

集约经营雷竹林分结构特征

肖宋高¹ 陈明亮² 江雄波³ 胡云⁴ 张卓文²

1. 国家林业局西北林业勘察设计院, 西安 710048; 2. 华中农业大学园艺林学学院, 武汉 430070;
3. 湖北生态工程职业技术学院, 武汉 430200; 4. 湖北省太子山林场管理局, 京山 431822

摘要 以湖北省崇阳县雷竹林为研究对象,对集约经营雷竹林分结构及各器官生物量分配特征进行了调查与分析,结果表明:集约经营雷竹笋用林立竹在林地上分布均匀,调查的雷竹林分平均胸径为2.55 cm,通过胸径计算得到的适宜经营密度约为15 000株/hm²(1 000株/667 m²);林分中立竹处于年青状态,1年生、2年生、3年生及4年生、5年生立竹数依次为3 000、4 660、3 880、460、20株/hm²,所占的百分率依次为24.59%、38.20%、31.80%、3.77%及1.60%;钩梢有利于雷竹林分抗雪压,虽然钩梢后立竹留盘数减少,冠幅减小,但平均每枝叶面积指数增大;生产中每年通过在林地上均匀保留健壮的笋体而形成新立竹,因而林木株数按径阶的分布不符合正态分布规律,出现向右偏态;农事活动使枝下高也发生变异;雷竹林各器官生物量大小依次为秆>竹莖>竹鞭>叶>枝,钩梢使各器官生物量大小发生变化。

关键词 雷竹; 集约经营; 林分结构; 生物量; 钩梢

中图分类号 S 795 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2012)04-0440-05

雷竹是我国特有的竹种,原产于浙江临安、余杭、德清等地^[1-3],是优良的食用笋竹种。雷竹笋体粗壮洁白、甘甜鲜嫩、营养丰富、爽脆可口、营养品质优良。雷竹出笋期在春节前后,雷竹笋节日上市不仅能丰富菜篮子,还能增加农民收入。种植雷竹投资小,见效快,当年栽竹,次年出笋,一次建园永续利用。一般4~5 a满园,5~6 a能进入高产稳产期。既可零星栽种,也可规模开发。

雷竹适宜于亚热带山地丘陵、平原、河滩地区栽培。适宜的立地条件为:年降雨量1 000~1 600 mm,年平均气温12~15℃,1月平均气温不低于-5℃,最低气温-13.1℃;土壤为红壤、黄壤,pH 4.5~7.0。

湖北省崇阳县1995年引种雷竹,现已经成为华中地区最大雷竹新产区。崇阳县地处亚热带,冬天常遇大雪危害。大雪往往造成雷竹林倒伏、压断树冠、立竹折断或开裂。同时,雷竹生产中还存在林分结构问题,给生产带来很大的损失,使单位面积上竹笋的产量降低,如由于林分的经营密度不适宜,有的林分密度过大,有的林分则密度过小;立竹在林分中分布不均匀,造成部分立竹不能得到充足的光照,不

能充分吸收所处立地的营养物质,得不到适宜的发育空间;立竹与地下竹鞭系统的年龄结构不适合,对竹笋产量造成不利影响。本研究通过实地调查与分析,对集约经营雷竹林分实测数据进行分析,了解高产稳产与高效雷竹林分结构及其生物量分布特征,为雷竹笋用林高产稳产提供试验依据。

1 材料与方法

1.1 研究区自然概况

崇阳县位于湖北省南部,居于湘、鄂、赣三省交界处,位于北纬29°12'~29°41',东经112°32'~114°29',属亚热带湿润季风气候型;年平均气温15.9℃,年降雨量1 200 mm左右。

试验林样地位于崇阳县望天垌村、跑马岭村、青山正亚村、桂花村等地。样地均处于山坡中下部,缓坡。黄壤,土壤中有铁锰结核,微酸性,有较多石块分布其中。雷竹林地采用的是全垦整地,在2~4月造林。每年施肥1~4次,割草1次,覆土1次。该地区的雷竹经营已有10多年,林竹已初具规模。

崇阳县境内引种的雷竹有细叶乌头雷竹、宽叶雷竹和青壳雷竹品种,品种间存在差异。本研究以

收稿日期: 2011-08-31

基金项目: 国家“十一五”攻关计划专项(2001BA508B13)

肖宋高,高级工程师。研究方向:林业、森林公园规划设计、森林资源监测。E-mail: xbyx607@163.com

通讯作者: 张卓文,教授。研究方向:森林培育。E-mail: zhzwzhang@mail.hzau.edu.cn.

