ارزیابی دو روش‌عامل بسط زی‌توده و نسبت ریشه به اندام‌های روی زمین در برآورد زی‌تودهٔ درختان سوزنی‌برگ و پهن برگ

سیاوش بختیاروند بختیاری[۱] و هرمز سهرابی[۲]*

[۱]دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد جنگلداری دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد
[۲]استادیار گروه جنگلداری دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۹/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۵/۱۰)

چکیده

زی‌تودهٔ رو و زیرزمین، از مؤلفه‌های بسیار مهم اندوختهٔ کربن در بوم‌سازگان‌های خشکی است. امروزه، تخمین مقادیر این مؤلفه‌ها با استفاده از برآورد کننده‌های نااریب اهمیت زیادی یافته است. در برآورد زی‌تودهٔ اندام‌های روی‌زمین، نسبت‌های عامل بسط زی‌توده (Biomass Expansion Factors) و در بخش اندام‌های زیرزمینی، نسبت زی‌تودهٔ ریشه به زی‌تودهٔ اندام‌های روی‌زمین (Root-to-Shoot Ratio) از نسبت‌های کاربردی هستند. در تحقیق حاضر، این نسبت‌ها برای دو گونهٔ سوزنی‌برگ کاج تهران (*Pinus eldarica*) و سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica*) و دو گونهٔ پهن‌برگ توت (*Morus alba*) و اقاقیا (*Robinia pseudoacacia*) در جنگلکاری‌های اطراف کارخانهٔ فولاد مبارکه محاسبه و صحت نسبت‌هایBEF و R در برآورد زی‌تودهٔ اندام‌های رو و زیرزمین بررسی شد. برای بررسی صحت برآورد زی‌توده با استفاده از عامل بسط، از هر گونه ۱۵ درخت قطع و زی‌تودهٔ واقعی در محل قطع محاسبه شد. همچنین ریشهٔ‌پنج درخت به‌طور کامل استخراج شد. نمونه‌ها برای تعیین وزن خشک به آزمایشگاه منتقل شدند و وزن خشک اجزای درخت به‌دست آمد.با ضرایب BEF و R به دست آمده، زی‌تودهٔ رو و زیرزمین برآورد و با استفاده از آزمون t جفت‌شده مقایسه شد. نتایج نشان‌داد که بین مقدار واقعی و برآوردی در هر دو روش اختلاف آماری معنی‌داری وجود ندارد. بنابراین می‌توان برای تبدیل اطلاعات درختان سرپای این گونه‌ها به زی‌تودهٔ رو و زیرزمین، در جنگلکاری‌های مشابه، از این ضرایب استفاده کرد. همچنین بررسی‌ها نشان داد که نسبت زی‌تودهٔ انـدام‌های زیرزمین به اندام‌های روی‌زمین سرو ۱:۶/۷، کاج ۱:۴/۵، توت۱:۳/۷ و اقاقیا ۱:۳/۵ است.

واژه‌های کلیدی: اقاقیا، برآورد نااریب، توت، سرو نقره‌ای، فولاد مبارکه، کاج تهران.

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۱۲۲۶۲۵۳۱۰۱ Email: hsohrabi@modares.ac.ir

مقدمه و هدف

برآورد زی‌تودهٔ درخت در ارزیابی ساختار، شرایط و حاصلخیزی جنگل و نیز در برآورد ذخیره و تغییر کربن استفاده می‌شود (Navar, 2009). اهمیت اندازه‌گیری زی‌توده به دلایل مختلف رو به افزایش است که توجه به بهره‌برداری کامل از درخت (ریشه، کنده، شاخه‌ها و...)، استفاده از ضایعات تولید در کارخانه‌های صنایع چوب و اهمیت مقدار مواد سوختی (زی‌توده) در ارتباط با وضعیت آتش‌سوزی در جنگل، از جملهٔ این دلایل است (Parresol, 1999).

