

## 四川江安县人工经营毛竹林分结构特征

赵鹏<sup>1</sup> 姜方海<sup>1</sup> 赵晓云<sup>2</sup>

(1. 四川省江安县林业局 四川 江安 644200; 2. 四川农业大学旅游学院 四川 都江堰 611830)

**摘要:**通过对江安县毛竹人工林的典型样地调查,利用 Weibull 分布函数对其年龄、胸径和枝下高的密度分布进行了模拟。结果表明:(1)毛竹人工林株数分布较均匀,且结构较合理,1 度竹达 598 株·hm<sup>-2</sup>,占林地总株数的 16.5%;(2)毛竹人工林分的年龄分布符合三参数 Weibull 分布函数,其所有样地拟合的可决系数 R<sup>2</sup> 达 0.99812,各年龄组误差均在 3% 以内;(3)毛竹人工林分胸径和枝下高分布符合二参数 Weibull 分布函数,其全部样地拟合的可决系数 R<sup>2</sup> 分别为 0.99951 和 0.99819;由于人工干扰的原因,其胸径分布的前 4 个径阶组和枝下高分布的前 3 个高阶组的拟合误差较大,最大值分别为 31.69% 和 -30.02%,而其余各组的拟合误差则多在 3% 以下;(4)毛竹人工林的胸径-年龄和枝下高-年龄具有相似的结构特征,即,成熟龄组的胸径分布呈正态分布,对应的竹高分布则呈现左截尾的非完整的正态分布,而其余龄组则无明显分布特征,这与人为经营活动及其水平是相关的。

**关键词:**江安县;结构特征;枝下高;胸径;毛竹人工林;Weibull 分布函数

中图分类号:S795

文献标识码:A

文章编号:1003-5508(2013)05-0001-06

## Structure Characteristics of Artificially-managed *Phyllostachys heterocycla* var. *pubescens* Stands in Jiangan County of Sichuan, China

ZHAO Peng<sup>1</sup> JIANG Fang-hai<sup>1</sup> ZHAO Xiao-yun<sup>2</sup>

(1. Forestry Bureau of Jiangan County in Sichuan, Jiangan 644200, Sichuan, China;

2. College of Tourism, Sichuan Agricultural University, Dujiangyan 611830, Sichuan, China)

**Abstract:** Through the typical sample-plot survey of artificial *Phyllostachys heterocycla* var. *pubescens* stands in Jiangan County, the density distributions of their Age, DBH and HUC were simulated by using the Weibull distribution function. The results showed that (1) the bamboo number distribution of the stands was uniform, and the structure was quite reasonable. The number of bamboos at the first year was 598 individuals per hectare, which accounted for 16.5% of the total bamboos; (2) The age distribution of the stands complied with three-parameter Weibull distribution function, the fitting determination coefficient of all the plots was  $R^2 = 0.99812$ , the error of each age group was within 3%; (3) The DBH and HUC distributions of the stands complied with two-parameter Weibull distribution function, the entire plot fitting determination coefficients were  $R^2 = 0.99951$  and 0.99819 respectively. Because of disturbances by artificially managed activities, the fitting errors found in the first four groups of the DBH distribution and the first three groups of the HUC distribution were larger, and the maximum values were 31.69% and -30.02% respectively, and the fitting errors in the rest groups were less than 3%; (4) The age-DBH and age-HUC distribution of the stands had similar structural characteristics, namely, DBH distribution of mature age groups was a normal distribution, and HUC distribution showed a non-complete normal distri-

收稿日期:2013-06-19

基金项目:四川省林业产业示范基地项目:毛竹材用林丰产栽培经营技术推广与示范(2010-2130206)

作者简介:赵鹏(1970-)男,四川省江安县人,工程师,主要从事森林资源经营与管理;E-mail:122283748@qq.com

通讯作者:赵晓云(1959-)男,重庆市人,博士生,副教授,主要从事森林恢复生态学,森林资源管理及其信息系统研究。

bution which was left-truncated, while the distribution of rest age groups didn't show obvious distribution characteristics, which was related to the artificial managed activities and their level.

**Key words:** Jiangan County, Structure characteristic, HUC (Height Under Crown), DBH, *Phyllostachys heterocyclus* var. *pubescens* stands, Weibull function

林分结构是林分生长预测的基础,其分布模型的研究早已为世界各地的林学工作者所关注<sup>[1-3,18-20]</sup>。近50多年来,结构分布模型作为定量化的林分结构研究手段已为林学工作者广泛采用。潘存德(1990)用Persson分布簇的6种分布函数描述了杨树林分的直径分布<sup>[2]</sup>,Bailey和Dell(1973),Little(1983),孟宪宇(1985),赵晓云(1993),Thomas(2006)等先后用Weibull分布函数模拟了不同林分的株数分布<sup>[1-3,5,18-20]</sup>,建立了Weibull分布参数与林分因子的预测模型,结合林分密度,预测林分生长和产量等。

