

2 种大径丛生竹林结构与生长特征

刘广路¹, 范少辉^{1*}, 蔡春菊¹, 张大鹏¹, 费德勒²

(1. 国际竹藤中心 竹藤科学与技术重点实验室, 北京 100102; 2. 北京林业大学, 北京 100083)

摘 要:以撑绿竹和硬头黄竹为研究对象, 开展了年龄、母竹留养、胸径结构和立竹密度对 2 种大径丛生竹生长影响的研究。结果表明: 2 种丛生竹结构特征对其出笋率、繁殖率和生物量增长率有重要的影响。其中, 硬头黄竹退笋率随着年龄结构指标的增加而升高, 繁殖率和生物量增长率随着年龄结构指标的升高而降低。撑绿竹在年龄结构 0.75~1.25 时, 有较低的退笋率, 较高的繁殖率和生物量增长率。硬头黄竹保留 2~3 株母竹可以取得较高的繁殖率和生物量增长率; 撑绿竹保留 2~5 株母竹时, 具有较高的繁殖率和生物量增长率。留养母竹的平均胸径并非越大越好, 硬头黄竹母竹平均胸径为 4.0 cm 时, 退笋率最低, 繁殖率和生物量增长率最高; 撑绿竹母竹平均胸径 6.5 cm 时, 有较低的退笋率, 最高的繁殖率和生物量增长率。硬头黄竹在立竹密度 6 000 株·hm⁻²、撑绿竹在立竹密度 5 818 株·hm⁻²时, 有最低的退笋率, 最高的繁殖率和生物量增长率。2 种大径丛生竹合理结构模式为: 硬头黄竹 2 000~3 000 丛·hm⁻², 留养母竹 2~3 株·丛⁻¹, 年龄结构为 0~0.49, 母竹平均胸径 4.0 cm; 撑绿竹 1 066~2 909 丛·hm⁻² 留养母竹 2~5 株·丛⁻¹, 年龄结构为 0.75~1.25, 母竹平均胸径 6.5 cm。

关键词:撑绿竹; 硬头黄竹; 结构调整; 生长特征

中图分类号: S727.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-7461(2013)04-0083-05

Stand Structure and Growth Characteristics of *Bambusa pervariabilis* × *Dendrocalamopsis daii* and *B. rigida*

LIU Guang-lu¹, FAN Shao-hui^{1*}, CAI Chun-ju¹, ZHANG Da-peng¹, FEDEL Antonio-troya-mera²

(1. International Centre for Bamboo and Rattan, Key Laboratory of Bamboo and Rattan, Beijing 100102, China;

2. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Taking the two clumping bamboo species (*Bambusa pervariabilis* × *Dendrocalamopsis daii* and *B. rigida*) as research objects, influences of stand structure, such as age, maintenance rates of mother plant, DBH, and the density on the growth characteristics were investigated. Significant impacts of the stand structures were observed on the rates of degraded shooting and reproducibility, and growth biomass. As the increases of stand age index, the rate of degraded shooting of *B. rigida* increased, while and the rates of reproducibility and biomass growth decreased. The rate of degraded shooting was lower and the rates of reproducibility and biomass growth were higher in *B. pervariabilis* × *D. daii* stands under the age structure from index 0.75 to 1.25. The higher reproductive rate and biomass growth rate were observed in *B. rigida* stands when the maintainance rate of mother plant were 2 to 3, and 2 to 5 for *B. pervariabilis* × *D. daii* stands. The lowest rate of degraded shooting and the highest rates of reproducibility and biomass growth were found in *B. rigida* stands with an average DBH of 4.0 cm, and 6.5 cm for *B. pervariabilis* × *D. daii*. The lowest rate of degraded shooting and the highest rates of reproducibility and biomass growth