栽培面积最大的细叶乌头雷竹林为试验材料。

1.2 样地设置与调查

在有代表性的细叶乌头雷竹林分地段设置样地，面积为 5 m×5 m，全县共设 20 个样地。进行常规样地作业，测量每株雷竹立竹年龄、枝盘数、胸径、冠幅、树高及枝下高。

20 个样地内因立杆数目不等，因此在进行样地间雷竹各生长因子差异分析时采用不等次方差分析^[4]。如果各样地资料测定项目间没有差异，则认为所有测定资料属同一总体而将所有资料合并。对立竹株数按径阶分布进行柯尔莫哥洛夫(A. H. КОЛМОГОРОВ)正态分布假设检查^[4]。

在 20 个样地中，对其中 15 个样地以平均树高和平均胸径为选择标准确定测定标准株，分别对其枝数、每枝叶数、叶生物量、枝生物量、杆生物量、莖生物量和鞭生物量取样与测量，并对每杆竹的分枝角度和枝长等生物学特征进行测定。在收集的各标准株叶中随机取 10 片，在方格纸上画出图形并计算其面积。

在上述 20 个样地附近立地条件相似地段，在不钩梢细叶乌头雷竹林有代表性的地段设置样地，面积为 5 m×5 m，共 3 个，进行样地作业与林分测定。

1.3 雷竹林分适宜经营密度

$$\text{用乌道特(УДОД. В. Е.)公式: } N = \frac{10\,000}{0.164d\sqrt{d}}$$

计算雷竹林适宜经营密度^[5]，将计算结果与现实高产稳产林密度对比分析以检验公式的合理性与实用性。

2 结果与分析

2.1 雷竹林分密度与立竹空间分布特征

各样地雷竹林分密度最小的为 8 800 株/hm² (587 株/667 m²)，最大的为 13 600 株/hm² (907 株/667 m²)，平均为 12 200 株/hm² (814 株/667 m²)。林地中的立竹分布均匀，树冠发育均衡，基本没有大的林隙，调查林分具备了高产林分的特征(表 1)。

用乌道特公式计算的适宜经营密度比相应标准地的现实林分密度要大，这是因为调查时雷竹林地上刚挖掘了老的立竹。

2.2 雷竹林分年龄结构特征

从表 2 可以看出：各样地雷竹林分中立竹年龄最小的是 1 年生，年龄最大的是 5 年生。各样地平均 1 年生、2 年生、3 年生、4 年生及 5 年生密度依次

表 1 雷竹林分密度特征

Table 1 Density of intensive management stand of *Phyllostachys praecon*

样地号 Plot No.	平均胸径/cm Average BDH	样地林木密度/ (株/25 m ²) Density	林分密度/ (株/hm ²) Density	乌道特公式 计算的密度/ (株/hm ²) УДОД. В. Е.
1	2.51	28	11 200	15 334
2	3.03	33	13 200	11 561
3	2.90	24	9 600	12 347
4	3.25	22	8 800	10 407
5	2.83	23	9 200	12 808
6	2.93	29	11 600	12 158
7	2.90	31	12 400	12 347
8	2.57	30	12 000	14 800
9	2.74	26	10 400	13 444
10	2.36	37	14 800	16 819
11	2.25	31	12 400	18 067
12	2.52	32	12 800	15 242
13	2.48	31	12 400	15 613
14	2.47	32	12 800	15 708
15	2.29	31	12 400	17 596
16	2.24	29	11 600	18 188
17	2.22	34	13 600	18 434
18	2.39	33	13 200	16 503
19	2.61	36	14 400	14 461
20	2.56	29	11 600	14 887
总平均值 Total average	2.55	30.50	12 200	14 974

表 2 集约雷竹林分年龄结构特征

Table 2 Age structure of intensive management stand of *Phyllostachys praecon*

样地号 Plot No.	各林龄立竹分布					密度/ (株/25 m ²) Density
	1 a	2 a	3 a	4 a	5 a	
1	3	14	9	2	0	28
2	5	15	11	2	0	33
3	3	9	7	5	0	24
4	4	7	11	0	0	22
5	7	7	7	1	1	23
6	8	9	8	4	0	29
7	8	5	18	0	0	31
8	5	12	11	2	0	30
9	6	6	13	1	0	26
10	3	14	20	0	0	37
11	7	14	8	2	0	31
12	9	12	11	0	0	32
13	6	16	9	0	0	31
14	12	14	5	1	0	32
15	8	16	6	1	0	31
16	8	15	6	0	0	29
17	9	14	9	2	0	34
18	15	12	6	0	0	33
19	13	11	12	0	0	36
20	11	11	7	0	0	29
合计 Total	150	233	194	23	1	601
平均 Average	7.500±	11.650±	9.700±	1.150±	0.050±	30.050
	3.364	3.422	3.908	1.424	0.224	

