

## 云南东南部天然沙罗竹林分结构规律的研究

陈宝昆<sup>1</sup> 杨宇明<sup>1\*</sup> 张国学<sup>1,2</sup> 孙茂盛<sup>1</sup> 石明<sup>1</sup>

(1. 西南林学院, 云南 昆明 650224; 2. 中国科学院昆明植物研究所, 云南 昆明 650204)

**摘要** 沙罗竹为大中型丛生竹类, 生长较好的天然竹林主要集中分布在云南河口——屏边大围山海拔500 m地区的沟谷地带, 面积约5 000 hm<sup>2</sup>, 具有很高的开发利用价值。该文对其林分的密度、直径、生物量等因子变化规律及其相互关系首次进行了系统研究。

**关键词** 沙罗竹; 林分结构; 林分密度; 直径; 生物量

### A Study on the Stand Structure Characteristics of Natural Forests of *Schizostachyum Funghomii*

Chen Baokun<sup>1</sup> Yang Yuming<sup>1</sup> Zhang Guoxue<sup>1,2</sup> Sun Maosheng<sup>1</sup> Shi Ming<sup>1</sup>

(1. Southwest China Forestry College, Kunming 650224, Yunnan, China;

2. Kunming Institute of Botany, Chinese Academia of Science, Kunming 650204, Yunnan, China)

**Abstract** *Schizostachyum funghomii* is a large-middle size bamboo which is used for many purposes and has a highly economical value. As a kind of natural forests in a large area of about 5 000 hm<sup>2</sup>, it distributes around the altitude of 500 m in Daweishan mountain of Hekou, Southeast Yunnan. In this paper we have briefly discussed the various stand structures factors of *Schizostachyum funghomii* nature forest, including stand density, average diameter, height, age, leaf area index, biomass, etc. and the relationship between each other.

**Key words** *Schizostachyum funghomii*; Stand structure; Shoot density of the stand; Diameter; Biomass

天然竹林的生长与林分中个体的生长和发育密切相关。在群体中的每一个体, 一方面要受环境因素的影响, 同时又受自身的遗传性和林木群体的制约。因此在郁闭的林分中, 立竹分布的形式, 分布数量和质量都呈现出一些规律性

变化。由于林分生长是一个动态过程, 因此林分结构处于相对稳定阶段, 它随着林分的生长发育进程、环境条件变化; 随着经营管理的集约程度以及自身的遗传特性而改变。

沙罗竹 (*Schizostachyum funghomii* McClure) 为热带大型丛生竹类, 主要分布于我国南部和越南北部, 在国内主要见于云南、广东、广西南部海拔500 m以下的湿热地区, 其中以云南东南部的河口、屏边大围山地区分布最集中, 生长也最好, 呈大面积天然林存在。此外在滇南、滇西南的局部沟谷地带均有小片天然林出现, 是云南分布较广、面积较大的大型天然竹林之一。近年来由于发展热带作物, 对沙罗竹

收稿日期: 2006-11-22

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973)项目“纵向岭谷区生态系统变化途经及其规律研究”课题(2003CB415102)及“西南退耕还林区丛生竹培育技术示范”项目([2004]36-5)联合资助

作者简介: 陈宝昆(1955-), 男, 汉族, 云南大理人, 主要从事竹类资源培育与开发利用研究工作。

\*通讯作者: 杨宇明(1955-), 男, 汉族, 云南昆明人, 教授、博导, 长期从事竹类和生物多样性保护研究。E-mail: yymbamb@yahoo.com.cn

林破坏很大,加强研究和保护十分必要。

沙罗竹生长迅速、竹秆密集、产量较高、节间极长、秆壁极薄、纤维长、韧性好,是优良的编织、造纸及民房建筑的重要材料;同时笋期长、个体大、产量高、笋质嫩、品质优,也为优良的笋用竹种,具有较高的开发利用价值。但目前资源培育和开发利用基础十分薄弱,对其林分结构规律的研究可以为集约经营和定向培育提供基础的生物学依据。