收稿日期: 2012-09-06 修回日期: 2013-03-09

基金项目: 国家十二五科技支撑课题(2012BAD23B04); 林业公益性行业科研专项(201104021)。

作者简介: 刘广路, 男, 博士, 副研究员, 研究方向: 竹林培育和竹林生态。E-mail: liuguanglu@icbr.ac.cn

* 通信作者: 范少辉, 男, 博士, 研究员, 博士生导师, 研究方向: 森林培育学。E-mail: fansh@icbr.ac.cn

were observed when the densities of the two species were 6 000 and 5 818 hm^{-2} for *B. rigida* and *B. pervariabilis*×*D. daii*, respectively. The rational stand structures for the two bamboo species were recommended as follows: for *B. rigida*, the rational stand density: 2 000—3 000 clump · hm^{-2} , maintenance rate of mother plant: 2—3 per clump, the age of mother plant: 0—0.49, and the average DBH: 4.0 cm; for *B. rigida*, the corresponding values were 1 066—2 909 clump · hm^{-2} , 2—5 per clump, 0.75—1.25, 4.0 cm, and 6.5 cm, respectively.

Key words: *Bambusa pervariabilis* × *Dendrocalamopsis daii*; *B. rigida*; structural adjustment; growth characteristic

合理的林分结构是促进林分更新,获得良好经济功能的核心^[1]。丛生竹是有2层次的构件性,一个层次是分株(单株),另一个层次是由相互连接的分株组成的基株(竹丛)^[2],因而丛生竹结构特征有独特性。在丛生竹结构调整研究中不仅要考虑单位面积的竹丛数及分布,还要考虑到每丛包含的单株数、胸径分布、年龄结构等。我国合轴丛生竹有16属160余种,80余万 hm^2 ^[3],具有分布面积大、成熟年限短、产量高,开发前景广阔的特点^[4],但不同种类的丛生竹生长特征差异较大,有必要对不同种类具有代表性的丛生竹结构调控进行研究。当前,有关丛生竹结构调整的研究主要集中在笋用丛生竹上,其中研究最多的是绿竹(*Bambusa oldhamii*),其合理的立竹密度^[5-6]、丛株数、年龄结构^[7-11]均有报道。对纸浆用慈竹(*Bambusa emeiensis*)竹丛密度、母竹株数、年龄结构^[12]也进行了研究。但不同区域、经营目的、林分状况的丛生竹林最佳密度、丛株数、年龄结构差异极大,本研究选择了具有较大栽培面积的撑绿竹(*Bambusa pervariabilis*×*Dendrocalamopsis daii*)和硬头黄竹(*Bambusa rigida*)2种重要的材用丛生竹为研究对象,撑绿竹是以撑篙竹为母本,大绿竹为父本的优良杂交竹品种^[13],在我国丛生竹分布区有较大面积种植。硬头黄竹是四川本地乡土树种,具有生产力高、秆型条件好等特点^[14],在造纸和用材方面发展前景广阔^[15]。开展2种大径丛生竹年龄结构、母竹留养、母竹胸径和立竹度对2种丛生竹生长的影响研究,可以为2种丛生竹实现合理的结构调整提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

研究地点位于丛生竹资源分布较为丰富的四川省长宁县,属典型的中亚热带湿润性季风气候,温暖湿润,年均气温 18.3 ℃,最冷月(1月份)平均气温 8.2 ℃,极端低温−4.2 ℃,最热月(7月)平均气温 27.3 ℃,极端高温 40.7 ℃,≥10 ℃的积温 5 970 ℃;年均降雨量 1 114.2 mm,年均蒸发量

1 101.3 mm,年均空气相对湿度 83%,日照时数 1 148 h,无霜期达 350 d 以上。地貌以中低山地和丘陵为主,由于受地形地貌影响,区域气候垂直变化较明显。植被覆盖率 42%,以毛竹(*Phyllostachys edulis*)、苦竹(*Pleibolastus amarus*)为主,还有梁山慈竹(*Dendrocalamus farinosus*)、硬头黄竹等,近年引种了较大面积的撑绿竹。

