نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیستم و دوم، شماره دوم، ۱۳۹٤
http://jwfst.gau.ac.ir

برآورد زیتوده روی زمین درختان کم قطر ممرز، راش و انجیلی با استفاده از مدل رگرسیون توانی

اردلان دریایی[۱] و *هرمز سهرابی[۲]
[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد جنگلداری دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس،
[۲]استادیار دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس
تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۰٤ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۲۳

چکیده

سابقه و هدف: برای برآورد دقیق اندوخته کربن جنگل اندازه‌گیری دقیق زیتوده ضروری است. طی دهه گذشته شمار زیادی مدل رگرسیونی برای برآورد زیتوده روی زمین درختان جنگلی منتشر شده است که در این میان برآورد زیتوده درختان کم‌قطر به‌عنوان بخش فراموش شده در اندازه‌گیری‌ها، از اهمیت ویژه‌ای برخورداراست. هدف از این تحقیق توسعه مدل‌های رگرسیون توانی برای برآورد آسان، غیر مخرب، کم‌هزینه و سریع زیتوده کل و بخش‌های مختلف درختان کم قطر سه گونه اصلی جنگل‌های خزری شامل ممرز، راش و انجیلی است.

مواد و روش‌ها: ۹ پایه سالم از هر گونه با قطر برابر سینه ۲ تا ۸ سانتی‌متر به طور تصادفی انتخاب و قطر یقه، قطر در ارتفاع برابر سینه، قطر در ارتفاع شروع تاج، عرض تاج و ارتفاع اندازه‌گیری شد. سپس درختان قطع و وزن تر بخش‌های مختلف اندازه‌گیری شد. از هر بخش نمونه‌ای به آزمایشگاه منتقل گردید و نمونه‌ها تا زمان رسیدن به وزن پایدار درون آون قرار گرفت (برگ‌ها ٤٨ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و سایر بخش‌ها ۷۲ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد). سپس درصد وزن خشک برای هر بخش محاسبه گردید. با استفاده از تحلیل رگرسیون توانی مناسب‌ترین معادلات

*مسئول مکاتبه:

Archive of SID
www.SID.ir

برای برآورد زیتوده بخش‌های مختلف درختان کم‌قطر انتخاب شد. برای این منظور از ضریب تبیین، اشتباه معیار و تحلیل واریانس رگرسیون استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج تحلیل رگرسیون توانی به‌منظور انتخاب مناسب‌ترین معادله برای برآورد زیتوده کل و اجزای مختلف درخت نشان داد که در گونه‌های مورد بررسی از بین متغیرهای مستقل، قطر برابر سینه مناسب‌ترین برآوردکننده زیتوده برای بخش‌های مختلف درختان کم‌قطر بوده و بیشترین ضرایب تبیین در گونه‌های مورد بررسی به‌ترتیب مربوط به زیتوده ساقه ممرز (۰/۹۲۸)، زیتوده ساقه راش (۰/۹۳٤) و زیتوده کل روی زمین انجیلی (۰/۹۳٦) است. اما ارائه مدل‌های رگرسیونی برای برگ با دقت مناسب در این تحقیق میسر نگردید.

نتیجه‌گیری: از بین متغیرهای مختلف درختان سرپا، قطر برابر سینه به تنهایی متغیر مناسبی برای تولید معادلات آلومتریک است. مدلسازی زیتوده بخش‌های مختلف چوبی درختان کم قطر با دقت زیاد ممکن است اما زیتوده برگ به سبب تاثیر پذیری زیاد از شرایط محیطی با دقت زیاد قابل مدلسازی نیست.

