فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۲ شماره ۳، صفحه ۵۴۹-۵۴۰، (۱۳۹۳)

برآورد فاکتور زی‌توده اندام‌های مختلف و فاکتور تعمیم زی‌توده صنوبر دلتوئیدس، توسکا ییلاقی و دارتالاب در جنگل‌های دست‌کاشت منطقه کلوده آمل

جمشید اسلام‌دوست[۱]، هرمز سهرابی*[۲]، سیدمحسن حسینی[۳] و بهرام ناصری[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت‌مدرس، نور، ایران.

۲*- نویسنده مسئول، استادیار دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت‌مدرس، نور، ایران. پست الکترونیک: hsohrabi@modares.ac.ir

۳ – استاد، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت‌مدرس، نور ایران.

۴- دانشجوی دکترای جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت‌مدرس، نور، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۰۹ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۴/۲۵

چکیده

فاکتور زی‌توده یکی از روش‌های کارآمد برای برآورد غیرمخرب زی‌توده و کربن اندوخته در درختان و توده‌های جنگلی است که در سال‌های اخیر به‌دلیل اهیمت مسایل مربوط به تغییر اقلیم، موردتوجه پژوهشگران این بخش قرار گرفته است. هدف پژوهش پیش‌رو، ارائه فاکتور زی‌توده، نسبت زی‌توده تاج به کل و فاکتور تعمیم زی‌توده برای سه گونه جنگلی دست‌کاشت ۲۰ساله صنوبردلتوئیدس (*Populus deltoides* Bartr. Ex Marsh)، توسکاییلاقی (*Alnus subcordata* C.A.Mey.) و دارتالاب (*Taxodium distichum* L. Rich) است. بدین‌منظور از هر گونه، ۱۲ پایه قطع و مشخصه‌های درصد رطوبت و وزن خشک به‌تفکیک تنه، شاخه، سرشاخه و برگ اندازه‌گیری شد. براساس نتایج، فاکتور زی‌توده صنوبردلتوئیدس، توسکاییلاقی و دارتالاب به‌ترتیب برای شاخه ۰/۰۳۶، ۰/۰۰۷، ۰/۰۰۶، سرشاخه ۰/۰۵۵، ۰/۰۱۷، ۰/۰۲۴ و برگ ۰/۰۴۱، ۰/۰۰۶، ۰/۰۳۱ تن بر مترمکعب بود. نسبت زی‌توده تاج به کل در گونه صنوبر دلتوئیدس به‌طور معنی‌داری کمتر از دو گونه دیگر بود. مقادیر فاکتور تعمیم زی‌توده برای صنوبر دلتوئیدس، توسکاییلاقی و دارتالاب به‌ترتیب ۰/۴۹۹، ۰/۵۵۴ و ۰/۶۲۱ تن بر مترمکعب محاسبه شد که اختلاف آنها معنی‌دار بود ($\rho <$ ۰/۰۵). گرچه این ضرایب ساده و کارآمد هستند، اما استفاده از آنها در جنگل‌کاری‌های دیگر باید با احتیاط انجام شود، زیرا درصورت تفاوت بسیار زیاد توده‌ها، ممکن است برآوردها اریب باشند.

واژه‌های کلیدی : برآورد زی‌توده و کربن، تخصیص زی‌توده، جنگل‌کاری، فاکتور تعمیم زی‌توده، کلوده.

مقدمه

برآورد زی‌توده اندام‌های مختلف درختان جنگلی به‌دلیل ایفای نقش در چرخه کربن (Litton *et al*., 2007)، درک چرخه جهانی کربن (Lehtonen, 2005) و همچنین به‌منظور آماربرداری ملی گازهای گلخانه‌ای (Watson *et al*., 2000) در حال افزایش است. با این وجود زی‌توده انباشت‌شده در اندام‌های غیر از تنه کمتر درنظر گرفته شده است و بیشتر روش‌ها تنها برآورد زی‌توده موجود در تنه را مورد توجه قرار داده‌اند (Hakkila, 1989). زی‌توده ذخیره‌شده در شاخه، سرشاخه، برگ و ریشه درختان علاوه‌بر اینکه حجم زیادی از زی‌توده را در مقیاس وسیع تشکیل می‌دهند، از اهمیت فراوانی در اکولوژی جنگل برخوردارند. این بخش از

درختان منجر به تولید پسماند چوبی درشت (Coarse woody debris) و پسماند چوبی ریز (Fine woody debris) می‌شود که منابعی از کربن و مواد مغذی را فراهم می‌کنند و برای مهره‌داران، بی‌مهرگان و قارچ‌ها، زیستگاه و منبع غذایی مناسبی محسوب می‌شوند. آنها همچنین منبعی برای ماده آلی خاک در اکوسیستم‌های جنگلی هستند (Fasth *et al.*, 2011; Izadi *et al.*, 2013)، بنابراین توسعه و بهبود تکنیک‌هایی برای ارزیابی سریع و قابل‌اعتماد از مقدار زی‌توده ذخیره‌شده در اندام‌های غیر از تنه درختان مثل شاخه، سرشاخه و برگ، یک نیاز ضروری است (Lehtonen, 2005).