1.2 方法

1.2.1 试验地设置及调查 在四川省长宁县梅硐镇选择具有代表性的硬头黄竹和撑绿竹林,选择立地条件基本一致的丛生竹林设置实验样地,样地规格为 10 m×20 m,5 次重复,相邻样地之间设置 3 m 左右的缓冲带,并将样地内竹丛编号。调查标准地经度、纬度、海拔、坡向、坡位、坡度、经营状况等基本情况(表 1)。撑绿竹试验样地土壤基本情况:土壤容重 1.29 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$,pH 值 4.12,有机质含量 12.02 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$,土层厚度 65~75 cm,土壤湿润;硬头黄竹试验样地基本情况:土壤容重 1.31 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$,pH 值 4.09,有机质含量 11.91 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$,土层厚度 65~75 cm,土壤湿润。研究样地竹丛数基本一致,所以选择了单株密度作为立竹密度指标。

表 1 样地基本情况

Table 1 Basic information of sampling plots

林分类型	样地号	坡度/(°)	坡向	海拔/m	林分密度 (株· hm^{-2})
硬头黄竹	1	20.20	NW	490	6 000
	2	20.20	NW	490	6 400
	3	20.20	NW	490	4 800
	4	20.20	NW	490	7 200
	5	20.20	NW	490	6 600
撑绿竹	6	19.08	SW	488	5 333
	7	19.08	SW	488	5 818
	8	19.08	SW	488	6 545
	9	19.08	SW	488	7 167
	10	19.08	SW	488	8 333

1.2.2 生长指标调查 2011 年 3 月,对样地内竹种进行每株调查,记录其胸径、年龄、秆高等基本情况。在 2011 年 5 月—11 月,每 15 d 调查出笋情况,记录每丛发笋时间、发笋数、退笋数,并测量每一新

成竹的胸径和株高等。

1.2.3 生物量调查 在试验林内选取生长良好、无病虫害的竹丛各 5 丛,作为标准竹丛测定生物量。在竹丛内抽取不同年龄、不同胸径的撑绿竹、硬头黄竹各 16 株作为标准竹,进行测试分析。将选取的竹株从秆基处锯断,去枝叶后测量竹秆地径、胸径、全长,然后分别取下枝、叶,立即测定枝、叶、秆鲜重。同时取枝、叶和秆各 500 g,带回实验室置于 85 ℃烘箱内烘干至恒重,冷却后称取干重,计算含水率,计算整株生物量。根据样地中样丛的年龄和胸径状况推算实验竹丛的生物量。

1.2.4 数据处理与分析 基株由年龄不同的分株组成,基株年龄构成可以由不同年龄分株株数比例进行反映,为了便于数据比较分析,设置了年龄结构 S_a (无量纲)

$$S_a = N_1 / N$$

(1)

式中: N 为 2 年生及 2 年生以上母竹数量, N_1 为 1 年生母竹数量。

繁殖率 R (无量纲):

$$R = N_s / N_m$$

(2)

式中: N_m 为母竹株数, N_s 为成竹数。

退笋率 D (无量纲):

$$D = N_d / N_c$$

(3)

式中: N_d 为退笋数, N_c 为出笋数。

生物量增长率:

$$E = B_n / B_o \times 100\%$$

(4)

式中: B_n 为新成竹生物量, B_o 为母竹生物量。

数据在 Excel 2010 和 SPSS13.0 软件中进行整理和作图分析。

2 结果与分析

2.1 年龄结构对丛生竹生长特征的影响

不同年龄结构的硬头黄竹退笋率都明显低于撑绿竹,其中硬头黄竹母竹均为 2 年生及 2 年生以上时,退笋率最低,撑绿竹年龄结构为 0.75~1.25 时退笋率最低,撑绿竹年龄结构为 1.25 时退笋率为 0.12(图 1a)。2 种丛生竹繁殖率的随年龄结构变化趋势不同,撑绿竹的繁殖率呈开口向下的抛物线型变化,最大值为年龄结构 1.25;硬头黄竹的繁殖率随着年龄结构的升高而降低,母竹均为 2 年生及 2 年生以上时,繁殖率最高为 1.53(图 1b)。2 种丛生竹生物量增长率的变化趋势与繁殖率的变化趋势相似,但变化幅度明显低于繁殖率的变化幅度,撑绿竹生物量最高增长率出现在年龄结构 0.75~1.25,最高为年龄结构 0.75(120.68%),硬头黄竹生物量最高增长率出现在母竹均为 2 年生及 2 年生以上,为 138.91%,增长率高于撑绿竹(图 1c)。