واژه‌های کلیدی: رگرسیون توانی، معادلات آلومتریک، قطر برابر سینه، برآورد غیر مخرب

مقدمه

یکی از مهمترین مشکلات دنیای امروزی گرمایش جهانی در اثر افزایش گازهای گلخانه‌ای است. با توجه به نقش به‌سزای دی‌اکسیدکربن در این مساله، این گاز مهمترین گاز گلخانه‌ای محسوب می‌شود (۲). افزایش کربن در زیتوده درختان می‌تواند تا حد قابل توجهی غلظت دی‌اکسیدکربن در اتمسفر را کاهش داده و صرف‌نظر از کاهش گاز مذکور باعث افزایش تولید جنگل شده و دستاوردهای زیست‌محیطی دیگری نیز ارائه می‌دهد (۱۱). برآورد صحیح کربن جنگل بدون اندازه‌گیری دقیق زیتوده امکان‌پذیر نمی‌باشد (۹). علاوه‌بر این برآورد زیتوده در ارزیابی شرایط و ساختار جنگل مورد استفاده است (٤). زیتوده جنگل به‌عنوان یک منبع اطلاعاتی مهم و چشم‌انداز علمی در سطح ملی و بین‌المللی مطرح است و برآورد زیتوده و کربن آن برای مدیریت جنگل، برآورد تولید جنگل و برنامه‌ریزی توسعه ملی ضروری می‌باشد (۷). آلومتری روشی است که در آن با استفاده

Archive of SID

www.SID.ir

از یک ویژگی، ویژگی‌های دیگری توصیف می‌شود به‌این صورت که می‌توان با استفاده از متغیرهای مستقلی از درخت مانند قطر برابر سینه که اندازه‌گیری آن‌ها آسان است با صحت نسبی به ویژگی‌های بخش‌های مختلف درخت از جمله زیتوده آن دست یافت (۹). برای برآورد زیتوده درخت و بخش‌های مختلف آن در بیشتر موارد از مدل‌های رگرسیون توانی تک متغیره به‌صورت $Y= a X^b$ استفاده می‌شود که در آن Y زیتوده کل و یا بخش‌های مختلف درخت و x متغیر مستقل می‌باشد (۸). در طی دهه گذشته شمار زیادی مدل رگرسیونی برای برآورد زیتوده روی زمین درختان جنگلی منتشر شده است (۱). این درحالی است که در مورد درختان قرار گرفته در طبقات قطری کوچک که بخش قابل توجهی از جمعیت را تشکیل داده و می‌توانند سرعت رشد بیشتری نسبت به درختان با قطرهای بالاتر داشته باشند مدل‌های رگرسیونی برای تخمین زیتوده موجود نیست و این بیانگر این است که کربن ذخیره شده در این جمعیت از درختان که در سنین پایین هستند نادیده گرفته شده و درمحاسبات وارد نمی‌شود (۳).

در خارج از کشور تحقیقات زیادی در مورد توسعه مدل‌های رگرسیونی برای برآورد زیتوده درختان جنگلی صورت گرفته است که تعداد محدودی از آن‌ها به بررسی درختان کم قطر پرداخته‌اند. برای مثال نالاکا و همکاران (۲۰۱۳) به محاسبه زیتوده روی زمین درختان کم قطر پرداختند. نتایج آن‌ها در جنگل‌های سریلانکا نشان داد که درختان کم قطر ۱۲ تا ٤۹ درصد زیتود روی زمین را در این جنگل‌ها به خود اختصاص می‌دهند (۷). در تحقیقی دیگر چتورودی و راگوباشی (۲۰۱۲) به تخمین زیتوده درختان چوبی کم‌قطر در جنگل‌های خشک استوایی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که بهترین مدل برای شاخه‌ها و برگ‌ها مدلی است که فقط از برآوردکننده قطر تنه استفاده می‌کند، همچنین برای پوست و زیتوده کل روی زمین چگالی چوب نسبت به سایر متغیرها نتایج بهتری را نشان داده است (۳). در داخل کشور تحقیقات اندکی در این رابطه در جنگل‌های طبیعی صورت گرفته است که برای مثال می‌توان تحقیق ابراهیمی و همکاران (۱۳۷۲) که به تولید معادلات آلومتریک در جست گروه‌های برودار در جنگل‌های لردگان پرداخت اشاره نمود (۵). همچنین سهرابی و شیروانی (۲۰۱۲) معادلات آلومتریک را برای برآورد زیتوده روی زمین بنه در پارک ملی خجیر ارائه نمودند (۱۰). نتایج آن‌ها نشان داد که به‌طور کل از بین متغیرهای مستقل، قطر تاج معادلاتی با شاخص‌های مدل‌سازی بهتری تولید کرد. همچنین مدل توانی از مدل نمایی بهتر بود. در رابطه با زیتوده درختان کم قطر و معادلات آلومتریک مربوط به آن تا کنون هیچ‌گونه پژوهشی در کشور صورت نگرفته است.

