

闽南麻竹人工林地上部分现存生物量的研究*

周本智¹⁾ 吴良如¹⁾ 邹跃国²⁾

(1) 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 311400, 浙江富阳; 2) 福建省华安县林业局, 363800, 福建华安;
第一作者 29 岁, 男, 助理研究员)

摘要 对闽南地区麻竹人工林地上部分生物量模型及现存生物量结构进行了研究。结果表明: 以模型 $m = a \cdot (D^2H)^b$ 对麻竹地上部分总生物量和秆生物量进行估计较为可靠, 而对枝、叶生物量的估计需引进枝下高因子 h 及模型 $m = a \cdot D^b \cdot (H - h)^c$ 或 $m = a \cdot D^b \cdot [(H - h)/h]^c$ 。闽南地区麻竹人工林地上部分平均现存生物量为 $39.518 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 按年龄分配为: 3 年生生物量最高, 占 59.17%, 其次为 2 年生、4 年生、5 年生; 按器官分配为: 秆生物量最高, 占 62.81%, 其次为枝、叶。地上部分总生物量与秆生物量随竹秆高度增加而递减, 枝、叶生物量自 6~8 m 区分段分别向秆基及秆梢递减。

关键词 麻竹; 生物量模型; 人工林

分类号 S795.02; S718.556

麻竹(*Dendrocalamus latiflorus* Munro) 是大型丛生竹, 为我国重要笋用竹种, 其笋体大、笋质好、产量高。麻竹主要分布在福建、台湾、广东、广西、云南和贵州等省区, 闽南更是全国著名的麻竹笋生产区, 麻竹人工林广泛地分布在该地区海拔 300 m 以下的山坡谷地、溪流两岸等土壤条件优越的地方。

研究麻竹人工林生物量, 不仅是研究生态系统能量流动和物质循环的基础工作, 也是研究提高竹林生产力方法的基础, 并由此可评价各种营林措施的优劣和生长效果。

1 自然概况与研究方法

1.1 自然概况

调查地区位于福建省华安县, 地处九龙江北溪中游, $117^{\circ}16' \sim 117^{\circ}44' \text{ E}$, $24^{\circ}38' \sim 25^{\circ}11' \text{ N}$ 。该县为戴云山和博平岭的延伸支脉, 地势由西北向东南倾斜, 地貌复杂, 地况参差。气候属中、南亚热带过渡型气候, 由于海洋性季风影响, 全年气候温和, 夏无酷暑, 冬无严寒。年平均气温 $17.5 \sim 21.4$, 最冷月(1月)平均气温 12.2 , 最热月(7月)平均气温 28.3 , 年日照时数 1889.2 h , 平均霜日 10.2 d , 年平均降水量 $1448 \sim 2023 \text{ mm}$, 地带性土壤为砖红壤性红壤和红壤。

该县麻竹人工林多分布在九龙江两岸的沙洲地, 林下灌木及草本极其稀少, 秆高 $8 \sim 17 \text{ m}$, 径粗 $6 \sim 15 \text{ cm}$, 每丛 $3 \sim 10$ 株, 林冠郁闭度 $0.6 \sim 0.9$ 。麻竹人工林经营管理水平较高, 主要措施包括: 每年春、秋季各施肥 1 次, 秋后砍除 5 年生以上老竹, 同时松土劈草, 挖笋后覆盖等。

1.2 研究方法

* 本文为第一作者硕士学位论文的部分内容, 承蒙导师萧江华研究员审阅, 谨此致谢。
1998-05-15 收稿。

野外调查工作是在 1995 年 4 月和 5 月进行,此时正值麻竹出笋前夕,当年生竹(笋)尚未出土,所以调查范围仅限于 2~5 年生麻竹地上部分现存生物量。

1.2.1 平均丛的推算 选取有代表性的麻竹人工林,设置面积为 400 m^2 的标准地 12 块,分别调查每丛每竹的年龄、胸径,部分竹的全高及枝下高,根据标准地材料,推算出 1 个麻竹平均丛内各年龄株数、平均胸径、平均高、平均枝下高及平均丛总株数、平均丛总平均胸径。

