاسبه حجم حقیقی درختان از فرمول اسمالین استفاده شد. بدین‌طریق‌که هر درخت بعد از قطع تا قطر هفت سانتی‌متری به بینه‌های دومتری تبدیل شد، به‌طوری‌که طول بینه آخری ممکن بود از دو متر کمتر باشد. سپس حجم هر بینه محاسبه شد و مجموع حجم بینه‌ها به‌عنوان حجم حقیقی هر درخت در محاسبات دخالت داده شد (رابطه ۱).

$$V = \sum \frac{g_1 + g_2}{2} \times h$$ رابطه ۱

در رابطه فوق V حجم حقیقی بینه برحسب مترمکعب، g_1 سطح‌مقطع ابتدایی بینه برحسب مترمربع، g_2 سطح‌مقطع انتهایی بینه برحسب مترمربع و h طول بینه برحسب متر است. درنهایت با استفاده از حجم حقیقی به‌دست‌آمده، ضریب‌شکل حقیقی درخت (Zobeiri, 2010) محاسبه شد (رابطه ۲).

$$f_r = \frac{v}{(g_{1.3})(h)}$$ رابطه ۲

در این فرمول f_r ضریب‌شکل حقیقی درخت، v حجم حقیقی درخت برحسب مترمکعب، $g_{1.3}$ سطح‌مقطع درخت برحسب مترمربع در ۱/۳ ارتفاع درخت تا قطر هفت سانتی‌متر و h ارتفاع درخت برحسب متر تا قطر هفت سانتی‌متر است.

ضریب‌شکل مصنوعی درخت

ضریب‌شکل مصنوعی از تقسیم حجم تنه به حجم استوانه‌ای هم‌ارتفاع و هم‌قطر با قطر برابرسینه درخت محاسبه شد که پس از ساده‌کردن، فرمول محاسبه ضریب‌شکل مصنوعی تنه به‌صورت رابطه ۳ خواهد بود (ضریب‌شکل هوبر).

$$f_{0.5} = \frac{(d_{0.5})^2}{(d_{1.3})^2}$$ رابطه ۳

در این فرمول $f_{0.5}$ ضریب‌شکل مصنوعی درخت، $d_{0.5}$ قطر در میانه ارتفاع تا قطر هفت سانتی‌متر (طول درخت از بن تا محلی که قطر آن برابر با هفت سانتی‌متر است) و $d_{1.3}$ قطر در ارتفاع برابرسینه درخت می‌باشد.

ضریب‌شکل هوهه‌نادل درخت

ضریب‌شکل درخت با روش هوهه‌نادل (Namiranian, 2006) و با استفاده از قطرهای به‌دست‌آمده در ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ ارتفاع درخت محاسبه شد (رابطه ۴).

رابطه ۴ $$f_h = 0.2\left[1+\frac{d_{0.5}^2}{d_{0.1}^2}+\frac{d_{0.5}^2}{d_{0.1}^2}+\frac{d_{0.7}^2}{d_{0.1}^2}+\frac{d_{0.9}^2}{d_{0.1}^2}\right]$$

در این فرمول f_h ضریب‌شکل هوهه‌نادل درخت، $d_{0.1}$ قطر در ۰/۱ ارتفاع تا قطر هفت سانتی‌متر، $d_{0.3}$ قطر در ۰/۳ ارتفاع تا قطر هفت سانتی‌متر، $d_{0.5}$ قطر در میانه ارتفاع تا قطر هفت سانتی‌متر، $d_{0.7}$ قطر در ۰/۷ ارتفاع تا قطر هفت سانتی‌متر و $d_{0.9}$ قطر در ۰/۹ ارتفاع تا قطر هفت سانتی‌متر است.

ضریب‌شکل طبیعی درخت

ضریب‌شکل طبیعی درخت برابر است با حجم حقیقی درخت با استفاده از حجم بینه‌های دومتری بر حجم استوانه‌ای با قطر ۰/۱ ارتفاع درخت و ارتفاعی برابر با ارتفاع درخت (Zobeiri, 2010) که با استفاده از رابطه ۵ محاسبه شد.