Archive of SID

www.SID.ir

هدف از این تحقیق توسعه مدل‌های رگرسیون توانی برای برآورد آسان، غیره مخرب، کم‌هزینه و سریع زیتوده کل و بخش‌های مختلف درختان کم قطر سه گونه اصلی جنگل‌های خزری شامل ممرز، راش و انجیلی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در جنگل آموزشی و پژوهشی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت‌مدرس واقع در صلاح‌الدین کلا نوشهر صورت گرفت. منطقه مورد مطالعه درسری ۳ حوضه ٤٦ کجور واقع شده است. مساحت منطقه ۱۷۸۱ هکتار و ارتفاع از سطح دریا از ۱۰۰ تا ۲۷۰۰ متر می‌باشد. منطقه مورد مطالعه بین عرض جغرافیایی "۳٦°۲۹'۲۳ تا "۳٦°۳۲'٥٦ و طول جغرافیایی "٥۱°٤۳'۲۰ تا "٥۱°٤۷'۳۹ قرار گرفته است. میزان بارندگی در این ناحیه بر اساس داده‌های ایستگاه هواشناسی نوشهر ۱۳۰۸ میلی‌متر در سال می‌باشد.

به‌منظور اجرای این تحقیق با جنگل‌گردشی تعداد ۹ پایه سالم از هر گونه که دارای قطر ۲ تا ۸ سانتی‌متر بودند به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. سپس قطر یقه، قطر در ارتفاع برابر سینه، قطر در محل شروع تاج، عرض تاج و ارتفاع درختان اندازه‌گیری شد. سپس پایه‌ها قطع و وزن تر بخش‌های مختلف درختان شامل ساقه، شاخه، برگ و پوست با استفاده از ترازو با دقت گرم اندازه‌گیری شد. از هر بخش نمونه‌ای جدا شده و پس از وزن کردن با ترازو با دقت ۰/۱ گرم برای به‌دست آوردن وزن خشک به آزمایشگاه منتقل گردید. نمونه‌ها تا زمان رسیدن به وزن پایدار درون آون قرار گرفتند (برگ‌ها ٤۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و سایر بخش‌ها ۷۲ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد). برای محاسبه وزن خشک بخش‌های مختلف و کل درخت از رابطه زیر استفاده گردید.

$$DW\ t = DW\ S / FW\ S \times FW\ t$$

DWt: وزن خشک کل

FWt: کل وزن تر

FWs: وزن تر نمونه

DWs: وزن خشک نمونه

Archive of SID

www.SID.ir

برای مدلسازی، با استفاده از تحلیل رگرسیون توانی بهترین متغیر مستقل و به‌دنبال آن بهترین معادلات انتخاب گردید. برای این منظور از ضریب تبیین، اشتباه معیار و تحلیل واریانس رگرسیون استفاده شد. محاسبات با استفاده از نرم‌افزار SPSS۱۷ صورت گرفت.

نتایج و بحث

در نهایت ۹ پایه از هر یک از گونه‌ها (در مجموع ۲۷ پایه) با پراکنش مناسب انتخاب گردید. یک پایه از گونه ممرز به‌دلیل پرت بودن داده حذف گردید. اطلاعات توصیفی پایه‌های انتخاب شده در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- اطلاعات توصیفی درختان کم قطر استفاده شده برای تولید مدل.

Table 1- Descriptive statistics of small diameter trees used to develop models.

گونه (Species)	قطر یقه (cm) Collar Diameter			قطر برابر سینه (cm) Diameter at breast height			ارتفاع (m) Height			عرض تاج (m) Crown Width		
	بیشینه Max	میانگین Mean	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	کمینه Min
ممرز *Carpinus betulus*	9.32	6.27	2.92	6.95	4.92	2.05	10.12	7.18	2.10	3.15	2.45	1.72
راش *Fagus orientalis*	10.20	6.81	3.00	8.05	4.76	2.33	10.00	5.25	2.29	5.62	3.30	1.80
انجیلی *Parrotio persica*	9.96	5.84	3.31	7.87	4.79	2.76	8.22	5.60	3.85	4.58	2.35	1.36

نتایج تحلیل رگرسیون توانی به‌منظور انتخاب مناسب‌ترین معادله برای برآورد زیتوده کل و اجزای مختلف درخت در گونه ممرز نشان داد که قطر برابر سینه مناسب‌ترین متغیر مستقل برای برآورد زیتوده ساقه، شاخه، پوست و زیتوده کل است (جدول ۲). بیشترین ضریب تبیین برابر با ۰/۹۲۸ مربوط به زیتوده ساقه و کمترین ضریب تبیین برابر با ۰/۵۶۹ مربوط به زیتوده شاخه می‌باشد. این در حالی است که هیچکدام از متغیرهای مستقل برای برآورد زیتوده برگ مناسب نبوده و زیتوده برگ قابل مدلسازی نیست.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- نتایج تحلیل رگرسیون توانی برای انتخاب معادله مناسب برآورد زیتوده کل و اجزای مختلف درختان کم قطر گونه ممرز.