1.2.2 生物量调查及测定 根据平均丛内各年龄株数及胸径的分布情况,选取样竹共 52 株,分别齐地伐倒,则其胸径、全高、枝下高,每间隔 2 m 截断,分别称各段秆、枝、叶鲜重,并于上、中、下 3 个部位均匀取样,于 80°C 烘箱内烘 48 h,冷却后称重,算出各样品含水率,推求各器官干质量;再配合各年龄、各器官生物量模型,根据其中较优者推算 1 个麻竹平均丛的生物量,结合平均丛各年龄株数的分布和大小以及麻竹的立竹度,求得每公顷麻竹人工林生物量的年龄结构、器官分配和垂直分布。

2 结果与分析

2.1 麻竹生物量模型的选择

树木各部分器官之间存在着相对生长或称协同生长关系,这也就是近年来数学模型广泛应用于生物量研究中的原因,但由于树种、年龄不同,及生长地区土壤、气候等生态条件的差异,适用的模型类型和选用的模型自变量也随之不同。

首先以胸径(D)的平方与竹高(H)的乘积(又称实容积) D^2H 为自变量,对麻竹地上部分总干质量及秆、枝、叶干质量分别进行一元幂函数($Y = a \cdot X^b$)回归分析,结果表明:

(1) 各年龄麻竹地上部分总干质量 m_t 、秆干质量 m_c 与实容积相关关系显著,相关系数 r 均在 0.9 以上(表 1),这与其它绝大部分树种结果一致^[1-8]。

(2) 麻竹枝干质量 m_b 、叶干质量 m_l 的回归效果不明显,绝大部分相关系数低于 0.85,糙花箭竹(*Fargesia scabrida* Yi)、冷箭竹(*Bashania fangiana* (A. Camus) Keng f. et Wen)、柳竹(*Thyrsostachys siamensis* (Kurz et Munro) Gamble) 也具相似特点^[1,6,7]。

鉴于此,作者重新筛选了自变量及模型类型,引进枝下高 h 和二元幂函数模型($Y = a \cdot X_1^b \cdot X_2^c$),先后分别以 D 、 h 、 $D \cdot H - h$ 、 $D \cdot (H - h)/h$ 、 D^2H 、 h 和 $D^2(H - h)$ 为自变量对各年龄枝、叶干质量作二元或一元幂函数回归分析。结果发现,引进枝下高因子后,除 $D^2(H - h)$ 的一元回归外,相关系数均有不同程度的提高,效果较好的是以 D 、 $(H - h)/h$ 、 D 、 $H - h$ 为自变量的二元幂函数回归,除 3 年生、4 年生枝干质量外,相关比 R 均超过 0.9(表 1)。

表 1 麻竹各器官生物量模型

器官	年 龄/a			
	2	3	4	5
秆	$m_c = 0.1507(D^2H)^{0.6288}$ $r = 0.9384$	$m_c = 0.4868(D^2H)^{0.4978}$ $r = 0.9438$	$m_c = 0.0251(D^2H)^{0.9484}$ $r = 0.9710$	$m_c = 0.1468(D^2H)^{0.6959}$ $r = 0.9990$
枝	$m_b = 1.2655D^{5.3659}(H-h)^{4.8652}$ $R = 0.9869$	$m_b = 0.0729D^{1.6950}[(H-h)/h]^{0.3158}$ $R = 0.8565$	$m_b = 0.4789D^{1.0754}[(H-h)/h]^{0.0583}$ $R = 0.7780$	$m_b = 2.8215D^{-0.2629}[(H-h)/h]^{0.4834}$ $R = 0.9910$
叶	$m_l = 0.1702D^{8.0326}(H-h)^{-5.9371}$ $R = 0.9115$	$m_l = 0.0603D^{1.7445}[(H-h)/h]^{0.3495}$ $R = 0.9307$	$m_l = 0.1369D^{1.0235}[(H-h)/h]^{0.8544}$ $R = 0.9712$	$m_l = 1.7489D^{-0.5787}[(H-h)/h]^{0.8504}$ $R = 0.9999$
地上部分	$m_t = 0.6600(D^2H)^{0.4548}$ $r = 0.9449$	$m_t = 0.6224(D^2H)^{0.5321}$ $r = 0.9635$	$m_t = 0.1698(D^2H)^{0.7364}$ $r = 0.9692$	$m_t = 0.7234(D^2H)^{0.5511}$ $r = 0.9353$

由以上可看出, 2 年生以上麻竹地上部分总干质量、秆干质量相对稳定, 以一元幂函数模型 $m = a \cdot (D^2H)^b$ 对其进行模拟即能达到要求, 而枝、叶干质量较不稳定, 差异较大, 对其进行生物量模拟, 需引进枝下高因子。