رابطه ۵ $$f_n = \frac{v}{(g_{0.1})(h)} = \frac{(d_{0.5})^2}{(d_{0.1})^2}$$

در این فرمول f_n ضریب‌شکل طبیعی درخت، v حجم حقیقی درخت برحسب مترمکعب، $g_{0.1}$ سطح‌مقطع درخت برحسب مترمربع در ۰/۱ ارتفاع درخت تا قطر هفت سانتی‌متر و h ارتفاع درخت تا قطر هفت سانتی‌متر است.

درنهایت ضریب‌شکل‌های حقیقی، مصنوعی هوبر، هوهه‌نادل و طبیعی به‌روش تجزیه‌واریانس دوطرفه (ANOVA) مقایسه شدند. این مقایسه بین میانگین ضرایب‌شکل در طبقات قطری مختلف و همچنین بین ضرایب‌شکل مختلف در طبقات قطری انجام شد.

نتایج

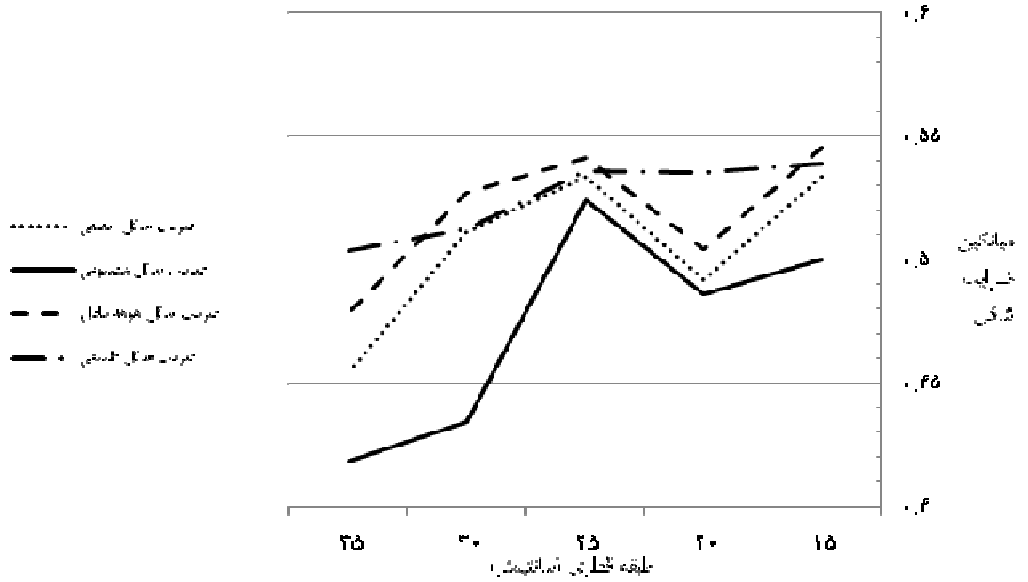
نتایج آماری محاسبه حجم حقیقی صنوبر دلتوئیدس در طبقات قطری در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- آماره‌های حجم حقیقی صنوبر دلتوئیدس در طبقات قطری

طبقه قطری (سانتی‌متر)	تعداد اصله	میانگین حجم حقیقی (مترمکعب)	انحراف‌معیار (مترمکعب)	اشتباه‌معیار (مترمکعب)	حدود اعتماد (مترمکعب)	درصد اشتباه آماربرداری
۱۵	۶	۰/۱۵۶۸	۰/۰۳۲۰	۰/۰۱۳۰	۰/۰۳۳۶	۲۱/۴۶۰۱
۲۰	۱۰	۰/۲۲۴۵	۰/۰۲۲۷	۰/۰۰۷۱	۰/۰۱۶۲	۷/۲۳۹۲
۲۵	۱۰	۰/۳۷۱۲	۰/۰۵۰۲	۰/۰۱۵۸	۰/۰۳۵۹	۹/۶۸۴۳
۳۰	۱۰	۰/۶۰۳۱	۰/۰۹۹	۰/۰۳۱۳	۰/۰۷۰۸	۱۱/۷۴۷۸
۳۵	۴	۰/۷۵۹۵	۰/۱۳۰۸	۰/۰۶۵۴	۰/۲۰۸۲	۲۷/۴۱۲۲