本文以样地调查为基础对分布于云南大围山地区的天然沙罗竹的林分结构规律进行系统探讨。

## 1 研究方法

### 1.1 研究地点

研究调查地点位于大围山国家级自然保护区之内。大围山系哀牢山脉的跨江分支由西北向东南延伸而成,为红河与南溪河的分水岭。整个地势西北高、东南低,为典型的中山切割地形,最高点海拔2 363 m,最低点仅76.4 m,亦是云南省海拔最低处。本区属热带季风气候,每年4~10月,东南季风盛行,北部湾暖湿气流长驱直入,带来大量水汽,因受到哀牢山、大围山阻挡,雨量极为充沛,形成雨季。河口年均降水量为1 771.1 mm,金平县高达2 302.3 mm,是我省的一个多雨中心。11月至次年3月主要受印度大陆北部侵入的西西南支急流暖气团所控制,而雨量减少成为干季,但此期常有东南冷湿回流的影响,在高空多晴朗,而低空云雾滞留,形成降水,补偿了干季降雨不足。河口年均温度22.6℃,相对湿度为85%,屏边86%,是云南省热量较高、湿度最大的地区。

### 1.2 样地设置和调查方法

在大围山国家级自然保护区的两个主要坡面(南北)和两个辅助坡面(东南、西北),并按山体下部、中部和上部3个坡位,在各种立地环境中选择了林分保存较完好的地段,采取典型选择的方法,共设置方形样地24块,样地选择面积为20 m×20 m,少数样地面积略有扩大或缩小。

在标准地内,测定林分各结构因子,对沙罗

竹进行每木检尺,记录胸径、秆龄。按秆龄选择标准竹进行解析,在每样地内砍伐具有代表性的、不同秆龄的标准竹各2株,即每样地共采集标准竹8株,面积扩大样地的采集9株(样地范围内数量最多的秆龄采集3株),共计采集标准竹197株。标准竹选择林分中具有不同径级、秆高和不同秆龄的代表,无病虫害和损伤,生长发育正常,保持完好秆形的竹秆,以其作为样竹进行每竹解析,测量并记录株下高,分径阶测量记录壁厚,并分秆、枝、叶进行生物量测定,生物量测定采用地上竹秆各部份鲜物称重法,地下竹箨/竹根部分挖掘后去土再称重,总量为各项相加之和。

## 2 林分密度与各竹秆个体结构因子的关系

天然竹林林分密度是竹林结构中的一个重要因子,它反映了立竹所占的空间,影响竹秆生长和孕笋成竹的生态条件。散生竹的林分密度只有立竹度一个层次和指标,丛生竹的林分密度结构包括竹丛度(单位面积内的竹丛数)丛秆度(每竹丛的秆数)和立竹度(即单位面积丛秆数,为竹丛度与丛秆度之积)三个层次,立竹度是林分密度的最高综合指标,在散生竹中也普遍采用。丛生竹的竹丛度和丛秆度之关系研究,作者将有另文论述,为了便于与散生竹立竹度进行比较,在此本文仅以立竹度表示该丛生竹的林分密度,即用单位面积丛秆数表示。由于丛生竹的立竹度由竹丛度和丛秆度综合决定,而竹秆的个体结构因子主要由丛秆度决定,本文仅讨论林分密度即立竹度与个体结构因子的关系。

### 2.1 立竹密度和胸径的关系

**2.1.1 立竹度与竹秆胸径的回归方程式** 根据24块原始林分的标准地每竹(木)检尺数据,计算出林分立竹平均胸径和相应的立竹度(株·hm<sup>-2</sup>)。经统计分析,林分平均胸径是随林分密度的增加而减小。这主要由于密度增加,各立竹所占林地面积和营养空间减少,使母竹得不到更多的营养物质,以致直接影响着笋的发生和幼笋的生长,因此密度对胸径的影响是显著

的。用多种函数关系拟合实测资料,经比较采用了莱涅克(Reinekel L. H.)提出的林分密度竞争效应乘幂式( $N=KD \cdot a$ )进行拟合,以24块样地数据拟合得回归方程式如下:

$$\text{Log}D=2.759\ 271-0.473\ 822\ \text{Log}N$$

$R = -0.937$ ; 回归标准误差  $S_{xy} = 0.032\ 606$ ; 回归标准误差  $S_x = 0.006\ 557$ 。

据此回归式可编制林分密度与林分平均胸径关系表。

**2.1.2 不同径级立竹株数分布规律** 由于林分立竹平均直径与林分密度有关,因而选用了所有样地中林分平均株数在10 000~11 000株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ ,平均直径在6~7 cm的8块样地,统计不同径级的株数并换算为公顷株数(见表6)。从统计结果可以看出,在林分平均直径附近株数