از بین معدود روش‌های موجود مانند مدل‌های رگرسیونی و مانند آن، یکی از کارآمدترین راه‌ها برای برآورد زی‌توده بخش‌های مختلف درخت استفاده از برآوردکننده‌های توسعه‌ای فاکتور زی‌توده (Biomass /BF Factor) و فاکتور تعمیم زی‌توده (Biomass Expansion Factor/BEF) است. گرچه ممکن است در نگاه اول فاکتور زی‌توده و فاکتور تعمیم زی‌توده یکسان به‌نظر برسند، اما این دو برای اهداف متفاوتی استفاده می‌شوند. ازنظر تعریف، فاکتور زی‌توده نسبت زی‌توده (تر یا خشک) یک بخش از اندام‌های هوایی (Aboveground) درخت مانند شاخه، سرشاخه و برگ به یکی از متغیرهای اندازه‌گیری‌شده در آن درخت در حالت سرپا مثل حجم تنه، قطر برابرسینه و ارتفاع است (Somogyi *et al.*, 2007)، اما فاکتور تعمیم زی‌توده نسبت کل زی‌توده اندام‌های هوایی درخت به یکی از متغیرهای اندازه‌گیری‌شده در درختان سرپا مثل حجم تنه، قطر برابرسینه، ارتفاع و غیره است (Levy *et al.*, 2004). سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) نیز فاکتور تعمیم زی‌توده را یک ضریب برای توسعه و تعمیم حجم تجاری درخت به زی‌توده اندام‌های غیرتجاری ازقبیل شاخه، سرشاخه و برگ آن درخت بیان می‌کند. بنابراین طبق تعاریف بالا، زی‌توده ذخیره‌شده در توده‌های جنگلی را می‌توان با استفاده از فاکتور زی‌توده یا فاکتور تعمیم زی‌توده محاسبه کرد. این فاکتور درواقع ضریبی است که حجم تنه را به‌طور مستقیم به زی‌توده اندام‌های مختلف درخت تبدیل می‌کند (Pajtka *et al.*, 2008).

دررابطه با تعیین و استفاده از فاکتور زی‌توده و فاکتور تعمیم زی‌توده پژوهش‌های زیادی در خارج از کشور انجام شده است که ازجمله آنها می‌توان به ۰/۵۸۲ تن بر مترمکعب برای *Pinus densiflora* در جنگل‌های کره اشاره کرد (Li *et al.*, 2010). برای *Pinus sylvestris* در اسلواکی مشخص شده است که فاکتور تعمیم زی‌توده در همه بخش‌های درخت با افزایش قطر و ارتفاع کاهش می‌یابد (Pajtka *et al.*, 2008). نتایج تحقیق انجام‌شده درمورد *Pinus sylvestris*، *Picea abies* و *Betula pendula* در جنگل‌های بورآل نشان داد که فاکتور زی‌توده بخش‌های مختلف درخت با افزایش سن تغییر می‌کند (Lehtonena *et al.*, 2004). درمورد *Picea sitchensis* در ایرلند مشخص شده است که فاکتور تعمیم زی‌توده کارایی بسیار زیادی برای محاسبه ذخایر کربن در جنگل‌ها دارد (Tohin & Nieuwenhuis, 2007). در تحقیقات خارجی دیگری نیز از فاکتور زی‌توده و فاکتور تعمیم زی‌توده به‌منظور برآورد زی‌توده جنگل و پس از آن محاسبه کربن استفاده شده است (Alexeeyev *et al.*, 1995; Isaev *et al.*, 1995; Turner *et al.*, 1995; Brown *et al.*, 1989 & 1999; Fang *et al.*, 2001; Camp *et al.*, 2004; Son *et al.*, 2007; Lehtonena *et al.*, 2007).

در داخل کشور در این باره تحقیقات محدودی انجام شده است. در جنگل‌کاری فولاد مبارکه برای گونه‌های کاج تهران (*Pinus eldarica*)، سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica*)، توت (*Morus alba*) و اقاقیا (*Robinia pseudoacacia*)، فاکتور تعمیم زی‌توده با استفاده از متغیر سطح‌مقطع برابرسینه محاسبه شد و به‌ترتیب ۴/۱۲، ۷/۳۰، ۲/۲۳ و ۰/۰۰۲ تن بر مترمکعب به‌دست آمد (Bakhtiarvand Bakhtiari *et al.*, 2011). همچنین در جنگل‌های زاگرس به‌منظور برآورد زی‌توده اندام‌های مختلف بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) در دو فرم تک‌پایه و شاخه‌زاد، فاکتور تعمیم زی‌توده با شش متغیر ترکیبی قطر

برابرسینه، قطر تاج، ارتفاع کل، ارتفاع تاج، ارتفاع تنه و سطح‌مقطع برابرسینه مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت (Iranmanesh, 2013).

در پژوهش پیش‌رو هدف اصلی تعیین فاکتور زی‌توده برای اندام‌های مختلف و فاکتور تعمیم زی‌توده برای سه گونه موردبررسی است. هدف فرعی مقایسه ضرایب به‌دست‌آمده برای بررسی نحوه تخصیص زی‌توده این درختان به بخش‌های مختلف است. هدف فرعی دیگر محاسبه و مقایسه نسبت زی‌توده تاج به زی‌توده کل برای سه گونه موردبررسی است، زیرا این نسبت نشان می‌دهد چه سهمی از زی‌توده تولیدشده توسط یک گونه قابل تجاری‌سازی است.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

