

天然沙罗竹林分秆龄结构和叶面积指数 变化规律及应用的研究*

杨宇明¹ 张国学² 辉朝茂¹ 孙茂盛¹

(1. 西南林学院竹藤研究所, 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(*Schizostachyum funghomii*)为大中型丛生竹类,用途广、产量高、篾性好、笋质佳,具有很高的开发价值。该文对其林分的秆龄结构、叶面积指数因子变化规律首次进行了系统研究,并列出了相应的公式和计量数表,用于指导生产实践。

关键词 沙罗竹;林分秆龄结构;叶面积指数

A Study on the Culm-age Structure and Leaf Area Index of *Schizostachyum funghomii* Stands

Yang Yuming¹ Zhang Guoxue² Hui Zhaomao¹ Sun Maosheng¹

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

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

Abstract *Schizostachyum funghomii* is a kind of clumping bamboo with large-middle size. It is used for many purposes and has a highly economical value. In this paper we systematically discussed the culm-age structure, leaf area index and the relationship among LAI, diameter(D) and density of stands($N \cdot \text{hm}^{-2}$). Corresponding fomulae and tables were listed to guide the practice of bamboo cultivation.

Key words *Schizostachyum funghomii* forest; Culm-age structure of the stands; Leaf area index

沙罗竹(*Schizostachyum funghomii*)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,是云南分布较广、面积较大的大型天然竹林之一。此外在滇南、滇西南的局部沟谷地带均有小片天然林出现。该竹为喜湿、喜热和具有一定耐荫性的竹种,在大围山地区主要分布于海拔600 m以下的大围山

下部,在土壤和水湿条件较好的沟谷两侧以及阴坡、半阴坡或与一定量的阔叶树种混交下生长最好。

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、制作水烟筒及民房建筑的重要材料;同时笋期长、产量高、笋质嫩、品质优,也为优良的笋用竹种。调查沙罗竹竹丛结构因子,对林分的秆龄结构和叶面积指数变化规律进行较为系统的研究,对指导生产实践具有重要的现实意义。

1 材料方法

1.1 研究地点

研究调查地点位于大围山国家级自然保护

收稿日期:2003-09-18

*基金项目:云南省中青年和技术带头人培养基金与云南省自然科学基金重点项目联合资助(2000YP01,99C0006)

通讯作者:张国学,云南昆明东华小区秋实里16号(650441)

区之内。大围山系度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。界于 E103°22'~104°07',N22°30'~23°12'。整个地势呈西北高、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风南支急流干暖气团所控制,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 研究方法

以标准地调查为主,标准地选择采取典型选择的方法,面积一般为 20 m×20 m,少数因调查目的不同或受地形限制有所扩大或缩小。在标准地内,测定林分各结构因子,按秆龄选定标准竹进行解析,测定其各部分生物量,并进行叶面积测算。

2 林分秆龄变化规律

2.1 天然林分的秆龄结构特点

根据调查地区沙罗竹分布,除保存较好的原始林分外,还有不少竹林有轻度利用,为便于比较,故分别样地材料进行统计得表 1、2。

表 1 沙罗竹天然林分秆龄结构组成表

Tab. 1 Culm-age structure of natural *Schizostachyum funghomii* stands

秆龄 Culm age (年) (a)	平均胸径 Average DBH (cm)	立丛度 Clump density (N·hm ⁻²)	立竹蓄积 Cumulative weight (kg·hm ⁻²)	项目 Items	各径级株数(N)和蓄积量(W)在林分中的百分比(%) Percentage of shoot number and cumulative weight based on the thickness of culms												合计 Total (%)
					2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
I	6.53	2 182	21 510.7	N	0.08	0.58	1.50	3.04	4.12	3.62	3.23	1.69	0.54	0.12	0.04	18.49	
				W	0.10	0.09	0.43	1.45	2.99	3.74	4.45	2.97	1.26	0.33	0.13	17.93	
II	6.51	2 859	29 053.3	N	0.08	0.46	1.58	3.58	5.47	6.05	3.89	2.23	0.66	0.19	0.04	24.23	
				W	0.10	0.07	0.45	1.71	3.97	6.24	5.46	4.10	1.53	0.56	0.14	24.22	
III	6.52	2 802	27 741.3	N	0.15	0.66	2.16	4.39	4.35	5.12	3.70	2.39	0.62	0.15	0.12	23.81	
				W	0.01	0.10	0.62	2.10	3.16	5.29	5.19	4.41	1.44	0.45	0.41	23.18	
IV	6.66	3 950	41 588.4	N	0.11	0.81	2.50	6.16	6.51	6.09	5.62	3.35	1.69	0.46	0.15	33.47	
				W	0.01	0.12	0.72	2.94	4.72	6.28	7.89	6.15	3.96	1.34	0.54	34.67	
合计		11 793	119 893.7	N	0.42	2.50	7.74	17.18	20.45	20.88	16.45	9.59	3.51	0.93	0.39	100.00	
				W	0.04	0.38	2.22	8.2	14.48	21.55	23.08	17.63	8.19	2.68	1.22	100.00	

