

# 林分结构、立地条件和经营措施 对竹林生产力的影响\*

聂道平 徐德应 朱余生

**摘要** 1985~1991年对江西分宜县江下林场的毛竹林定位实验结果表明:竹林应在饱和立竹度条件下进行生产循环;影响产量的因子主要是土壤厚度、腐殖质层厚度、土壤全P和紧实度,证明采取松土施肥等抚育措施能显著增产;江下毛竹林5个立地等级的合理经营密度依次为4 950~5 550、4 350~4 800、3 450~4 200、2 400~3 300、1 800~2 250株/hm<sup>2</sup>;施用尿素225 kg/hm<sup>2</sup>的增产效应依立地条件和林分状况分别为20%~100%,增值效益为22%~81%。

**关键词** 毛竹林、林分结构、饱和立竹度、立地条件、竹林生产力

毛竹(*Phyllostachys pubescens* Mazel ex H. delehaie)林是我国南方最重要的人工林之一,面积约有350万hm<sup>2</sup>,产量和经济效益都比较低。因此,如何提高生产力和经济效益一直是科研单位和生产部门努力的目标,并已取得一些成功的经验<sup>[1~5]</sup>。为了把理论研究与林业生产结合起来,从1985~1991年,在毛竹林定位研究中开展了这方面的实验和研究。

## 1 实验区自然概况

研究地点位于毛竹中心产区的江西分宜县江下林场(27°37'N,114°37'E),属武功山系支脉。有关实验地区的自然条件及林分状况见参考文献[6]。

## 2 研究方法

1985年设置实验样地104块,进行连续调查。调查项目有立地条件、立竹度、年龄结构、径阶分布、生物量等,以及新成竹的每竹调查(胸径、高、枝下高等)和产笋数记录等。有关项目的经济分析以当地市场价格为准。

## 3 结果分析

### 3.1 影响产量的林分结构因子

3.1.1 年龄结构 天然状态下的竹林年龄结构趋于均匀化<sup>[6]</sup>。这种年龄结构并不理想,因为竹子在8年生后以消耗为主,应予调整。调整的原则是:伐劣留优,伐老留壮,伐密留疏,具体过程及方式如表1所示。

3.1.2 径阶结构 在低生产力(残破)状态下,竹林的径阶结构由于其非自然性而无一般性的

1994-04-30收稿。

聂道平副研究员,徐德应(中国林业科学研究院森林生态环境研究所 北京 100091);朱余生(中国林业科学研究院亚热带林业实验中心)。

\*本文为1986~1990年林业部重点课题“江西大岗山杉木、毛竹林生态系统结构与功能研究”部分内容。

特点,新成竹数较少,且个体小,林分生产力低。经过几年保护(停止采伐),林相变得整齐,径阶分布大多趋于威布尔型曲线。继续演变,一小部分较好立地在立竹度较高但又未超过立地负载(负的密度效应)时,林分趋于正态分布。林分径阶分布变化情况详见表 2。

表 2 径阶分布的变化

年 度	1985	1987	1989	1991
无规律分布	73	40	19	14
威布尔分布	25	54	70	67
正态分布	6	10	15	23

注:104 块样地资料,表中数值为达到该分布型的样地或林分数。

从林分平均胸径的变化上看,培养高产竹林的目标应是直径增长率为正,在此定义直径增长率:

$$\Delta D = (D_{A_i} - D_{A_i-2}) / D_{A_i-2} \times 100\%$$

(公式中的 2 为两年间隔,即大年之间进行比较)。在竹林恢复阶段  $\Delta D$  为正,且越来越大,接近饱和立竹度时平缓下来,超过则出现负值。密度合理林分如年龄结构不合理(老龄竹过多)也会出现负值。

3.1.3 立竹度 立竹度增加标志着林分生产者个体的增多,林分新成竹数  $M$  逐渐参加,且新成竹的平均胸径( $D$ )也增加,而林分生产力  $Y \propto M * D$  也增加(见表 3)。当立竹度达到一定水