Table 2- Results of power regression models for selecting the most appropriate equation for estimating biomass of different parts of small diameter trees of *Carpinus betulus*.

متغیر وابسته Dependent Variable	متغیر مستقل Independent Variable	اشتباه معیار SE	ضریب تبیین تعدیل شده Adjusted R^2	مقدار p P.Value	متغیر وابسته Dependent Variable	متغیر مستقل Independent Variable	اشتباه معیار SE	ضریب تبیین تعدیل شده Adjusted R^2	مقدار p P.Value
زیتوده ساقه Stem Biomass	CD	0.320	0.928	0.000	زیتوده برگ Leaf Biomass	CD	0.934	0.089	0.242
	DBH	0.321	0.928	0.000		DBH	0.500	0.294	0.095
	DCB	0.402	0.886	0.000		DCB	1.026	-0.100	0.568
	H	0.305	0.935	0.000		H	0.988	-0.021	0.391
	CW	1.043	0.235	0.126		CW	0.702	0.485	0.033
زیتوده شاخه Branch Biomass	CD	0.498	0.689	0.007	زیتوده پوست Bark Biomass	CD	0.265	0.909	0.000
	DBH	0.586	0.569	0.019		DBH	0.325	0.863	0.001
	DCB	0.670	0.437	0.044		DCB	0.369	0.824	0.001
	H	0.693	0.398	0.055		H	0.314	0.872	0.000
	CW	0.633	0.497	0.031		CW	0.765	0.243	0.122
زیتوده کل Total Abovegrou nd Biomass	CD	0.258	0.940	0.000					
	DBH	0.292	0.924	0.000					
	DCB	0.376	0.873	0.000					
	H	0.314	0.912	0.000					
	CW	0.903	0.268	0.108					

CD (قطر یقه)، DBH (قطر برابر سینه)، DCB (قطر در محل شروع تاج)، H (ارتفاع)، CW (عرض تاج)

CD (Collar Diameter), DBH (Diameter at Breast Height), DCB (Diameter at Crown Bottom), H (Height), CW (Crown Width)

نتایج تحلیل رگرسیون توانی به‌منظور انتخاب مناسب‌ترین معادله برای برآورد زیتوده کل و اجزای مختلف درخت در گونه راش نشان داد که قطر برابر سینه مناسب‌ترین متغیر مستقل برای برآورد زیتوده اجزای مختلف درخت شامل ساقه، شاخه، برگ، پوست و همچنین زیتوده کل است (جدول ۳). بیشترین ضریب تبیین برابر با ۰/۹۳٤ مربوط به زیتوده ساقه و کمترین ضریب تبیین برابر با ۰/۵۸۹ مربوط به زیتوده برگ است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- نتایج تحلیل رگرسیون توانی برای انتخاب معادله مناسب برآورد زیتوده کل و اجزای مختلف درختان کم قطر برای گونه راش.

Table 3- Results of power regression model for selecting the most appropriate equation for estimating biomass of different parts of small diameter trees of *Fagus orientalis*.

متغیر وابسته Dependent Variable	متغیر مستقل Independent Variable	اشتباه معیار SE	ضریب تبیین تعدیل شده Adjusted R^2	مقدار p P.Value	متغیر وابسته Dependent Variable	متغیر مستقل Independent Variable	اشتباه معیار SE	ضریب تبیین تعدیل شده Adjusted R^2	مقدار p P.Value
زیتوده ساقه Stem Biomass	CD	0.410	0.859	0.000	زیتوده برگ Leaf Biomass	CD	0.524	0.574	0.011
	DBH	0.279	0.934	0.000		DBH	0.515	0.589	0.010
	DCB	0.320	0.914	0.000		DCB	0.496	0.619	0.007
	H	0.745	0.534	0.015		H	0.741	0.149	0.165
	CW	0.574	0.723	0.002		CW	0.514	0.590	0.009
زیتوده شاخه Branch Biomass	CD	0.345	0.773	0.001	زیتوده پوست Bark Biomass	CD	0.478	0.829	0.000
	DBH	0.417	0.669	0.004		DBH	0.427	0.863	0.000
	DCB	0.445	0.624	0.007		DCB	0.477	0.829	0.000
	H	0.599	0.318	0.066		H	0.766	0.560	0.012
	CW	0.480	0.563	0.012		CW	0.631	0.701	0.003
زیتوده کل Total Abovegrou nd Biomass	CD	0.360	0.863	0.000					
	DBH	0.297	0.907	0.000					
	DCB	0.335	0.881	0.000					
	H	0.678	0.514	0.018					
	CW	0.514	0.721	0.002					

