

文章编号: 1002 1498(2004) 06 0726 05

# 山地麻竹笋用林生态系统生物量、 生产力及能量结构\*

邱尔发<sup>1</sup>, 陈卓梅<sup>2</sup>, 郑郁善<sup>3</sup>, 洪伟<sup>3</sup>, 黄宝龙<sup>4</sup>, 杨主泉<sup>5</sup>

(11 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091; 21 浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023;

31 福建农林大学林学院, 福建 南平 353001; 41 南京林业大学森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037;

51 桂林工学院, 广西 桂林 541004)

**摘要:** 对南靖林场 5 a 山地麻竹林生物量、生产力及能量结构进行了研究, 结果表明, 麻竹林现存生物量、能量贮量和移出林外利用的生产力随林龄的增大而增大, 3 a 以后竹林地下部分生物量、能量贮量大于地上部分生物量, 林下植被生物量和能量随竹龄增大而减小, 1、2 a 竹林林下植被能量贮量高于麻竹林层; 麻竹林各组分的热值为 171 205.9~ 201 280.6 kJ#g<sup>-1</sup>, 灌木的最高, 地表残留物的最低。

**关键词:** 麻竹林; 山地; 生物量; 生产力; 能量结构

中图分类号: S7951.5 文献标识码: A

麻竹(*Dendrocalamus latiflorus* Munro) 为我国的重要经济竹种, 其栽培已从过去河滩、四旁零散种植发展到现在的山地规模培育, 由于其经济价值近几年才开始被认识, 其生物及生态学特性的研究也刚开始, 有关麻竹山地栽培特性研究文献较少<sup>[1~4]</sup>。在麻竹林生物量的研究方面, 由于麻竹林竹丛地下结构较大, 挖掘难度较大, 有关麻竹林地下器官全林生物量及林分能量贮量的报道较少, 目前主要进行了麻竹单株地上器官生物量的研究<sup>[5,6]</sup>, 在竹林群落生物量、生产力及能量结构方面尚很少报道<sup>[7,8]</sup>, 有鉴于此, 本文对不同林龄麻竹林地上和地下生物量、群落生物量、竹林生产力利用结构及麻竹林群落能量结构进行较系统研究, 探讨不同林龄麻竹山地笋用林生态系统生物量、生产力利用、能量结构及其分配规律, 为竹林生产潜力预测和今后的丰产栽培提供理论依据。

## 1 试验地概况及材料

试验地设于福建省漳州市南靖国有林场, 属南亚热带季风气候区, 地处 117°20' E, 24°27' N。海拔 280 m 左右, 属闽南低山丘陵地带。年平均气温为 21 °C, 7 月平均气温 28 °C, 极端最低气温 - 21.0 °C, 极端最高气温 40.15 °C, > 10 °C 的活动积温 7 476 °C, 终年无雪, 霜期短; 该地区气候温暖多雨, 年降水量 1 720 mm, 雨量分布不均, 较集中于春夏两季; 年日照 2 052 h, 平均

收稿日期: 20030206

基金项目: 福建省水保站/麻竹林生态系统水文和养分研究0及国家/十五0 攻关重大专项/中国森林生态网络体系- 面的研究与示范0 (2002BA516A17) 资助

作者简介: 邱尔发(1968), 男, 福建连城人, 博士, 副研究员, 主要从事森林生态及培育方面研究。

\* 感谢福建农林大学生命科学院江茂生老师帮助测定热值!