分布最为集中,而越向两端株数越少,呈现出中间密两头稀的特点,表明在天然沙罗竹林中,直径分布符合正态分布规律。但用整齐度来检验,株数分布的整齐度较小,仅为1:10,即各径级株数偏离平均数的离散度较大,而从一个侧面反映了林分生长情况并不十分理想。整齐度较小亦是天然林有别于人工林的主要特征之一。

## 2.2 林分密度与秆高的关系

根据197株标准竹统计出的同一径级立竹在不同密度下的平均秆高变化表(表1)可以看出,在同一径级内秆高随密度的增加有增高的趋势,但这种关系远不如一般树木那样明显,可以说密度对秆高有一定的影响作用,在一定条件和范围呈正相关,但比密度对胸径的影响要小的多。

表1 林分直径分布表

Tab.1 Shoot diameter distribution of *Schizostachyum funghomii* forests

直径(cm) Diameter	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
丛秆度(株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ ) Density	46	305	1 006	1 830	2 362	2 215	1 668	922	360	88	18	10 820
所占比例(%) Percentage	0.43	2.82	9.30	16.91	21.83	20.47	15.42	8.52	3.33	0.81	1.17	100

丛秆密度与秆高的关系类似其与胸径的关系,即在同一竹丛平均径级内而属不同丛秆密度的竹丛,凡丛秆密度过稀或过密者,其平均高度都低于属中等丛秆密度的竹丛,变化趋势大致与胸径随丛秆密度的变化相当。

## 2.3 林分密度与枝下高的关系

枝下高主要决定于竹种生物学特征,同时也取决于立地条件的优劣。在林分密度较大的地段或密集的竹丛中,由于自然整枝的作用,对枝下高的影响很大。根据标准竹材料按径级统计立竹在不同密度下的枝下高(表2)。从表中看出,在同一径级内,枝下高是随密度的增加而增高。

表2 林分密度与秆高统计表

Tab.2 Shoot density and height in the forests of *Schizostachyum funghomii*

H(m) D(cm)	株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ 5 000	6 250	7 500	8 750	10 000	11 250	1 250	13 750	15 000	18 500
5			11.2	11.0	10.0	11.5			11.9	11.5
6			12.0	11.0	13.6	12.0	16.0	14.2	14.6	
7		13.0		13.6	12.8	15.5	15.5			
8	15.0	18.3	19.2	19.2	17.4					

经分析比较选用  $Hc1 = a N^b$  来进行拟合(式中: $Hc1$ 为枝下高; $N$ 是标准地内立竹数; $a$ 、 $b$ 为参数)。

根据测定枝下高的要求,在197株标准竹

中,除去54株1年生竹尚无分枝、无法测量枝下高的竹株后,选用了143株标准竹分不同径级,拟合出立竹在不同密度下枝下高的回归方程(表3)。

表3 林分密度与枝下高统计表

Tab. 3 Shoot density and the height under the first branch in the forests of *Schizostachyum funghomii*

枝下高(HC1) Height under the first branch D(cm)	密度(株·hm <sup>-2</sup> ) Density							
	5 000	6 250	7 500	8 750	10 000	11 250	13 750	15 000
4	4.2		4.4	4.6	5.0	5.4	6.0	6.8
5		4.0	4.2	4.3	4.6	6.4	7.6	
6		4.2	4.6	4.8	5.5	6.6	7.8	
7			5.0	5.2	5.9	7.1	8.5	
8		4.9	5.7	5.5	6.6	8.1		
9		6.0	6.5	7.3	8.8	9.4		

#### 2.4 林分密度与壁厚的关系

为直观地了解竹秆壁厚随部位的变化情况,用191株样竹(197株样竹中有8株在工作过程中破损,无法测定壁厚)材料分10个径阶统计各段的壁厚平均值,绘成变化曲线可知,当胸径一定时,竹秆从下至上壁厚逐渐减薄,即秆高部位与壁厚呈反比例关系。

据调查资料分析,当胸径一定时,随着林分密度的加大,秆壁趋于减薄。根据密度与壁厚的变化趋势我们选用了平均林分密度指数直线的方程。 $\text{LogTc} = a + b \text{LogN}$ 表示。式中Tc为平均中央壁厚;N为每公顷立竹数;a、b为参数。以标准竹实测材料拟合了5~9径级平均中央壁厚与林分密度的经验式(表4)。