منطقه موردمطالعه با مساحت ۱۲۶/۹ هکتار در هشت کیلومتری جاده آمل به محمودآباد در منطقه‌ای به‌نام کلوده یا تشبندان قرار دارد. طول جغرافیایی منطقه ۵۲ درجه و ۱۰ دقیقه و۱۸ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی آن ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه و۵۶ ثانیه شمالی، ارتفاع از سطح دریا پنج متر، شیب صفر تا دو درصد، متوسط بارندگی سالانه ۸۹۲ میلی‌متر، میانگین رطوبت نسبی ۵۸/۶ درصد و حداقل، حداکثر و متوسط دما به‌ترتیب ۲- ، ۳۵/۲ و ۱۶/۴ درجه سانتی‌گراد است. منطقه موردمطالعه براساس ضریب خشکی دومارتن دارای اقلیم خیلی مرطوب نوع الف است (Razavi, 2010). اراضی موردمطالعه در واحد فیزیوگرافی دشت آبرفتی رودخانه‌های با زهکشی ضعیف قراردارد. خاک آن عمیق، بدون تکامل پروفیلی، قهوه‌ای تیره تا قهوه‌ای متمایل به خاکستری تیره با بافت متوسط و ساختمان فشرده و مربوط به تشکیلات دوران چهارم زمین‌شناسی است (Rostamabadi *et al*., 2010).

رویشگاه موردنظر در سال ۱۳۷۲ با هدف تولید چوب و به‌صورت خالص جنگلکاری شده است. کل مساحت جنگلکاری‌شده در این منطقه ۱۱۸ هکتار است (Anonymous, 1993). مساحت جنگلکاری با گونه‌های توسکاییلاقی (*Alnus subcordata* C .A. Mey.)، صنوبر دلتوئیدس (*Populus deltoides* Bartr. Ex Marsh) و دارتالاب (*Taxodium distichum* L. Rich) به‌ترتیب ۵۲ ، ۴۷ و ۱۹ هکتار است. فاصله کاشت در هر سه توده ۴×۴ متر، سن هر سه توده ۲۰ سال و در این مدت در این توده‌ها هیچ‌گونه عملیات پرورشی و اصلاحی انجام نشده است.

روش پژوهش

نمونه‌برداری و اندازه‌گیری درختان سرپا

در هر یک از توده‌های موردبررسی به‌طور مساوی ۱۲ قطعه‌نمونه (درمجموع ۳۶ قطعه‌نمونه) مربعی‌شکل با ابعاد ۱۶ در ۱۶ متر به‌طور منظم- تصادفی برداشت شد. در هر قطعه‌نمونه، قطر برابرسینه با نوار قطرسنج و ارتفاع کل تمام درختان با Haglöf-VERTEX IV اندازه‌گیری و ثبت شد. در قطعات‌نمونه اندازه‌گیری‌شده، در هر توده با توجه به دامنه قطری درختان، تعداد ۱۲پایه در هر توده و درمجموع ۳۶ پایه انتخاب شدند و از ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر روی زمین قطع شدند (He *et al*., 2013).

پس از قطع، هر درخت به قسمت‌های مختلف تنه، شاخه (از محل اتصال به تنه تا قطر ۲/۵ سانتی‌متر)، سرشاخه (قطر کمتر از ۲/۵ سانتی‌متر) و برگ تقسیم شد و هر قسمت به‌طور جداگانه در عرصه با ترازو (شاخه، سرشاخه و برگ با دقت یک گرم و تنه با دقت یک کیلوگرم) توزین شد. همچنین به‌منظور اندازه‌گیری حجم دقیق تنه، آنرا به قطعاتی با طول‌های دو متر تبدیل و با استفاده از فرمول اسمالیان (Sectional measurement) حجم هر بخش محاسبه و درنهایت حجم کل تنه هر درخت محاسبه شد (Namiranian, 2006). برای تعیین محتوای رطوبت بخش‌های مختلف، از تنه اصلی هر درخت سه دیسک (پایین، وسط، بالا) و از شاخه‌های قطور دو دیسک (پایین و بالا)، هر کدام به ضخامت پنج سانتی‌متر انتخاب و به‌منظور تعیین وزن مخصوص و محتوای رطوبت به آزمایشگاه منتقل شد. همچنین برگ‌های هر درخت به‌طور کامل از

سرشاخه‌ها (Twigs) جدا و سپس توزین شد. از سرشاخه‌ها و برگ‌ها حدود ۳۰۰ گرم به‌صورت تصادفی نمونه‌گیری و برای تعیین محتوای رطوبت به‌تفکیک گونه به آزمایشگاه منتقل شد (Li *et al.*, 2010). پس از تعیین محتوای رطوبت برای اندام‌های مختلف هر کدام از درختان، زی‌توده خشک برای اندام‌های هر گونه با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$DW_t = \frac{DW_s}{FW_s} \times FW_t \qquad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن DW_t وزن خشک کل، DW_s وزن خشک نمونه، FW_t وزن تر کل و FW_s وزن تر نمونه هستند.