表 3 不同样地、年龄、株数之间方差分析¹⁾Table 3 Variance analysis for *Phyllostachys praecox* among age

变差来源	自由度	离差平方和 SS	均方 MS	F	$F_{0.01}$
Variance origin	df				
样地 Plot	19	60.59	3.188 9	0.343 0	2.153 6
年龄 Age	4	2 135.74	533.935 0	57.423 7**	3.576 5
样地内	76	706.66	9.298 2		
Within plots					
总变差	99	2 902.99			
Total variance					

1) ** 表示差异极显著 ** show significant differences ($P < 0.01$).

为 3 000、4 660、3 880、460、20 株/hm²，所占的百分率依次为 24.59%、38.20%、31.80%、3.77% 及 1.60%。林分以 2~3 年生立竹为主，达到 70%。变异系数依次为 44.852%、29.377%、40.290%、123.862%、447.214%。样地平均立竹年龄为 2.155 年生。雷竹平均林分密度为 12 200 株/hm²，雷竹林分这种年龄结构有利于高产稳产。方差分析(表 3)表明，虽然样地株数(密度)之间差异没有达到显著性水平，但各年龄、株数之间存在极显著差异。

2.3 雷竹林分株数按径阶分布特征

细叶乌头雷竹笋用林树高、留盘数、冠幅生长均受钩梢的影响，枝下高受人们施肥、除草、采笋等农事活动的影响，对 20 个样地林木胸径生长差异进行方差分析，结果见表 4，方差分析表明各样地之间平均胸径没有显著性差异，因此可将样地资料合并。

表 5 集约经营雷竹株数按径阶正态分布假设检查

Table 5 Normal test for DBH distribution of *Phyllostachys praecox*

径阶(上限-下限)	频数	频率	累积频率	$\frac{x_{top} - \bar{x}}{S}$	$\Phi(ui) = F(x)$	$F(x) - F_n$
DBH group($X_{top} - X_{bottom}$)	Frequency number	Frequency	F_n			
<1.5	7	0.011 6	0.011 6	-1.962 9	0.025 0	0.013 4
1.6~1.8	37	0.061 6	0.073 2	-1.403 4	0.808 6	0.735 4
1.9~2.1	96	0.159 7	0.232 9	-0.843 9	0.200 5	-0.032 4
2.2~2.4	108	0.179 7	0.412 6	-0.284 4	0.389 7	-0.022 9
2.5~2.7	127	0.211 3	0.624 0	0.275 2	0.610 3	-0.013 7
2.8~3.0	115	0.191 3	0.815 3	0.834 7	0.796 7	-0.018 6
3.1~3.3	57	0.094 8	0.910 1	1.394 2	0.917 7	0.007 6
3.4~3.6	32	0.053 2	0.963 4	1.953 7	0.974 4	0.011 0
3.7~3.9	15	0.025 0	0.988 4	2.513 2	0.993 9	0.005 6
4.0~4.2	6	0.010 0	0.998 3	3.259 2	0.999 4	0.001 1
>4.3	1	0.001 7	1.000 0	∞	1.000 0	0.000 0
合计 Total	601	1.000 0				

2.4 钩梢对雷竹林分树高与叶面积的影响

雷竹林分平均单株枝生物量、叶生物量/枝、枝长、叶数/枝及 10 片叶面积的生长见表 6，方差分析表明钩梢对雷竹林分平均单株枝生物量、枝长、叶数/枝、叶生物量/枝及 10 片叶面积的影响均没有达到显著性水平，但对平均单株枝生物量、平均叶

各样地雷竹林分中立竹胸径最小的是 1.3 cm，最大的是 4.4 cm。样地林分平均胸径最小值为 2.2 cm，最大值为 3.25 cm，总立竹平均胸径为 2.55 cm，标准差 0.54，变异系数为 21.01%。用平均胸径 2.55 cm 代入乌道特公式计算适宜经营密度，约 15 000 株/hm²(1 000 株/667 m²)。土壤施肥可以增大雷竹新立竹的胸径。

表 4 样地间雷竹胸径生长差异分析

Table 4 DBH variance analysis for *Phyllostachys praecox* among plots

变差来源	自由度	离差平方和 SS	均方 MS	F	$F_{0.05}$
Variance origin	df				
样地间	19	8.788 0	0.463	1.64	1.89
Among plots					
样地内	581	163.711 5	0.282		
Within plots					
总的变差	600				
Total variance					