شکل ۱ نتایج پراکنش میانگین چهار ضریب‌شکل صنوبر دلتوئیدس محاسبه‌شده در طبقات قطری را نشان می‌دهد. نتایج به‌دست‌آمده به‌روش تجزیه‌واریانس دوطرفه متغیر ضریب‌شکل، نشان داد که اثر طبقات قطری بر ضریب‌شکل معنی‌دار است. بدین معنا که ضرایب‌شکل محاسبه‌شده در طبقات قطری مختلف، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند. همچنین اثر رابطه بکارگرفته‌شده به‌منظور محاسبه ضریب‌شکل نیز معنی‌دار است و ضریب‌شکل‌های محاسبه‌شده با رابطه‌های مختلف (ضریب‌شکل‌های حقیقی، مصنوعی، هوهه‌نادل و طبیعی) تفاوت معنی‌دار آماری با

یکدیگر دارند، اما اثرات متقابل دو متغیر طبقه قطری و نوع رابطه ضریب‌شکل بر ضریب‌شکل در سطح ۹۵ درصد اطمینان معنی‌دار نیست (جدول ۲).



شکل ۱- پراکنش میانگین ضرایب شکل صنوبر دلتوئیدس در طبقات قطری

جدول ۲- نتایج تجزیه‌واریانس متغیرهای موردبررسی

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی‌داری
طبقه قطری	۰/۱۱۲	۴	۰/۰۲۸	۸/۵۲۸	۰/۰۰۰**
نوع ضریب‌شکل	۰/۰۵۵	۳	۰/۰۱۸	۵/۵۴۳	۰/۰۰۱**
اثر متقابل	۰/۰۲	۱۲	۰/۰۰۲	۰/۴۹۵	۰/۹۱۵ns
خطای آزمایش	۰/۴۶	۱۴۰	۰/۰۰۳		
خطای کل	۴۱/۱۳۷	۱۶۰			

** معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد اطمینان؛ ns عدم معنی‌داری

نتیجه به‌دست‌آمده از مقایسه میانگین ضرایب‌شکل در طبقات قطری مختلف نشان داد که بین میانگین ضرایب‌شکل در طبقات قطری ۱۵ و ۲۵ سانتی‌متر با سایر طبقات قطری تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ۳). بیشترین مقدار ضریب‌شکل به طبقه قطری ۲۵ سانتی‌متری و کمترین مقدار آن به طبقه قطری ۳۵ سانتی‌متری تعلق داشت.

جدول ۳- میانگین ضریب‌شکل‌های صنوبر دلتوئیدس در طبقات قطری

طبقه قطری (سانتی‌متر)	میانگین ضرایب‌شکل
۱۵	۰/۵۳۴۳[a]
۲۰	۰/۴۸۵۳[b]
۲۵	۰/۵۳۴۶[a]
۳۰	۰/۴۸۶۱[b]
۳۵	۰/۴۶۳۷[b]

حروف یکسان در ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد اطمینان است.

نتیجه به‌دست‌آمده از مقایسه میانگین ضرایب‌شکل مختلف در طبقات قطری نشان داد که بین ضریب‌شکل مصنوعی درخت با سایر ضرایب‌شکل تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴). درواقع بجز ضریب‌شکل مصنوعی درخت، سایر ضرایب‌شکل تفاوت معنی‌داری را با ضریب‌شکل حقیقی درخت از خود نشان نمی‌دهند. ضریب‌شکل هوهه‌نادل بیشترین مقدار و ضریب‌شکل مصنوعی کمترین مقدار را نشان می‌دهند. در این رابطه ضریب‌شکل طبیعی درخت، کمترین فاصله را با ضریب‌شکل حقیقی از خود نشان می‌دهد.

جدول۴- میانگین ضریب‌شکل‌های صنوبر دلتوئیدس در طبقات قطری

ضریب‌شکل	میانگین ضریب‌شکل در طبقات قطری
ضریب‌شکل حقیقی درخت	۰/۵۰۲۸[a]
ضریب‌شکل مصنوعی درخت	۰/۴۷۱۵[b]
ضریب‌شکل هوهه‌نادل	۰/۵۱۹۰[a]
ضریب‌شکل طبیعی درخت	۰/۵۱۸۷[a]

حروف یکسان در ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد اطمینان است.

