

文章编号: 1001-1498(2008)06-0741-04

# 基于 $N/S$ 的绿竹笋用林丰产结构控制研究

陈双林<sup>1</sup>, 杨清平<sup>1</sup>, 陈长远<sup>2</sup>

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 福建省漳浦县林业局, 福建 漳浦 363200)

**摘要:** 根据丛生竹以竹丛为无性系单元的特点, 提出了丛生竹数与根盘面积比 ( $N/S$ ) 的丛生竹林分结构概念, 以绿竹笋用竹为对象, 开展了竹林地环境资源高效利用的  $N/S$  结构控制试验, 结果表明:  $N/S$  与丛竹笋产量呈单峰抛物线形关系,  $N/S$  优化配比为 4.0~5.0 株· $m^{-2}$ ; 竹丛根盘面积与竹冠平面面积呈线性增长关系, 可以通过增大初植密度、扩大竹丛根盘面积来提高环境资源利用率。丰产林分结构立竹数为 9 200~11 500 株· $hm^{-2}$ , 竹林竹丛根盘面积、土地利用率分别可达到 2 300  $m^2$ · $hm^{-2}$ 、23.0%, 初植密度可提高到 1 050 丛· $hm^{-2}$  左右。

**关键词:** 绿竹; 丛生竹数与根盘面积比; 竹冠平面面积; 竹笋产量

中图分类号: S795

文献标识码: A

## Research on Structure Control of High Yield *Bambusa oldhami* Bamboo Shoot Stands Basing on $N/S$

CHEN Shuang-lin<sup>1</sup>, YANG Qing-ping<sup>1</sup>, CHEN Chang-yuan<sup>2</sup>

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

2. Forestry Bureau of Zhangpu County, Zhangpu 363200, Fujian, China)

**Abstract:** According to the characters of sympodial bamboo which developed an uniform clone of the whole clump, this paper promoted the conception of  $N/S$  for sympodial bamboo stands structure: the number of living culms ( $N$ ) to the surface of the subterranean parts occupied of a clump ( $S$ ). The structure control of high efficiency utilizing environment resources for bamboo stands on *Bambusa oldhami* was investigated. The results suggested that the relationship of  $N/S$  and cluster shoots output showed a single-peak parabola, and the best ratio of  $N/S$  was 4.0—5.0 culms· $m^{-2}$ . the surface of the subterranean parts occupied of a clump increased with cluster crown linearly. Environment utilizing efficiency could be increased by increasing plant density and expanding the surface of the subterranean parts. The normal high yield structures were as following: individual numbers was 9 200—11 500 culms· $hm^{-2}$ , the surface of the subterranean parts was 2 300  $m^2$ · $hm^{-2}$ , soil utilizing efficiency approach to 23.0%, and plant density could be increased to about 1 050 clusters· $hm^{-2}$ .

**Key words:** *Bambusa oldhami*;  $N/S$ ; cluster bamboo crown; shoots output

绿竹 (*Bambusa oldhami* (Munro) Keng f.) 隶属牡竹族 (Dendrocalameae Benth.) 箬竹属 (*Bambusa* Schreber), 是我国重要的优质丛生笋用竹种, 笋肉厚实、笋质脆嫩、笋味鲜甜爽口, 是食用笋中的上品而深受群众喜爱。其主要分布于福建、台湾、浙江南

部、广东、广西和云南等地, 面积 3 万余  $hm^2$ 。由于绿竹良好的竹笋品质和经济性状, 为促进资源的发展和开发利用, 近年来对其生物学特性<sup>[1-2]</sup>、地理种源<sup>[3]</sup>、生理生化特性<sup>[4-6]</sup>、种苗繁育<sup>[7-8]</sup>、丰产培育<sup>[9]</sup>等方面开展了较为系统的研究。在绿竹丰产林