表4 林分密度与枝下高关系表(方程模型: $\text{Hc1} = aN^b$ )Tab. 4 Relationship between shoot density and the height under the first branch in the forests of *Schizostachyum funghomii* (equation:  $\text{Hc1} = aN^b$ )

径阶 Diameter (cm)	参数 Parameter		相关系数R Correlation coefficient	标准差 Std	标准误 S. E.	F	F <sub>0.05</sub>
	A	B					
4	0.347 560	0.454 412	0.920	0.073 528	0.025 996	16.84	7.71
5	0.044 453	0.804 812	0.941	0.104 329	0.039 433	38.49	3.59
6	0.035 052	0.853 852	0.934	0.094 399	0.038 538	29.23	6.61
7	0.051 442	0.852 725	0.926	0.094 892	0.038 740	70.72	6.61
8	0.048 182	0.824 112	0.927	0.089 258	0.039 934	16.00	10.10
9	0.064 900	0.804 099	0.944	0.075 700	0.033 854	11.68	6.61

壁厚与胸径的关系十分密切,壁厚总是随着胸径的增大而增厚。根据191株样竹材料统计壁厚与胸径的关系表(表5),并拟合得中央壁厚(Tc)与胸径的关系式,结果表明,壁厚与胸

径呈直线关系,竹秆同一部位的厚度随胸径的增大而增大。

$$\text{Tc} = -0.001 273 + 0.054 970 \text{D}$$

$$R = 0.985; S_{xy} = 0.030 827; S_x = 0.008 748。$$

表5 林分密度与秆壁厚度关系表(方程模型: $\text{LogTc} = a + b \text{LogN}$ )Tab. 5 Relationship between shoot density and the wall thickness in the forests of *Schizostachyum funghomii* (equation:  $\text{LogTc} = a + b \text{LogN}$ )

径级 Deameter (cm)	参数 Parameter		相关系数r Correlation coefficient	标准差 Std	标准误 S. E.
	A	B			
5	0.291 480	-0.325 032	-0.995	0.005 275	0.001 994
6	0.431 131	-0.367 119	-0.980	0.011 634	0.004 397
7	1.140 973	-0.616 304	-0.994	0.010 336	0.003 907
8	0.991 044	-0.524 600	-0.989	0.012 201	0.004 615
9	0.946 713	-0.485 216	-0.956	0.023 226	0.008 779

表6 中央壁厚与胸径关系表

Tab. 6 Relationship between central wall thickness and DBH of shoots in *Schizostachyum funghomii*

D(cm)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均 Mean
N	7	27	30	34	37	24	20	5	5	2	
Tc(cm)	0.14	0.25	0.28	0.32	0.35	0.44	0.50	0.61	0.59	0.63	0.355

### 3 林分直径变动幅度

令林分的平均直径(7 cm)为1.0, 计算各径级为平均直径的倍数, 以检验沙罗竹林的直

径变动幅度(表7)。从表中看出, 最粗径为1.71倍(正常为1.7~1.8); 最细径为0.28倍(正常应为0.4~0.5)。表明天然沙罗竹林的直径变动幅度基本上属正常变动范围或小径端略偏大。

表7 林分直径变动幅度表

Tab. 7 Variation range of shoot diameter in the forests of *Schizostachyum funghomii*

径级 Diameter	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
变动幅度 Variation range	0.28	0.43	0.57	0.71	0.86	1.00	1.14	1.29	1.43	1.57	1.71

### 4 林分生物量变化规律

#### 4.1 生物量调查方法

以样地中具有不同径级、秆高和不同秆龄的代表竹株作为标准竹, 选择林分中, 无病虫害和损伤, 生长发育正常, 保持完好秆形的竹秆, 以其作为样竹进行每竹分部位量测定, 采用地上竹株生物量用197株标准竹全部测定, 以竹秆各部份鲜物称重法; 地下竹筴、竹根部分生物量按不同径级、秆高和不同秆龄的代表, 在每个样地中选一株作为样竹, 共挖掘了24株竹株的地下部分, 后去土再称重, 竹株总重量为各部分相加。