表 3 立地条件立竹度对林分生产力的影响

立地条件	竹 林 情 况	年 度				
		1983	1985	1987	1989	1991
优良立地(洼地、坡下部,土壤疏松肥厚)	立竹度(株/hm <sup>2</sup> )	2 660(520)	3 560(260)	4 740(120)	6 000(120)	7 220
	新成竹数(株/hm <sup>2</sup> )	1 240	1 420	1 440	1 380	1 220
	新竹胸径(cm)	10.06	10.17	11.13	10.64	10.22
	产笋量(kg/hm <sup>2</sup> )	—	936	1 054	2 056	2 594
	新竹生物量(kg/hm <sup>2</sup> )	8 754	10 181	11 707	10 543	8 808
中等立地	立竹度(株/hm <sup>2</sup> )	1 680(280)	2 440(400)	2 980(40)	4 020(200)	4 840
	新成竹数(株/hm <sup>2</sup> )	860	1 040	940	1 080	1 020
	新竹胸径(cm)	90.21	9.67	10.58	10.66	10.23
	产笋量(kg/hm <sup>2</sup> )	—	750	1 152	1 484	1 744
	新竹生物量(kg/hm <sup>2</sup> )	5 340	6 937	7 125	8 273	7 375
劣质立地(山脊、坡地中上部,土壤瘠薄养分条件差)	立竹度(株/hm <sup>2</sup> )	840(240)	1 360(100)	2 120(80)	2 900(100)	3 640
	新成竹数(株/hm <sup>2</sup> )	580	760	860	860	840
	新竹胸径(cm)	80.91	90.82	9.89	9.42	8.79
	产笋量(kg/hm <sup>2</sup> )	—	296	454	934	1 130
	新竹生物量(kg/hm <sup>2</sup> )	3 428	5 183	5 925	5 521	4 863

注:①括号内数字为当年减少的数(包括砍伐);②1987 年以前的调查为两年一次,小年均归入大年,表中 1989、1991 等均包括了前一年即 1988、1990 年的产竹和产笋量;③“—”为未调查。

表 1 林分年龄结构的调整过程

(单位:株/hm<sup>2</sup>)

饱和立竹度	2 475				
年龄(a) 度	1~2 1	3~4 2	5~6 3	7~8 4	9~10 5
天然结构	675	525	450	525(450)	300(300)
第一次调整	750	675	525(300)	450(450)	75(75)
第二次调整	825	750	675(600)	225(225)	0
第三次调整	825	825	750(750)	75(75)	0
理想结构	825	825	825	0	0

注:①饱和立竹度定义见 3.1.3;②括号内数字为采伐数,其中 4 度以上为当年采伐,3 度为进入 4 度时的采伐量;③调整中依据两项指标:成竹数及采伐数,在饱和立竹度下成竹数常偏大,要控制采伐数等于成竹数。由于可归入正常生产过程,调整并不增加投入;④调整每两年一次,6 a 完成;⑤本表为到达饱和立竹度后开始调整,在竹林恢复中调整效果更好。

平时,继续增加将对林分生产力产生不利影响,定义这时的立竹度为与立地承载力相当的饱和立竹度。饱和立竹度的测定依林分生产力 $Y$ 的变化曲线而定,当 $Y$ 不再增加渐趋平缓时,即为饱和立竹度。 $Y \propto M * D$ , $Y$ 不再变化, $M$ 与 $D$ 负相关,即此时新成竹继续增加,立竹度加大,新成竹的平均直径 $D$ 将下降,亦即 $\Delta D$ 为负。有了饱和立竹度定义,则经营目标可叙述为:林分在饱和立竹度时生产力最高;不同立地有不同的饱和立竹度,应该(1)在饱和立竹度下进行生产循环,(2)通过改善林地状况,提高立地饱和立竹度水平。

经几年恢复,104块样地有89块达到了饱和立竹度水平,即林分生产力 $Y$ 开始下降,有的林分3~4a前就达到了。表3列出了三个不同立地质量水平样地的立竹度和生产力变化过程,其饱和立竹度的差异客观地反映了立地质量的差异。亦即,立地条件决定林分立竹度水平。

### 3.2 影响产量和立竹度水平的立地因子分析

3.2.1 立地分析因子的选择 立地分析采用逐步回归方法。以饱和立竹度状态下的生产力作因变量。生产力的计算为: $Y = \sum Y_i \cdot M_i$ , $Y_i = a + bD$ ( $i = m \cdots n$ 分别为新成竹的起测径阶和最大径阶),根据实验数据建立新生竹生物量与胸径的一元回归方程,然后估算各径阶的生物量后累加即可。自变量的因子选择,我们将所测得的因子全部列入供计算机筛选。

