

浙江天童灌木层树种个体生物量分配及模拟

夏晨诚¹, 杨同辉², 曹菁¹, 赵琦³, 林波², 达良俊^{1*}

(1. 华东师范大学生态与环境科学学院, 浙江天童森林生态系统国家野外科学观测研究站, 上海 200241;

2. 宁波市农业科学研究院, 宁波 315040; 3. 宁波市鄞州区林业技术管理服务站, 宁波 315100)

摘要: 根据不同生活型树种标准木实测数据, 比较个体生物量器官分配状况以探索其生长策略; 同时建立了该地区灌木层主要树种的生物量回归模型, 并与全收割法测量数据比较, 检验模型估算精度。结果表明, 相对常绿树种, 天童灌木层落叶树种分配较多的生物量于地上部分来获取更多光照资源以满足自身生长需要; 灌木树种分配较多生物量于树叶, 相比之下, 乔木树种则更多地累积树干和根系生物量; 各生活型树种器官生物量模型以幂函数为主, 树干和地上部分模型拟合度最好; 应用于样地生物量估算, 树干模型精度最高, 树叶模型精度最低; 地上部分生物量回归模型能较为准确地估算灌木层生物量, 与实测值误差仅为 0.47%, 表明该模型适用于地区灌木层生物量的测算。

关键词: 灌木层; 生物量分配; 生活型; 生物量模拟

中图分类号: S758.58

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2014)06-0945-05

Biomass allocation and simulation of tree species in the shrub layer in Tiantong, Zhejiang Province

XIA Chencheng¹, YANG Tonghui², CAO Jing¹, ZHAO Qi³, LIN Bo², DA Liangjun¹

(1. Tiantong National Forest Ecosystem Observation and Research Station, Ecology and Environmental Science Institute, East China Normal University, Shanghai 200241;

2. Ningbo Academy of Agricultural Science, Ningbo 315040; 3. Yinzhou Forestry Extension Center of Ningbo, Ningbo 315100)

Abstract: Biomass in different parts of individual trees was determined using the measured data from different life forms of trees in the shrub layer in Tiantong region. Biomass regression models developed for main shrub species were used to predict above-ground biomass. The accuracy of the models was estimated by comparing to the direct harvest method. The results showed that deciduous species distributed more biomass to above-ground part than evergreen species to receive more light resources to meet their growth needs. Shrubs distributed more biomass to the leaf, while trees accumulated more biomass in the stem and root. Biomass regression models for individual organs of main shrub layer species were almost power functions. Biomass models for tree trunk and above-ground parts fitted best. Thus, the model for tree trunk had the highest accuracy while the model for leaf biomass had the lowest accuracy. Therefore, our locally developed regression models can accurately estimate above-ground biomass of the shrub layer in the studied region only with an error of 0.47% compared to the direct harvest data, indicating that the model is suitable to biomass estimation for the shrub layer in this region.

Key words: shrub layer; biomass allocation; life form; biomass simulation

生物量作为生态系统中植物有机物的总量, 是生态系统生产力和获取能量能力的重要体现, 对生态系统结构的形成具有十分重要的影响^[1-2]。灌木层

作为森林生态系统中不可或缺的一个重要层次, 在维持生态系统的多样性、生态功能的稳定性、森林演替和发展等方面都具有重要的作用^[3]。已开展的

收稿日期: 2014-07-02

基金项目: 宁波市重大科技攻关项目(2013C11034), 国家自然科学基金(40971041)和上海市科学技术委员会科研计划项目(08DZ1203102)共同资助。

作者简介: 夏晨诚, 硕士研究生。E-mail: xiaxuelehaha@126.com

* 通信作者: 达良俊, 教授, 博士生导师。E-mail: ljda@des.ecnu.edu.cn

研究较少从个体角度讨论灌木层树种生物量分配,涉及的对象主要有刺旋花、辽东栎等^[4-6]。灌木层个体生物量的分配研究能够阐明灌木层植物在不同生态环境及人为干扰下做出的适应与相应特征,是分析植物结构功能的有效工具和研究植物碳分配的基础^[7]。在生物量模型研究方面,国内虽有相关的研究^[8-20],但地下部分的模型较为少见,主要是由于采样耗时耗力、破坏性强,且难度较大,这对于完整准确地估算地区生物量形成了阻碍;同时,少有研究对模型进行精度检验,使模型的准确性及广泛应用受到了限制。