از طرفی، برآورد متغیرهای سرپای درختان مانند حجم تنه، سطح مقطع برابرسینه، ارتفاع و...، از عوامل اصلی در مدیریت جنگل بوده و در آماربرداری‌ها، حائز اهمیت است و از این طریق سهم هریک از محصولات جنگل مانند تیرک‌ها، چوب‌های مورد استفاده برای کاغذسازی، چوب‌های برشی و تخته قابل محاسبه است. به‌همین دلیل در گذشته، بیشتر آماربرداری‌های جنگل برای برآورد این متغیرها صورت می‌گرفت. کاربرد معادلات حجم تنه و زی‌تودهٔ اجزای مختلف درختان در داده‌های آماربرداری جنگل اغلب به تولید "نسبت‌های عامل بسط زی‌توده"[1] منجر می‌شود (Navar, 2009). BEF در واقع نسبت زی‌تودهٔ کل اندام‌های روی زمین[2] درخت به یکی از عامل‌های اندازه‌گیری شده برای درختان سرپا، مانند حجم تنه، سطح مقطع برابرسینه، ارتفاع، قطر تاج و... است، که از آن در تبدیل متغیرهای سرپای درخت، برحسب واحد مربوط به مقدار زی‌توده یا ذخیرهٔ کربن بر حسب کیلوگرم یا مگاگرم، استفاده می‌شود (Levy *et al*., 2004). در بسیاری از موارد باید تغییرات ذخیرهٔ کربن، برحسب زمان محاسبه و گزارش شود. در این گونه موارد از آماربرداری‌های زی‌توده برای یک منطقهٔ جنگلی در دو مقطع زمانی و به عبارتی در یک بازهٔ زمانی استفاده می‌شود که در این صورت، فرمول‌های زیر به‌کار می‌رود:

رابطه ۱ $\Delta C = (C_2-C_1)/t$

رابطه ۲ $[V*D*BEF*Fc]*(1+ R)C=$

در این روابط ΔC تغییرات سالانهٔ ذخیرهٔ کربن بر حسب $MgCa^{-1}$، C_1 و C_2 کل ذخیرهٔ کربن در زی‌توده در زمان‌های یک و دو بر حسب MgC، t فاصلهٔ زمانی بین زمان‌های یک و دو بر حسب سال، V حجم تنه بر حسب متر مکعب، D تراکم چوب خشک تنه برحسب Mgm^{-3}، BEF عامل بسط زی‌توده، Fc نسبت کربن در مادهٔ خشک بر حسب $MgC\ (Mg\ dry\ mass)^{-1}$ و R نسبت زی‌تودهٔ ریشه به زی‌تودهٔ اندام‌های روی زمین[3] است (Levy *et al*., 2004). همان‌طورکه ملاحظه می‌شود، در رابطهٔ ۲، برای محاسبهٔ مقدار کربن در سطح توده از دو نسبت BEF و R استفاده شده است. R[4] به عنوان نسبت بین وزن خشک ریشه به وزن خشک کل اندام‌های روی زمین بیان می‌شود (Anonymous, 2005). دلیل استفاده از نسبت R، وارد کردن زی‌تودهٔ ریشه در محاسبهٔ زی‌تودهٔ کل است. چون محاسبهٔ زی‌تودهٔ ریشه به روش مستقیم، یعنی خارج کردن ریشه‌ها از خاک و توزین آن، بسیار مشکل و زمان‌بر است و به‌دلیل دشواری تشخیص و تفکیک دقیق ریشه‌هایی ک درخت از درختان مجاور آن، دقت زیادی نیز ندارد (Snowdon *et al*., 2002)، استفاده از این نسبت در برآورد زی‌تودهٔ ریشه حائز اهمیت است. در ایران آماربرداری از جنگل‌کاری‌ها و جنگل‌های خارج از شمال، در بیشتر موارد بر اساس قطر برابر سینه و یا ارتفاع انجام گرفته است. با توجه به ضرورت روزافزون برآورد مقدار زی‌تودهٔ درختان جنگلی (با وجود بحث‌های گرمایش زمین و تغییر اقلیم و جاگزینی سوخت‌های فسیلی) باید از داده‌های آماربرداری قدیمی استفاده شده و به نحوی این داده‌ها به اطلاعات مربوط به زی‌توده تبدیل شود. از