3.2.2 立地因子的数量化 实地调查并投入逐步回归分析的自变量有海拔( $X_1$ )、坡向( $X_2$ )、坡度( $X_3$ )、坡位( $X_4$ )4项立地因子;土壤厚度( $X_5$ )、腐殖质层厚度( $X_6$ )、土壤紧实度( $X_7$ )、土壤石砾含量( $X_8$ )4项土壤因子;土壤有机质含量( $X_9$ )、土壤全N( $X_{10}$ )、全P( $X_{11}$ )、Si( $X_{12}$ )4项土壤养分因子共计12项。其中9项数值因子直接输入计算机运算, $X_2$ (坡向)、 $X_4$ (坡位)与土壤紧实度( $X_7$ )则根据对竹林生长的影响,进行数量化处理。

表4 几个定性因子的数值化标准

赋值	1	2	3	4	5
坡向	N22°30'E~ N22°30'W	N22°30'W~N67°30'E N22°30'W~N67°30'W	N67°30'E~S67°30'E N67°30'E~S67°30'W	N67°30'E~S22°30'E N67°30'W~S22°30'W	S22°30'E~ S22°30'W
坡位	顶脊部	中上部	中部	中下部	下部山洼处
紧实度	极紧实	较紧实	中等	较疏松	疏松

3.2.3 逐步回归计算及结果分析 回归计算表明, $F(X)$ 值(筛选水平)由低到高可以得到一系列回归方程。在 $F(X)=4$ 的极显著水平下,回归计算结果见表5。在回归计算过程中,海拔、坡位和Si含量首先被剔除,影响林分产量的主要因子有4个:(1)土壤厚度,作为第一相关因子引入说明毛竹虽然在土壤较薄时仍能成林,但若想获得高生产力则必须土壤深厚。

(2)土壤腐殖质层厚度与上一项相同,说明毛竹的喜肥特点。(3)土壤全P,这表明该地环境磷素是高产的限制因素之一。(4)土壤紧实度的引入方程是竹林地下鞭根生长的反映,土壤深厚疏松条件下,鞭根才能得到充分生长。

表5 回归结果

入选因子	回归系数	偏相关系数	单相关系数
$X_5$ 土壤厚度	1.575 72	0.472 3	0.677 0
$X_6$ 土壤腐殖质层厚度	12.491 51	0.433 5	0.546 1
$X_7$ 土壤紧实度	19.193 14	0.233 5	0.381 9
$X_{11}$ 土壤全P含量	105.542 2	0.278 1	0.423 3
	67.372 14	复相关=0.734 0	

### 3.3 确定竹林合理经营密度(饱和立竹度)的方法与程序

(1)选择各种立地条件林分建立半固定样地。每两年调查一次。

(2)保护样地,提高立竹度。

(3)在提高立竹度过程中调整其它林分结构因子,主要是年龄结构(减小老龄竹比例)。

(4)测定林分中的一些数量关系,如不同年龄、不同部位竹秆容重,各器官生物量,竹秆及竹株生物量与年龄、胸径的数量关系等并建立一系列结构和产量方面的计算模型。

(5)计算各种立地类型的生物生产力: $Y_{\text{总}}=Y_0+Y_{1,2}+Y_{2+}$ , ( $i=1,2\cdots$ )

式中第一项为新竹生物量,后两项为成竹干物质积累量。有时为简便也以第一项代替。

(6)确定饱和立竹度:当  $Y_{\text{总}}$  基本稳定,而新竹  $D$  也基本不变时(即新竹数  $M$  也不变,因  $Y$  不变, $M$  继续增加将降低  $D$ ),此时的立竹度就是饱和立竹度, $Y$  值就是该立地的最大生产力。

(7)以各种立地之饱和立竹度时的生物生产力作为因变量进行立地分析,找出主导因子可进行立地分类及指导竹林的生产经营。

根据上述分析,将江下林场竹林划分为如下立地类型:厚腐肥沃型(1)、厚腐厚土型(2)、中腐中土型(3)、中腐薄土型(4)、薄腐薄土型(5)。各立地类型的基本特征及生产力状况列于表 6。

表 6 江下林场主要立地类型的饱和立竹度及生产力 (单位:/hm<sup>2</sup>)