浙江天童地处中亚热带北缘地区,区内有保存较好的地带性常绿阔叶林,其灌木层生物量的分配和模型研究对该地区森林系统碳储量监测具有十分重要的基础意义。本研究通过实测分析该地区灌木层树种个体器官生物量组成,比较了不同生活型树种个体生物量分配特征;以灌木层不同生活型标准木实测数据,分别建立了主要乔灌木树种的各器官生物量回归模型,并与全收割法测量数据比较检验模型估测精度,为该地区灌木层生物量研究提供了数据基础和模型参考。

1 研究区概况

天童国家森林公园位于浙江省宁波市东南部,距宁波市约 28 km, 29°48' N, 121°47' E, 面积为 349 hm²。该地森林植被保存良好,是浙江省东部丘陵地区地带性植被类型的代表性地段。温暖潮湿的亚热带季风气候使得全年温和多雨,四季分明;年平均气温为 16.2℃,最热月 7 月的平均温度为 28.1℃,最冷月 1 月的平均气温为 4.2℃。年降水量为 1374.7 mm,多集中在夏季。年平均相对湿度为 82%,变率不大。年蒸发量为 1320.1 mm,小于降水量。森林公园内的土壤以山地黄红壤为主,成土母质主要是中生代的沉积岩及部分酸性火成岩和花岗岩残积风化物。常绿阔叶林是天童国家森林公园的主要植被类型,其灌木层盖度在 25%~80%之间,以壳斗科、樟科、山茶科、山矾科、金缕梅科、杜鹃花科的乔灌木树种为主,此外尚有蔷薇科、桃金娘科等灌木树种^[21]。

2 研究方法

2.1 标准木取样和测定

于天童地区木荷-栲树群落及木荷-米槠群落的灌木层(1.5 m < H < 8 m)高度范围内,随机选取其主要组成树种木荷(*Schima superba*)、米槠

(*Castanopsis carlesii*)、栲树(*Castanopsis fargesii*)、石栎(*Lithocarpus glaber*)、老鼠矢(*Symplocos stellaris*)、山矾(*Symplocos sumuntia*)、浙江新木姜子(*Neolitsea aurata var. chekiangensis*)、隔药栲(*Eurya muricata*)、连蕊茶(*Camellia fraternal*)、马银花(*Rhododendron ovatum*)等乔灌木共 47 种,按径阶随机选择标准木 87 株。每株标准木测定胸径(D/cm)和树高(H/m)后,收集测定器官(叶、枝、干)鲜重,仔细挖取全部根系(直径大于 2.0 mm),并取样(鲜重质量 20%,不足 200 g 时全取)。在 80℃恒温干燥箱内烘干 48 h 以上至恒重后速测干重,通过含水率计算各器官生物量。野外调查及室内试验完成于 2013 年 7—10 月。

2.2 数据处理

为消除生物量回归分析种间差异,便于实际应用,将标准木按生活型划分为乔木和灌木 2 类,分别以标准木胸径(D)为自变量,各器官生物量作为因变量,选择线性方程、对数方程、指数方程、多项式方程及幂函数方程^[22-23],在 SPSS17.0 软件中进行生物量回归分析,结合散点分布图,通过判定相关系数(R²)及显著性水平检验指标(F、P),择优选出相关性显著、拟合度较好的回归方程作为最佳生物量估算模型。

3 结果与分析

3.1 不同生活型个体生物量分配特征

同一生活型树种间生物量分配均表现为:干>根>枝>叶,其中,树干生物量占近 50%。不同生活型树种生物量的分配表现为:常绿树种的叶和枝的生物量比例均大于落叶树种,而干生物量比例小于落叶树种。进一步细分乔灌木,叶生物量分配呈现:常绿灌木>常绿乔木>落叶灌木>落叶乔木;干生物量分配呈现:落叶乔木最大,落叶灌木次之,常绿乔木略大于常绿灌木;根生物量差异较小,总体表现为乔木略大于灌木。由此可见,常绿或落叶树种中,灌木分配较多生物量于叶,乔木则相对更多的累积树干及根系生物量。比较根冠比发现,常绿乔木(0.313)>常绿灌木(0.307)>落叶乔木(0.302)>落叶灌木(0.282),常绿树种(0.311)>落叶树种(0.300)。

