

文章编号: 1000-5692(2004)02-0168-04

苦竹各器官生物量模型

林新春¹, 方伟¹, 俞建新², 余学军¹, 胡超宗¹, 周林¹

(1. 浙江林学院竹类研究所, 浙江 临安 311300; 2. 浙江省杭州市余杭区林业水利局, 浙江 杭州 311100)

摘要: 调查了杭州市余杭区中泰乡苦竹 *Pleioblastus amarus* 林生物量, 并采用回归分析的方法探讨了苦竹各变量的相关性, 建立并选择出苦竹各器官生物量与胸径、秆高或枝下高等因子的最佳相关数学模型: $m_{\text{秆}} = 13.4395 D^{2.008} H^{0.4425}$; $m_{\text{枝}} = 2956.3598 D^{1.9929} H^{-0.6410}$; $m_{\text{叶}} = 43.7467 - 30.5412 D + 53.7597 D^2$; $m_{\text{壳}} = 270.9560 D^{2.3579} H^{-0.3995}$; $m_{\text{秆}} = 512.4361 - 175.9360 D + 2.9078 H_0$; $m_{\text{地上}} = 432.4468 - 479.3075 D + 422.8285 D^2$; $m_{\text{地下}} = 396.6223 - 53.2869 D + 2.8775 H_0$; $m_{\text{总}} = 191.0380 D^{1.986} H_0^{0.2962}$ 。应用上述模型估算出苦竹单株各器官生物量和苦竹林分产量。表 4 参 12

关键词: 苦竹; 生物量; 回归分析; 数学模型

中图分类号: S718.55⁺6 **文献标识码:** A

苦竹 *Pleioblastus amarus* 广布于浙江、江苏、安徽、江西和福建等丘陵山地。苦竹笋肉质脆嫩, 营养丰富, 口味独特, 甘苦清凉, 具有增强食欲和清热解毒之功效, 为闽粤港及东南亚地区民众所嗜食。其秆通直, 节间长, 可用于制作工艺品种和造纸, 还可以制成笛、箫等乐器, 具有很高的经济价值^[1,2]。为更好地经营苦竹, 合理评价苦竹林分生产力, 开展其生物量研究很有必要。关于林木生物量的报道很多^[3,4], Fu 氏等相继对毛竹 *Phyllostachys pubescens*, 雷竹 *Ph. praecox* 等竹种的生物量进行了研究^[5-12], 但迄今未见苦竹的相关报道。该项目通过设置样地, 采伐标准竹, 调查生物量, 通过回归分析(表 1)建立了各器官生物量模型(表 2), 并利用模型计算出苦竹单株生物量和林分产量, 旨在为苦竹的生产实践提供依据。

1 材料和方法

1.1 研究地区概况

试验地设在杭州市余杭区中泰乡 1 333 hm² 集中连片的苦竹林内(现为浙江省苦竹现代科技园区), 海拔 300~500 m。土壤多为石灰岩发育而成的油黄泥土, 土层厚 30~100 cm, 土体浅红棕或暗棕灰色, 有机质含量 18.3~37.4 g·kg⁻¹, pH 值 5.4~6.8, 全氮 0.83~2.13 g·kg⁻¹, 全磷 0.35~0.62 g·kg⁻¹, 速效钾 42~123 mg·kg⁻¹。年平均气温为 15.8 °C, 绝对最高气温 39.9 °C, 绝对最低气温 -10.8 °C, 10 °C 以上年积温 5 000 °C。年无霜期为 235 d。年降水量为 1 500 mm。年平均日照时数为 1 800 h, 年太阳辐射量 423.87 MJ·cm⁻²。

收稿日期: 2003-10-09; 修回日期: 2004-02-25

基金项目: 浙江省科学技术厅资助项目(001102204)

作者简介: 林新春(1975-), 男, 江西井冈山人, 硕士, 讲师, 从事植物学研究。E-mail: lxc@zjfc.edu.cn

1.2 调查方法

1.2.1 取样 在园区苦竹林分内设置 50 个固定标准地 (12 m×12 m), 每竹调查胸径和年龄, 并按径级与年龄进行统计, 根据立竹径级与年龄分布规律, 从 50 个样地里按各径级和年龄的比例随机抽取生长良好, 无病虫害的 40 株样竹进行生物量调查。