表 2 沙罗竹轻度间伐林分秆龄结构组成表

Tab. 2 Culm-age structure of *Schizostachyum funghomii* stands with slightly selective harvesting

秆龄 Culm age (年) (a)	平均胸径 Average DBH (cm)	立丛度 Clump density (N·hm ⁻²)	立竹蓄积 Cumulative weight (kg·hm ⁻²)	项目 Items	各径级株数(N)和蓄积量(W)在林分中的百分比(%) Percentage of shoot number and cumulative weight based on the thickness of culms												合计 Total (%)
					2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
I	6.31	2 899	26 535.4	N	0.23	0.75	3.00	5.15	6.78	4.69	4.42	1.88	0.77	0.12	0.02	27.79	
				W	0.02	0.13	0.98	2.8	5.61	5.52	7.10	3.93	0.38	0.38	0.07	28.59	
II	6.34	3 200	28 300.2	N	0.17	1.29	3.75	6.03	7.37	4.63	4.55	1.70	0.22	0.22	0.03	30.67	
				W	0.01	0.22	1.23	3.29	6.10	5.45	7.28	3.55	0.74	0.74	0.13	30.47	
III	6.19	2 631	21 935.2	N	0.15	1.27	3.65	5.54	5.81	3.28	3.19	1.53	0.10	0.10	0.01	25.22	
				W	0.01	0.27	1.19	3.01	4.82	3.86	5.11	3.21	0.33	0.33	0.04	23.60	
IV	6.01	1 703	16 094.2	N	0.11	0.68	1.65	3.74	3.47	2.04	2.26	1.36	0.16	0.16	0.04	16.32	
				W	0.0	0.12	0.54	2.04	2.87	2.40	3.62	2.85	0.52	0.52	0.17	17.35	
合计		10 433	92 865	N	0.66	4.0	12.05	20.46	23.43	14.64	14.42	6.47	0.60	0.60	0.10	100.00	
				W	0.05	0.68	3.94	11.14	19.40	17.23	23.11	13.54	1.99	1.99	0.41	100.00	

从表1可明显看出,原始林分中各径级株数都是随秆龄的增大而增加,尤以4a生老秆增加最突出,其株数占林分总株数的33.47%,而1a生秆仅占了18.49%。全林分1~4a生竹株的组成比例约为1:1.3:1.3:1.8;平均发笋率为16.8%,而退笋率高达32%;每公顷枯立竹多达2000多株,相当于活立竹的20%左右。由此说明,本区沙罗竹原始林分的秆龄结构已偏向老化,已经影响到了新笋的发生和生长。

2.2 轻度间伐林分的秆龄结构特点

从表2可发现,经过轻度间伐的林分,老竹比重降到了16.32%,各径级1~3a的竹株都有所增加,其中1年生新竹增加幅度较大,比未利用林分高出近10%。全林分1~4a生竹株的组成比例约为1.7:1.9:1.5:1。从2个表比较,虽然间伐林分的平均直径较未利用林分略为降低,但由于伐去了一些老秆,因此林分平均发笋率显著提高,而退笋率下降。据轻度间伐后第2a(1996~1997)的调查资料,间伐林分的发笋率在25%~30%;退笋率不超过20%,平均成竹率明显提高。调查结果表明,经过轻度间伐的林分,秆龄结构趋向合理。

2.3 秆龄结构变化规律在生产上的运用

要达到提高新竹产量,获得较大的收获量,除了保持合理的密度,还必须控制林分立竹的秆龄组成,使秆龄结构趋向合理,这就要求在经营时要分别秆龄确定采伐对象,使林分保持以幼龄竹、壮龄竹和中龄竹为主的立竹秆龄结构。

鉴于沙罗竹主要用于编织和造纸,并且主要用Ⅲ龄竹和部分Ⅵ龄竹,同时根据现有大多数林分的秆龄组成及竹株生命活动周期和发笋量等特点,其秆龄结构这样设计:Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ龄竹各占林分立竹株数的30%,Ⅳ龄竹占10%,在经营利用中,每年采伐20%~30%左右的竹子,基本伐完Ⅳ龄竹,再伐10%~20%Ⅲ龄竹。这样,既保证了适当的林分密度,又调整了秆龄结构促进了林分的更新和新竹生长,每年还有一定量的竹材收入。