3.2 不同生活型生物量模拟

通过回归分析建立了生物量模型(表 3),其中除灌木的叶生物量模型为指数函数外,其他回归模型为幂函数(表 3),表明乔木、灌木在灌木层中,其叶生物量随胸径增长的变化规律不同。

从拟合模型精度来看, 乔木、灌木的树干生物量模型 R^2 值最大、模型拟合程度最优, 树叶生物量模型 R^2 值略小于 0.8, 其余器官模型 R^2 值波动范围为 0.858~0.957。

表 1 不同生活型标准木基本参数的描述性分析
Table 1 Basic parameter's descriptive analysis of sample trees in different life forms

生活型 Life forms	项目 Item	个体数 Number	最小值 Minimum	最大值 Maximum	平均值 Average	标准差 SD
灌木 Shrub	胸径/cm DBH	14	0.5	5.7	2.64	1.21
	高度/m H		1.7	5.1	3.18	0.92
乔木 Tree	胸径/cm DBH	73	0.6	10.2	3.57	2.04
	高度/m H		2.0	7.9	4.03	1.61

表 2 不同生活型个体生物量分配
Table 2 Individual biomass partitioning of different growth forms kg

生活型 Life forms	个体数 Number	叶 Leaf	枝 Branch	干 Stem	地上部分 Overground part	根 Root	根冠比 Root shoot ratio	
落叶 Deciduous	灌木 Shrub	5	0.055 (8.62%)	0.123 (19.28%)	0.319 (50.09%)	0.497 (77.99%)	0.140 (22.01%)	0.282
	乔木 Tree	9	0.177 (5.76%)	0.429 (13.97%)	1.754 (57.10%)	2.360 (76.83%)	0.712 (23.17%)	0.302
	合计 Total	14	0.133 (6.06%)	0.320 (14.52%)	1.242 (56.37%)	1.695 (76.95%)	0.508 (23.05%)	0.300
常绿 Evergreen	灌木 Shrub	37	0.290 (11.56%)	0.469 (18.68%)	1.162 (46.27%)	1.922 (76.51%)	0.590 (23.49%)	0.307
	乔木 Tree	36	0.497 (8.71%)	1.202 (21.09%)	2.644 (46.37%)	4.343 (76.17%)	1.358 (23.83%)	0.313
	合计 Total	73	0.392 (9.60%)	0.831 (20.34%)	1.893 (46.34%)	3.116 (76.28%)	0.969 (23.72%)	0.311

注: 括号内数字表示各器官生物量分配比例。

Note: Figures in brackets show biomass distribution ratio of each organ.

表 3 不同生活型生物量回归分析
Table 3 Individual biomass regression analysis of different life forms

生活型 Life forms	器官 Organ	回归方程 Regression equation	R^2	F	P		
(38)	灌木 Shrub	叶 Leaf	$W_L=0.024e^{0.721D}$	0.749	107.931	<0.001	
	(49)	枝 Branch	$W_B=0.046D^{2.036}$	0.900	325.204	<0.001	
		干 Stem	$W_S=0.118D^{2.009}$	0.953	732.304	<0.001	
		地上部分 Above-ground	$W_G=0.216D^{1.925}$	0.954	750.127	<0.001	
		根 Root	$W_R=0.069D^{1.880}$	0.858	219.124	<0.001	
(49)	全株 Complete stool	$W_T=0.289D^{1.914}$	0.951	702.685	<0.001		
	(49)	乔木 Tree	叶 Leaf	$W_L=0.031D^{1.749}$	0.742	136.069	<0.001
		枝 Branch	$W_B=0.024D^{2.403}$	0.901	431.525	<0.001	
		干 Stem	$W_S=0.086D^{2.252}$	0.957	1040.175	<0.001	
		地上部分 Above-ground	$W_G=0.145D^{2.209}$	0.954	975.410	<0.001	
		根 Root	$W_R=0.052D^{2.127}$	0.905	449.330	<0.001	
全株 Complete stool	$W_T=0.198D^{2.188}$	0.952	936.572	<0.001			

注: W 为生物量, D 为胸径/cm, 括号内为样本数。

Note: W means biomass, and D means diameter at breast height. Figures in brackets show sample number.