روش برآورد فاکتور زی‌توده و فاکتور تعمیم زی‌توده

به‌منظور محاسبه فاکتور زی‌توده و فاکتور تعمیم زی‌توده در گونه‌های موردنظر از حجم تنه درختان استفاده شد. علت استفاده از حجم تنه، استفاده گسترده از متغیر حجم تنه در طرح‌های جنگلداری با هدف برآورد موجودی سرپا (حجم چوب صنعتی) بود. در بیشتر موارد در جنگل‌های مختلف دنیا نیز از این متغیر استفاده شده است. برای تعیین فاکتور زی‌توده، فاکتور تعمیم زی‌توده و نسبت زی‌توده تاج به زی‌توده کل به ترتیب از رابطه‌های ۲، ۳ و ۴ استفاده شد (Somogyi *et al.*, 2007):

$$BFi = \frac{Wi}{Vs} \qquad \text{رابطه (۲)}$$

$$BEF = \frac{ABG}{Vs} \qquad \text{رابطه (۳)}$$

$$R = \frac{Cr._{DB}}{St._{DB}} \qquad \text{رابطه (۴)}$$

که در آنها BFi فاکتور زی‌توده برای هر بخش از اندام‌های هوایی درخت، Wi وزن خشک هر بخش از اندام‌های هوایی درخت به تن، Vs حجم تنه تا قطر هفت سانتی‌متر درخت به مترمکعب، BEF فاکتور تعمیم زی‌توده، AGB زی‌توده اندام‌های هوایی درخت، R نسبت زی‌توده تاج به زی‌توده کل روی زمینی، $Cr._{DB}$ زی‌توده خشک تاج و $St._{DB}$ زی‌توده خشک کل روی زمین است.

روش تجزیه‌وتحلیل

نرمال‌بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف–سمیرنف و همگنی واریانس‌ها با آزمون لون بررسی شد. به‌منظور بررسی وجود اختلاف بین فاکتور زی‌توده، فاکتور تعمیم زی‌توده و نسبت زی‌توده تاج به کل، از تجزیه‌واریانس یک‌طرفه ANOVA در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد انجام شد.

نتایج

نتایج تحلیل واریانس (جدول ۱) نشان داد در تمامی ضریب‌های فاکتور زی‌توده، فاکتور تعمیم زی‌توده و نسبت زی‌توده تاج به زی‌توده کل روی زمینی برای گونه‌های درختی موردبررسی تفاوت معنی‌دار وجود دارد. نتایج مقایسه میانگین‌ها برای فاکتور زی‌توده در اندام‌های مختلف نشان داد که فاکتور زی‌توده شاخه‌ها و سرشاخه‌های دارتالاب با توسکاییلاقی و صنوبر در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارد، اما این ضریب‌ها از نظر آماری بین توسکاییلاقی و صنوبر دلتوئیدس یکسان است. از سوی دیگر، فاکتور زی‌توده برگ هر سه گونه اختلاف معنی‌دار دارد. فاکتور زی‌توده تاج توسکاییلاقی و دارتالاب از نظر آماری اختلاف معنی‌دار ندارد، اما بین این دو گونه و صنوبر دلتوئیدس اختلاف معنی‌دار وجود دارد (شکل ۱).

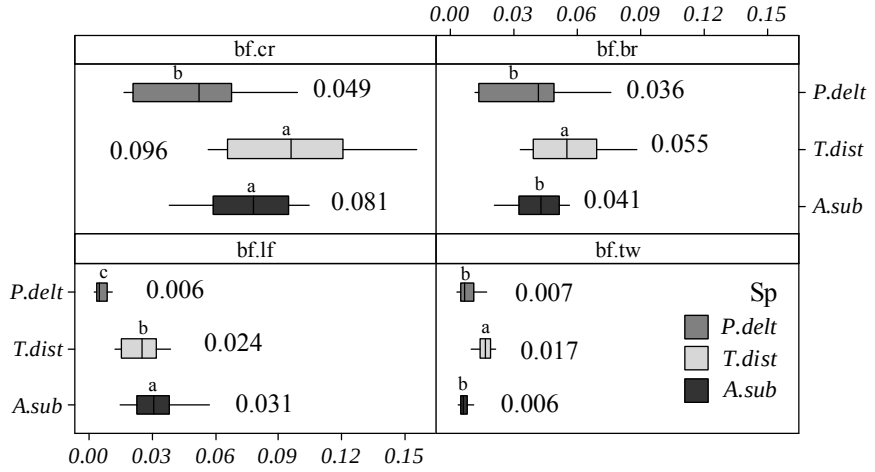
مقایسه میانگین نسبت زی‌توده تاج به زی‌توده کل روی‌زمینی گونه‌های مختلف موردبررسی در شکل ۲ ارائه شده است. میانگین این نسبت برای دو گونه توسکاییلاقی و دارتالاب تفاوت معنی‌دار ندارد، اما این دو گونه نسبت به صنوبر دلتوئیدس از نظر آماری زی‌توده بیشتری در تاج خود ذخیره کرده‌اند. مقدار این ضریب به‌ترتیب برای توسکاییلاقی، دارتالاب و صنوبر دلتوئیدس برابر با ۰/۱۴، ۰/۱۵ و ۰/۱۰ است.