收稿日期: 2007-10-05

基金项目: 国家“十五”攻关项目“竹子种质资源培育及商品竹林可持续经营技术”(2001BA506B01)资助

作者简介: 陈双林(1965—), 男, 浙江龙游人, 研究员, 从事竹林生态与栽培研究。E-mail: cslbamboo@126.com

分结构控制上也多有涉及<sup>[10-11]</sup>,均从竹丛立竹数、立竹胸径与竹笋产量的数量关系开展研究的,而生竹不同于地下鞭系延伸生长的散生竹,是依靠单个竹丛的竹蔸部所占据的土壤空间通过地下根系吸收土壤养分和水分,及成丛状的竹冠层光合空间制造养分的。由于立地条件分异和人工经营干扰,竹丛间根盘(竹丛蔸部占据的土地空间)面积大小不一,因此,纯粹采用丛立竹数、立竹胸径等林分结构因子构建丰产林分结构模式,实际生产中较难操作。基于此,在丰产培育所需要的立竹胸径、立竹年龄控制条件下,采用竹丛立竹数与根盘面积比的结构概念,从经济产出和竹林地环境资源高效利用等出发研究绿竹笋用林丰产培育的林分结构控制技术,这对于丛生竹栽培研究与生产均具有重要的科学价值和实践指导意义。

## 1 试验区自然概况与试验材料

试验地位于福建省漳浦县南浦乡马坑, 117°24'E, 23°43'N, 属中亚热带与亚热带气候过渡区, 海洋性季风气候。年均日照总时数 2 000 h 以上, 太阳辐射总量 555.84 kJ·cm<sup>-2</sup>, 降水量 1 500 mm 左右, 平均气温 21℃, 无霜期 350 d。土壤为花岗岩发育的粗骨性山地黄壤, 土层厚 >100 cm, 0~20 cm 土层有机质含量 10.68 g·kg<sup>-1</sup>, 全 N 1.56 g·kg<sup>-1</sup>, 水解 N 88.78 mg·kg<sup>-1</sup>, 全 P 0.46 g·kg<sup>-1</sup>, 速效 P 21.22 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效 K 101.69 mg·kg<sup>-1</sup>。

试验的绿竹林位于九龙江水系南溪江支流浅滩地, 地势平缓, 1996年 4月营造, 初植密度 600 丛·hm<sup>-2</sup>, 面积 2.3 hm<sup>2</sup>, 为丰产栽培笋用林, 实施中耕除草、晒目、培土、施肥和采笋、伐竹式的竹丛结构调整等抚育措施, 立竹数 3~21 株·丛<sup>-1</sup>, 立竹胸径 4~5 cm, 立竹年龄 1~2 龄, 根盘面积 1.4~3.7 m<sup>2</sup>·丛<sup>-1</sup>。立竹胸径与立竹年龄符合丰产林分结构要求<sup>[12]</sup>。

## 2 试验方法

### 2.1 试验设计与样丛处理

2003年 11月份在试验竹林中随机选取 140 丛样丛, 根据丛立竹数和根盘面积, 通过人为伐竹设计丛立竹数( $N$  株)与根盘面积( $S$ /m<sup>2</sup>)比( $N/S$ )为 3.0 以下、3.0~3.9、4.0~4.9、5.0~5.9、6.0~6.9、7.0~7.9、8.0~8.9 株·m<sup>-2</sup> 共 7 种处理, 每处理 20 丛。2004 年笋期以留笋长竹和 11 月份伐

竹的方法对样丛进行相同  $N/S$  区间的结构控制。为避免施肥、竹伐蔸出笋对样丛竹笋产量所造成的试验误差, 试验期间样丛不施肥, 伐竹后挖除竹伐蔸。

### 2.2 数据调查

根盘面积按样丛根盘的实际形状(方形或圆形)测量而得, 试验林在培育过程中实施的晒目、林地垦覆、培土和留笋长竹等作业措施会导致样丛根盘面积年际间的变化, 为此, 2003、2004 年 12 月份分别测量一次; 2003、2004 年于竹丛结构调整后, 调查样丛立竹数, 计算  $N/S$ , 并垂直两方向各测量一次样丛竹冠长度, 以圆形计算竹冠平面面积( $L$ /m<sup>2</sup>); 2004 年和 2005 年笋期按实际采收的竹笋统计样丛的竹笋产量( $G$ /kg)。