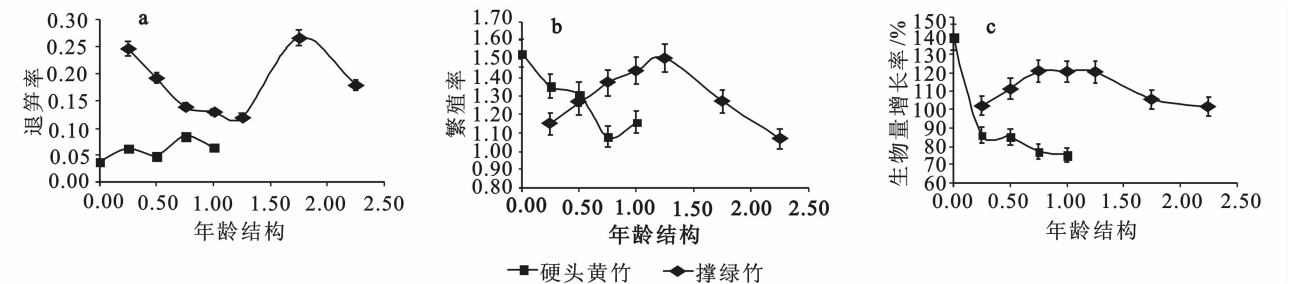


图 1 年龄结构对 2 种丛生竹退笋率(a)、繁殖率(b)和生物量增长率(c)的影响

Fig. 1 Effect of age classes on the ratio of degraded shooting (a), reproductive rate (b) and biomass growth rate (c)

2.2 母竹株数对丛生竹生长特征的影响

留养母竹株数对 2 种丛生竹的退笋率、繁殖率和生物量增长率有重要的影响(表 2)。留养不同母竹株数的撑绿竹退笋率排列顺序为:5>6=4>7>3>2,繁殖率的排列顺序为:2>3>4>5>7>6,生物量增长率的排列顺序与繁殖率的排列顺序相同,留养 2 株母竹的生物量增长率最大为 133.89%,留养母竹 3~5 株,生物量增长率为 107.17~116.53,明显高于留养 6~7 株母竹的生物量。留养不同母竹株数的硬头黄竹退笋率整体低于撑绿竹,排列顺序为:5>4>2>6>3>7;繁殖率的排列顺序为 4>3>2>5>6>7,留养 2~4 株母竹的繁殖率较高;生物量增长率的排列顺序为 3>2>5>6>4>7,其中

留养 2~3 株母竹生物量增长率明显高于 3~7 株母竹的生物量增长率。

2.3 母竹胸径对丛生竹生长的影响

撑绿竹平均胸径显著高于硬头黄竹的胸径(图 2),硬头黄竹的退笋率随着母竹胸径的升高而升高,平均胸径 3.5~4.0 cm 之间的退笋率较低,为 0.03;撑绿竹的退笋率随着胸径的升高呈开口向下的抛物线型变化,母竹平均胸径 5.0~6.5 cm 退笋率明显低于母竹平均胸径 6.5 cm 的退笋率(图 2a)。随着胸径的增长,2 种丛生竹繁殖率均呈现开口向下的抛物线型变化,硬头黄竹在母竹平均胸径为 4 cm 时繁殖率最高,为 1.76;撑绿竹在母竹平均胸径 6.5 cm 时,繁殖率最高,为 1.58(图 2b)。硬头黄竹生物

量增长率随着母竹平均胸径的增加,先上升后下降,母竹平均胸径 4 cm 时的生物量增长率最大,为 118.17%;撑绿竹生物量增长率随着母竹平均胸径

的增加呈波浪形变化,母竹平均胸径为 6.5 cm 时生物量增长率最大 140.81%(图 2c)。

表 2 母竹株数对丛生竹生长的影响

Table 2 Growth characteristics of sympodial bamboo with different maintainece rate of mother bamboo