CD (قطر یقه)، DBH (قطر برابر سینه)، DCB (قطر در محل شروع تاج)، H (ارتفاع)، CW (عرض تاج)

CD (Collar Diameter), DBH (Diameter at Breast Height), DCB (Diameter at Crown Bottom), H (Height), CW (Crown Width)

نتایج تحلیل رگرسیون توانی به‌منظور انتخاب مناسب‌ترین معادله برای برآورد زیتوده کل و اجزای مختلف درخت در گونه انجیلی نشان داد که قطر برابر سینه مناسب‌ترین متغیر مستقل برای برآورد

Archive of SID

www.SID.ir

زیتوده اجزای مختلف درخت شامل ساقه، شاخه، برگ، پوست و همچنین زیتوده کل می‌باشد (جدول ٤). بیشترین ضریب تبیین برابر با ۰/۹۳٦ مربوط به زیتوده کل و کمترین ضریب تبیین برابر با ۰/۳۹۸ مربوط به زیتوده برگ می‌باشد.

جدول ٤- نتایج تحلیل رگرسیون توانی برای انتخاب معادله مناسب برآورد زیتوده کل و اجزای مختلف درختان کم قطر برای گونه انجیلی.

Table 4- Results of power regression model for selecting the most appropriate equation for estimating biomass of different parts of small diameter trees of *Parrotio persica.*

متغیر وابسته Dependent Variable	متغیر مستقل Independent Variable	اشتباه معیار SE	ضریب تبیین تعدیل شده Adjusted R^2	مقدار p P.Value	متغیر وابسته Dependent Variable	متغیر مستقل Independent Variable	اشتباه معیار SE	ضریب تبیین تعدیل شده Adjusted R^2	مقدار p P.Value
زیتوده ساقه Stem Biomass	CD	0.385	0.757	0.001	زیتوده برگ Leaf Biomass	CD	0.400	0.242	0.085
	DBH	0.291	0.861	0.000		DBH	0.356	0.398	0.030
	DCB	0.509	0.575	0.007		DCB	0.302	0.569	0.007
	H	0.784	-0.008	0.364		H	0.477	-0.078	0.517
	CW	0.781	0.001	0.344		CW	0.322	0.507	0.013
زیتوده شاخه Branch Biomass	CD	0.617	0.487	0.015	زیتوده پوست Bark Biomass	CD	0.328	0.660	0.003
	DBH	0.453	0.723	0.001		DBH	0.222	0.844	0.000
	DCB	0.404	0.780	0.000		DCB	0.236	0.824	0.000
	H	0.909	-0.113	0.781		H	0.594	-0.120	0.851
	CW	0.628	0.468	0.017		CW	0.474	0.289	0.063
زیتوده کل Total Aboveground Biomass	CD	0.360	0.764	0.001					
	DBH	0.187	0.936	0.000					
	DCB	0.366	0.755	0.001					
	H	0.772	-0.089	0.621					
	CW	0.674	0.169	0.131					

CD (قطر یقه)، DBH (قطر برابر سینه)، DCB (قطر در محل شروع تاج)، H (ارتفاع)، CW (عرض تاج)

CD (Collar Diameter), DBH (Diameter at Breast Height), DCB (Diameter at Crown Bottom), H (Height), CW (Crown Width)

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- معادلات توانی منتخب برای برآور زیتوده کل و بخش‌های مختلف درختان کم قطر ممرز، راش و انجیلی با استفاده از قطر برابر سینه.