### 2.3 数据分析

根据样丛两年的  $N/S$  与竹笋产量的 280 组调查数据, 应用 SAS 统计软件建立两因子间的关系程式, 进而以竹笋产量为评价指标, 通过软件编程计算机模拟寻优  $N/S$ ; 在统计竹丛根盘面积与竹冠平面面积关系的基础上, 设定光合空间高效利用的绿竹林分郁闭度为 0.8, 分析绿竹笋用林环境资源的利用潜力, 进而以优化的  $N/S$  构建出丰产林分结构控制模式。计算公式如下:

$$U_1 = S \times D / 100 \quad (1)$$

$$U_2 = L \times D / 100 \quad (2)$$

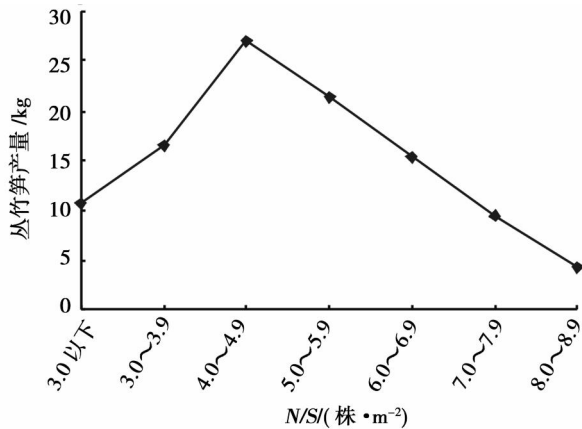
$$N_1 = S_1 \times t \quad (3)$$

式中:  $U_1$ —土地利用率(%),  $U_2$ —光合空间利用率(%),  $S$ —竹丛根盘面积(m<sup>2</sup>·丛<sup>-1</sup>),  $D$ —初植密度(丛·hm<sup>-2</sup>),  $L$ —竹冠平面面积(m<sup>2</sup>·丛<sup>-1</sup>),  $N_1$ —基于  $N/S$  的丰产林分立竹数,  $S_1$ —竹林土地充分利用的竹丛根盘总面积,  $t$ — $N/S$  优化配比。

## 3 结果与分析

### 3.1 $N/S$ 对丛竹笋产量的影响

从图 1 分析可知,  $N/S$  与丛竹笋产量关系呈单峰抛物线形, 当  $N/S$  为 4.0~4.9 株·m<sup>-2</sup> 时丛竹笋产量达峰值, 为 27.11 kg, 分别较相近的  $N/S$  区间 3.0~3.9、5.0~5.9 株·m<sup>-2</sup> 的丛竹笋产量提高 64.6%、26.3%, 而较试验设计的样丛  $N/S$  最小和最大区间(3.0 以下、8.0~8.9 株·m<sup>-2</sup>) 的丛竹笋产量提高 150% 以上。说明  $N/S$  过小或过大对绿竹的竹笋产出有极显著影响, 也表明对于根盘面积不同的竹丛其竹丛立竹数也应不同, 尤其是根盘面积差异显著的竹丛。

图 1  $N/S$  与丛竹笋产量关系

### 3.2 $N/S$ 优化

以试验样丛竹笋产量和  $N/S(X)$  的 280 组对应值经回归得程式 (4)。

$$G = -42.6037 + 37.1113X - 5.9564X^2 + 0.2728X^3$$

$$R = 0.9615 \quad (4)$$

依据程式利用 SAS 软件编程, 设定  $X$  步长为 0.1, 区间为 1~10, 经计算机自动组合排序运算, 得到 90 项  $N/S$  对应的丛竹笋产量预测值, 从中可知, 当  $N/S$  为 4.5 时, 丛竹笋产量最高 (28.64 kg)。丛竹笋产量的高产区组 (大于 27 kg) 集中于  $N/S$  为 4.0~5.0 株·m<sup>-2</sup> 区间。结合图 1 分析,  $N/S$  4.0~5.0 株·m<sup>-2</sup> 时为优化配比。

综上所述, 根据丛生竹以竹丛为无性系单元的特点, 针对竹丛间根盘面积的差异性, 应用  $N/S$  结构概念进行丛生竹的林分结构控制更具科学性。在生产中, 应按绿竹丰产栽培对丛立竹胸径 (4~5 cm) 的标准要求, 以  $N/S$  为 4.0~5.0 株·m<sup>-2</sup> 的配比, 依据竹丛根盘面积大小及立竹分布均匀情况等, 通过新竹留养和伐除弱小竹、老龄竹、病虫竹调控竹丛的立竹数量。