母竹株数	撑绿竹			硬头黄竹		
	退笋率	繁殖率	生物量增长率/%	退笋率	繁殖率	生物量增长率/%
2	0.09±0.04	1.92±0.30	133.89±22.92	0.06±0.03	1.32±0.17	109.88±16.07
3	0.11±0.06	1.29±0.27	111.83±19.34	0.03±0.02	1.43±0.16	99.64±9.53
4	0.21±0.05	1.27±0.18	116.53±16.98	0.09±0.05	1.44±0.22	84.70±8.18
5	0.27±0.07	1.25±0.15	107.17±12.87	0.11±0.06	1.20±0.23	84.75±7.83
6	0.21±0.12	0.83±0.18	72.64±13.55	0.04±0.03	1.10±0.18	84.73±9.52
7	0.12±0.07	0.96±0.09	83.96±5.97	0.00±0.00	0.79±0.04	74.63±11.31

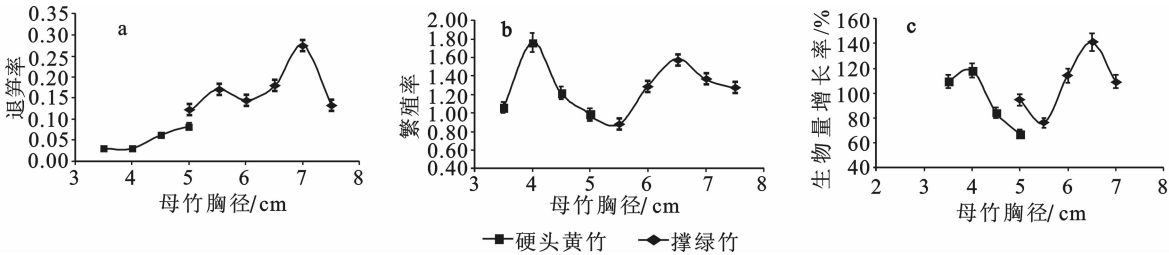


图 2 母竹平均胸径对退笋率(a)、繁殖率(b)和生物量增长率(c)的影响

Fig. 2 Effect of DBH of mother bamboo on the ratio of degraded shooting (a), reproductive rate (b) and biomass growth rate (c)

2.4 立竹密度对丛生竹生长的影响

2 种丛生竹退笋率都随着立竹密度的增加而升高,硬头黄竹退笋率明显低于撑绿竹的退笋率(图 3)。硬头黄竹退笋率在 4 800 株·hm⁻²时最低为 0.03,撑绿竹 5 333~6 545 株·hm⁻²时的退笋率较低,在 0.18~0.20 之间(图 3a)。2 种丛生竹繁殖率随着立竹密度的增加呈开口向下的抛物线型变化,硬头黄竹立竹密度在 6 000 株·hm⁻²的繁殖率最

大,为 1.67;撑绿竹在立竹密度在 5 818 株·hm⁻²的繁殖率最大,为 1.66(图 3b)。2 种丛生竹生物量增长率均表现出随着立竹密度的增加而降低的趋势,硬头黄竹在立竹密度 4 800~6 000 株·hm⁻²生物量增长率最大,在 104.83%~111.27%之间;撑绿竹立竹密度在 5 333~5 818 株·hm⁻²生物量增长率最大,在 132.30%~141.19%之间,高于硬头黄竹的生物量增长率(图 3c)。