بحث

دانشمندان با بررسی درختان در شرایط متفاوت، شاخص‌ها و ضرایبی را که مقدار یا نسبتی از کاهش قطر در ارتفاع‌های مختلف ساقه درخت است، ایجاد کرده‌اند تا با استفاده از آنها بتوان حتی درصورت نداشتن جدول‌ها یحجم، مقدار واقعی حجم درختان را با تقریب مشخص برآورد کرد. همچنین با استفاده از این ضرایب می‌توان شکل یا شاخص‌های هندسی ساقه درختان یک گونه را در رویشگاه‌های مختلف یا گونه‌های مختلف یک رویشگاه مقایسه کرد (Amini *et al.*, 2007). اگر بتوان برای هر یک از گونه‌هایی که در رویشگاه معینی می‌رویند، مقدار کاهش قطر به‌ازای افزایش ارتفاع را محاسبه کرد، برآورد حجم درختان با دقت بیشتری انجام می‌شود (Namiranian, 2005). همچنین از این شاخص کمی در کنار دیگر مؤلفه‌ها برای معرفی و مقایسه مشخصات هندسی ساقه درختان و اموری مانند تعیین درجه مرغوبیت رویشگاه (Site index) و نیز در برنامه‌ریزی و اجرای عملیات پرورشی استفاده می‌شود. براین اساس مطالعات گوناگونی درمورد تعیین حجم صنوبر دلتوئیدس انجام شده است. Saghebtalebi (۱۹۸۷) در ایستگاه خوشامیان استان مازندران اقدام به تهیه جدول حجم صنوبر اورامریکن I-488 کرد. همچنین در همین منطقه Gorjibahri (۱۹۹۲) نیز جدول حجم صنوبر اورامریکن I-214 را تهیه کرد. تحقیقات Bagheri و همکاران (۲۰۰۲) نیز در صنوبرکاری‌های بومی منطقه زنجانرود استان زنجان، منجر به تهیه جدول‌های حجم شد.

باتوجه به اندازه‌گیری و محاسبه انواع ضرایب‌شکل صنوبر دلتوئیدس شامل ضریب‌شکل حقیقی، ضریب‌شکل مصنوعی، ضریب‌شکل هوهه‌نادل و ضریب‌شکل طبیعی درخت، نتایج اختلافات معنی‌داری را بین انواع ضریب‌شکل در این گونه نشان داد. این امر حاکی از آن است که دقت

تمام ضرایب‌شکل با یکدیگر برابر نیست و به‌منظور دستیابی به ضریب‌شکل حقیقی درخت نمی‌توان از هر ضریب‌شکلی استفاده کرد. نتیجه به‌دست‌آمده از مقایسه میانگین ضرایب‌شکل مختلف در طبقات قطری به‌روش تجزیه‌واریانس دوطرفه نشان داد که بجز ضریب‌شکل مصنوعی، سایر ضرایب‌شکل تفاوت معنی‌داری را با ضریب‌شکل حقیقی از خود نشان نمی‌دهند، بنابراین باید توجه داشت که به‌منظور استفاده از ضریب‌شکل درخت در محاسبه حجم درخت نمی‌توان از ضریب‌شکل مصنوعی استفاده کرد، درحالی‌که ضریب‌شکل هوهه‌نادل و ضریب‌شکل طبیعی درخت، قابلیت جایگزینی با ضریب‌شکل حقیقی درخت را دارند. از طرفی باتوجه به اندازه‌گیری و محاسبه ساده‌تر ضریب‌شکل طبیعی درخت نسبت به ضریب‌شکل هوهه‌نادل می‌توان اذعان داشت که ضریب‌شکل طبیعی، بهترین ضریب‌شکل به‌منظور جایگزینی ضریب‌شکل حقیقی صنوبر دلتوئیدس است.

بررسی ضریب‌شکل حقیقی صنوبر دلتوئیدس نشان می‌دهد که ضریب‌شکل درخت در طبقات قطری مختلف با هم برابر نیست، بنابراین بکارگیری یک ضریب‌شکل واحد در محاسبات حجم درختان صنوبر دلتوئیدس در طبقات قطری مختلف با خطا همراه است. ازاین‌رو پیشنهاد می‌شود به‌منظور افزایش دقت تعیین حجم حقیقی صنوبر دلتوئیدس اقدام به محاسبه ضریب‌شکل جداگانه برای طبقات قطری مختلف شود.