#### 4.2 不同秆龄阶段的生物量分配

以39块标准地上的12413株立竹进行了计算, 并进一步分为天然林分和轻度间伐林分按年龄归组进行各部分生物量分配统计得表8、9。从两个表看出, 沙罗竹林各年龄阶段的秆重均占到地上部分总重的80%左右, 其变化幅度在5%以内。在天然林分中, 1年生竹所占生物量最少, 仅为林分总量的15.3%, 而4年生竹生物量最大, 占35.4%, 2年生和3年生竹分别为25.7%和23.6%。表明该林分4年生以上的老龄竹过多, 而1年生新竹太少, 可适当进行人工采伐, 伐去一些老龄竹, 以逐步调整不同年龄阶段的生物量分配。经过轻度间伐的林分, 生物量组成比较合理, 1~3年生竹占林分总重的80%以上, 其中1、2年生竹生物量增加明显, 林分正处于一个发展的过程。

表8 天然林分不同秆龄的生物量变化规律

Tab. 8 Changes of biomass according to shoot age in natural forests of *Schizostachyum funghomii*

秆龄 Shoot age (年)	D (cm)	株数 Shoot number (株·hm <sup>-2</sup> )	林分生物量组成 Biomass(kg·hm <sup>-2</sup> )/百分比 Percentage				
			秆 Stem	枝 Branch	叶 Leaves	总重 Total	%
1	6.53	2182	$\frac{21\ 510.7}{100}$	0	0	21 510.7	15.3
2	6.51	2859	$\frac{29\ 053.3}{80.4}$	$\frac{3\ 247.6}{9.0}$	$\frac{3\ 812.4}{10.6}$	36 113.3	25.7
3	6.52	2809	$\frac{27\ 741.3}{8.4}$	$\frac{2\ 760.3}{8.3}$	$\frac{2\ 760.3}{8.3}$	33 261.8	23.6
4	6.66	3956	$\frac{41\ 588.4}{83.3}$	$\frac{4\ 325.2}{8.7}$	$\frac{3\ 992.5}{8.0}$	49 906.1	35.4
合计 Total		11 800	119 894	10 333	10 565	140 792	100

表9 轻度间伐林分不同秆龄的生物量变化规律

Tab. 9 Changes of biomass according to shoot age in selectively cutted forests of *Schizostachyum funghomii*

秆龄 Shoot age (年)	D (cm)	株数 Shoot number (株·hm <sup>-2</sup> )	林分生物量组成 Biomass(kg·hm <sup>-2</sup> )/百分比 Percentage				
			秆 Stem	枝 Branch	叶 Leaves	总重 Total	%
1	6.31	2 899	$\frac{21\ 510.7}{100}$	0	0	26 535.4	24.4
2	6.34	3 200	$\frac{28\ 300.2}{78.7}$	$\frac{3\ 438.4}{9.6}$	$\frac{4\ 202.6}{11.7}$	35 941.2	33.1
3	6.19	2 610	$\frac{21\ 935.2}{82.0}$	$\frac{2\ 364.6}{8.8}$	$\frac{2\ 461.1}{9.2}$	26 760.9	24.6
4	6.01	1 703	16 094.7	1 740.6	1 639.2	19 474.0	17.9
合计 Total		10 433	92 865	7 544	8 302	108 711	100

## 4.3 不同径级的生物量分配

按前述方法分别对天然林分和轻度间伐林分统计不同径级的生物量分配,结果如表10、11。从表中可以看出,两种林分的生物量按径级分配的规律基本相同,即85%的生物量集中在5~9径级之间,向两端均迅速减少,亦呈正分布规律。而沙罗竹主要的加工利用目的也正是需

要分配量最大的中央径级附近的秆材。因此本区沙罗竹林分生物量的径级的分配规律不仅较合理,而且主要生物量部分正好符合加工的工艺要求,表明该区沙罗竹林分产量结构对加工利用十分理想。同时还可看出,经过轻度间伐的林分,生物量的径级分配变化不大,表明轻度间伐对不同径级的生物量结构影响不大。

表10 天然林分不同径级生物量变化规律

Tab. 10 Changes of biomass according to shoot diameter in natural forests of *Schizostachyum funghomii*