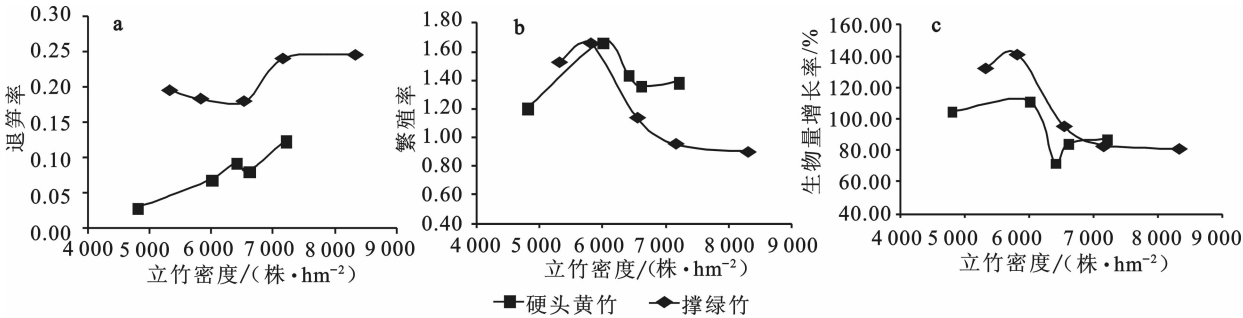


图 3 立竹密度对退笋率(a)、繁殖率(b)和生物量增长率(c)的影响

Fig. 3 Effect of bamboo density on the ratio of degraded shooting (a), reproductive rate (b) and biomass growth rate (c)

3 结论与讨论

硬头黄竹繁殖效率高撑绿竹繁殖效率。2 种丛生竹繁殖率差异不明显,但是硬头黄竹的退笋率明显低于撑绿竹退笋率,硬头黄竹的成竹率更高。硬头黄竹为四川乡土树种,与环境之间存在极好的适应性;而撑绿竹为引进竹种,与环境之间存在相互

适应过程,为了占有更多资源,撑绿竹产生数量多而质量低的子代,与刘庆在研究斑苦竹繁殖对策时结论类似^[16-17]。

年龄结构对丛生竹的生长有重要的影响。硬头黄竹退笋率随着年龄结构的增加而升高,繁殖率和生物量增长率随着年龄结构的升高而降低,硬头黄竹留养母竹应提高 2 年及 2 年以上母竹比例。撑绿

竹 1 年生母竹与 2 年生及 2 年生以上母竹比例 0.75~1.25 时,有较低的退笋率,较高的繁殖率和生物量增长率。2 种材用大径丛生竹最佳年龄结构与笋用绿竹合理年龄结构不尽相同,陈双林^[6]等认为 1~2 龄立竹各占 50% 的林分结构较好,金川^[10]等认为 1~3 年生竹比例以 7:2:1 为宜;缪妙青^[11]认为 1 年生竹与 2 年生竹比例以 1.5~2:1 为宜,这可能和不同种类丛生竹具有不同生物学特性和利用目标有关,撑绿竹和硬头黄竹主要做为纸浆材,纸浆丛生竹林一般 1~2 年即可采伐利用,2 种丛生竹合理年龄结构中较小的 1 年生竹比例,为采伐低年龄单株提供了依据。母竹留养株数对丛生竹繁殖效率有重要影响。硬头黄竹保留 2~3 株母竹可以取得较高的繁殖率和生物量增长率;撑绿竹保留 2~5 株母竹时,具有较好的繁殖率和生物量增长率。母竹留养株数在不同地区、不同种类丛生竹的研究中,数据相差较大,在关于绿竹留养株数的研究中就存在着每丛 6 株^[7]、10 株^[8]、4~7 株^[9]、12~15 株^[10]等研究成果,所以针对不同地区、不同丛生竹、不同经营目标的竹种开展母竹留养株数的研究十分必要。留养母竹的平均胸径并非越大越好,硬头黄竹母竹平均胸径为 4.0 cm,撑绿竹母竹平均胸径 6.5 cm 时,退笋率最低,繁殖率和生物量增长率较高。植物的大小是衡量植物繁殖与某些关键资源的积累或是一些表征资源充足与否的重要指标^[18],有关慈竹克隆生长特性的研究也表明成竹基径与母株基径和生物量存在正相关关系^[19]。林分密度对林分生长有重要影响^[20],2 种丛生竹退笋率都随着立竹密度的增加而升高,硬头黄竹在立竹密度 4 800~6 000 株·hm⁻² 有较大的生物量增长率;撑绿竹立竹密度在 5 333~5 818 株·hm⁻² 有较大的生物量增长率,且硬头黄竹立竹密度 6 000 株·hm⁻²、撑绿竹立竹密度 5 818 株·hm⁻² 有较大的繁殖率和较低的退笋率,两种大径丛生竹最佳立竹密度低于笋用绿竹丰产林分立竹数 9 200~11 500 株·hm⁻²^[5]。