年无霜期 320 d, 是麻竹生长的最适区。土壤以沙岩土质发育的山地红壤为主, 土层深厚。植被以芒萁 (*Dicranopteris pedata* (Houttl) Nakaikel)、五节芒 (*Miscanthus floridulus* (Labill) Warbl)、桃金娘 (*Rhodomyrtus tomentosa* (Aitl) Hasskl) 和蕨类 (*Pteridium spp1*) 为主。

1995) 1999 年春移植母竹造林, 株行距为 5 m @ 5 m, 即密度为 400 株 # hm<sup>-2</sup>。造林前期(造林后 1~3 a) 每年春季施肥、除草 1 次, 4~5 a 每年春除草 1 次, 施肥 3 次, 分别于 3 月中下旬、6 月上旬和 8 月上旬进行。竹林每丛留 3 株, 分别为 1 a 竹 2 株, 2 a 竹 1 株。

## 2 研究方法

### 211 不同林龄林分生物量测定

采用间接收获法<sup>[9]</sup>测定。2000 年 4 月分别测定 1~5 a 麻竹林(1995) 1999 年营造) 的平均竹秆、枝、叶等器官生物量, 麻竹林地上部分按 2000 年 4 月林分平均竹生物量和各造林年度林分株数计算。地下部分按各年度竹林的竹丛平均菹幅, 每年挖掘 1 丛, 分菹、根称质量, 计算竹林地下部分现存生物量。植被生物量和枯落物生物量按 2 m @ 2 m 样方调查, 每年测 5 个样方。

### 212 林分生产力及热值的测定方法

林分生产力结构以 2001 年(即 2~6 a 竹林) 移出生态系统外的生物量为计算依据, 测定 2001 年 3 月砍竹(每丛砍 2 株, 2 a 竹和 3 a 竹各 1 株) 的生物量及全年挖笋量。

取部分样品在 105 °C 烘干, 测定其含水量并取得测定热值的干样品。采用氧弹式法热量计测定热值<sup>[10, 11]</sup>。

## 3 结果与分析

### 311 不同林龄麻竹林生物量结构

31111 不同林龄麻竹现存生物量分布格局 从表 1 看出, 林分各器官生物量随林龄的增加而增大。造林初期地上部分现存生物量增加速度最快, 2 a 的竹林秆、枝、叶生物量分别是 1 a 的 2115、1123、1108 倍, 这主要是由于麻竹为速生竹种, 造林前期麻竹胸径增长速度较快。其次差异较大的为 4、5 a 竹林, 地上生物量差异主要与麻竹经营的留竹密度有关。5 a 竹林的地上部分现存生物量分别是 1~4 a 竹林的 2197、1170、1145、1129 倍。

表 1 不同林龄麻竹林生态系统生物量结构

林龄 a	密度 (株 # hm <sup>-2</sup> )	麻竹林层 P (kg # hm <sup>-2</sup> )						林下植被 P (kg # hm <sup>-2</sup> )		地表残留物 (kg # hm <sup>-2</sup> )	总计 P (kg # hm <sup>-2</sup> )
		地上部分			地下部分			灌木	草本、藤		
		秆	枝	叶	菹	根	总质量				
1	1 728	1 930	916	760	1 084	226	4 916	4 915	11 133	1 032	21 996
2	1 612	4 143	1 125	819	1 646	918	8 851	3 346	8 968	1 439	22 604
3	1 504	4 798	1 274	883	5 538	3 296	16 189	0	4 650	2 017	22 856
4	1 467	6 004	1 399	916	21 782	4 234	34 335	0	1 915	3 476	39 726
5	1 436	7 865	1 746	1 085	30 634	4 616	45 945	0	398	1 408	47 751

地下部分生物量最能反映不同造林年限林分生物量增长速度, 因为地下部分没有移出利用, 现存生物量接近于林分各年度累积生物量。从不同造林年度麻竹林地下部分竹菹和竹根生物量看, 具有较大差异。5 a 竹林的竹菹生物量分别是 1、2、3、4 a 竹林的 28126、18161、5153、1141 倍。各林分竹根生物量差异也较大, 5 a 竹林的竹根生物量分别是 1、2、3、4 a 竹林的

20142、5103、1140、1109倍。从各年度林分竹筍和竹根生物量差异可看出,竹丛地下部分增加速度最快的为造林前期,3a以后竹林竹筍生物量已超过竹秆生物量,地下部分生物量也比地上部分大,随着林龄增大,差异也进一步加大。