等级	立地特征	饱和立竹度(株)	新成竹数(株)	$D(\text{cm})$	生产力(kg)	产笋量(kg)
1	土壤深厚>100 cm,腐殖质层厚>20 cm,土壤疏松,石砾少的洼地或坡脚地	4 950~5 550	1 200~1 500	10.9	9 480~11 850	2 040
2	土壤厚度 100 cm,腐殖质层厚 17~22 cm,土壤较疏松,石砾较少的坡下部	4 350~4 800	1 050~1 200	10.6	7 980~9 120	1 500
3	土壤厚度 70~100 cm,腐殖质层厚 12~17 cm,土壤结构疏松程度及石砾含量中等的坡上、中、下部	3 450~4 200	900~1 050	10.4	6 660~7 770	1 050
4	土壤厚度 50~80 cm,腐殖质层厚 7~12 cm,土壤较紧实,石砾含量较多,多位于坡中、上部	2 400~3 300	750~900	10.1	5 325~6 390	750
5	土壤厚度<60 cm,腐殖质层厚<7 cm,土壤紧实,通透性差,石砾含量多,多位于坡中、上部及山脊	1 800~2 250	675~825	9.9	4 650~5 685	450

注:①生产力仅包含新竹生物量,②新竹数、生产力、产笋量均包含前 1 a 小年的数。

### 3.4 提高生产力的经营措施

3.4.1 封山育林,提高立竹度 采取严格的封山育林措施,在短期内要减少经营者部分收益,但当林分达饱和立竹度时,生产即在高水平上进行,很快就弥补了封山期的损失。两者的差异如表 7 所示。残破的中等立地林分年总产值为 1 275~2 400 元/hm<sup>2</sup>,而封山 5 a 后的同一竹林年总产值达 4 635~5 880 元/hm<sup>2</sup>,是原竹林的 2.45~3.60 倍。封山 5 a 中的竹材收入损失(封山期的退笋收入高于原林分,故不计入损失项)在封山结束后的 3 a 内即可完全得到补偿(即

高产竹林 3 a 收入等于低产竹林 8 a 的收入)。

表 7 封山育林前后经济收益的比较

林况	封山育林以前的林分			处于饱和度的林分		
	立地条件	优	中	劣	优	中
立竹度(株/hm <sup>2</sup> )	1 500~2 250	900~1 500	600~900	4 950~5 550	3 450~4 200	1 800~2 250
新成竹数(株/hm <sup>2</sup> )	525~750	300~525	150~300	1 200~1 500	900~1 050	675~1 275
平均胸径(cm)	10.2	9.5	8.7	10.9	10.4	9.9
单价(元/根)	4.8	3.6	3.6	5.6	4.8	4.8
产竹产值(元/hm <sup>2</sup> )	2 528~3 600	1 080~1 890	540~1 080	7 320~8 400	4 320~5 040	3 240~3 960
产笋量(kg/hm <sup>2</sup> )	930	652.5	292.5	2 040	1 050	50
产笋产值(元/hm <sup>2</sup> )	279~744	195~522	87~234	612~1 632	315~840	135~360
年总产值(元/hm <sup>2</sup> )	2 790~4 344	1 275~2 412	627~1 314	7 332~10 032	4 635~5 880	3 375~4 320

注:产竹量即为新成竹数;眉围  $L$  与胸径  $D$  的换算公式为:  $D=0.73104+0.30213L$  ( $r=0.9996$ );当地竹材价:眉围 1.2 尺(胸径 12.79 cm):6.80 元/根,1.1 尺(11.79 cm):6.20 元/根,1.0 尺(10.7 cm):5.60 元/根,9 寸(9.7 cm):4.8 元/根,8 寸(8.7 cm):3.60 元/根,7 寸(7.7 cm):2.40 元/根;笋的单价变化较大,以当地市价计为 0.30~0.80 元/kg。

3.4.2 施肥 施肥试验包括 4 种林况(表 8),每种林况 3 个重复,另加一个空白对照。每个试验小区 0.07 hm<sup>2</sup>,施肥量为 225 kg/hm<sup>2</sup>。立地分析表明江下林场以施磷肥或氮磷混合肥较好,实际施用尿素(实验设计时没有立地分析依据,故仅施氮肥)效果也很好。增产效应及经济效益如表 8(3 个重复的平均值)所示。施肥的增产增值效益是延续性的。