امروزه به‌دلیل کمبود مطالعات علمی درخصوص ضریب‌شکل حقیقی درختان صنوبر در زراعت چوب از ضریب‌شکل متوسط ۰/۵ استفاده می‌شود که باعث اختلاف معنی‌دار در تعیین حجم واقعی این درختان شده است و عدم برآورد ارزش واقعی محصولات چوبی را به‌دنبال دارد. نگارندگان معتقدند که استفاده از ضریب‌شکل حقیقی ۰/۵۰۲۸ در منطقه موردپژوهش، حجم حقیقی صنوبر دلتوئیدس را نشان می‌دهد، اما از آنجایی‌که ضریب‌شکل در طبقات قطری متفاوت است، ازاین‌رو پیشنهاد می‌شود به‌منظور افزایش دقت تعیین حجم در صنوبرکاری‌ها اقدام به محاسبه ضریب‌شکل در هریک از طبقات قطری شود.

References

- Amini, M., Namiranian, M., Saghebtalebi, Kh., Parsapajouh, D. and Amini, R. 2007. Trunk morphology of beech trees (*Fagus orientalis* Lipsky) on biometrical and silvicultural criteria (Case study: Haftkhal Forest, Sari, north of Iran). Iranian Journal of Natural Resources, 60(3): 843-858 (In Persian).
- Avery, T.E. and Burkhart, H.E. 2002. Forest Measurements. 5th edition, McGraw-Hill, New York, 456p.
- Azadfar, D. 2006. Genetic polymorphism of Peroxidase enzymes in popular genes. Report of Research Plan, Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural Resources, 58p (In Persian).
- Azarnoush, M., Feizneghad, A. and Mohammadi, B. 2011. Investigation on qualitative and quantitative features of *populous deltoides* in two sites of Gelafshan and Dalakkhil. Abstract of Forests and Environment Security of Sustainable Development Conference, Iran, 10-11 October: 122 (In Persian).
- Bagheri, R., Namiranian, M., Zobeiri, M. and Modirrahmati, A. 2002. The production of volume table of endemic poplars of Zanjanroud. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 9: 1-36 (In Persian).
- Chaturvedi, H.C, Sharma, A.K, Agha, B.Q, Jain, M. and Sharma, M. 2004. Production of cloned trees of *populus deltoides* through in vitro regeneration of shoots from leaf, stem and root explants and their field cultivation. Indian Journal of Biotechnology, 2: 203-208.
- Figueiredo-Filho, A., Borders, B.E. and Hitch, K.L. 996. Taper equations for *Pinus taeda* plantations in southern Brazil. Forest Ecology and Management, 83: 39-46.
- Garber, S.M. and Maguire, D.A. 2003. Modeling stem taper of three central Oregon species using nonlinear mixed effects models and autoregressive error structures. Forest Ecology and Management, 179: 507-522.
- Ghasemi, R. 1999. Phenological investigation of popular varieties in Karaj and Safrabasteh of Guilan. M.Sc. thesis, University of Tarbiat Modares, 171p (In Persian).
- Girard, J.W. 1933. Volume tables of Mississippi bottomland hardwoods and southern pine.

- Newnham, R.M. 1992. Variable-form taper functions for four Alberta tree species. Canadian Journal of Forest Research, 22: 210-223.
- Prodan, R., Peters, R., Cox, F. and Real, P. 1997. Mensura Forestal. Agroamerica, 561p.
- Rahimnezhad, S., Bonyad, A.A. and Fadaiee Khoshkebijary, F. 2006. Determination of the form factor equation for *Pinus taeda* L. (Loblolly pine) in the Guilan area (Case study: Lacan Rasht). Agriculture and Natural Resources Sciences Journal, 4(1): 54-76 (In Persian).
- Saghebtalebi, Kh. 1987. The production of volume table of Euro-american poplar (I-488). Seminar for B.Sc. degree, University of Tehran (In Persian).
- Singh, P. and Lodhiyal, L.S. 2009. Biomass and carbon allocation in 8-year-old poplar (*Populus deltoides* Marsh) plantation in Tarai agroforestry systems of central Himalaya, India. 2(6): 49-53.
- Socha, J. 2002. A taper model for Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Forestry, 5(2): 132-143.
- Swamy, S.L., Mishra, A. and Puri, A. 2006. Comparison of growth, biomass and nutrient distribution in five promising clones of *Populus deltoides* under an agrisilviculture system. Bioresource Technology, 97: 57-68.
- Tanvir, M.A. and Siddiqui, M.T. 2010. Growth performance and cadmium (Cd) uptake by *Populus deltoides* as irrigated by urban waste water. Pakistan Journal of Agriculture Science, 47(3): 235-240.
- Zobeiri, M. 2010. Forest Inventory. University of Tehran Press. Fifth edition, 401p (In Persian).