3112 不同年龄麻竹林生态系统生物量结构 乔木层生物量随年龄的增大而明显增大(表1),5a竹林的乔木层生物量是1、2、3、4a竹林的9135、5119、2184和1134倍,这主要是由林分竹株个体大小和地下器官累积的差异所造成;各林分林下植被生物量与乔木层生物量呈相反的变化趋势,随林龄的增大而急剧减小,1a竹林是5a竹林的40132倍,差异很大,林下植被生物量的差异主要是不同林分郁闭度不同所致;1~4a竹林的地表残留物随竹龄增加而增加,但5a竹林锐减,这主要是4a竹林中1年生草本较多,而低龄竹林多年生的阳生植物占较大的优势,所以,4a竹林除麻竹凋落物外,林下植被干枯物较多,枯落物量较大;从各林分群落现存总生物量看,随林龄的增大而呈增大的变化趋势,5a竹林生物量分别是1、2、3、4a竹林的2117、2111、2109、1120倍。这说明各林分利用营养空间的程度不同,1~5a竹林利用空间的能力逐渐增强。

### 312 麻竹林生态系统移出利用生产力结构

不同林龄林分生产力利用情况不同。从竹笋的利用(表2)看,2~5a竹林笋箨、筍和可食笋都随林龄的增大而增大,尤其是从4~5a竹笋产量明显增加,总质量增大了2175倍,除与5a竹林施肥不同有关外,主要是2~3a竹林利用营养空间不充分所致;6a竹林较5a竹林略有减小,这主要是由于4a竹林施肥不同所造成。

从竹子的利用看,各器官移出系统外利用的生物量随林龄的增大而增大,6a竹林移出的利用量是2、3、4、5a竹林的3130、2103、1161和1130倍,这主要是不同林龄麻竹个体大小不同所致。不同林龄麻竹生产力总量的变化与竹子的利用情况相似,随林龄的增大而增大。6a竹林从系统内移出利用的总质量是2、3、4、5a的3182、2145、1196和1118倍。

表2 不同林龄竹林生产力利用结构

$\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$

林龄/a	笋				竹				总计
	箨	筍	可食笋	小计	秆	枝	叶	小计	
2	289	105	127	520	804	732	452	1988	2508
3	374	136	165	675	1936	804	500	3240	3915
4	451	164	199	813	2416	1064	604	4084	4897
5	1691	614	745	3050	3372	1060	632	5064	8114
6	1676	608	738	3022	4708	1164	692	6564	9586

### 313 不同林龄麻竹林生态系统能量结构

3131 竹林系统各组分热值 麻竹林系统内各组分的热值为171205.9~201280.6  $\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ ,秆、枝、叶、根、筍的热值分别为201062.4、181818.2、181719.9、181755.4、191362.9  $\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ ,麻竹竹秆的热值最高,其次为竹筍、竹枝、竹根,竹叶的最低。草本、灌木、地表残留物的热值分别为191051.5、201280.6、171205.9  $\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ ,灌木的最高,地表残留物的最低。

3132 不同林龄林分麻竹能量结构 从表3可见,1、2a竹林竹秆的能量高于其它各器官,但3~5a竹林竹筍能量贮量明显高于其它各器官。这主要是地下部分各器官没有移出竹林生态系统外利用,而地上部分秆、枝和叶在竹林经营过程中,每年移出部分利用,另外,麻竹新造林前期由于竹林个体增长速度较慢,挖笋和砍竹较少,存留在竹丛中的竹筍量相对也较少,所以,前期能量

贮量以地上部分占优势, 随着林龄的增加, 个体数量增长速率的加速, 竹林利用量的增大, 竹笋存留量和能量贮量快速增加, 并占据竹林生态系统能量贮量的优势地位。

不同林龄麻竹各器官能量贮量随林龄的增大而增大。地上部分能量贮量最大的为竹秆, 其次为竹枝, 较小的为竹叶。从其平均值看, 竹秆是竹枝和竹叶的 4108、5194 倍; 从不同林龄林分看, 1 a 竹林地上部分能量只有 5 a 竹林的 33127%, 其地上部分现存能量增加了 140 773 MJ#hm<sup>-2</sup>, 5 a 竹林地上部分现存能量分别是 2、3、4 a 竹林的 1176、1154、1129 倍。