1. Biomass Expansion Factors (BEF)
2. Aboveground biomass
3 . Root–Shoot Ratio
4. Root-to-Shoot Ratio

طرفی باید صحت و دقت این نسبت‌ها در تبدیل داده‌های مختلف به مقدار زی‌توده بررسیشود تا "نسبت بهینه" برای این تبدیل‌ها در هر منطقه‌ای مشخص شود. با استفاده از این نسبت‌ها می‌توان بدون اندازه‌گیری مستقیم زی‌توده که اجرای آن بسیار پرهزینه، مشکل و مخرب، و در عین حال لازمهٔ محاسبهٔ ذخیرهٔ کربن نیز است، از آماربرداری‌های سرپای درختان استفاده کرد و به هدف مورد نظر دست یافت.

هدف اصلی پژوهش حاضر،ارزیابی نسبت‌های BEF و R در برآورد زی‌تودهٔ رو و زیرزمین و هدف جنبی آن نیز گزارش نسبت‌های BEF و R برای جنگل‌کاری‌های کاج تهران (*Pinus eldarica*)، سرو نقره‌ای (*Cupresus arizonica*)، توت (*Morus alba*) و اقاقیا (*Robinia pseudoacacia*) در مناطق غیرجنگلی نیمه‌خشک ایران است.

مواد و روش‌ها

- منطقهٔ مورد بررسی

منطقهٔ نیمه‌خشک فولاد مبارکه در ۵۰ کیلومتری جنوب غربی شهر اصفهان بین عرض جغرافیایی "۸'۱۳°۳۲ و "۴۱'۱۷°۳۲ شمالی و طول جغرافیایی "۱۹'۲۳°۵۱ تا "۵'۲۷°۵۱ شرقی واقع شده است. اقلیم منطقه (به‌روش آمبرژه) خشک و سرد و میانگین بارندگی سالانه ۱۵۰ میلی‌متر است (بی‌نام، ۱۳۷۱).

در اطراف کارخانهٔ فولاد مبارکه، جنگلکاری‌با چند گونهٔ پهن‌برگ و سوزنی‌برگ به‌صورت توده‌های خالص و همسال انجام گرفته است. وسعت این جنگلکاری‌حدود ۱۵۰۰ هکتار و گونه‌های غالب پهن‌برگ آن شامل دو گونهٔ توت (*Morus alba*) و اقاقیا (*Robinia pseudoacacia*) به‌ترتیب با سطح زیر کشت ۲۰۰ و ۱۰۰ هکتار و گونه‌های غالب سوزنی‌برگ آن شامل دو گونهٔ کاج تهران (*Pinus eldarica*) و سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica*) با سطح زیر کشت ۴۰۰ و ۲۰۰ هکتار است. بقیهٔ سطح منطقه شامل گونه‌های دیگر است.

- شیوهٔ اجرای پژوهش

برای دو گونهٔ سوزنی‌برگ کاج تهران و سرو نقره‌ای و دو گونهٔپهن‌برگ توت و اقاقیا، مقدار زی‌تودهٔ کل اندام‌های رو و زیرزمینی اندازه‌گیری شد. به‌این منظور در هر یک از توده‌های خالص این گونه‌ها، سه قطعهٔ تصادفی به ابعاد ۲۰ در ۲۱ متر (۴۲۰ متر مربع) مستقر و متغیرهای سرپای کلیهٔ درختان، شامل قطر برابرسینه، قطر در ارتفاع ۰/۳ متری، ارتفاع و قطر تاج اندازه‌گیری شد. سپس ۱۵ پایه به‌صورت تصادفی انتخاب و قطع شد. پس از قطع، وزن اجزای مختلف درخت شامل تنه، شاخهٔ اصلی، سرشاخه، برگ و مخروط درختان به تفکیک و با استفاده از ترازوی رقومی با دقت ده گرم اندازه‌گیری شد. برای هر گونه پنج اصله (در مجموع برای چهار گونه،۲۰ اصله) درخت به‌منظور برآورد زی‌تودهٔ ریشه و تعیین نسبت R، به‌طوری تصادفی مشخص و کل سیستم ریشه‌ای آنها با بیل مکانیکی از خاک خارج شد. ریشه‌های با قطر بیش از دو میلی‌متر از کل ریشه‌ها جدا شد. به دلیل رطوبت در حد اشباع خاک اطراف ریشه، قسمت عمدهٔ این خاک به راحتی جدا و خاک‌های باقی‌مانده در اطراف ریشه نیز با استفاده از قلم مو از ریشه‌ها جدا شد. ریشه‌ها با استفاده از ترازوی رقومی توزین شد. سپس از هرکدام از اندام‌های هر پایهٔ یک نمونه که از قسمت‌های مختلف آن اندام تهیه شده بود، به وزن تقریبی ۱۰۰ گرم تهیه (Snowdon *et al*., 2002) و برای مشخص کردن وزن خشک به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌ها در دمای ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد و تا رسیدن به وزن پایدار، خشک شدند.