### 3.3 竹冠平面面积与根盘面积关系及环境资源利用

对试验样丛的根盘面积与竹冠平面面积调查数据的两因子回归, 得程式 (5):

$$L = -0.4121 + 3.4827S \quad n = 280$$

$$R = 0.9967 \quad (5)$$

两因子间呈线性关系, 竹冠平面面积随根盘面积的扩大而增大, 也即在绿竹笋用林经营过程中, 通过根盘的扩展, 竹丛不仅能增加土壤养分、水分的吸收空间, 而且能提高光合作用空间。

以 2003、2004 年试验样丛的平均根盘面积

2.07、2.19 m<sup>2</sup> 代入式 (5), 可得竹冠平均平面面积分别为 6.80、7.21 m<sup>2</sup>, 以试验林竹丛密度 600 丛·hm<sup>-2</sup> 计, 土地资源利用率分别为 12.4%、13.1%, 光合空间资源利用率分别为 40.8%、43.2%。

### 3.4 基于 $N/S$ 的绿竹笋用林丰产林分结构构建

以绿竹笋用林丰产林分结构郁闭度 0.8 计 (光合空间利用率 80.0%), 竹林竹冠所占据的平面面积为 8.010 m<sup>2</sup>·hm<sup>-2</sup>, 代入式 (5), 单位面积竹林根盘总面积为 2.300 m<sup>2</sup>·hm<sup>-2</sup>, 可知绿竹笋用林土地资源充分利用的理论值为 23.0%。按目前常规初植密度 600~750 丛·hm<sup>-2</sup> 计算, 土地资源充分利用的竹丛平均根盘面积可达到 3.07~3.84 m<sup>2</sup>·丛<sup>-1</sup>。结合试验期 2 a 的竹林土地、光合空间资源利用率分析, 目前栽培的绿竹笋用林环境资源的开发利用潜力还相当大。

按优化的  $N/S$  和土地资源充分利用的竹林根盘面积分析, 绿竹笋用林理论上的丰产林分立竹数应为 9.200~11.500 株·hm<sup>-2</sup>, 现林分平均立竹数 6.210 株·hm<sup>-2</sup> 显得明显偏少。

根据绿竹成林速度快的特点, 竹林新造时增加初植密度是实现环境资源高效利用的有效手段。以目前栽培的绿竹林竹丛平均根盘面积 (2.07 m<sup>2</sup>) 分析, 初植密度理论上可达到 1.111 丛·hm<sup>-2</sup>, 可见目前采用的造林初植密度 (600~750 丛·hm<sup>-2</sup>) 偏小, 如不考虑成林竹林竹丛根盘面积的剧烈变化, 绿竹笋用林的初植密度以 1.050 丛·hm<sup>-2</sup> 左右为好; 对初植密度 600~750 丛·hm<sup>-2</sup>, 竹丛根盘面积过小的经营竹林, 可通过竹丛外围的留笋长竹, 尤其是“二水笋”、“三水笋”的留养, 林地土壤垦覆, 晒目后培土, 竹丛外围立竹施肥诱导出笋成竹等丛生竹散生状栽培措施尽可能地扩展竹丛根盘, 或在竹丛稀疏处补植的方式, 提高符合丰产要求的竹林立竹数。

## 4 小结与讨论

丛生竹类以竹丛为基本林分单元, 丛中各无性系分株间与其他无性系植物一样通过根状茎连接成具有强烈生理整合功能的完整系统<sup>[13-16]</sup>, 营养物质通过分株间的转移使资源利用有效性提高, 系统收益远超过耗费<sup>[17]</sup>。但是这种生理整合效果受制于系统结构状况, 如无性系分株的繁殖力会随着密度的增加而降低<sup>[18]</sup>, 因此丛生竹丰产培育必须实行竹丛结构的调控。由于留笋长竹、伐竹、施肥、林地垦覆、培土等人工干扰经营措施和立地条件的差异, 竹