地下部分能量贮量最能反映不同林龄能量增长速度, 因为地下部分各器官没有移出系统外利用, 现存能量贮量接近于林分各年度累积能量。5 个林龄林分地下部分能量贮量都以竹笋为最大, 其平均值是根的 4142 倍; 从不同林龄地下器官能量贮量看, 随林龄的增大而快速增大, 5 a 竹林地下器官能量总贮量是 1、2、3、4 a 竹林的 26187、13165、3196、1135 倍。从不同林龄相对增长率看, 2~ 3 a 期间增长速度最快, 增加了 2145 倍, 4~ 5 a 增长较缓, 增加了 0135 倍。

表 3 不同林龄麻竹林能量结构

MJ#hm<sup>-2</sup>

林龄 a	麻竹林层					小计	林下植被		地表残留物	总计
	地上部分			地下部分			灌木	草本、藤		
	秆	枝	叶	笋	根					
1	38 720	17 237	14 227	20 331	4 376	94 892	99 679	212 100	17 757	424 428
2	83 119	21 170	15 332	30 871	17 775	168 267	67 859	170 854	24 759	431 739
3	96 259	23 974	16 530	103 868	63 820	304 451	0	88 589	34 704	427 745
4	120 455	26 327	17 147	408 531	81 983	654 442	0	36 484	59 808	750 734
5	157 791	32 857	20 311	574 554	89 379	874 892	0	7 582	24 226	906 700
平均	99 269	24 313	16 709	227 631	51 467	419 389	33 508	103 122	32 251	588 269

31313 不同林龄麻竹林生态系统能量结构 林分能量结构可以反映生态系统内各成分对营养空间的利用程度。从构成各林龄麻竹林系统各组成成分的能量看, 造林前期(1、2 a) 林下植被能量贮量占优势, 但后期, 乔木层能量贮量占主导地位。从各林龄平均贮量看, 乔林层分别是林下植被和地表残留物层的 3107、3145 倍。

从不同林龄麻竹林各组分能量贮量结构看, 乔木层能量贮量随年龄的增大而明显增大, 5 a 竹林乔木层能量贮量是 1、2、3、4 a 竹林的 9122、5120、2187、1134 倍, 这主要是由林分竹株个体大小及地下器官累积差异所造成; 各林分林下植被能量贮量与乔木层能量贮量呈相反的变化趋势, 随林龄的增大而急剧减小, 1、2 a 竹林的林下植被能量贮量超过乔木层, 这说明新造竹林乔林层利用空间很不充分。1 a 竹林林下植被能量贮量分别是 2、3、4 a 竹林的 15155、41190、101174、489152 倍, 差异非常悬殊, 林下植被能量贮量的差异主要是不同林分郁闭度不同所致; 地表残留物能量贮量在 1~ 4 a 竹林中随林龄的增大而增加, 但 5 年生竹林则开始出现减少, 这主要是 4 a 竹林 1 a 草本较多, 而低龄竹林多年生的阳性植物占较大的优势, 所以, 4 a 竹林除麻竹凋落物外, 林下植被干枯物较多, 地表残留物较大; 从各林分现存总能量贮量看, 1~ 3 a 竹林能量总贮量差异不大, 变化范围为 424 428~ 431 739 MJ#hm<sup>-2</sup>, 2 a 竹林能量贮量略大于 3 a 竹林, 但总体上随林龄的增大而呈增大的变化趋势, 5 a 竹林能量贮量分别是 1、2、3、4 a 竹林的 2114、2110、2112、1121 倍, 这说明各林分利用营养空间的充分程度不同, 随林龄的增加竹林利用空间的能力有逐渐增强的趋势。