本区沙罗竹林为天然竹林,分布区地处边疆,山高坡陡,自然条件复杂,经济、文化条件落后,就目前来说还谈不上经营管理,在今后数年内也不可能实现集约经营。所以,根据密度——

秆龄管理表来控制采伐量,既简便实用又能收到好的效果,亦具现实意义。

3 叶面积指数变化规律

3.1 叶面积指数变化规律

单株叶面积并不能反映整个林分叶面积的大小,所以在研究群体叶面积时应用叶面积指数(LAI)表示。个体研究结果已表明,单株叶面积大小与立竹胸径的关系十分密切,而群体叶面积指数则与林分平均胸径和立竹密度紧密相关。为了解其相关性,根据实测材料计算标准地上的叶面积指标。用30块样地数据二元回归,拟合叶面积指数(LAI)与密度($N \cdot \text{hm}^{-2}$)及平均胸径(D)的关系式,结果如下:

$$\text{LAI} = 0.02739 D^{0.96857} N^{0.71093}$$

$r = 0.914$; 回归标准误差 $S_{xy} = 0.11070$; 回归标准误差 $S_x = 0.02021$ 。

根据上式可编制叶面积指数与林分密度和立竹平均胸径的关系表。上式表明,叶面积指数与密度和胸径呈正相关。当胸径一定时,叶面积指数随密度的增加而增加。但胸径与密度呈负相关,胸径是随密度的增加而减小,当密度增加到一定限度时,胸径迅速减小,单株叶面积减少,叶面积指数也随之减小。所以要保持适当的叶面积,必须注意密度与胸径的协调关系。

3.2 林分立竹度—叶面积指数控制表的编制

天然竹林的生产力和现存生物量与林分叶面积指数有关,合理的叶面积指数是提高竹林总体产量的重要因素。而叶面积指数的变化与林分密度关系最为密切,因此可通过调整林分密度来控制叶面积指数。

根据前面叶面积指数与密度和平均胸径的二元回归式($\text{LAI} = 0.02739 D^{0.96857} N^{0.71093}$),经变换后可得林分密度与叶面积指数和胸径的方程式:

$$N = 3966.680433 D^{1.36112} \text{LAI}^{1.408391}$$

用此方程式编制沙罗竹林分密度—叶面积指数控制表(见表3)。

检验: $S = +0.11061\%$; $\delta = \pm 20.00416$; $m = \pm 7.56086$ 。

用此表可查出不同平均胸径的林分在达到

某一叶面积指数时应保持的立竹密度。

表 3 沙罗竹林分密度—叶面积指数控制表

Tab. 3 Table of LAI corresponding to density of *Schizostachyum funghmi* stands

D(cm)	LAI	叶 面 积 指 数 (LAI)										
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3	2 804	6 245	8 550	11 054	13 734	16 576	19 567	22 697	25 957	29 341	32 843	
4	2 813	4 218	5 775	7 466	9 276	11 196	13 216	15 330	17 532	19 818	22 182	
5	2 075	3 111	4 269	5 507	6 842	8 258	9 747	11 307	12 931	14 617	16 361	
6	1 618	2 426	3 322	4 294	5 335	6 439	7 601	8 817	10 084	11 398	12 758	
7	1 311	1 966	2 692	3 480	4 324	5 218	6 160	7 145	8 171	9 237	10 339	
8	1 093	1 639	2 234	2 900	3 694	4 549	5 434	6 355	7 311	8 309	9 347	
9	930	1 395	1 919	2 470	3 069	3 704	4 372	5 071	5 800	6 556	7 338	
10	806	1 208	1 655	2 139	2 658	3 208	3 787	4 392	5 023	5 678	6 356	

3.3 合理叶面积指数的确定和应用

叶面积指数是表示一个群落利用日光能的情况,每一个群落叶面积指数达到一定时趋向稳定。在同一立地条件内的竹林,叶面积指数随林分密度的疏密而有所变化,当立竹密度过稀,叶面积指数较小,对光能利用不充分,林分的同化力和生产力都不高;当立竹密度过大时,因地上、地下营养空间缩小,虽然叶面积指数较大,但对光能的利用效率较低,林分生产力水平反而下降。只有当叶面积指数保持在适当的范围内,才能发挥最佳的光能利用率和林分生产力,因此合理的叶面积指数是提高竹林产量的一个关键。