径级 Shoot diameter (cm)	株数 Shoot number (株·hm <sup>-2</sup> )	林分生物量组成 Biomass(kg·hm <sup>-2</sup> )				总重 Total	%
		秆 Stem	枝 Branch	叶 Leaves	总重 Total		
2	50	29.5	4.7	4.6	38.8	0.03	
3	296	446.3	69.4	69.4	585.1	0.40	
4	914	2 658.9	429.9	447.5	3 536.3	2.40	
5	2 027	9 832.9	1 387.5	1 444.2	12 664.1	8.59	
6	2 414	17 790.4	2 348.6	2 757.2	22 896.2	15.53	
7	2 464	25 843.2	2 841.2	3 335.3	32 019.7	21.71	
8	1 941	27 657.9	2 677.3	3 019.7	33 355.4	22.62	
9	1 132	21 119.4	2 101.4	2 101.4	25 322.2	17.17	
10	414	9 823.0	869.3	869.3	11 561.7	7.84	
11	109	3 221.0	302.7	257.8	3 781.5	2.56	
12	41	1 471.7	123.2	104.9	1 699.8	1.15	
合计	11 802	119 894	13 156	14 411	147 461	100	

表11 轻度间伐林分不同径级生物量的变化规律

Tab. 11 Changes of biomass according to shoot diameter in selectively cutted forests of *Schizostachyum funghomii*

径级 Shoot diameter (cm)	株数 Shoot number (株·hm <sup>-2</sup> )	林分生物量组成 Biomass(kg·hm <sup>-2</sup> )				总重 Total	%
		秆 Stem	枝 Branch	叶 Leaves	总重 Total		
2	68	40.5	6.1	6.9	53.5	0.05	
3	417	629.8	97.0	98.9	825.7	0.72	
4	1 257	3 658.7	593.4	617.6	4870.0	4.23	
5	2 133	10 346.9	1 465.3	1 524.0	13 337.2	11.50	
6	2 444	18 014.5	2 394.9	2 811.3	23 220.7	20.19	
7	1 527	16 014.0	1 760.5	2 066.8	19 841.3	17.25	
8	1 505	21 447.7	2 076.5	2 314.7	25 865.9	22.49	
9	674	12 582.6	1 249.4	1 255.0	15 086.5	13.12	
10	334	7 934.9	700.0	705.0	9 339.4	8.12	
11	62	1 820.3	172.1	146.5	2 138.9	1.86	
12	10	375.1	31.4	26.7	433.2	0.38	
合计	10 431	92 865	10 546	11 601	115 012	100	

## 4.4 不同密度结构的生物量分配

在林分平均直径相近的情况下,林分生物量主要取决于立竹密度,而在相同的密度结构下竹林生长的好坏,生物量的多少则与立地条

件紧密相关。为此我们将林分立地条件分为“良好”和“较差”两种类型分别统计不同密度结构下的生物量分配(表 12)。

表 12 竹林不同林分密度生物量组成

Tab. 12 Biomass of forests with different shoot density in *Schizostachyum funghomii*