## 4 小结

麻竹林地上和地下各器官现存生物量随林龄的增大而增大, 3 a 以上竹林地下部分的生物量比地上部分的大, 且其差异随林龄增大而增大。麻竹林系统乔木层随林龄的增大而增大, 林下植被呈相反的变化趋势, 但群落总生物量有随林龄的增大而增大的趋势。麻竹林竹笋和竹子每年移出系统外利用的生物量随林龄的增大而增大。

麻竹林各组分热值的变化范围为  $171205.9 \sim 201280.6 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ , 最高的为灌木, 最低的为地表残留物。麻竹各器官能量贮量随林龄的增大而增大; 群落乔林层能量贮量随林龄的增大而增大, 但林下植被呈相反的变化规律, 且 1、2 a 竹林林下植被能量贮量高于乔林层, 总贮量有随林龄的增大而呈增大的变化趋势。

### 参考文献:

- [1] 肖贤坦, 马占兴, 朱培琨. 麻竹丰产林培育技术与应用[J]. 竹类研究, 1996(1): 57~ 60
- [2] 王存录. 麻竹的生物学特性及丰产栽培措施[J]. 华东森林经理, 2000(3): 13~ 15
- [3] 邱尔发, 洪伟, 郑郁善, 等. 麻竹山地笋用林笋期叶片光合及呼吸性状研究[J]. 林业科学, 2001, 37(专刊1): 148~ 453
- [4] 邱尔发, 郑郁善, 洪伟, 等. 开花和未开花山地麻竹叶片性状比较[J]. 福建林学院学报, 2002, 22(2): 105~ 108
- [5] 梁鸿, 陈学魁. 麻竹单株生物量模型研究[J]. 福建林学院学报, 1998, 18(3): 260~ 262
- [6] 周本智, 吴良如, 邹跃国. 闽南麻竹人工林地上部分现存生物量的研究[J]. 林业科学研究, 1999, 12(1): 47~ 52
- [7] 温太辉. 竹林生产力因子的评价[J]. 竹子研究汇刊, 1990, 9(2): 1~ 10
- [8] 林益明, 李和阳, 林鹏, 等. 福建南靖虎伯寮亚热带雨林竹类植物热值的研究[J]. 竹子研究汇刊, 2000a, 19(1): 57~ 61
- [9] 林开敏, 俞新妥, 邱尔发, 等. 不同造林密度杉木林分营养空间利用的差异[J]. 浙江林学院学报, 1996, 13(3): 243~ 247
- [10] 林益明. 麻竹竹种群生物量结构和能量分布[J]. 竹子研究汇刊, 2000b, 19(4): 36~ 41
- [11] Gupta S K. Energy structure of standing crop in certain grasslands at Gyanpur[J]. Trop Ecol, 1972, 13: 147~ 155

## Study on the Biomass, Productivity and Energy Structure of *Dendrocalamus latiflorus* Plantations Planted on Mountainous Areas

QIU Erfa<sup>1</sup>, CHEN Zhuomei<sup>2</sup>, ZHENG Yushan<sup>3</sup>, HONG Wei<sup>3</sup>, HUANG Baozhong<sup>4</sup>, YANG Zhuquan<sup>5</sup>

(1 Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China;

2 Zhejiang Academy of Forestry Research, Hangzhou 310023 Zhejiang, China;

3 Forestry College, Fujian Agriculture and Forestry University, Nanping 353001, Fujian, China;

4 College of Forestry Resource and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China;

5 Guilin University of Technology, Guilin 541004, Guangxi, China)

**Abstract:** Through measuring biomass, productivity and energy structure of different aged *Dendrocalamus latiflorus* plantations planted on mountainous areas, results showed that biomass, productivity and energy structure tended to increase with the age of stand. In the stand aged over three, the structures of the biomass and energy on ground were larger than those under ground. Biomass and energy of vegetation under forest tended to decrease with the age of stand, energy store of vegetation layer were larger than that of arbor layer in one year old and two year old plantations. Energy value of different groups of forest ranged from  $171205.9$  to  $201280.6 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ , the largest was shrub layer, the lowest was litter layer.

**Key words:** *Dendrocalamus latiflorus* forest; hills; biomass; energy; productivity