پس از تعیین وزن خشک نمونه‌ها، وزن خشک هر اندام درخت با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه شد.

$$WDc = \frac{WFc \times WDs}{WFs}$$ رابطه ۳

در این رابطه WDc وزن خشک هر جزء از درخت،

WFc وزن تر هر جزء از درخت، WDs وزن خشک هر نمونه و WFs وزن تر هر کدام از نمونه‌ها است. برای محاسبهٔ وزن خشک (زی‌توده) کل اندام‌های روی زمین، وزن خشک همهٔ اندام‌های روی زمین درخت که از رابطهٔ ۳ به‌دست آمده با هم جمع شد. زی‌تودهٔ ریشه نیز برای استفاده در محاسبهٔ نسبت R به همین طریق به‌دست آمد.

برای محاسبهٔ BEF در گونه‌های مختلف تحت بررسی، از متغیرهای متفاوتی استفاده شد. در سوزنی‌برگان از متغیر سطح مقطع برابرسینه در برآورد نسبت BEF و در پهن‌برگان به‌دلیل معرف نبودن قطر برابرسینه، از متغیرهای دیگری مانند سطح مقطع تنه در ارتفاع ۰/۳ متری (گونه توت) و سطح مقطع تاج (گونهٔ اقاقیا) استفاده شد. علت انتخاب متغیرهای متفاوت برای گونه‌های مختلف آن بود که تنهٔ بیشتر پایه‌های توت و اقاقیا در ارتفاع برابرسینه، چندشاخه شده‌اند. فرمول کلی برآورد BEF به‌صورت زیر است:

$$BEF = (\Sigma\ (AGB)i\ /\ Xi)\ /\ n \qquad \text{رابطه ۴}$$

که در آن $(AGB)i$ زی‌تودهٔ اندام‌های روی زمین هردرخت است و Xi با توجه به نوع گونه (سوزنی‌برگ یا پهن برگ) می‌تواند یکی از متغیرهای سطح مقطع برابرسینه، سطح مقطع تنه در ارتفاع ۰/۳متری درخت، یا سطح مقطع تاج درخت باشد، و n تعداد درختی است که برای محاسبهٔ BEF در نظر گرفته شده است.

برای محاسبهٔ R در هر چهار گونه از فرمول زیر استفاده شد.

$$R = \frac{\sum_{n}^{i} \frac{(BGB)i}{(AGB)i}}{n} \qquad \text{رابطه ۵}$$

که در آن BGB و AGB به‌ترتیب زی‌تودهٔ اندام‌های زیرزمینی و زی‌تودهٔ اندام‌های روی زمین هر درخت و n تعداد مشاهدات است. تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال با استفاده از آزمون کولموگروف – اسمیرنوف بررسی شد. مقادیر برآوردی به‌وسیلهٔ نسبت BEF و R با مقادیر واقعی متناظر خود، با استفاده از آزمون t جفت‌شده[1] مقایسه شد. نسبت R بین چهار گونه با استفاده از تحلیل واریانس یکطرفه[2] مقایسه شد و همگنی واریانس‌ها با آزمون لون بررسی شد. اختلاف میانگین مقدار R گونه‌ها نیز با آزمون SNK بررسی شد. محاسبات آماری در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ و رسم نمودارها در نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج

– محاسبهٔ ضرایب BEF و R

بررسی تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال با استفاده از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف نشان داد که داده‌های هر یک از متغیرهای تحت بررسی نرمال هستند (مقدار p برای اندام‌های روی زمینی کاج، سرو، توت و اقاقیا به ترتیب ۰/۹۸، ۰/۹۲، ۰/۹۴ و ۰/۹۰ و برای اندام‌های زیر زمینی به ترتیب ۰/۹۸، ۰/۹۸، ۰/۹۶ و ۰/۵۶ بود) نتیجهٔ محاسبهٔ BEF و R برای چهارگونه در جدول ۱ آمده است. BEF سوزنی‌برگان با استفاده سطح مقطع برابرسینه، توت با استفاده از سطح مقطع تنه در ارتفاع ۰/۳ متری و اقاقیا با استفاده از سطح مقطع تاج محاسبه شد.

– مقایسهٔ مقدار واقعی زی‌توده و مقدار برآوردی آن با روش‌های BEF و R

مقایسهٔ مقادیر برآوردی زی‌توده با مقادیر واقعی آن با استفاده از آزمون t جفت‌شده نشان داد که در هیچ یک از گونه‌ها بین این مقادیر از نظر آماری، اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود ندارد. نتایج این مقایسه در شکل ۱ آمده است. همین نتیجه برای روش R نیز به‌دست آمد. در این روش نیز، برای هیچ یک از گونه‌ها بین مقدار واقعی و برآوردشده اختلاف آماری معنی‌داری در سطح

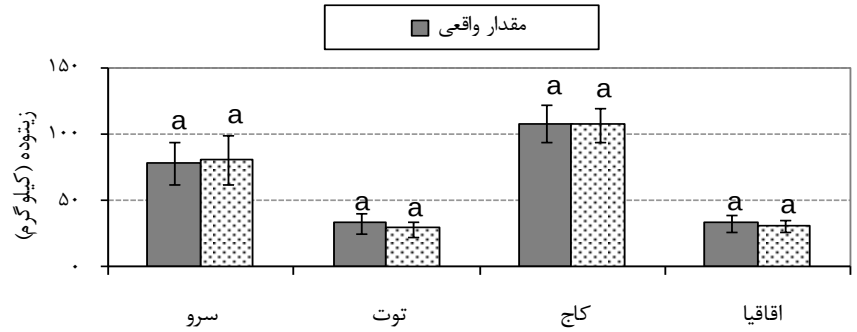
1. Paired samples t-test
2. One way ANOVA

اطمینان ۹۵ درصد مشاهده نشد (شکل ۲).

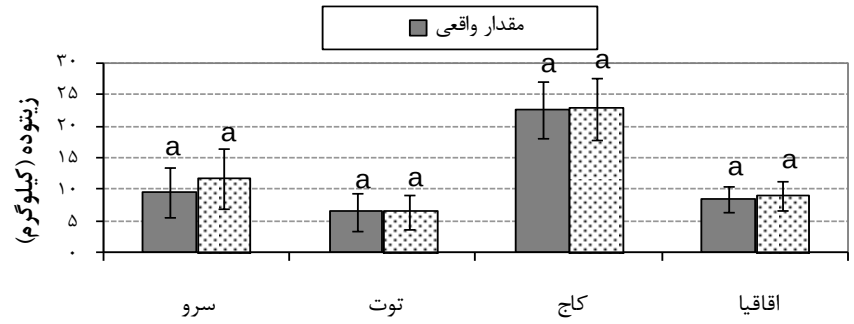
جدول ۱- مقادیر نسبت‌های BEF (kg/m^2) و R برای چهار گونه درختی

گونه	کاج	سرو	توت	اقاقیا
BEF	۴۰۶۶/۴ (۱۳۲)	۷۰۳۴/۸ (۵۸۸)	۲۰۷۹/۶ (۱۶۴)	۳/۰ (۰/۲)
R	۰/۲۲ (۰/۰۱)	۰/۱۵ (۰/۰۲)	۰/۲۸ (۰/۰۲)	۰/۲۹ (۰/۰۲)

مقادیر داخل پرانتز، خطای معیار برآورد میانگین است.