شکل ۳ مقایسه میانگین فاکتور تعمیم زی‌توده سه گونه موردبررسی را نشان می‌دهد. نتایج بیانگر آن است که بین

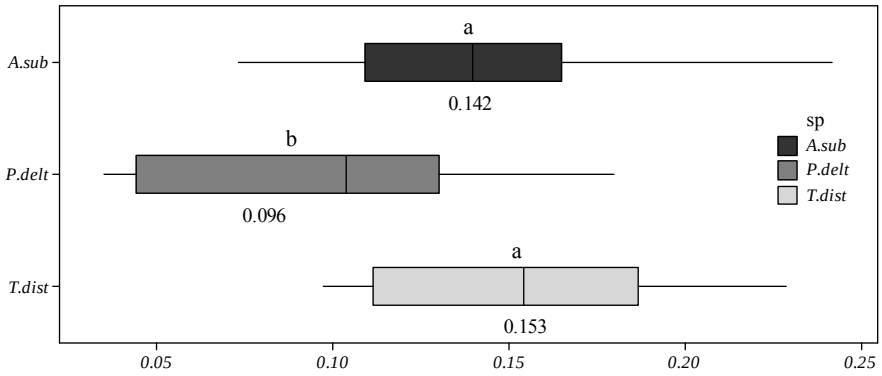
فاکتور تعمیم زی‌توده سه گونه توسکاییلاقی، دارتالاب و صنوبر اختلاف معنی‌دار وجود دارد و مقادیر آن به‌ترتیب برابر با ۰/۵۵، ۰/۶۲ و ۰/۵۰ تن بر مترمکعب است. دارتالاب در مقایسه با دو گونه پهن‌برگ دارای فاکتور زی‌توده بالاتری است.

جدول ۱- نتایج تحلیل واریانس یک‌طرفه فاکتور زی‌توده هریک از اندام‌ها، فاکتور تعمیم زی‌توده و نسبت زی‌توده تاج به زی‌توده کل

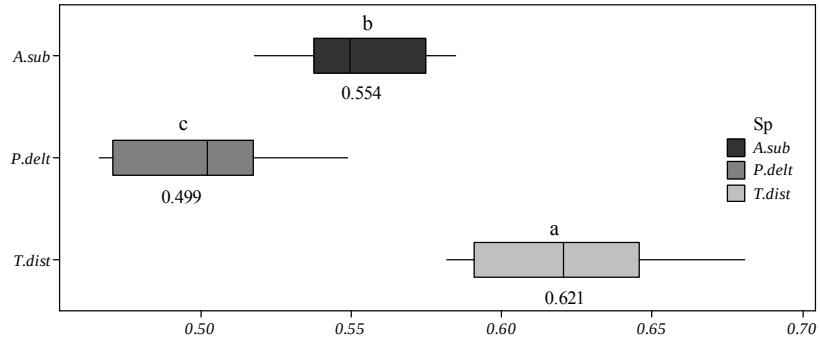
ضریب	منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	آماره P
فاکتور زی‌توده تاج (BF.cr)	گونه	۲	۰/۰۱۳	۰/۰۰۷	۷/۸	۰/۰۰۰
	خطا	۳۳	۰/۰۲۹	۰/۰۰۱		
	کل	۳۵	۰/۰۴۲			
فاکتور زی‌توده شاخه‌ها (BF.br)	گونه	۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۴	۰/۰۲۹
	خطا	۳۳	۰/۰۱۰	۰/۰۰۰		
	کل	۳۵	۰/۰۱۲			
فاکتور زی‌توده سرشاخه‌ها (BF.tw)	گونه	۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۲۱/۹	۰/۰۰۰
	خطا	۳۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰		
	کل	۳۵	۰/۰۰۱			
فاکتور زی‌توده برگ (BF.lf)	گونه	۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۲۸/۹	۰/۰۰۰
	خطا	۳۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰		
	کل	۳۵	۰/۰۰۷			
فاکتور تعمیم زی‌توده (BEF)	گونه	۲	۰/۰۸۸	۰/۰۴۴	۵۱/۰	۰/۰۰۰
	خطا	۳۳	۰/۰۲۹	۰/۰۰۱		
	کل	۳۵	۰/۱۱۷			
نسبت زی‌توده تاج به زی‌توده کل روی زمینی (BF.cr/BF.st)	گونه	۲	۰/۰۲۱	۰/۰۱۱	۵/۳	۰/۰۱۰
	خطا	۳۳	۰/۰۶۷	۰/۰۰۲		
	کل	۳۵	۰/۰۸۸			



شکل ۱- نتایج مقایسه میانگین ضریب‌های فاکتور زی‌توده برای گونه‌های موردبررسی (در هر یک از پانل‌ها، علائم مختلف نشان‌دهنده معنی‌داری اختلاف با ۹۵ درصد اطمینان و ***A.sub***، ***P.delt*** و ***T.dist*** به‌ترتیب توسکاییلاقی، صنوبردلتوئیدس ودارتالاب و **bf.br**، **bf.cr**، **bf.tw** و **bf.lf** به‌ترتیب فاکتور زی‌توده برای شاخه، تاج، سرشاخه و برگ است. اعداد، میانگین هر بخش است.)



شکل ۲- نتایج مقایسه میانگین برای زی‌توده تاج به زی‌توده کل روی زمینی؛ ***A.sub***، ***P.delt*** و***T.dist*** به‌ترتیب توسکاییلاقی، صنوبردلتوئیدس و دارتالاب هستند. علائم مختلف نشان‌دهنده معنی‌داری اختلاف با ۹۵ درصد اطمینان است و عدد زیر نمودار میانگین این نسبت برای هر گونه هستند.)



شکل ۳- نتایج مقایسه میانگین برای فاکتور تعمیم زی‌توده؛ ***A.sub***، ***P.delt*** و ***T.dist*** به‌ترتیب توسکاییلاقی، صنوبر دلتوئیدس و دارتالاب هستند. علائم مختلف نشان‌دهنده معنی‌داری اختلاف با ۹۵ درصد اطمینان است و عدد زیر نمودار میانگین این نسبت برای هر گونه هستند.)