人们在雷竹食用笋经营生产实践中，每年初冬都均匀地保留足够数量的健壮笋体发育成长为新立竹，同时伐去老龄立竹，这样对林分径级分布产生影响。对样地雷竹的株数按径阶分布进行正态分布假设检查(表 5)，在表 5 中的 $F(x) - F_n$ 栏中可以找到绝对值最大值 $D_n = 0.735 4$ ，所以 $\sqrt{n} D_n = \sqrt{601} \times 0.907 6 = 17.737 8$ ，查相应表得到 $Q(\lambda) = 0.999 99$ ， $1 - Q(\lambda) = 0.000 01$ ，其值很小，说明所检验总体的分布不符合正态分布。

数/枝及平均叶生物量/枝的影响达到显著或极显著性水平，结果说明钩梢处理虽然对单片叶面积没有影响，同时钩梢还使平均每株立竹的枝条减少，但钩梢促进了平均单株枝生物量、平均叶生物量/枝及平均叶数/枝的增加，最终使叶面积指数增加。

表 6 钩梢处理对雷竹叶面积的影响

Table 6 Effect of tip hooking on the leaf area of *Phyllostachys praecon*

处理 Treatment	树高/m Height	枝下高/m Height under branch	轮数 Rounds	单株枝质量/g Weight per branch	枝长/cm Branch length	叶数/枝 Leaf number per branch	10 片叶面积/cm ² Area of 10 leaves	单枝叶质量/g Weight per branch
没有钩梢 No tip hooking	8.342±1.231	1.176±0.235	28.571±4.126	20.549±5.933	47.617±8.626	99.545±23.767	97.958±11.349	10.667±4.334
钩梢 Tip hooking	3.269±0.641	1.477±0.286	13.341±5.945	39.679±18.182	63.553±16.190	198.042±84.388	101.792±0.880	22.415±8.985

2.5 钩梢雷竹林分各器官生物量分布特征

崇阳县细叶乌头雷竹各器官叶、枝、秆、莛及鞭生物量依次为 342.20、245.07、902.53、389.80、369.93 g, 标准差依次为 92.80、61.98、220.86、161.51 及 138.22, 变异系数依次为 27.12%、25.29%、24.47%、41.43% 及 37.36%, 各器官生物量占总生物量比例分别依次为 15.21%、10.89%、40.12%、17.33% 及 16.44%; 雷竹地上部分的生物

量明显高于地下部分, 而地上部分的秆质量又占据雷竹整体生物量很大一部分。雷竹平均分枝角度为 58.53°, 标准差 10.03, 变异系数 17.13%。雷竹平均分枝长 91.73 cm, 标准差 16.20, 变异系数 17.66% (表 7)。方差分析表明, 各样地(钩梢样地与不钩梢样地)雷竹生物量之间存在显著性差异, 各器官之间存在极显著差异(表 8)。

表 7 钩梢雷竹林分各器官生物量分配特征

Table 7 Biomass distribution among different organs of *Phyllostachys praecon*

序号 Plot No.	生物量/g Biomass					分枝角度/(°) Branch angle	枝长/cm Branch length
	叶 Leaf	枝 Branch	秆 Culm	莛 Stump	鞭 Rhizomes		
1	443	201	678	317	327	56	64
2	228	217	803	562	645	32	114
3	308	193	895	401	415	55	108
4	265	246	1 123	734	274	58	100
5	427	321	1 368	406	540	72	106
6	353	210	687	532	532	64	98
7	524	241	838	299	254	65	97
8	258	222	1 295	675	517	44	109
9	392	196	818	302	372	58	92
10	382	214	882	216	331	60	86
11	382	392	1 084	330	400	62	97
12	183	225	824	246	294	65	77
13	282	169	709	283	138	56	58
14	416	315	641	283	261	60	84
15	290	314	893	261	249	71	86
平均数 Average	342.20	245.07	902.53	389.80	369.93	58.53	91.73

表 8 雷竹不同器官生物量差异分析¹⁾

Table 8 Organ biomass variance analysis for *Phyllostachys praecon* among plots

变差来源 Variance origin	自由度 df	离差平方和 SS	均方 MS	F	F _{0.05} (f ₁ , f ₂)	F _{0.01} (f ₁ , f ₂)
样地 Plot	14	50 0913.9	35 779.57	2.025 9 *	1.872 6	2.418 0
器官 Organ	4	4 026 594.0	1 006 648.00	56.999 4 **	2.536 6	3.674 0
组内 Within group	56	988 998.5	17 660.69			
总差异 Total variance	74	5 516 506.0				

1) *, ** 分别表示在 P<0.05 和 P<0.01 水平上差异显著 *, ** show significance at P<0.05 and P<0.01, respectively.