شکل ۱- مقایسهٔ زی‌تودهٔ واقعی و برآوردشده روی زمین با روش BEF برای چهار گونه در منطقهٔ فولاد مبارکه (حروف مشابه روی ستون‌ها، نشان‌دهندهٔ نبود اختلاف آماری معنی‌دار با اطمینان ۹۵ درصد است)



شکل ۲- مقایسهٔ زی‌تودهٔ واقعی و برآوردشدهٔ زیر زمین با روش R برای چهار گونه در منطقهٔ فولاد مبارکه (حروف مشابه روی ستون‌ها، نشان‌دهندهٔ نبود اختلاف آماری معنی‌دار بااطمینان ۹۵ درصد است)

- مقایسهٔ نسبت R گونه‌های مختلف

نتایج تجزیه واریانس یکطرفه نشان داد که مقادیر R بین گونه‌های مختلف تحت بررسی در منطقهٔ فولاد مبارکه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری دارد (جدول ۲). آزمون لون برای بررسی واریانس‌ها نیز حاکی از همگن بودن واریانس‌ها بود (p value =۰/۵۹). بنابراین در

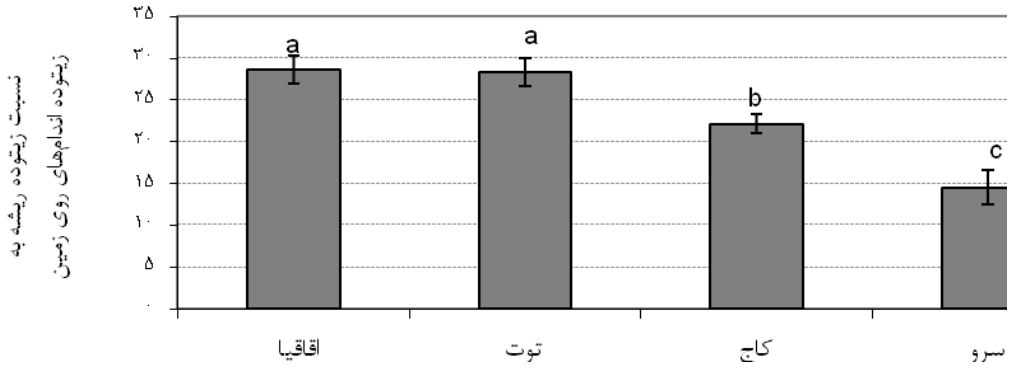
تحلیل واریانس یک طرفه از آزمون SNK استفاده شد.

جدول ۲- نتایج تحلیل واریانس یک طرفه ضرایب R بین گونه‌های مختلف در منطقهٔ فولاد مبارکه

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار آماره F
گونه	۰/۰۶۶	۳	۰/۰۲۲	۱۶/۲ **
خطا	۰/۰۲۲	۱۶	۰/۰۰۱	
کل	۰/۰۸۸	۱۹		

علامت ** نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار با ۹۹ درصد اطمینان است.

مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون SNK نشان داد که در بین چهار گونه، گونه‌های اقاقیا و توت، اختلاف آماری معنی‌داری از نظر نسبت زی‌تودهٔ ریشه به زی‌تودهٔ روی زمین ندارند. اما هرکدام از این دو گونه با گونه‌های سرو و کاج اختلاف آماری معنی‌داری دارد و مقدار R آنها بیش از دو گونهٔ دیگر است. ضریب R کاج از نظر آماری بیشتر از سرو بود (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسهٔ نسبت زی‌تودهٔ ریشه به اندام‌های روی زمین چهار گونهٔ تحت بررسی در منطقهٔ فولاد مبارکه (حروف متفاوت روی ستون‌ها، نشان‌دهندهٔ اختلاف آماری معنی‌دار با اطمینان ۹۵ درصد است)

بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از عامل بسط زی‌توده و نسبت زی‌تودهٔ ریشه به اندام‌های روی زمین به‌عنوان یک برآوردکننده، علاوه بر صحت مقدار برآورد، از سهولت بیشتری نیز برخوردار است. همچنین استفاده از این روش‌ها، برآورد زی‌تودهٔ سرپای درختان را ضمن کاستن هزینه‌ها، کاملاً بر اصول محیط زیستی منطبق می‌کند. در بسیاری از کشورها، نسبت عامل بسط زی‌توده، با استفاده از متغیر حجم تنه به‌دست آمده، که دلیل آن فرم استاندارد درختان تحت بررسی بوده است. با توجه به ماهیت جنگل‌های بررسی شده در دیگر تحقیقات، ملاحظه می‌شود که حجم در آماربرداری‌های ملی این کشورها، متغیری کاربردی است، اما Levy *et al.*(2004) با وجود استفاده از حجم تنه در برآورد نسبت BEF اذعان داشتند که ممکن است روابط بهتری برای محاسبهٔ این نسبت بین دیگر اجزای درخت وجود داشته باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که از متغیرهای دیگری چون سطح مقطع برابرسینه و سطح مقطع در ارتفاع‌های دیگر مانند ۰/۳ متری درخت و نیز سطح مقطع تاج درخت، می‌توان در برآورد این نسبت استفاده کرد. استفاده از متغیرهای تک‌بعدی مانند قطر برابرسینه یا دیگر قطرها و نیز ارتفاع و قطر تاج به‌تنهایی در محاسبه‌این نسبت، خطای زیادی در برآورد زی‌توده نشان می‌دهد.

نسبت R به‌دست آمده برای گونه‌های تحقیق حاضر بین ۰/۱۵ تا ۰/۲۹ بود که حداقل این نسبت برای گونهٔ سرو نقره‌ای و حداکثر آن برای گونهٔ اقاقیا بود. گونهٔ سرو نقره‌ای دارای سیستم ریشه‌ای بسیار سطحی است و مقدار ریشه نسبت به اندام‌های هوایی در آن بسیار کمتر از گونهٔ کاج است و کج شدن یا افتادن درختان سرو هنگام وزش باد شدید بعد از آبیاری و خمیده شدن در اثر برف سنگین مؤید این مطلب است، در صورتی‌که این موارد در گونهٔ کاج به‌ندرت مشاهده شده است. Levy *et al*. (2004) این نسبت را برای جنگل‌های سوزنی‌برگ انگلستان بین ۰/۲۲ تا ۰/۴۱ محاسبه کردند. آنها دلیل تغییرات در R را به تغییر شرایط در رویشگاه‌های مختلف نسبت دادند. در مجموع نسبت R برای سوزنی‌برگان (۰/۱۹) کمتر از پهن‌برگان (۰/۲۹) به‌دست آمد که این تفاوت اغلب به دلیل تفاوت ساختار ژنتیکی این گونه‌ها است. برای مثال در تحقیق Levy *et al.* (2004) برای کاج سیاه (*Pinus nigra*) که از نظر خصوصیات ژنتیکی بسیار نزدیک به کاج تهران است (حتی برخی گونهٔ کاج تهران را واریته‌ای از کاج سیاه می‌دانند)، نسبت R را ۰/۲۲ محاسبه کردند. برای تعداد دیگری از گونه‌های جنس *Pinus* و خانواده *Pinaceae* نیز نسبت R به‌دست آمده در همین محدوده قرار دارد. مثلاً Li *et al*., (2010) برای کاج قرمز ژاپنی (*Pinus desiflora*) در جنگل‌های کره این مقدار را ۰/۲۲ و Green *et al*. (2005) برای تودهٔ تنک نشده *Picea sitchensis* مقدار R را ۰/۲۳ محاسبه کردند که این نسبت‌ها با نسبت به‌دست‌آمده در تحقیق حاضر برای گونهٔ کاج تهران (۰/۲۲) مطابقت دارد. Laclau (2003) مقدار R را برای دو گونهٔ *Austrocedrus chilensis* و *Pinus ponderosa* محاسبه کرده که به ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۱۹ به دست آمده است. با توجه به شباهت گونه‌های سرو نقره‌ای و کاج تهران به گونه‌های *Austrocedrus chilensis* و *Pinus ponderosa* نسبت‌های به‌دست‌آمده نیز با هم مطابقت دارند. در پایان پیشنهاد می‌شود نسبت‌های به‌دست‌آمده برای BEF و R در این تحقیق برای گونه‌های مشابه در شرایط رویشگاهی مشابه و حتی در شرایط رویشگاهی متفاوت با هدف بررسی تعمیم‌پذیری این برآوردها برای دیگر رویشگاه‌ها آزمایش شود.