Journal of Forestry, 31: 34-41.
- Gorjibahri, Y. 1992. The production of volume table of Euro-american poplar (I-214). Proceeding of Forest and Rangeland. Published by Research Institute of Forests and Rangelands, No:82 (In Persian).
- Lee, W.K., Seo, J.H., Son, Y.M., Lee, K.H. and Gadow, K.V. 2003. Modeling stem profiles for *Pinus densiflora* in Korea. Forest Ecology and Management, 172: 69-77.
- Lotfian, H. 1985. The report of poplar research plans and primary results. Proceeding of Importance of Poplar Conference. Published by Research Institute of Forests and Rangelands, pp: 276 (In Persian).
- Mirabdollahi, M., Bonyad, A.E., Torkaman, J. and Bakhshandeh, B. 2011. Study on tree form of Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in different growth stages (Case study: Lomir forest). Iranian Journal of Forest, 3(3): 79-92 (In Persian).
- Muhairwe, C.K. 1999. Taper equations for *Eucalyptus pilularis* and *Eucalyptus grandis* for the north coast in New South Wales Australia. Forest Ecology and Management, 113: 251-269.
- Namiranian, M. 2005. An investigation of the ash species inventory at Gorazbon District in the educational and research forests of Kheiroodkenar. Iranian Journal of Natural Resources, 57(4): 689-702(In Persian).
- Namiranian, M. 2006. Tree Measurement and Forest Biometry. University of Tehran Press, 574p (In Persian).
- Naseri, M. 2009. Effective factors on economic justification of popular plantings in the north west of Iran. M.Sc. thesis, University of Tehran, 123p (In Persian).

Determining the best stem form factor equation for *populous deltoide*s in poplar plantations of Alborz Research Station, Karaj

A. Jahani [1*], M. Kalagari [2], A.R. Modirrahmati [3] and R. Ghasemi [4]

1*- Corresponding author, Assistant Prof., Department of Natural Resources and Environment Sciences, University of Environment, Karaj, I.R. Iran. E-mail: Ajahani@ut.ac.ir
2- Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, I.R. Iran.
3- Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, I.R. Iran.
4- Senior Research Expert, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, I.R. Iran.

Received: 11.01.2013 Accepted: 06.15.2013

Abstract

Populous deltoides has been proven to exceed other poplar clones in terms of growth and wood production per unit area. Thus, it is generally considered as one of the most crucial species for pulp and paper-oriented wood plantations in Iran. Here, a number of 40 trees was selected for developing true form factor (TFF) of *P. deltoides*. Prior to felling, the height and diameter of trees were measured. Following the felling, a set of variables including the length of tree (cm-accurate), the diameter in the 1/2 of total tree height (i.e. stump height + the length of felled tree), the diameter in 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 and 0.9 of tree height and the top diameter of each 2 meter-high log (up to 5 cm stem diameter) were measured. Then, the Artificial, Hohenadl and Natural form factors were calculated, which were then compared with the TFF. The two-way ANOVA-based comparison of means amongst the form factors in different diameter classes revealed significant differences amongst the form factors of 15 and 25 cm with other diameter classes. All form factors showed insignificant differences except for the Artificial form factor which revealed to be significantly different than the TFF. Furthermore, the real tree volume across the study site can be derived by the calculated TFF value of 0.5028. For similar sites, this study concludes the alternative form factors (Hohenadl or Natural) to be able to be used for calculating standing volume being comparable to the real volume of *P. deltiodes*.

Key words: *Populous deltoides*, true form factor, artificial form factor, Hohenadl form factor, natural form factor, Karaj.