根据不同模型对各器官生物量相关系数(或相关比)的大小, 选出较佳者作为后文中推算麻竹人工林生物量的优化模型(表 1)。

2.2 麻竹人工林地上部分现存生物量的结构

该地区麻竹平均丛的结构如表 2, 麻竹人工林密度为 $467 \text{ 丛} \cdot \text{hm}^{-2}$, 计 2 290 株 $\cdot \text{hm}^{-2}$, 1 个麻竹平均丛地上部分干质量为 84.62 kg, 每公顷麻竹人工林地上部分干质量为 39.518 t。

表 2 1 个麻竹平均丛的结构

项 目	年 龄 /a				合 计 (平均)
	2	3	4	5	
株数%	31.72	51.06	13.29	3.93	100
胸径/cm	7.24	7.50	7.04	6.06	(7.29)
竹高/m	12.13	12.29	11.02	8.41	(11.92)
枝下高/m	2.20	2.00	2.40	2.20	(2.12)

2.2.1 生物量随年龄的分布 竹林生物量的年龄结构决定于立竹的年龄结构和单株的个体大小, 而立竹的年龄结构和单株个体大小主要受人砍伐数量、留养年龄和留养株数的影响^[3], 生物量的年龄结构反映了该地区麻竹人工林生物量在各龄级分配的现实情况, 同时, 也反映出人为经营的结果。

该地区麻竹人工林主要由 2 年生、3 年生麻竹组成, 且其单株个体也较大(表 2), 所以林分生物量中, 3 年生麻竹为 $23.597 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 占 59.71%; 2 年生为 $9.03 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 占 22.85%; 4 年生、5 年生分别为 5.359 、 $1.532 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 分别占 13.56% 和 3.88%(表 3)。

立竹的年龄结构与生物量的年龄结构有相同的趋势(图 1), 依次为 3 年生、2 年生、4 年生、5 年生; 3 年生个体最大, 单株生物量大, 所以较少的株数就可构成较大的生物量, 因而 3 年生麻竹生物量占各年龄麻竹总生物量的百分比(生物量相对值)高于 3 年生立竹株数占各年龄立竹总株数的百分比(立竹株数相对值); 2 年生个体也较大, 但由于含水率高, 单株生物量干质量较低, 所以 2 年生麻竹生物量相对值低于其立竹株数相对值; 4 年生、5 年生两者则基本持平。

表 3 麻竹人工林生物量结构

器 官		年 龄 /a				小 计
		2	3	4	5	
秆	$\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$	6.343	14.751	3.014	0.712	24.820
	% ^①	70.24	62.51	56.25	46.48	62.81
枝	$\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$	1.749	4.642	1.430	0.630	8.451
	% ^①	19.37	19.67	26.68	41.12	21.38
叶	$\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$	0.938	4.204	0.915	0.190	6.247
	% ^①	10.39	17.82	17.07	12.40	15.81
地上部分	$\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$	9.030	23.597	5.359	1.532	39.518
	% ^②	22.85	59.71	13.56	3.88	100

注: ①各器官占地上部分总量的百分比; ②各年龄占总量的百分比。

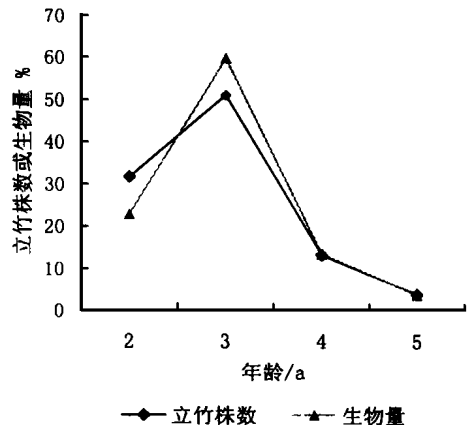


图 1 麻竹立竹株数与生物量随年龄的变化

由以上分析可知, 该地区麻竹人工林生物量主要分布在 3 年生和 2 年生竹, 这是因为 2 年生、3 年

生麻竹发笋力最旺, 4 年生竹基本不发笋^[12], 为了追求麻竹笋的高产量, 4 年生、5 年生老竹基本被伐除。

2.2.2 生物量随器官的分布 在麻竹人工林中, 秆的生物量最高, 为 $24.82 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 占地上部分的 62.81%; 枝为 $8.451 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 占 21.38%; 叶为 $6.247 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 占 15.81% (表 3)。