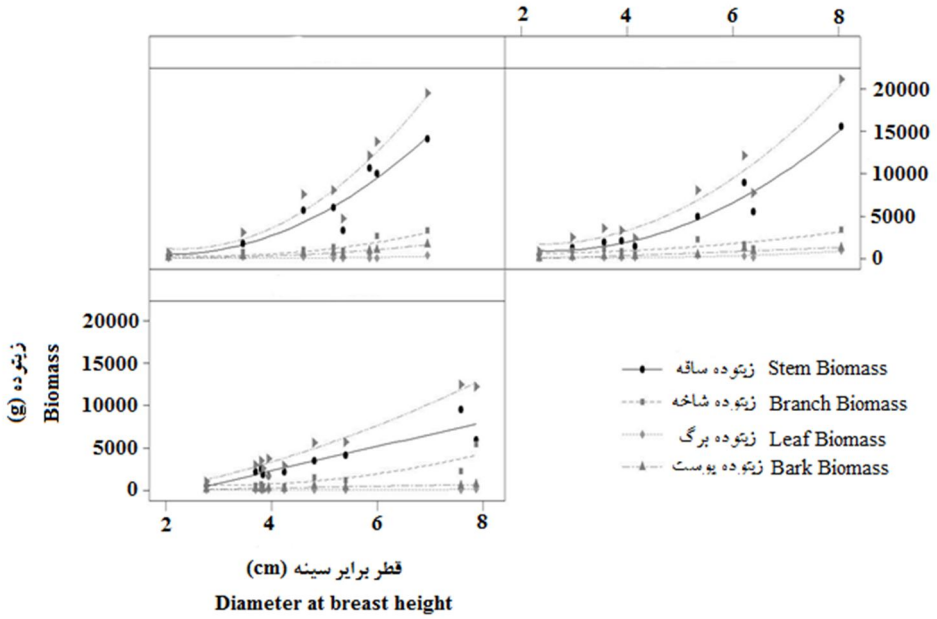
Table 5- Power equations selected for estimating total aboveground and biomass of different parts of small diameter trees of *Carpinus betulus, Fagus orientalis,* and *Parrotio Persica.*

گونه Species	متغیر وابسته Dependent Variable	معادله Equation	گونه Species	متغیر وابسته Dependent Variable	معادله Equation
ممرز *Carpinus betulus*	زیتوده ساقه Stem Biomass	$y= 376.45x^{9565.2}$	راش *Fagus orientalis*	زیتوده ساقه Stem Biomass	$y= 555.55x^{6471.2}$
	زیتوده شاخه Branch Biomass	$y= 571.60x^{8164.1}$		زیتوده شاخه Branch Biomass	$y= 18.113x^{5265.1}$
	زیتوده برگ Leaf Biomass	$y= 813.20x^{8558.0}$		زیتوده برگ Leaf Biomass	$y= 836.16x^{6052.1}$
	زیتوده پوست Bark Biomass	$y= 681.21x^{1149.2}$		زیتوده پوست Bark Biomass	$y= 2362.6x^{7035.2}$
	زیتوده کل Total Aboveground Biomass	$y= 64.110x^{6123.2}$		زیتوده کل Total Aboveground Biomass	$y= 52.144x^{3272.2}$
انجیلی *Parrotio persica*	زیتوده ساقه Stem Biomass	$y= 52.174x^{8435.1}$			
	زیتوده شاخه Branch Biomass	$y= 816.27x^{3592.2}$			
	زیتوده برگ Leaf Biomass	$y= 592.7x^{2153.1}$			
	زیتوده پوست Bark Biomass	$y= 554.29x^{522.1}$			
	زیتوده کل Total Aboveground Biomass	$y= 65.216x^{9739.1}$			

شکل (۱) نشان دهنده ابر نقاط و منحنی برازش داده شده برای زیتوده کل و هریک از اجزای درخت بر مبنای قطر برابر سینه به‌عنوان مناسب‌ترین برآورد کننده می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- منحنی‌های برازش یافته رگرسیونی برای برآورد زیتوده کل و بخش‌های مختلف درختان کم‌قطر با استفاده از قطر برابر سینه به‌عنوان متغیر مستقل.

Figure 1- Fitted regression curves for estimating total aboveground and different parts of small diameter trees biomass using diameter at breast height as independent variable.