丛间根盘面积大小不一,目前普遍采用的以丛立竹数、立竹胸径为丛生竹主要结构因子构建出的丰产结构模式(单位面积竹丛数,每丛规格径级与年龄的立竹数),难以很好地指导实践生产。本试验证明,在丰产栽培的立竹胸径、立竹年龄标准条件下,采用  $N/S$  的结构概念,能很好地解决因竹丛根盘面积差异所造成的林分结构控制中难以操作的问题。

绿竹笋用林  $N/S$  与丛竹笋产量关系呈单峰抛物线形,竹丛根盘面积与对应的竹冠平面面积呈线性增长关系, $N/S$  优化配比为  $4.0 \sim 5.0$  株  $\cdot$   $m^{-2}$ ,在生产中可以根据竹丛根盘面积大小,通过留笋长竹、伐竹等经营措施调控丛立竹数。为充分利用土地、光合空间资源,最大化发挥竹林立地生产力,绿竹笋用林丰产的林分立竹数为  $9\ 200 \sim 11\ 500$  株  $\cdot$   $hm^{-2}$ ,单位面积竹林根盘面积可达到  $2\ 300$   $m^2 \cdot$   $hm^{-2}$ ,土地利用、光合空间资源利用率可分别达到 23.0%、80.0%。目前栽培的绿竹笋用林立竹数量相对偏小,可以通过提高初植密度、丛生竹散生状栽培措施扩大竹丛根盘面积等途径实现环境资源的高效利用和竹林丰产。

#### 参考文献:

- [1] 金爱武,胡超宗,陈宪文,等.绿竹带莖主枝扦插植株的生物学特性[J].竹子研究汇刊,1999,18(1):75-78
- [2] 高瑞龙,林忠平,王杰铃.绿竹笋及幼竹的生长动态[J].亚热带植物通讯,2000,29(2):27-30
- [3] 郑维鹏,郑蓉,林丽娜,等.福建绿竹地理种源造林试验[J].江西农业大学学报,2003,25(2):226-229
- [4] 高培军,郑郁善,林镇斌,等.绿竹开花生理生化特性研究[J].竹子研究汇刊,2002,21(4):70-75
- [5] 郑容妹,郑郁善,张梅,等.盐胁迫对沿海绿竹光合作用及叶绿素的影响[J].竹子研究汇刊,2002,21(4):76-80
- [6] 林益明,林鹏.绿竹林铜锌锰元素含量特征及其动态[J].厦门大学学报:自然科学版,1999,38(3):460-466
- [7] 陈其兵,刘光立,何远绿.四川盆地山区撑绿竹、麻竹育苗造林技术[J].竹子研究汇刊,2002,21(3):37-41
- [8] 谢锦忠,傅樊毅,张光楚,等.丛生竹次生枝采萌圃促萌技术研究[J].林业科学研究,2000,13(2):111-117
- [9] 高瑞龙.绿竹施肥种类、时间效果初步试验研究——绿竹施肥试验研究之二[J].西南林学院学报,2000,20(3):139-142
- [10] 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
- [11] 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
- [12] 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):75-80
- [13] 李睿,钟章成,维尔格 M J A.毛竹的无性系生长与立竹密度和叶龄结构的关系[J].植物生态学报,1997,21(6):545-550
- [14] Marshall C. Source-sink relations of interconnected ramets[M]// van Groenendael J, de Kroon H. Clonal Growth in Plants: Regulation and Function. The Hague: SFB Academic Publishing, 1990: 23-41
- [15] 王昱生.关于无性系植物种群整合作用研究的现状及其应用前景[J].生态学杂志,1994,13(2):50-57
- [16] 董文渊.竹类无性系种群生态学研究现状及其应用前景[J].林业科学研究,2002,15(2):235-241
- [17] Stuefer J F, During H J, de Kroon H. High benefits of clonal integration in two stöbniferous species in response to heterogeneous light environments[J]. Journal of Ecology, 1994, 82: 511-518
- [18] Kroon H, Kwant R. Density-dependent growth responses in two clonal herbs: regulation of shoot density[J]. Ecology, 1991, 86: 298-304