بحث

در شمال ایران، طبق آمار سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور تا پایان سال ۱۳۹۲ بیشتر از ۱۵۸۶۵۰ هکتار جنگل‌کاری با هدف زراعت چوب وجود دارد (Anonymous, 1993) که تنها حجم تنه آنها به‌دلیل فروش مورد اندازه‌گیری قرار گرفته و حجم زیادی از شاخه‌ها و شاخ و برگ‌ها وجود دارد که اندازه‌گیری نمی‌شود. این بخش از درختان که به آن توجه نمی‌شود، در مقیاس وسیع، مقدار زیادی از زی‌توده را تشکیل می‌دهد و مشکل‌ترین بخش ازنظر اندازه‌گیری یا برآورد است (Somogyi *et al*., 2007). از بین روش‌های مختلف برآورد زی‌توده، استفاده از فاکتور زی‌توده و فاکتور تعمیم زی‌توده برمبنای حجم تنه، روشی سریع و با دقت قابل‌قبول برای تعیین زی‌توده در اندام‌های مختلف درخت است (Pajtík *et al*., 2008)، زیرا حجم تنه درختان معمولاً با دقت خوبی برای اهداف مختلف و به‌ویژه فروش حجمی چوب تعیین می‌شود.

پژوهشگران مختلف دقت استفاده از فاکتور زی‌توده و فاکتور تعمیم زی‌توده را در مطالعات خود قابل‌قبول عنوان کرده‌اند (Tohin & Nieuwenhuis, 2007; Pajtik *et al*., 2008; Bakhtiarvand Bakhtiari *et al*., 2011). از مهمترین برتری‌های استفاده از فاکتور زی‌توده و فاکتور تعمیم زی‌توده نسبت به معادلات آلومتری، قابلیت استفاده از آن برای توده به‌صورت مستقیم است، بدین‌صورت که با داشتن حجم در هکتار و ضریب‌های حاضر می‌توان زی‌توده کل روی‌زمین و زی‌توده اندام‌های مختلف مانند شاخه، سرشاخه و برگ در هکتار را محاسبه کرد، درحالی‌که معادلات آلومتری در سطح درخت قابل استفاده است و نیاز است تا این معادلات برای هر درخت به‌صورت جدا استفاده شود.

در پژوهش پیش‌رو مقدار فاکتور زی‌توده برای اندام‌های مختلف در صنوبر دلتوئیدس، توسکاییلاقی و دارتالاب با شرایط جنگلکاری و اقلیم شمال ایران محاسبه و تعیین شد. مقدار فاکتور زی‌توده اندام‌های مختلف در این سه گونه و تفاوت بین آنها به‌علت تفاوت در شکل و ریخت‌شناسی پهن‌برگان با سوزنی‌برگان کاملاً منطقی و متناسب است. با توجه به نتایج و تأیید دیگر پژوهشگران دررابطه با دقت خوب و همچنین نبود تغییرات زیاد در این فاکتورها برای رویشگاه‌های با اقلیم یکسان، می‌توان از این فاکتورها در تعیین مقدار زی‌توده ذخیره‌شده در شاخه‌ها، سرشاخه‌ها، برگ و کل تاج درختان موردبررسی در این تحقیق که در اقلیم شمال کشور جنگلکاری شده‌اند، استفاده کرد. راهنمای عملی IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) استفاده از فاکتور زی‌توده را در برآورد ذخایر زی‌توده و تغییرات این ذخایر پیشنهاد می‌دهد. همچنین در این راهنمای عملی استفاده از فاکتور تعمیم زی‌توده برای برآورد زی‌توده در سطح درخت و در سطح توده یا مقیاس وسیع جنگل پیشنهاد می‌شود (Penman *et al*., 2003; Eggleston *et al*., 2006). نتایج فاکتور تعمیم زی‌توده در سطح درخت نشان داد فاکتور تعمیم زی‌توده برای دارتالاب ۰/۶۲۱ تن بر مترمکعب محاسبه شد که با اعداد به‌دست‌آمده برای دو گونه *Picea abies* و *Pinus sylvestris* در فنلاند به‌ترتیب با ۰/۷۱۶ و ۰/۵۹۵ تن بر مترمکعب متناسب به‌نظر می‌رسد (Lehtonena *et al*., 2004). همچنین فاکتور تعمیم زی‌توده برای صنوبر ۰/۴۹۹ تن بر مترمکعب به‌دست آمد که با تحقیقات انجام‌شده در توده‌های صنوبر در چین که فاکتور تعمیم زی‌توده را ۰/۴۹۶ به‌دست آوردند (Fang *et al*., 2007)، کاملاً متناسب است. فاکتور تعمیم زی‌توده در درختان جوان با افزایش سن کاهش می‌یابد، اما در درختان با سن زیاد ثابت است (Pajtík *et al*., 2008). به‌طور کلی فاکتور تعمیم زی‌توده در یک سن مشخص با دامنه‌های قطری و ارتفاعی مختلف تغییر زیادی نمی‌کند و در دامنه وسیعی از مشخصات رویشگاهی با اقلیم یکسان و با دقت خوب قابل‌استفاده است (Guo *et al*., 2010)، بنابراین می‌توان با داشتن حجم تنه و مقادیر فاکتور زی‌توده ارائه‌شده در این تحقیق، زی‌توده کل درختان را برای گونه‌های موردنظر برآورد کرد.