随着年龄的增长, 秆干质量所占比例降低, 枝叶指数(枝、叶干质量占地上部分干质量之比^[21])上升, 枝干质量所占比例上升, 叶干质量所占比例则以 3 年生、4 年生为高(图 2)。这种趋势与一般的木本植物不同(表 4), 木本植物干的相对生物量随着年龄增长而增加, 叶的相对生物量则基本呈下降趋势。造成这种差异的原因是因为竹子不像其它木本植物, 其高度、粗度和体积一经形成便不再增长, 只是干物质的逐年积累, 而位于中、下部各节处于休眠状态的侧芽则逐年抽枝长叶, 直至进入老龄状态^[12], 所以导致枝叶指数逐年上升, 而秆干质量比相应下降; 叶干质量在 5 年生时下降, 是因为竹叶老化脱落所致。

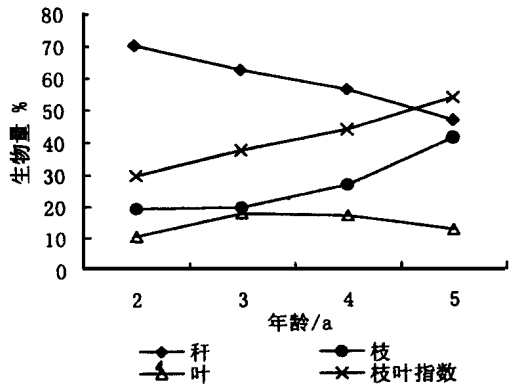


图 2 麻竹秆、枝、叶生物量及枝叶指数随年龄的变化

表 4 麻竹和木本植物各器官干质量随年龄变化的比较 %

树种	器官	年 龄 / a														
		2	3	4	5	6	7	10	12	15	17	22	25	30	40	
麻竹	秆	70.24	62.51	56.25	46.48											
	枝	19.37	19.67	26.68	41.12											
	叶	10.39	17.82	17.07	12.40											
湿地松	干					24.84			35.04				50.65		53.78	
	枝					26.77			26.64				15.38		18.94	
	叶					12.46			13.98				6.28		5.03	
油松	干												45.02	50.12	55.90	
	枝												20.38	19.13	17.68	
	叶												11.35	10.88	10.37	
杉木	干		16.72		35.67			50.76		53.75						
	枝		17.15		9.63			9.10		9.36						
	叶		34.44		26.17			15.12		12.76						
水杉	干						45.2		54.5				57.3			
	枝						17.9		15.0				19.6			
	叶						9.9		6.6	5.5						

注: 木本植物数据引自参考文献[2, 8~10]。湿地松(*Pinus elliottii* Engelm); 油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.); 杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.); 水杉(*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng)。

2.2.3 生物量的垂直分布 表 5 示麻竹人工林地上部分各器官干质量的垂直分布, 从中可看出:

(1) 秆干质量随竹秆高度的增加而逐渐降低, 其干质量的 42.79% 集中于 2 m 以下,

67.33% 集中于 4 m 以下。

(2) 枝、叶干质量最大值在 6~8 m 区分段, 分别占 23.18% 和 23.76%, 由此分别向竹基和竹梢递减; 40% 以上集中在 4~8 m 段, 分别占 46.01% 和 43.72%; 80% 以上集中在 2~10 m 段, 分别为 84.23% 和 80.41%。

(3) 地上部分总干质量主要受秆干质量支配, 所以与秆有相似规律, 28.25% 集中于 2 m 以下, 51.41% 集中于 4 m 以下。

表 5 麻竹人工林生物量的垂直分布

器 官	竹 秆 高 度/m									合 计
	0~2.0	2.1~4.0	4.1~6.0	6.1~8.0	8.1~10.0	10.1~12.0	12.1~14.0	14.1~16.0	16.1~18.0	
秆	42.79	24.54	15.48	9.36	4.92	1.86	0.65	0.30	0.10	100
逐段累计	42.79	67.33	82.81	92.17	97.08	98.95	99.60	99.90	100	
枝	3.56	22.12	22.83	23.18	16.10	7.37	3.66	1.00	0.18	100
叶	1.35	18.62	19.96	23.76	18.07	11.51	5.10	1.36	0.27	100
地上部分	28.25	23.16	17.73	14.46	9.26	4.46	1.95	0.61	0.12	100
逐段累计	28.25	51.41	69.14	83.60	92.86	97.32	99.27	99.88	100	