表 1 苦竹各变量之间的相关矩阵

Table 1 The matrix of correlation efficient between two organs of *Pl. amarus*

项目	竹高	胸径	枝下高	叶质量	秆质量	箨质量	鞭质量	枝质量	全竹质量	地上部分质量	地下部分质量
竹高	1										
胸径	0.864 ** 1										
枝下高	0.694 **	0.652 ** 1									
叶质量	0.559 **	0.630 **	0.403 ** 1								
秆质量	0.869 **	0.955 **	0.735 **	0.631 ** 1							
箨质量	0.708 **	0.878 **	0.551 **	0.513 **	0.883 ** 1						
鞭质量	0.301	0.178	0.474 **	0.084	0.296	0.084	1				
枝质量	0.551 **	0.725 **	0.375 **	0.906 **	0.721 **	0.658 **	0.035	1			
全竹质量	0.803 **	0.843 **	0.746 **	0.687 **	0.916 **	0.746 **	0.604 **	0.721 **	1		
地上部分质量	0.827 **	0.931 **	0.669 **	0.813 **	0.962 **	0.843 **	0.234	0.871 **	0.915 **	1	
地下部分质量	0.413 **	0.323 *	0.555 **	0.170	0.439 **	0.252	0.985 **	0.147	0.713 **	0.371 *	1

说明: *表示 0.05 水平显著相关, **表示 0.01 水平显著相关, 下同

表 2 苦竹各器官生物量模型

Table 2 The mathematical models of various organs of *Pl. amarus*

项 目	数学模型	相关系数
竹秆	$m = 13.4395D^{2.0048}H_0^{0.4225}$	$r = 0.986 **$
	$m = 86.7374D^{2.1126}H_0^{0.1373}$	$r = 0.985 **$
	$m = 396.5256 - 511.6300D + 346.0017D^2$	$r = 0.981 **$
竹枝	$m = 2.9563598D^{1.9929}H_0^{-0.6410}$	$r = 0.843 **$
	$m = -64.8115 + 215.6527D - 0.2793H$	$r = 0.840 **$
	$m = 162.0621D^{1.6990}H_0^{-0.1735}$	$r = 0.839 **$
竹叶	$m = 43.7467 - 30.5412D + 53.7597D^2$	$r = 0.739 **$
	$m = 68.7333D^{1.9680}H_0^{-0.0559}$	$r = 0.739 **$
	$m = 32.6741D^{1.8258}H_0^{0.0875}$	$r = 0.739 **$
竹箨	$m = 270.9560D^{2.3579}H_0^{-0.3995}$	$r = 0.902 **$
	$m = 37.9738D^{2.1923}H_0^{-0.0826}$	$r = 0.900 **$
	$m = 55.1812 - 56.5025D + 42.0361D^2$	$r = 0.900 **$
竹鞭	$m = 512.4361 - 175.9360D + 2.9078H_0$	$r = 0.605 **$
	$m = 11.7666D^{-0.3375}H_0^{0.8267}$	$r = 0.564 **$
	$m = 327.4471 - 282.9498D + 1.1016H$	$r = 0.452 *$
地上部分	$m = 432.4468 - 479.3075D + 422.8285D^2$	$r = 0.951 **$
	$m = 95.4510D^{1.9709}H_0^{0.1832}$	$r = 0.951 **$
	$m = 213.5563D^{2.2207}H_0^{0.0584}$	$r = 0.951 **$
地下部分	$m = 396.6223 - 53.2869D + 2.8775H_0$	$r = 0.757 **$
	$m = 24.3781D^{-0.0021}H_0^{0.6759}$	$r = 0.726 **$
	$m = 141.5879(D^2H_0)^{0.2755}$	$r = 0.656 **$
总生物量	$m = 191.0380D^{1.1986}H_0^{0.2862}$	$r = 0.892 **$
	$m = 2.1967847 - 1.6410976D + 761.9892D^2$	$r = 0.883 **$
	$m = 95.5971(D^2H_0)^{0.4628}$	$r = 0.882 **$

说明: H 为竹高, H₀ 为枝下高, 下同; r_{0.05} (37 ~ 38) = 0.397, r_{0.01} (37 ~ 38) = 0.481

1.2.2 生物量调查

生物量调查在 2001 年 8 月进行。将样竹在秆基处锯断, 取下竹枝和竹叶, 立即进行鲜叶和鲜枝的测定; 对竹秆, 首先测定全高和枝下高, 然后锯断竹秆进行鲜质量测定。以秆基为中心, 按每竹占地面积向下挖 80 cm, 挖取竹鞭和竹根, 洗清泥沙后分别称取鲜质量。

竹秆样品取其纵向十字破开的 1 整条, 竹枝、竹叶、竹箨和竹鞭等取全部样品, 用植物粉碎机粉碎, 混匀, 取样品约 20 g, 于烘箱内 105 ℃ 烘干至恒重, 冷却后称取干质量。