مقایسه سه گونه موردنظر در رابطه با فاکتورهای محاسبه‌شده نیز دارای اهمیت است، زیرا تولید زی‌توده و

تخصیص آن به بخش‌های مختلف بسته به نوع گونه و در پاسخ به شرایط محیطی متفاوت است. به‌عبارت دیگر درختان با توجه به موقعیت و منطقه‌ای که در آن قرار دارند، تولید زی‌توده خود را به بخش‌های مختلف تنه، ریشه، شاخه‌ها و یا تولید برگ و میوه خود اختصاص می‌دهند (Ikegami & Werger, 2008). مدیریت جنگل یکی دیگر از عامل‌هایی است که آثار مهمی بر نحوه تخصیص کربن در اندام‌های مختلف درختان گذاشته (He *et al*., 2013; Coomes *et al*., 2012) و درنتیجه بر فاکتورهای زی‌توده اندام‌های مختلف درخت نیز تأثیر می‌گذارد. با توجه به اینکه تحقیق پیش‌رو با سه گونه در شرایط رویشگاهی یکسان و تحت یک مدیریت انجام شده است، بنابراین تفاوت بین فاکتور زی‌توده در اندام‌های مختلف تنها به نوع گونه مرتبط است و از این نظر می‌توان با محاسبه فاکتور زی‌توده برای اندام‌های مختلف، گونه‌ها را دررابطه با نحوه تخصیص کربن با یکدیگر مقایسه کرد. با توجه به نتایج، فاکتور زی‌توده برای شاخه و سرشاخه در گونه دارتالاب در مقایسه با دو گونه پهن‌برگ دیگر بیشتر است.

در پایان می‌توان گفت که فاکتور زی‌توده و فاکتور تعمیم زی‌توده ابزاری مفید و دارای توانایی مطلوب برای ارزیابی و تعیین زی‌توده اندام‌های مختلف در درختان است. استفاده از این ضریب‌ها در مدیریت پیشرفته جنگلکاری‌ها می‌تواند در انتخاب گونه‌ها با نسبت های مختلف تخصیص زی‌توده که بسته به شرایط رویشگاهی، اقتصادی- اجتماعی و غیره، گونه یا گونه‌های خاصی را می‌طلبد بکار رود. همچنین پیشنهاد می‌شود این فاکتورها برای گونه‌های موجود در جنگل‌های شمال کشور به‌منظور تعیین میزان زی‌توده ذخیره‌شده اندام‌های آنها محاسبه و تعیین شود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری کلیه پرسنل محترم مرکز بذر جنگلی خزر که امکانات لازم برای این پژوهش را فراهم آوردند و همچنین همکاری آقایان مهندس احسان فکور، پیمان اشکاوند و حمید بینا در اجرای آماربرداری سپاسگزاری می‌شود.

References

- Anonymous, 1993. Report on the operation of the office of afforestation and forest Parks. Forests, Rangeland & Watershed Management Organization of Iran, 40p (In Persian).
- Bakhtiarvand Bakhtiari, S. 2011. Assessment of biomass estimation methods for conifer and broadleaved trees in Mobarake steel plantation. M. Sc. thesis, Faculty of Natural Resource and Earth Science, University of Shahr-e-Kord, 99p (In Persian).
- Coomes, D.A., Holdaway, R.J., Kobe, R.K., Lines, E.R. and Allen, R.B. 2012. A general integrative framework for modeling woody biomass production and carbon sequestration rates in forests. Journal of Ecology, 100(1): 42-64.
- Fang, J.Y., Wang, G.G., Liu, G.H. and Xu, S.L. 1998. Forest biomass of China: an estimation based on the biomass-volume relationship. Journal of Ecological Application, 8(1): 1084-1091.
- Fang, J.Y., Guo, Z.D., Piao, S.L. and Chen, A.P. 2007. Terrestrial vegetation carbon sinks in China, 1981- 2000. Journal of Science in China-Series D: Earth Sciences, 50(9): 1341-1350.
- Fasth, B.G., Harmon, M.E., Sexton J. and White, P. 2011. Decomposition of fine woody debris in a deciduous forest in North Carolina. The Journal of the Torrey Botanical Society, 138(2): 192-206.
- Ghani, A., Azizi, M. and Tehranifar, A. 2009. Response of *Achillea* species to drought stress induced by polyethylene glycol in germination stage. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 25(2): 271-281.
- Guo, Z., Fang, J., Pan, Y. and Birdsey, R. 2010. Inventory-based estimates of forest biomass carbon stocks in China: A comparison of three methods. Forest Ecology and Management, 259(7): 1225-1231.
- Hakkila, P. 1989. Utilization of Residual Forest Biomass. Springer, 477p.
- He, Y., Qin, L., Li, Z., Liang, X., Shao, M. and Tan, L. 2013. Carbon storage capacity of monoculture and mixed-species plantations in subtropical China. Forest Ecology and Management, 295(1): 193-198.
- Ikegami, M., Whigham, D.F. and Werger, M.J.