در این تحقیق برای به‌دست آوردن مدل‌های رگرسیون توانی مناسب برای برآورد زیتوده درختان کم قطر از پنج متغیر مستقل درخت که به راحتی قابل اندازه‌گیری می‌باشند استفاده شده و نتایج به‌دست آمده با یکدیگر مقایسه گردید. نتایج نشان داد از بین متغیرهای اندازه‌گیری شده، قطر برابر سینه در هر سه گونه و برای بخش‌های مختلف درخت شامل ساقه، شاخه، برگ، پوست و کل، برآورد کننده مناسب زیتوده بوده و دارای ضرایب تبیین بالا و اشتباه معیار کمی می‌باشد. در رابطه با زیتوده برگ، ضرایب تبیین نسبت به سایر بخش‌ها کمتر بود که دلیل آن را می‌توان سن کم درختان و تأثیر پذیری زیاد برگ درختان نسبت به شرایط محیطی از جمله نور دانست. برای مثال برگ‌های سایه‌ای یعنی برگ‌هایی که در سایه رشد کرده‌اند نازک‌تر از برگ‌های نوری یعنی برگ‌هایی که در نور رشد کرده‌اند می‌باشند (٦) و به‌دلیل این که مجموع وزن برگ‌ها کم است (کمترین درصد زیتوده کل

Archive
www.SID.ir

درختان را به خود اختصاص می‌دهند)، اختلاف زیتوده بین برگ‌های سایه‌ای و نوری، زیتوده کل برگ‌ها را در قطرهای مختلف تحت تأثیر قرار داده و باعث می‌شود که در رابطه با زیتوده برگ ضرایب تبیین پایین بوده و حتی در گونه ممرز مدل معنی‌دار نبوده و قابل پیش‌بینی نباشد. از طرفی به‌دلیل این‌که درختان در سنین پایین می‌باشند هنوز تاج آن‌ها دارای شکل مشخصی نبوده و رابطه قوی بین قطر برابر سینه و عرض تاج در این درختان مشاهده نمی‌شود.

بیشتر تحقیقات صورت گرفته برای برآورد زیتوده درختان جنگلی متمرکز بر درختان با ابعاد بزرگ بوده است و همواره اجزا کوچک‌تر اکوسیستم جنگل از جمله درختان کم‌قطر نادیده گرفته شده‌اند. به‌طور کلی در برخی از مطالعاتی که تا کنون صورت گرفته است، سهرابی و شیروانی (۲۰۱۲) معادلات آلومتریک را برای برآورد زیتوده روی زمین بنه در پارک ملی خجیر ارائه نمودند (۱۰). نتایج آن‌ها نشان داد که به‌طور کل از بین متغیرهای مستقل، قطر تاج معادلاتی با شاخص‌های مدل‌سازی بهتری تولید کرد با نتایج تحقیق حاضر مغایر است که می‌توان دلیل آن را تفاوت در گونه‌ها و همچنین سن و ابعاد درختان نمونه‌برداری شده در دو تحقیق دانست.

چتورودی و راگوبانشی (۲۰۱۲) به تخمین زیتوده درختان چوبی کم قطر در جنگل‌های خشک استوایی پرداختند (۳). نتایج آن‌ها نشان داد که بهترین مدل برای شاخه‌ها و برگ‌ها مدلی است که فقط از برآوردکننده قطر تنه استفاده می‌کند، همچنین برای پوست و کل زیتوده روی زمین چگالی چوب نسبت به سایر متغیرها نتایج بهتری را نشان داده است و در مورد تنه مدلی که در برگیرنده قطر تنه، ارتفاع و چگالی بوده کمترین اشتباه معیار را به خود اختصاص داده است.

نتیجه‌گیری کلی

متغیرهای مختلف درختان سرپا از جمله قطر برابر سینه ابزار مناسبی برای برآورد آسان، غیره مخرب، کم‌هزینه و سریع زیتوده کل و بخش‌های مختلف درختان کم‌قطر هستند به گونه‌ای که با استفاده از این متغیرها می‌توان معادلاتی با ضرایب تبیین بالا و کمترین میزان اشتباه معیار تولید نمود. در رابطه با زیتوده برگ، ضرایب تبیین نسبت به سایر بخش‌ها کمتر بود که دلیل آن را می‌توان سن کم درختان و تأثیر پذیری زیاد برگ درختان نسبت به شرایط محیطی از جمله نور دانست.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

1.Alvarez, E., Duque, A., Saldarriaga, J., Cabrera, K., de Las Salas, G., del Valle, I. and Rodríguez, L. 2012. Tree above-ground biomass allometries for carbon stocks estimation in the natural forests of Colombia. Forest Ecology and Management. 267: 297-308.