1.3 数据处理

将各器官生物量与胸径、全竹高或枝下高等数据输入电脑, 运用 SPSS 10.0 软件进行数据处理。

2 结果分析

2.1 苦竹胸径、竹高、枝下高与各器官生物量的相关分析

根据各样竹数据进行相关分析可知 (表 1), 苦竹胸径与竹高、枝下高、秆质量、叶质量、枝质量、箨质量、地上部分质量、地下部分质量和全竹质量均呈极显著相关, 与鞭质量相关不明显; 竹高与枝下高、秆质量、叶质量、枝质量、箨质量、地下部分质量、地上部分质量和全竹质量均呈极显著相关。

与鞭质量相关不明显；枝下高与秆质量、叶质量、箨质量、鞭质量、地下部分质量、地上部分质量和全竹质量均呈极显著相关，与枝质量呈显著相关。总体而言，各器官生物量与胸径的关系比与竹高和枝下高关系更为密切。

2.2 苦竹各器官生物量模型的回归分析

选用下列7个模型进行回归分析： $m = ab^D$, $m = aD^b$, $m = a + bD + cD^2$, $m = c + aD + bH$, $m = cD^a H^b$, $m = aD^2 H^b$, $m = a + bD$ 。其中： w 为生物量产量， D 为胸径， H 为全竹高或枝下高， a, b, c 为参数。比较各回归方程的相关系数值，选出3个较佳者，中选的回归方程列于表2。

由表2可知，绝大多数模型均呈极显著相关。竹鞭模型的精度最低，可能是因为竹鞭挖取不彻底。其次是竹叶，可能是因为未将落叶采集计算在内。地下部分的模型精度较低主要受竹鞭数据精度的影响。

2.3 苦竹部分器官生物量估算

2.3.1 竹高、枝下高与胸径模型的回归分析 根据各样竹的竹高、枝下高与胸径值，运用SPSS 10.0软件进行曲线估计，得到： $H = 320.610 9D^{0.7486}$, $r = 0.865^{**}$ ； $H_0 = 98.213 8D^{1.0959}$, $r = 0.654^{**}$ 。

2.3.2 秆与全竹生物量估算 根据竹高、枝下高与胸径的模型求出各径级的理论全竹高和理论枝下高，将各径级的胸径值与计算出来的理论全竹高和理论枝下高套用相关系数最大的数学模型，可计算出各径级对应的各器官生物量。分别利用模型 $m_{秆} = 13.439 5D^{2.0048} H^{0.4225}$ 和 $m_{总} = 191.038 0D^{1.1986} H_0^{0.2962}$ 计算出各径级的秆与总生物量(表3)。

2.4 苦竹林分生物产量估算

调查50个144 m²的样地，共7200 m²，样竹33104株。苦竹林径级分布规律见表4。根据表3的各径级单株秆质量和全竹质量及苦竹林径级分布规律，可计算出苦竹林单

表3 苦竹各径级竹秆与总生物量估算
Table 3 The estimate of stem and total biomass of *Pl. amarus*

胸径/cm	理论竹高/cm	理论枝下高/cm	秆生物量/kg	全竹生物量/kg
1	320.61	98.21	0.154	0.743
2	538.68	104.96	0.769	1.740
3	729.71	327.38	1.971	3.962
4	905.07	448.71	3.842	6.141

位面积平均秆质量和单位面积总生物量(表4)。

由表4可知，苦竹平均全竹质量为3.053 kg·株⁻¹，其中竹秆平均质量为1.518 kg·株⁻¹。苦竹林分单位面积秆质量为6.981 kg·m⁻²，单位面积总生物量为14.035 kg·m⁻²。

表4 苦竹林生物量估算

Table 4 The estimate of biomass of forest of *Pl. amarus*

径级	样竹数/株	秆质量/kg	全竹质量/kg	单株平均秆质量/(kg·株 ⁻¹)	单株平均全竹质量/(kg·株 ⁻¹)	单位面积秆质量/(kg·m ⁻²)	单位面积全竹质量/(kg·m ⁻²)
1	1092	168.168	811.356				
2	13926	10709.094	24231.240				
3	16087	31707.477	63736.694	1.518	3.053	6.981	14.035
4	1999	7680.158	12275.859				
合计	33104	50264.897	101055.149				

3 小结

①相关分析表明，苦竹绝大多数变量之间呈极显著相关，各器官生物量与胸径的关系比与竹高和枝下高的关系更为密切。②通过回归分析，建立了苦竹各器官生物量的回归方程。竹秆： $m = 13.439 5D^{2.0048} H^{0.4225}$ ；竹枝： $m = 2956.359 8D^{1.9929} H^{-0.6410}$ ；竹叶： $m = 43.7467 - 30.541 2D + 53.759 7D^2$ ；竹箨： $m = 270.956 0D^{2.3579} H^{-0.3995}$ ；竹鞭： $m = 512.436 1 - 175.936 0D + 2.907 8H_0$ ；地上部分： $m = 432.446 8 - 479.307 5D + 422.828 5D^2$ ；地下部分： $m = 396.622 3 - 53.286 9D + 2.877 5 H_0$ ；总生物量： $m =$