林分类型 Stand type	林分密度 Density (株·hm <sup>-2</sup> )	D (cm)	林分生物量组成 Biomass(kg·hm <sup>-2</sup> )/百分比 Percentage				K1 (枝叶/秆) Branches and leaves/stems	K2 (枝/叶) Branches/ leaves	
			秆 Stem	枝 Branch	叶 Leaves	总重 Total			
立地 条件 良好	6 250	8.3	$\frac{95\ 312}{86.8}$	$\frac{6\ 647}{6.1}$	$\frac{7\ 873}{7.2}$	109 832	0.15	0.84	
	7 500	8.2	$\frac{116\ 250}{85.3}$	$\frac{92.54}{6.8}$	$\frac{10\ 800}{7.9}$	136 304	0.17	0.86	
	8 750	8.0	$\frac{140\ 635}{83.2}$	$\frac{1\ 224.5}{7.9}$	$\frac{13\ 736.7}{8.9}$	154 609	0.20	0.89	
	10 000	7.8	$\frac{140\ 635}{83.2}$	$\frac{14\ 289}{8.4}$	$\frac{15\ 827}{9.2}$	170 751	0.21	0.90	
	11 250	7.3	$\frac{115\ 451.5}{82.4}$	$\frac{14\ 289}{8.4}$	$\frac{15\ 827}{9.2}$	186 646	0.20	0.76	
	12 500	7.0	$\frac{131\ 125}{81.2}$	$\frac{14\ 309.3}{8.9}$	$\frac{15\ 997.3}{9.9}$	161 432	0.23	0.89	
	13 750	6.5	$\frac{113\ 063}{81.8}$	$\frac{11\ 969.5}{8.7}$	$\frac{13\ 187.8}{9.5}$	138 220	0.22	0.91	
	15 000	5.3	$\frac{78\ 430}{80.9}$	$\frac{8\ 672.5}{8.9}$	$\frac{9\ 845.3}{10.2}$	96 948	0.22	0.88	
	立地	5 000	6.7	$\frac{52\ 935}{85.4}$	$\frac{4\ 208.5}{6.8}$	$\frac{4\ 853.5}{7.8}$	61 997	0.17	0.86
	条件	6 250	7.5	$\frac{67\ 694.5}{87.4}$	$\frac{6\ 300}{6.6}$	$\frac{7\ 254.3}{6.2}$	77 571	0.15	1.06
较差	7 500	7.2	$\frac{93\ 680.8}{85.7}$	$\frac{8\ 968}{5.9}$	$\frac{9\ 320.3}{6.7}$	107 235	0.14	0.96	
	8 750	6.8	$\frac{109\ 600.8}{85.7}$	$\frac{8\ 968}{7.0}$	$\frac{9\ 320.3}{7.3}$	127 889	0.17	1.15	
	10 000	6.3	$\frac{92\ 962.0}{84.3}$	$\frac{9\ 272.5}{8.4}$	$\frac{8\ 058.8}{7.3}$	110 293	0.19	0.76	
	12 500	6.1	$\frac{87\ 912.5}{85.6}$	$\frac{8\ 273}{8.0}$	$\frac{6\ 547}{6.4}$	102 733	0.17	0.89	
	13 750	5.4	$\frac{75\ 160}{81.5}$	$\frac{8\ 604.8}{9.3}$	$\frac{8\ 441.3}{9.2}$	92 206	0.24	0.91	
	15 000	4.6	$\frac{49\ 436}{87.7}$	$\frac{61\ 765}{9.8}$	$\frac{7\ 225.8}{11.5}$	62 838	0.27	0.88	

此表说明,在相似的生长条件下,生物量主要受密度和胸径的影响,单株秆重受胸径和叶量的影响,在密度高而胸径大的林分中生物量具有最大值。在立地条件良好的林分中,立竹度在 9 000~12 000 株·hm<sup>-2</sup>范围时,竹秆胸径较大,叶量多,林分秆量可达 13~15 kg·hm<sup>-2</sup>。超过或低于这个范围,秆重只在 120 t·hm<sup>-2</sup>以下。立地条件较差的林分,当密度与立地条件较好的林分相同的情况下,其林分平均直径有所减小,枝/叶比值较大,故林分较低,林分最大生物量所应有的密度也减小,约为 7 500~10 000 株·hm<sup>-2</sup>,秆重也仅 100 t·hm<sup>-2</sup>左右。

## 4.5 竹丛生物量的垂直结构

选择大小和株数适中,生长良好的竹丛,将地上部分全部伐倒,地下深挖 75 cm,进行竹丛生物量调查,结果如表 13。从表可看出,竹丛地上部分全重与地下部分全重的比值约为 3.2:1,比散生竹类和多数丛生竹类的比值都大,竹筴分布深度主要集中于地下 30 cm 以内,很少超过 40 cm。须根总重的 90%分布于 40 cm 以内。因此,属少根性和浅根性竹种,在与其它高大的深根性乔木树种混交时一般不会有空间竞争和养分争夺。

(下转第 39 页)

(2) IAA 和CTK 主要是促进竹笋析生长发育,对侧芽萌发的控制并没有明显的作用。另外,从雷竹植物的不同部位内源激素的含量可以看出,竹叶部分含量最高,这主要是为了促进光合作用。

(3) 高、中、低产林竹笋的氨基酸含量区别不甚明显,但春季覆盖竹林竹笋的氨基酸含量明显下降,这主要是覆盖竹林的竹笋大部分在冬季出笋,过多地消耗竹林中的氨基酸,所以使春季的竹笋氨基酸含量下降。

(4) 高产竹林中植株的氨基酸含量在竹叶中最高,这也是为了促进光合作用,但在竹鞭中ASP 的含量明显要高。

(5) 竹笋的蛋白质、N、P、K 的含量从高、中、低产林呈下降趋势。通过对土壤养分的分析,认为适当在竹林中增施N 肥,这不但有利于产量的提高,也可以增加竹笋中的营养成分。