根据调查材料统计出河口地区天然沙罗竹林不同叶面积指数的产量(表 4)。

本区沙罗竹林大多处于自生自灭状态,其

叶面积指数普遍较大,在一些立竹密度较大的原始林分中,林分蓄积量与叶面积指数成正比例,故不能用林分蓄积量的大小来判断产量的高低,而只能用林分年生长量或增长率来衡量林分生产力或产量的高低。从表中可看出,叶面积指数约在 6~7.5 之间,林分生产量最高,低于或超过这个范围,生长量和增长率都明显下降。然而本区沙罗竹林原始林分的叶面积指数大多超过 7.5。由于叶面积指数过大,即超过了群体最大光能利用率的最适叶面积指数,从而降低了群体内总叶片的平均光合作用率,同时枝叶过分稠密,呼吸消耗增加,使群体的净光合生产力水平下降。因此,要保持沙罗竹林的最大光能利用率,应对一些密度过大的林分进行调整,一般可以 6~8 叶面积指数作为确定沙罗竹林各径阶的立竹密度。

表 4 天然沙罗竹林分不同叶面积指数产量表

Tab. 4 Output corresponding to LAI in natural stands of *Schizostachyum funghmi*

编号 Serial number	LAI	D(cm)	N · hm ⁻²	竹秆蓄积量(kg · hm ⁻²)	年生长量(kg · hm ⁻²)	增长率(%)
1	4.3	4.7	6 800	39 122	3 470	8.7
2	4.8	5.7	5 267	42 717	5 256	12.3
3	5.4	5.2	5 123	28 705	4 191	14.6
4	5.7	6.7	4 120	40 194	6 608	16.4
5	6.4	6.5	5 450	55 001	10 708	19.5
6	7.1	8.1	4 013	62 820	12 442	19.8
7	7.4	7.6	5 617	70 555	17 603	24.9
8	7.8	8.1	4 613	70 471	12 629	17.8
9	8.4	7.3	6 112	91 789	144 657	16.0
10	9.5	6.9	7 014	78 813	8 987	11.1
11	9.9	8.5	5 823	100 242	9 579	9.6
12	10.5	8.2	6 742	106 981	8 441	7.9
13	11.1	6.4	11 230	104 920	9 152	8.7
14	11.8	5.8	10 740	112 662	8 669	7.7

4 小结和讨论

(1)竹林中秆龄的分布是林分结构的重要因子,它对竹林中的发笋量、发笋率、成竹率和幼竹生长有很大的影响。天然沙罗竹林分秆龄结构不合理,4 a 生以上老秆比例较大,占 33.74%,导致竹林发笋率降低,生物产量减少,一旦遇不合适的气候条件下,则竹林营养得不到充足供应,由自然克隆转为生殖繁衍后代,生态效益与经济效益一并降低。调整竹林秆龄结构,按 1、2、3 a 生竹各占 30%,4 a 生以上 10%,则能提高发笋率和成竹率,竹丛新增生物产量提高,不但具有较高的经济效益,也有明显的生态效益。

(2)合理的叶面积指数是衡量竹林光合能力的一个重要指标,合理的叶面积指数是提高竹林产量的一个关键。天然沙罗竹林分叶面积指数可用公式: $(LAI=0.02739 D^{0.96857} H^{0.71003})$ 表示。经全面的调查分析研究,天然沙罗竹林分叶面积指数约在 6~7.5 之间,林分生长量最高,低于或超过这个范围,生长量和增长率都明

显下降。因此,在经营利用某一沙罗竹林时,测量其叶面积指数,并将其调整到适合的面积指数,则竹林将可实现持续经营。

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, 1990, 10(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

国际林联 5. 11. 05 竹子和藤子组“竹藤学术研讨会和竹藤产品展”

2004 年初国际林联第五大组(林产品大组)进行了重组,其中原来的 5. 08. 00 和 5. 08. 01 合并为 5. 11. 05 组,即竹子和藤子组。国际竹藤组织的傅金和博士为该组的协调人,来自中国台北的 Yi Chung Wang 博士为副协调人。目前该组正计划与国际竹藤组织合作在 2005 年国际林联大会期间(8 月 8~13 日)在澳大利亚的布里斯班举行竹藤学术研讨会和竹藤产品展。有兴趣与会的竹藤研究人员和欲参展的企业请注意查阅国际竹藤组织(<http://www.inbar.int>)和国际林联的网站(<http://www.iufro2005.com>)。

(傅金和 国际竹藤组织)