表 8 施肥与未施肥林分的产量和产值的比较

处理	林分状况	立竹度 (株/hm <sup>2</sup> )	新竹数 (株/hm <sup>2</sup> )	新竹胸径 (cm)	新竹生 物量 (kg/hm <sup>2</sup> )	新竹 产值 (元/hm <sup>2</sup> )	产笋量 (kg/hm <sup>2</sup> )	笋产值 (元/hm <sup>2</sup> )	总产值 (元/hm <sup>2</sup> )	总增值 (%)
施 肥	低质残破林	60	35	9.3	220.5	126.00	46	9.20	135.20	82.21
	优质残破林	182	62	10.7	477.4	347.20	163	32.60	379.80	72.50
	低质饱和林	132	68	10.4	503.2	326.40	139	27.80	354.20	45.88
	优质饱和林	346	106	11.3	879.8	593.60	370	74.00	667.60	22.63
未 施 肥	低质残破林	63	19	8.7	108.3	68.40	29	5.80	74.20	
	优质残破林	125	41	10.2	295.2	196.80	117	23.40	220.20	
	低质饱和林	137	48	10.0	336.0	230.40	62	12.40	242.80	
	优质饱和林	341	88	11.1	712.2	492.80	258	51.60	544.40	

## 4 结 论

(1)在影响竹林产量的诸多因子中,饱和立竹度是最重要的因子之一。而饱和立竹度是由立地质量决定的,逐步回归计算结果表明影响饱和立竹度(生产力)的立地因子主要是土壤厚度、腐殖质层厚度、土壤全 P 含量和紧实度,说明毛竹是喜肥的,采取松土、施肥等抚育措施能收到显著的增产效果。

(2)立地条件不同,饱和立竹度水平也不同,饱和立竹度也就是林分的合理经营密度。经分析并结合定位观测数据,提出江下毛竹林五个立地等级的合理经营密度依次为:4 950~5 550、4 350~4 800、3 450~4 200、2 400~3 300、1 800~2 250 株/hm<sup>2</sup>。

(3)采取施肥措施能显著提高竹林生产力和经济效益,施用尿素 225 kg/hm<sup>2</sup> 的增产效应依立地条件和林分状况分别为 20%~100%,增值效益为 22%~81%。此外,施肥还能提高小年竹产量,缩短林分到达饱和立竹度的时间,提高立地饱和立竹度的水平。

### 参 考 文 献

- 1 周芳纯. 毛竹林丰产原因分析. 竹类研究, 1982, 1(2): 8~31.
- 2 南京林学院竹类研究室. 竹林培育. 北京: 农业出版社, 1980.
- 3 廖昌良. 从毛竹林各因子反应初探毛竹丰产. 竹子研究汇刊, 1986, (2): 59~63.
- 4 曹福亮, 楼崇. 毛竹林出笋与幼竹生长发育规律的研究. 竹子研究汇刊, 1991, 10(1): 64~70.
- 5 廖光庐. 毛竹鞭梢年生长节律的研究. 竹子研究汇刊, 1984, 3(1): 59~63.
- 6 聂道平. 江西大岗山毛竹林的结构特征. 林业科学研究, 1992, 5(6): 693~699.

## Effect of Stand Structure, Site Condition and Management Method on the Productivity of Bamboo Stands

Nie Daoping Xu Deying Zhu Yusheng

**Abstract** Successive surveys were made in bamboo (*Phyllostachys pubescens*) groves in Dagangshan region, Jiangxi Province from 1985 to 1991. Based on those data, the factors to affect yield such as stand structure, site condition and management method and their adjusting method were discussed. The results show that the most important factor was stand density which should be maintained in optimum situation. The optimum density of bamboo grove in the Jiangxia Forest Farm varied with the site condition and has been given as follows: 4 950~5 550(1); 4 350~4 800(2); 3 450~4 200(3); 2 400~3 300(4); 1 800~2 250(5) stems/hm<sup>2</sup> respectively. Main site factors affecting productivity are soil and humus thickness, soil tightness and P content of soil. Fertilization can bring up a good output and high economic benefit, the increment in yield is 20%~100% and the increment is 22%~81% with the changes of the site conditions, so it should be used in suitable areas.

**Key words** bamboo stand, stand structure, optimum density, site conditions, productivity of bamboo grove