3.3 生物量模型估算精度比较

为检验模型实际估测精度, 选取已实测生物量

的 3 个木荷-米楮林^[24], 结合灌木层每木调查数据, 运用上述回归模型估算地上部分生物量 (表 4 和表

5), 与实测样地生物量平均值进行比较。将样地实测值定为 100%, 模型估测值以此为基础按百分比计算。结果表明, 相对器官生物量模型估测值, 直接运用地上部分生物量模型估测的结果 ($8.96 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$)

更接近实测值 ($8.92 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$), 相对误差仅为 0.47%; 此外, 器官的生物量方程估测结果显示, 树干估算精度较高, 相对误差为 7.98%; 树枝次之 (19.15%), 树叶估测误差最大 (39.36%)。

表 4 样地群落特征

Table 4 Community characteristics of selected plots

群落类型 Community type	海拔/m Altitude	坡向/(°) Slope aspect	坡度/(°) Gradient	群落高度/m Height	主要优势种 Dominant tree species
木荷-米楮林	260	SE25	25~30	22	木荷、米楮, 伴有石栎、栲树、细叶青冈

表 5 不同生活型回归模型估测生物量

Table 5 Biomass estimation by regression models of different life forms

项目 Item	叶 Leaf	枝 Branch	干 Stem	地上部分 Above-ground	根 Root
实测值 Measured value	0.93	1.84	6.15	8.92	
分器官估测值 Estimated value (differentiate organs)	1.30(139.36%)	2.20(119.15%)	5.66(92.02%)	9.15(102.55%)	2.75
不分器官估测值 Estimated value				8.96(100.47%)	

4 小结与讨论

4.1 灌木层不同生活型树种个体生物量分配特征

植物根冠比揭示着生物量地上-地下的分配格局, 反映植物为最大化获取资源而采取的生物量最优分配策略。本研究将标准木分为常绿树种和落叶树种进行讨论研究, 发现常绿树种根冠比高于落叶树种, 由于后者需要较高的温度才能满足光合作用^[25], 表明了后者通过增加地上生物量来获取更多光照资源的生长策略。就地上部分生物量分配而言, 常绿树种树叶和树枝生物量较高, 而落叶树种则分配更多生物量于树干。

将常绿和落叶树种进一步细分乔灌木发现, 同一生活型分类下, 灌木分配较多生物量于树叶, 通过扩大冠幅面积以获取更多光照来满足自身生长的需要, 相比之下, 乔木则更多的累积树干和根系生物量来增加树冠高度以争取更多光照资源。灌木层标准木生物量器官分配趋势为干>根>枝>叶, 树干是该地区灌木层生物量的主要器官, 与杨同辉等人的研究结果一致^[24]。

4.2 灌木层不同生活型树种生物量模拟及精度检验

目前, 对灌木层生物量的模型研究多集中于不同树种的单一模型, 在实际应用中, 难以对所有树种一一建立模型, 而以不同生活型建立了生物量模型则更为方便实用。本研究以胸径为自变量建立的天童灌木层不同生活型生物量模型以幂函数方程为主, 树干和地上部分生物量模型拟合度最好, 其次是全株、根、枝生物量模型, 表明胸径与树干和地

上部分生物量关系最紧密; 而灌木叶生物量模型为指数函数, 表明生活型差异导致叶生物量分配规律不同。总体上, 以生活型建立的回归模型, 整体拟合显著性较高, 用于区域灌木层生物量测算是可行的。

灌木层器官生物量的比例存在一定的规律, 以模型估测的根系生物量占全株比例为 23.11%, 比标准木实测比例仅低 0.55%, 接近张倩媚等人^[12]的实测值 (29%)。灌木层生物量全收割法虽较准确, 但不便于实际重复应用。本研究建立的不同生活型地上部分生物量模型能较准确地估测灌木层生物量, 高于器官生物量模型估测精度, 既省时省力又保护了林下植被, 为地区森林生物碳贮量动态研究提供了数据和模型参考。

本研究建立的灌木层不同生活型生物量模型仅使用了区域常绿阔叶灌木层样本, 而不同林分类型林下生境可能差异较大, 其适用性还有待进一步验证。

参考文献:

- [1] 冯宗炜, 王效科, 吴刚. 中国森林生态系统的生物量 and 生产力[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [2] 卢振龙, 龚孝生. 灌木层生物量测定的进展研究[J]. 林业调查规划, 2009, 34(4): 37-40.
- [3] 刘凤娇, 孙玉军. 林下植被生物量研究[J]. 世界林业研究, 2011, 24(2): 53-58.
- [4] 秦金舟, 何小定, 陈晓娟, 等. 2种马尾松林林下植被生物量特性研究[J]. 安徽农业大学学报, 2013, 40(5): 740-745.
- [5] 孙书存, 钱能斌. 刺旋花种群形态参数的通径分析与