参 考 文 献

[1] 姜培坤,徐秋芳,钱新标. 雷竹林地覆盖增温过程中土壤酶活性的动态变化[J]. 林业科学研究,1999,12(5):548~551

[2] 曹群根,冯世祥,何月祥. 不同覆盖物对雷竹林笋生产的影响[J]. 林业科学研究,1995,8(1):39~43  
 [3] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业出版社,2000  
 [4] 楼一平,吴良如,刘耀荣. 微肥,激素对竹鞭笋芽萌发的影响[J]. 林业科学研究,1997,10(5):541~545  
 [5] 胡超宗,金爱武,张卓文. 雷竹竹鞭侧芽分化过程中内源激素的变化[J]. 浙江林学院学报,1996,13(1):1~4  
 [6] 李丽霞,梁宗锁,魏宇昆等. 土壤干旱胁迫下沙棘休眠、萌芽期内源激素变化及外源 GA<sub>3</sub> 的调节[J]. 西北林学院学报,2001,16(2):10~14  
 [7] 陆小平. 内源激素对桑芽休眠与萌发的影响[J]. 江苏蚕业,1995(5):56~57  
 [8] 吴彩,方兴汉. 茶树解除休眠前后体内激素等物质变化[J]. 作物学报,1993,19(2):23~26  
 [9] 刘熔山. 植物生理生化[M]. 成都:成都科技大学出版社,1994:184~188  
 [10] 王光明,刘保国,陈静等. 内源激素 ABA 对水稻再生芽萌发的影响[J]. 西南农业大学学报,1997,19(4):338~342  
 [11] 杨建昌,王志琴,朱庆森. 外源植物激素对水稻光合能力与产量的影响[J]. 江苏农学院学报,1995,16(1):27~31  
 [12] Tadashi Kato. Nitrogen Nutrition of Young Citrus fruit With Special Reference to Asparagine. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 1983,51(4):379~386

(上接第17页)

表 13 竹丛生物量结构表

Tab. 13 Biomass structure of bamboo clump in the forests of *Schizostachyum funghomii*

地上部分 Above ground (kg · 丛 <sup>-1</sup> )				地下部分 Below ground (kg · 丛 <sup>-1</sup> )			丛总重 Sum (kg)	枯落物 Litter (kg · m <sup>-2</sup> )		
秆 Stem	枝 Branch	叶 Leaves	全重 Total	竹筍 Stumps	竹根 Roots	全重 Total				
162.48	16.07	15.76	194.31	40.5	19.31	59.81	254.12	0.77		
丛径 Clump diameter (m)	丛幅 Clump range (m)	丛秆数 Shoot number per clump				D (cm)	H (m)	k <sub>1</sub> (秆/筍) (Stems/Stumps)	K <sub>2</sub> (筍/根) (Stumps/Roots)	K <sub>3</sub> (地上/地下) (Above ground/Below ground)
		I	II	III	IV					
2.1	5×5.5	8	6	6	4	5.9	14.8	4.01	2.09	3.25

参 考 文 献

[1] 杨宇明. 香糯竹个体及林分结构规律研究[J]. 竹子研究汇刊,1989,8(4):41~57  
 [2] 杨宇明. 云南大围山地区天然竹林的初步研究[J]. 西南林学院学报,199010(1):21~30  
 [3] 杨宇明. 天然沙罗竹群落的初步研究[J]. 竹类研究,1990,9(2):21~31  
 [4] 薛纪如,杨宇明,辉朝茂主编. 云南竹类资源及其开发利用[M]. 昆明:云南科技出版社,1995  
 [5] 辉朝茂,杜凡,杨宇明. 竹类培育与利用[M]. 北京:中国

林业出版社,1996  
 [6] 辉朝茂,杨宇明主编. 材用竹资源工业化利用[M]. 昆明:云南科技出版社,1997  
 [7] 杨宇明,辉朝茂主编. 优质笋用竹产业化开发[M]. 北京:中国林业出版社,1997  
 [8] 杨宇明. 天然沙罗竹生物学特性及个体结构规律的研究[J]. 竹子研究汇刊,1997,16(2):8~20  
 [9] 杨宇明,辉朝茂. 刺竹生物学特性的研究[J]. 林业科学研究,1998,11(3):265~270  
 [10] 杨宇明,辉朝茂. 竹产业与生态环境建设的关系[J]. 生态经济,2002,10:67~69