2.Backéus, S., Wikström, P. and Lämås, T. 2005. A model for regional analysis of carbon sequestration and timber production. Forest ecology and management. 216: 28–40.

3.Chaturvedi, R. and Raghubanshi, A. 2013. Aboveground biomass estimation of small diameter woody species of tropical dry forest. New Forests. 44: 509-519.

4.Cole, T.G. and Ewel, J.J. 2006. Allometric equations for four valuable tropical tree species. Forest Ecology and Management. 229: 351–360.

5.Ebrahimi, M., Biglarbaygi, B., Rasaneh, Y., Zobeiry, M. 1993. Sampling method for western oak coppice Forests. IRANIAN JOURNAL OF NATURAL RESOURCES. 46: 1-14.

6.Marvie Mohadjer, M.R. 2007. Silviculture. University of Tehran Press, 387p. (In Persian)

7. Nalaka, G., Sivananthawerl, T. and Iqbal, M. 2013. Scaling Aboveground Biomass from Small Diameter Trees. Tropical Agricultural Research, 24: 150–162.

8.Pajtik, J., Konôpka, B. and Lukac, M. 2008. Biomass functions and expansion factors in young Norway spruce (Picea abies [L.] Karst) trees. Forest Ecology and Management. 256: 1096–1103.

9.Singh, V. et al. 2011. Formulating allometric equations for estimating biomass and carbon stock in small diameter trees. Forest Ecology and Management. 261: 1945–1949.

10.Sohrabi, H. and Shirvani, A. 2012. Allometric equations for estimating aboveground biomass of Atlantic Pistachio (Pistacia atlantica Var. mutica) in Khojir National Park. Iranian Journal of Forest, 4: 55-64.

11.Upadhyay, T., Sankhayan, P.L. and Solberg, B. 2005. A review of carbon sequestration dynamics in the Himalayan region as a function of land-use change and forest/soil degradation with special reference to Nepal. Agriculture, ecosystems and environment, 105: 449–465.

Archive of SID

www.SID.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 22 (2), 2015
http://jwfst.gau.ac.ir

Aboveground biomass estimation of small diameter trees of *Carpinus betulus, Fagus orientalis* and *Parrotio persica* by using power regression model

A. Daryaei[1] and *H. Sohrabi[2]
[1]M.Sc. Student, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University,
[2]Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University
Received: 02/23/2014 ; Accepted: 03/14/2015

Abstract
Background and objectives: Estimation of forest carbon stocks essentially needs accurate estimation of biomass. During last decade, many regression models have been developed, while biomass estimation of the small diameter trees as a missing part of forest measurements is highly significant. The main objective of this study is to develop allometric equations for easy, non-destructive, low cost and fast estimation of different tree components biomass including stem, branch, leaf, bark and total biomass of small diameter trees of *Carpinus betulus*, *Fagus orientalis*, and *Parrotio persica*.
Materials and methods: From each species, 9 intact trees with 2-8 cm diameter were randomly selected and collar diameter, diameter at breast height, stem diameter at the crown bottom, crown width, and height were measured. Then the trees were felled down and different parts were weighted. One sample from each part of each individual was transferred to the lab and dried in oven until reaching a constant weight (48 hours in 70 C for leaves and 72 hours in 80 C for other woody parts) and the percentage of dry weight was calculated. The most appropriate equations for estimating the different parts of the trees biomass were selected using power regression model. For selecting these equations, R^2, standard error and regression analyses of variance were used.
Results: The results showed that among the various independent variables, diameter at breast height is the most appropriate estimator in the term of determination coefficient (R^2) for estimating woody parts biomass of small diameter trees in all studied species. Highest determination coefficients were observed for stem biomass of *Carpinus betulus* (0.928), stem biomass of *Fagus orientalis* (0.934) and total aboveground biomass of *Parrotio persica* (0.936).

*Corresponding author: hormozsohrabi@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

Conclusion: Amongst the different standing tree parameters, diameter at breast height a lone can be used to derive reliable allometric equations. In general, establishing allometric equations for woody parts of small diameter trees with high precision is achievable. But, for non-woody parts, highly precise equation is not derivable; this may be a result of high variability of leaf biomass in younger age due to variable environmental conditions such as available light.

Keywords: Power regression, Allometric equations, Diameter at breast height, Non-destructive estimation

Archive of SID

www.SID.ir