- 亚灌木个体生物量建模[J]. 应用生态学报, 1999, 10(2): 155-158.
- [6] 孙书存, 陈灵芝. 辽东栎植冠的构型分析[J]. 植物生态学报, 1999, 23(5): 433-440.
- [7] 程远峰, 国庆喜, 李晓娜. 东北天然次生林下木树种的生物量器官分配规律(温带)[J]. 生态学杂志, 2010, 29(11): 2146-2154.
- [8] Paton D, Uñez J, Bao D. Forage biomass of 22 shrub species from Monfragüe Natural Park(SW Spain)assessed by log-log regression models[J]. Journal of Arid Environments, 2002, 52 (2): 223-231.
- [9] Návar J, Nájera J, Jorado E. Biomass estimation equations in the Tamaulipan thornscrub of north-eastern Mexico[J]. Journal of Arid Environments, 2002, 52: 167-179.
- [10] Návar J, Méndez E, Nájera A, et al. Biomass equations for shrub species of Tamaulipan thornscrub of North-eastern Mexico[J]. Journal of Arid Environments, 2004, 59: 657-674.
- [11] 张梦弢, 亢新刚, Rosli R H, 等. 长白山金沟岭杨桦次生林下幼树生物量模型[J]. 安徽农业大学学报, 2013, 40(3): 393-399.
- [12] 张倩媚, 温达志, 叶万辉, 等. 南亚热带常绿阔叶林林下层植物的生物量及其测定方法的探讨[J]. 生态科学, 2000, 19(4): 62-66.
- [13] 曾珍英, 刘琪, 曾慧卿. 江西千烟洲几种灌木生物量模型的研究[J]. 福建林业科技, 2005, 32(4): 68-72.
- [14] 曾慧卿, 刘琪璟, 马泽清, 等. 千烟洲灌木生物量模型研究[J]. 浙江林业科技, 2006, 26(1): 13-17.
- [15] 蔡哲, 刘琪璟, 欧阳球林. 千烟洲试验区几种灌木生物量估算模型的研究[J]. 中南林学院学报, 2006, 26(3): 15-23.
- [16] 杨同辉, 达良俊, 宋坤, 等. 浙江天童国家森林公园常绿阔叶林主要组成树种材积与生物量相关关系探讨[J]. 福建林业科技, 2007, 34(4): 110-112.
- [17] 林伟, 李俊生, 郑博福, 等. 井冈山自然保护区 12 种常见灌木生物量的估测模型[J]. 武汉植物学研究, 2010, 28(6): 725-729.
- [18] 黄劲松, 邸雪颖. 帽儿山地区 6 种灌木地上生物量估算模型[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(5): 54-57.
- [19] 王俊峰, 欧光龙, 唐军荣, 等. 临沧膏桐种植区灌木群落生物量估测模型研究[J]. 西部林业科学, 2012, 41(6): 53-57.
- [20] 蔡兆炜, 孙玉军, 刘凤娇. 长白落叶松林下灌木生物量模型研究[J]. 河南农业科学, 2013, 42(6): 126-129.
- [21] 宋永昌, 王祥荣. 浙江天童国家森林公园的植被和区系[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1995.
- [22] Mariessii A, Betule E, Toshihicoko H. Growth patterns of tree height and stem diameter in populations of *Abies veitchii*[J]. Journal of Ecology, 1991, 79: 1085-1095.
- [23] 魏小平, 赵长明, 王根轩, 等. 民勤荒漠绿洲过渡带优势植物地上和地下生物量的估测模型[J]. 植物生态学报, 2005, 29(6): 878-883.
- [24] 杨同辉, 宋坤, 达良俊, 等. 中国东部木荷-米楮林的生物量和地上净初级生产力[J]. 中国科学, 2010, 40(7): 610-619.
- [25] 廖德宝, 白坤栋, 曹坤芳, 等. 广西猫儿山中山森林共生的常绿和落叶阔叶树光合特性的季节变化[J]. 热带亚热带植物学报, 2008, 16(3): 205-211.