3 讨论

雷竹林要获高产、早产、稳产就必须集约经营。集约经营措施包括造林地选择、整地、品种选择、母竹选择、造林技术、间作、施肥、灌溉、排水、病虫害防治、竹鞭养护、挖掘老竹鞭老竹莛、钩梢及挖笋等。通过集约经营使林分具备可持续经营的林分结构特

征:(1)均衡的林分年龄结构。通过不同年龄株数调整,使各年龄段的株数相等;(2)合理的林分经营密度。如本研究中林分的平均胸径为 2.55 cm,则适宜经营密度为 15 000 株/hm²;(3)立竹在林地上呈现均匀的水平分布空间结构。

林分结构影响和决定单位面积上林地出笋质量与笋体产量^[6-9]。乌道特公式适宜于雷竹林分经营

密度的计算,生产中可用其十分快捷地计算出林分适宜经营密度。

在实际生产中竹农每年初冬伐除径阶小的老龄立竹,而保留粗大笋体发育形成新立竹,所以林分的株数按径阶分布不呈现正态分布规律,而呈现向右的偏态分布。施肥等集约经营措施,在一定的范围内还能使林分的平均胸径增大。

湖北省崇阳县冬天常下雪而对雷竹造成灾害,如雪倒、立竹折断与弯裂,钩梢能很好地应对雪害。钩梢与挖掘老竹鞭及老竹蔸均对雷竹各器官生物量及其分布产生积极的影响。

参 考 文 献

[1] 董林根,吴伟根.经营干扰对雷竹叶面积指数的影响[J].经济

林研究,1999,17(2):14-16.

[2] 金爱武,马跃.雷竹各器官生物量模型研究[J].浙江林业科技,1999,19(2):7-9,66.

[3] 周国模,金爱武.雷竹林冠层特性与叶片的空间分布[J].林业科学,1999,35(15):17-21.

[4] 邵崇斌.概率论与数理统计[M].北京:中国林业出版社,2004:200-210.

[5] 沈国舫.森林培育学[M].北京:中国林业出版社,2001.

[6] 姜培坤,周国模.雷竹高效栽培措施对土壤碳库的影响[J].林业科学,2002,38(6):6-11.

[7] 吴家森,姜培坤,盛卫星,等.雷竹集约栽培对周边河流水质的影响[J].林业科学,2009,45(8):76-81.

[8] 吴家森,姜培坤,谢秉楼,等.缓冲带在减少集约经营雷竹林养分渗漏流失中的作用[J].土壤学报,2010,47(4):794-797.

[9] 张艳,姜培坤,许开平,等.集约经营雷竹林土壤呼吸年动态变化规律及其影响因子[J].林业科学,2011,47(6):17-22.

Structure characteristics of intensive managed *Phyllostachys praecon* stand

XIAO Song-gao¹ CHEN Ming-liang² JIANG Xiong-bo³ HU Yun⁴ ZHANG Zhuo-wen²

1. Northwest Forest Inventory and Planning Institute of State Forestry Administration, Xi'an 710048, China;

2. College of Horticulture and Forestry Sciences,

Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

3. Hubei Ecology Vocational College, Wuhan 430200, China;

4. Taizishan Forest Management Bureau of Hubei Province, Jingshan 431822, China

Abstract Research had been carried out into the structure and the biomass for different organs of *Phyllostachys praecon* stands located at Chongyang County, Hubei Province, which were intensive managed, the results showed that bamboo stems were uniform distributed in ground, the average DBH of plots studied was 2.55 cm, the management density calculated according to the average DBH was 15 000 stems per hm^2 (1 000 stems per 667 m^2); all stands studied were very young and in good health, stems density for 1, 2, 3, 4 and 5 a were 3 000 stems per hm^2 , 4 660 stems per hm^2 , 3 880 stems per hm^2 , 460 stems per hm^2 and 20 stems per hm^2 with 24.59%, 38.20%, 31.80%, 3.77% and 1.60%, respectively; for anti-snow pressure, although tip hooking made the stem shorted, branch round decreased and crown width dwindled, leaf area index increased. When harvesting bamboo shoots, big and strong shoots were kept uniform in a stand ground which would grow as new stems, so the distribution of DBH was not a normal one, but a rightward. The tending made the stem height under the branch changed as well. The biomass for different *Phyllostachys praecon* organ was in the following order: culm > bamboo stump > bamboo rhizome > leaf > branch, and tip hooking also made the biomass for organs varied.

Key words *Phyllostachys praecon*; intensive management; forest structure; biomass; tip hooking