2 种大径丛生竹合理结构模式为:硬头黄竹 2 000~3 000 丛·hm⁻²,留养母竹 2~3 株·丛⁻¹,1 年生母竹/2 年及 2 年以上比例 0~0.49,母竹平均胸径 4.0 cm 较好;撑绿竹 1 066~2 909 丛·hm⁻²,留养母竹 2~5 株·丛⁻¹,1 年生母竹/2 年及 2 年以上比例 0.75~1.25,母竹平均胸径 6.5 cm 较好。

参考文献:

[1] NOGUCHI M, YOSHIDA T. Tree regeneration in partially cut conifer-hardwood mixed forests in northern Japan: roles of establishment substrate and dwarf bamboo[J]. Forest Ecology

and Management, 2004, 190: 335-344.

[2] 王琼, 苏智先, 周平, 等. 不同生境中慈竹克隆生长的密度调节[J]. 西华师范大学学报: 自然科学版, 2004, 25(4): 380-387.

WANG Q, SU Z X, ZHOU P, *et al.* Density regulation of clonal growth of *Neosinocalamus affinis* in different habitats[J]. Journal of China West Normal University: Natural Sciences, 2004, 25(4): 380-387. (in Chinese)

[3] 马乃训. 国产丛生竹类资源与利用[J]. 竹子研究汇刊, 2004, 23(1): 1-5.

MA N X. Resource of sympodial bamboos in China and their utilization[J]. Journal of Bamboo Research, 2004, 23(1): 1-5. (in Chinese)

[4] 苏文会, 范少辉, 彭颖, 等. 车筒竹、薊竹和越南巨竹竹材的主要物理性质研究[J]. 西北林学院学报, 2012, 27(3): 205-209.

SU W H, FAN S H, PENG Y, *et al.* Study on the main wood physical properties of *Bambusa sinospinosa*, *Bambusa blumeana* and *Dendrocalamus yunnanicus* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012, 27(3): 205-209. (in Chinese)

[5] 陈双林, 杨清平, 陈长远. 基于 N/S 的绿竹笋用林丰产结构控制研究[J]. 林业科学研究, 2008, 21(6): 741-744.

CHEN S L, YANG Q P, CHEN C Y. Research on structure control of high yield *Bambusa oldhami* bamboo shoot stands basing on N/S[J]. Forest Research, 2008, 21(6): 741-744. (in Chinese)

[6] 陈双林, 杨清平, 陈长远, 等. 绿竹笋用林林分结构与经济性状关系研究[J]. 四川农业大学学报, 2005, 23(1): 75-79.

CHEN S L, YANG Q P, CHEN C Y, *et al.* Study on the relations between forest structure and economical character for bamboo shoot stands of *Dendrocalamopsis oldhami* [J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 2005, 23(1): 75-79. (in Chinese)

[7] 雷泽兴. 绿竹的立竹密度结构试验[J]. 福建林业科技, 2001, 28(2): 45-46.

LEI Z X. Experiment on the living bamboo density structures of *Dendrocalamopsis oldhami* [J]. Journal of Fujian Forestry Science and Technology, 2001, 28(2): 45-46. (in Chinese)

[8] 张国防, 陈钦. 绿竹山地丰产栽培技术措施优化组合的研究[J]. 经济林研究, 1999, 17(4): 12-14.

ZHANG G F, CHEN Q. High-yield culture of *sinocalamus bamboo* in upland soils economic[J]. Economic Forest Researches, 1999, 17(4): 12-14. (in Chinese)

[9] 董建文. 绿竹林丰产结构研究[J]. 福建林学院学报, 2000, 20(2): 101-104.

DONG J W. Study on high-yield structure of *Dendrocalamopsis oldhami* forest[J]. Journal of Fujian College of Forestry, 2000, 20(2): 101-104. (in Chinese)

[10] 金川, 王月英, 董孔竹. 绿竹低产林的技术改造[J]. 林业科技开发, 1997(1): 24-26.

JIN C, WANG Y Y, DONG K Z. The technological transformation of low-yield *Dendrocalamopsis oldhami* forest[J]. Forestry Science and Technology, 1997(1): 24-26. (in Chinese)