3 结 论

(1) 麻竹人工林生物量可用数学模型估计, 地上部分总生物量和秆生物量可用一元幂函数模型 $m = a \cdot (D^2H)^b$ 进行回归分析, 相关系数 $r > 0.9$; 以该模型估计枝、叶生物量时, r 较低, 需引进枝下高因子, 适用的模型是二元幂函数模型 $m = a \cdot D^b \cdot (H - h)^c$ 或 $m = a \cdot D^b \cdot [(H - h)/h]^c$ 。

(2) 闽南地区麻竹人工林地上部分平均现存生物量为 $39.518 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 以年龄分配为: 3 年生占 59.17%, 2 年生占 22.85%, 4 年生占 13.56%, 5 年生占 3.88%; 按器官分配为: 秆占 62.81%, 枝占 21.38%, 叶占 15.81%; 以空间分配为: 地上部分总生物量与秆生物量随竹秆高度增加而降低, 50% 以上集中于 4 m 以下, 枝、叶生物量最大值集中在 6~8 m, 因此分别向竹基和竹梢降低, 40% 以上集中在 4~8 m。

参 考 文 献

- 1 威秀特·苏万那平诺特. 泰国北碧府柳竹生物量的研究. 竹子研究汇刊, 1983, 2(2): 82~90.
- 2 汪企明, 石有光. 江苏省湿地松人工林生物量的初步研究. 植物生态学与地植物学学报, 1990, 10(3): 1~12.
- 3 孙天任, 唐礼俊, 魏泽长, 等. 水竹人工林生物量结构的研究. 植物生态学与地植物学学报, 1986, 10(3): 190~198.
- 4 苏智先, 钟章成. 缙云山慈竹种群生物量结构研究. 植物生态学与地植物学学报, 1991, 15(3): 240~251.
- 5 邹春静, 卜军, 徐文铎. 长白松人工林群落生物量和生产力的研究. 应用生态学报, 1995, 6(2): 123~127.
- 6 黄华梨. 白水江自然保护区糙花箭竹天然林生物量与生产力的初步研究. 植物生态学与地植物学学报, 1993, 17(4): 371~377.
- 7 牟克华, 史立新. 大熊猫主食竹——冷箭竹生物学特性的研究. 竹子研究汇刊, 1991, 10(4): 24~32.
- 8 高智慧, 蒋国洪, 邢爱金, 等. 浙北平原水杉人工林生物量的研究. 植物生态学与地植物学学报, 1992, 16(1): 64~71.
- 9 马钦彦. 中国油松生物量的研究. 北京林业大学学报, 1989, 11(4): 1~10.
- 10 叶镜中, 姜志林. 苏南丘陵杉木人工林的生物量结构. 生态学报, 1983, 3(1): 7~14.

- 11 周本智. 闽南九龙江流域竹类植物分布及群落特征. 竹类文摘, 1997, 10(1): 6~11.
12 南京林产工业学院竹类研究室. 竹林培育. 北京: 农业出版社, 1974.

Aboveground Biomass of *Dendrocalamus latiflorus* Plantation in South Fujian

Zhou Benzhi¹⁾ Wu Liangru¹⁾ Zou Yueguo²⁾

(1) The Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, 311400, Fuyang, Zhejiang, China;

2) Forest Bureau of Huaan County, Fujian Province, 363800, Huaan, Fujian, China)

Abstract The construction of aboveground biomass and biomass model of *Dendrocalamus latiflorus* plantation in South Fujian are studied in this paper. The results are showed as follows: (1) The aboveground biomass and the biomass of culm of *D. latiflorus* may reliably be calculated by the model, $m = a \cdot (D^2H)^b$, but the biomass of its culm and leaf may not. In order to calculate it, it is necessary to introduce the factor, clear-height, and the models, $m = a \cdot D^b(H-h)^c$ and $m = a \cdot D^b \cdot [(H-h)/h]^c$. (2) The total aboveground biomass of *D. latiflorus* plantation in South Fujian is $39.518 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$. The biomass of 3-year-old is the highest, accounting for 59.17 percent of the total, followed by that of 2-, 4- and 5-year-old successively. The biomass of culm is the highest in terms of organ, accounting for 62.81 percent of the total, followed by that of branch and leaf successively. The total aboveground biomass and the biomass of culm gradually decrease along the height, and that of branch and leaf gradually decreases from the section of 6~8 m to the top and to the bottom.

Key words *Dendrocalamus latiflorus*; biomass model; plantation