the Czech Republic. Annals of Forest Science, 64(1): 133-140.
- Levy, P.E., Hale, S.E. and Nicoll, B.C. 2004. Biomass expansion factors and root: shoot ratios for coniferous tree species in Great Britain. Journal of Forestry, 77(1): 421-430.
- Li, X., Yi, M.J., Son, Y., Park, P.S., Lee, K.H., Son, Y.M., Kim R.H. and Jeong J.M. 2010. Biomass expansion factors of natural Japanese red pine (*Pinus densiflora*) forests in Korea. Journal of Plant Biology, 53(6): 381-386.
- Litton, C.M., Raich, J.W. and Ryan, M.G. 2007. Carbon allocation in forest ecosystems. Global Change Biology, 13(10): 2089-2109.
- Namiranian, M. 2006. Measurment of Tree and Forest Biometry. University of Tehran Press, 574p (In Persian).
- Pajtık, J., Konopkaa, B. and Lukacc, M. 2008. Biomass functions and expansion factors in young Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst) trees. Forest Ecology and Management, 256(5): 1096-1103.
- Razavi, S.A. 2010. Comparison of soil characteristics and biodiversity in plantations of Bald cypress and Caucasian alder (case study: Kludeh-Mazandaran province). Journal of Wood & Forest Science and Technology, 17(2): 41-56 (In Persian).
- Rostamabadi, A., Tabari, M., Salehi, A., Sayad, E. and Salehi, A. 2010. Comparison of nutrition, nutrient return and nutrient retrains location between stands of *Alnus subcordata* and *Taxodium distichum* in Tashbandan, Amol (Mazandaran). Journal of Wood & Forest Science and Technology, 17(1): 65-78 (In Persian).
- Somogyi, Z., Cienciala, E., Mäkipää, R., Muukkonen, P., Lehtonen A. and Weiss, P. 2007. Indirect methods of large-scale forest biomass estimation. European Journal of Forest Research, 126(2): 197-207.
- Tohin, B. and Nieuwenhuis, M. 2007. Biomass expansion factors for Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) in Ireland. European Journal of Forest Research, 126(2): 189-496.
2008. Optimal biomass allocation in heterogeneous environments in a clonal plant-Spatial division of labor. Ecological Modelling, 213(2): 156-164.
- Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindranath, N.H., Verardo, D.J. and Dokken, D.J. 2000. Land Use, Land-Use Change and Forestry: A Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 388p.
- Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. and Wagner, F. 2003. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Institute for Global Environmental Strategies, 593p.
- Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. and Tanabe, K. 2006. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan, 20p.
- Iranmanesh, Y. 2013. Assessment on biomass estimation methods and carbon sequestration of *Quercus branti* Lindl. in Chaharmahal & Bakhtiari forests. Ph. D. thesis, Faculty of Natural Resource, Tarbiat Modares University, 105p (In Persian).
- Izadi, S. 2013. Comparison of sampling methods for estimating volume of coarse woody debris in Hyrcanian forest of Iran. M. Sc. thesis in Forestry. Faculty of Natural Resource, Tarbiat Modares University, 71p (In Persian).
- Lehtonen, A. 2005. Estimating foliage biomass for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) plots. Tree Physiology, 25(1): 803-811.
- Lehtonena, A., Makipa, R., Heikkinenb, J., Sievanena, R. and Liskic, J. 2004. Biomass expansion factors (BEFs) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests. Forest Ecology and Management, 188(1): 211-224.
- Lehtonena, A., Ciencialab, E., Tatarinovb, F. and Makipaa, R. 2007. Uncertainty estimation of biomass expansion factors for Norway spruce in

Estimation of biomass factor and biomass expansion factor for *Populus deltoides*, *Alnus subcordata* and *Taxodium distichum* in koludeh plantation, Amol

J. Eslamdoust[1], H. Sohrabi[2*], S.M. Hosseini[3] and B. Naseri[4]

1- M. Sc. Student, Faculty of Natural Resources and Marian Science, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.
2*- Assistant Prof., Faculty of Natural Resources and Marian Science, Tarbiat Modares University, Noor, Iran. Email: hsohrabi@modares.ac.ir
3- Prof., Faculty of Natural Resources and Marian Science, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.
4- Ph. D. Student, Faculty of Natural Resources and Marian Science, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.

Received: 01.29.2014 Accepted: 07.16.2014

Abstract

Biomass factor is one of the efficient methods for non-destructive estimation of biomass and carbon storage in forest stands. To fulfill the existing lack of biomass data in plantations of Northern Iran, this study derived biomass factor (BF), crown biomass to aboveground biomass ratio (R) and biomass expansion factor (BEF) coefficients for three tree species of Eastern Poplar (*Populus deltoides*), Caucasian Alder (*Alnus subcordata*) and Bald cypress (*Taxodium distichum*) across a 20-years old plantation. For each species, 12 individual trees were felled down. Then the dry weigh of stem, branches, twigs and leaves were separately measured for each tree. The BF values for Eastern Poplar, Caucasian Alder and Bald Cypress were 0.036, 0.007, 0.006 Mg m^{-3} for branch, 0.055, 0.017, 0.024 Mg m^{-3} for twigs and 0.041, 0.006, 0.031 Mg m^{-3} for leaves, respectively. Compared to the other two species, the R value for Eastern Poplar was significantly lower. The BEF values were 0.499, 0.554 and 0.621 Mg m^{-3} for Eastern Poplar, Caucasian Alder and Bald Cypress, respectively. Although these coefficients are easy to apply and efficient for use, but using them for other plantations must be done with caution, because applying them for other plantations with different stand structure may result in a biased estimation

Key words: Carbon and biomass estimation, biomass allocation, plantation, biomass expansion factor, Koludeh.