منابع

بی‌نام، ۱۳۷۱. طرح جامع و تفصیلی چشم انداز مجتمع فولاد مبارکه، کتابچه طرح فولاد مبارکه، ۵۵-۵۳.

Anonymous, 2005.Manual of Biomass Survey and Analysis, Forestry Research and Development Agency & Japan International Cooperation Agency, 23pp.

Green, C., B. Tobin, M. O'shea, P.E. Farrell & A.K. Byrne, 2005. Above and belowground biomass measurements in an Unthinned stand of Sitka spruce (*Picea sitchensis*), *European Journal of Forest Research*, 126(2): 179-188.

Laclau, P., 2003. Biomass and carbon sequestration of ponderosa pine plantations and native cypress forests in northwest Patagonia, *Forest Ecology and Management*, 180: 317-333.

Li, X., M.J. Yi, Y. Son, P. Park, K.H. Lee, Y.M. Son, R.H. Kim & M.J. Jeong, 2010. Biomass Expansion Factors of Natural Japanese Red Pine (*Pinus densiflora*) Forests in Korea, *Journal of Plant Biology*, 53(6): 381-386.

Levy, P.E., S.E. Hale & B.C. Nicoll, 2004.Biomass expansion factors and root: shoot ratios for coniferous tree species in Great Britain, *Forestry*, 77(5): 421-430.

Navar, J., 2009. Allometric equations and expansion factors for tropical dry forest trees of eastern Sinaloa, Mexico, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10: 45-52.

Parresol, B.R., 1999. Assessing Tree and Stand Biomass: A Review with Examples and Critica1 Comparisons, *Science*, 45(4): 573-593.

Snowdon, P., J. Raison, H. Keith, P. Ritson, P. Grierson, M. Adams, K. Montagu, H. Bi, W. Burrows & D. Eamus, 2002. Protocol for sampling tree and stand biomass, Australian Greenhouse Office, Canberr, 67pp.

Assessment of biomass estimation methods for conifers and broadleaves trees: Biomass Expansion Factors and Root-Shoot Ratio

S. Bakhtiarvand Bakhtiari[1], and H. Sohrabi[2*]

[1]M.Sc. Graduated of Forestry, Faculty of Natural Resources and Earth Science, Shahrekord University, I. R. Iran
[2]Assist. Prof., Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, I. R. Iran

(Received: 11 December 2011; Accepted: 22 July 2012)

Abstract

Above ground and below ground biomass are important components of terrestrial ecosystem carbon stocks. Today, estimation of these components has crucial importance. For estimating aboveground and belowground woody plant biomass, Biomass Expansion Factors (BEF) and Root-Shoot Ratio (R) are the most applicable ratios. In this research, we assessed these ratios for estimation of above and belowground biomass of four tree species in Mobarake Steel Complex plantations. These four species comprise of two conifer and two broadleaves (eldar pine, arizona cypress, mulberry, black locust). For the aims of this study, 15 trees of each species were cut down and fresh biomass was measured in the field. Subsamples of fallen trees were taken and dry mass were measured at laboratory. Then, BEF and R were calculated. Using paired t test, actual and estimated above and belowground biomass were compared and result showed no significant difference. So, using these ratios is reliable for converting measured standing tree variables to biomass. Also, root-to-shoot ratio for Eldar Pine, Arizona Cypress, Mulberry, Black Locust was 1:4.5, 1:6.7, 1:3.7 and 1:3.5, respectively.

Keywords: Arizona cypress, Black locust, Eldar pine, Mulberry, Mobarake Steel Complex, Unbiased estimation.

∗Corresponding author Tel: +981226253101 Email: hsohrabi@modares.ac.ir