191.038 0D^{1.198 6}H₀^{0.296 2}。各器官的生物量与秆高、胸径等因子建立的回归方程呈显著或极显著相关。
 ③根据苦竹胸径与竹高或枝下高的相关模型以及各器官生物量模型,可计算出苦竹各径级单株的各器官生物量。
 ④根据苦竹各径级的单株生物量、苦竹林分的径级分布规律及立竹密度,可以计算出单位面积苦竹林分生物量产量。

致谢: 沈洪杰、季宗富和张佳骏等同志参与了生物量调查工作,特此致谢。

参考文献:

- [1] 张琼珊, 罗龙发, 吴宏业, 等. 苦竹是个优良的经济竹种[J]. 竹子研究汇刊, 1998, 17(4): 51—53.
- [2] 汤承旗, 汤志平, 管大耀. 苦竹利用现状和发展经营措施[J]. 竹子研究汇刊, 1998, 17(1): 46—48.
- [3] 周国模, 姚建祥, 乔卫阳, 等. 浙江庆元杉木人工林生物量的研究[J]. 浙江林学院学报, 1996, 13(3): 235—242.
- [4] 周永学, 樊军锋, 杨培华, 等. 奥地利黑松与油松 1 年生苗生长和生物量对比分析[J]. 浙江林学院学报, 2003, 20(4): 438—441.
- [5] Fu M Y, Xie J Z, Fang M Y. Biomass of *Phyllostachys pubescens* stands and its study methods [R]. 北京: 国际竹类工业利用研讨会, 1992.
- [6] 金爱武, 周国模, 马跃, 等. 雷竹各器官生物量模型研究[J]. 浙江林业科技, 1999, 19(2): 7—10.
- [7] 郑郁善, 梁鸿巍. 台湾桂竹各器官生物量模型研究[J]. 竹子研究汇刊, 1998, 17(1): 37—41.
- [8] 黄宗安. 石竹各器官生物量回归模型研究[J]. 竹子研究汇刊, 2000, 19(4): 54—57.
- [9] 郑郁善, 陈明阳, 林金园, 等. 肿节少穗竹各器官生物量模型研究[J]. 福建林学院学报, 1998, 18(2): 159—162.
- [10] 周芳纯. 毛竹林结构的数学模型[J]. 竹类研究, 1987, 6(1): 14—36.
- [11] 牟克华, 史立新. 拐棍竹生物学特性及其生物量的研究[J]. 竹类研究, 1995, 14(2): 45—51.
- [12] 马乃训, 陈红星, 张文燕. 优良经济竹种红竹生物量的研究[J]. 竹子研究汇刊, 1994, 13(1): 31—41.

Biomass models of organs of *Pleioblastus amarus*

LIN Xin-chun¹, FANG Wei¹, YU Jian-xin², YU Xue-jun¹, HU Chao-zong¹, ZHOU Lin¹

(1. Bamboo Research Institute, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Forest and Water Conservancy Bureau of Yuhang District, Hangzhou City, Hangzhou 311100, Zhejiang, China)

Abstract: Based on the biomass surveys of *Pleioblastus amarus* in Zhongtai Township of Yuhang District, Hangzhou, the matrix of correlation efficient among various organs of *Pl. amarus* were established. The best mathematical models of various bamboo organs and the diameter at breast height, height or lowest branch height were constructed through regression analysis. The models were as follows: $m_{\text{stem}} = 13.439 5D^{2.048} H^{0.425}$; $m_{\text{branch}} = 2956.359 8D^{1.9929} H^{-0.6410}$; $m_{\text{leaf}} = 43.746 7 - 30.541 2D + 53.759 7D^2$; $m_{\text{root}} = 270.956 0D^{2.3579} H^{-0.3995}$; $m_{\text{subterranean stem}} = 512.436 1 - 175.936 0D + 2.907 8H_0$; $m_{\text{aboveground}} = 432.446 8 - 479.307 5D + 422.828 5D^2$; $m_{\text{underground}} = 396.622 3 - 53.286 9D + 2.877 5 H_0$; $m_{\text{total}} = 191.038 0D^{1.198 6} H_0^{0.296 2}$. Using these models, the biomass of various organs of ramet and forest of *Pl. amarus* were calculated respectively. This result had reference to the evaluation of productive potentialities and guidance of production of *Pl. amarus*. [Ch, 4 tab. 12 ref.]

Key words: *Pleioblastus amarus*; biomass; regression analysis; mathematical model