毛竹(*Phyllostachys heterocyclus* var. *pubescens*)又称楠竹,在我国南方各地广为分布和引种栽培,具有生长快,产量高,用途广等特点,是商品林的重要组成部分。近年来,林学工作者对毛竹林分结构进行了多方面的研究。马明东、赵晓云(1991)对长宁竹海的毛竹林分的立地类型进行了定量划分,李展等(2010),何亚平等(2008)对毛竹林分的空间结构进行了研究,黄煜煜(1996)、张贵(2002)利用正态分布、Weibull分布函数对毛竹林分的直径结构进行了拟合和比较<sup>[4,6-8]</sup>。而目前对毛竹林分的年龄、直径和竹高结构分布模型的定量化研究还不多。本文在其他学者研究的基础上,采用Weibull分布模型对江安县毛竹林分结构进行模拟,其对当地毛竹的生产具有一定的指导意义,为毛竹林丰产提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

江安县位于四川盆地南部宜宾市东南部,地处东经104°57'40"至105°14'30",北纬28°22'20"至28°56'45"。县境内南北长59 km,东西宽15.5 km。全县幅员面积911.733 km<sup>2</sup>。最高海拔1000.2 m,最低海拔236.8 m,相对高差763.4 m。地貌以丘陵为主。江安县属中亚热带湿润季风气候区,具有气候温和,雨量充沛,冬春偏旱、夏季偏涝,四季分明,无霜期长,湿热同季等特点。全县年均温18.1℃,年≥10℃积温5850.0℃,全县常年日照时数为

1173.7 h。森林土壤主要由山地黄壤和紫色土两大类构成,划分为紫红泥森林土、棕紫泥森林土、酸性黄壤森林土和黄壤性森林土4个土属。江安县毛竹林面积1341 hm<sup>2</sup>,主要分布在怡乐镇、江安镇、仁和乡及江安县森林经营所万里工区海拔360 m~880 m的区域。马明东等<sup>[4]</sup>对相邻的长宁县毛竹林分的立地质量进行评价,与其类似的立地条件下表现出较高的生产力水平。

试验地设在毛竹生长具有代表性的江安镇双河村。样地布设的林地坡度在25°~35°,海拔406 m~438 m,土壤为山地黄壤,土层厚度50 cm~80 cm,速效N 2.57 mg·kg<sup>-1</sup>,速效P 6.65 mg·kg<sup>-1</sup>,速效K 116.7 mg·kg<sup>-1</sup>,有机质含量0.4%,pH值6.0。采取的主要经营措施为垦抚、施肥、合理采伐。

### 1.2 样地设置与调查

根据双河村的毛竹林分布特点,设置面积为400 m<sup>2</sup>的方形样地12个,样地分布在3个不同的小班中。在样地中进行每竹检尺,调查和实际测定胸径、枝下高、竹龄。竹龄采用每年新竹标记确定。

### 1.3 分析方法

#### 1.3.1 统计因子

对不同样地调查因子进行统计,并计算其平均直径、平均枝下高、立竹度、径级株数、龄阶(度)株数、竹高级株数。

#### 1.3.2 分布密度函数模拟与检验

竹林结构采用密度分布函数进行模拟,本次采用三参数和二参数两种Weibull密度分布函数进行拟合。

三参数 Weibull 密度分布函数:

$$f(x) = A(1 - \exp^{-(k(x-x_c))^d}) \quad (1)$$

式(1)中,当累计株数相对密度采用百分数时, $A=100$ ;  $k^d$ 为尺度参数;  $x_c$ 为位置参数;  $d$ 为形状参数。

二参数 Weibull 密度分布函数:

$$f(x) = A(A - B) \exp^{-(kx)^d} \quad (2)$$

式(2)中, $B$ 为常数,其它参数同式(1)。

#### 1.3.3 相关分析与检验

为判断密度函数拟合的效果,采用 $X^2$ 检验,并计算其可决系数 $R^2$ 。所有数据处理均在OriginLab公司提供的Origin8.0软件平台中进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 毛竹林结构基本特征

经对 3 个小班 12 个样地调查的各因子进行统计, 得出表 1。

从表 1 中可以看出: 江安县毛竹林株数分布较

均匀, 其均匀度<sup>[10]</sup>为 7.25, 直径和竹高整齐度<sup>[10]</sup>分别为 12.89 和 7.61, 且结构较合理。1 度竹(即 1 a 生新竹)达 598 株·hm<sup>-2</sup>, 占林地总株数的 16.5%, 4、5 度竹株数点总株数的 24.5% 和 20.6%, 表现出较好的生长状态和可采资源的储备量。平均胸径达到 8.12 cm, 平均枝下高达到 4.72 m, 说明其竹材质量较好。

表 1

毛竹林分主要调查因子统计表

Table 1

The survey factors of *Phyllostachys heterocycla* var. *pubescens* Stands

样地号 sample	龄级(度) 株数分布(individuals · hm <sup>-2</sup> )					立竹度 (individuals · hm <sup>-2</sup> )	平均胸径 (cm)	平均枝下高 (m)
	1	2	3	4	5			
1—1	850	1 025	1 250	300	425	3 850	7.82	4.74
1—2	650	950	1 425	475	325	3 825	8.04	4.56
1—3	475	300	1 500	2 075	425	4 775	9.60	6.36
1—4	1050	550	900	925	750	4 175	8.77	5.19
2—1	250	475	600	725	750	2 800	8.08	4.28
2—2	775	75	625	1 125	925	3 525	7.35	4.29
2—3	325	325	500	1 075	1100	3 325	7.67	4.32
2—4	650	600	625	600	750	3 225	7.61	4.37
3—1	425	425	350	800	1425	3 425	7.60	4.06
3—2	650	800	775	725	450	3 400	8.71	5.08
3—3	475	425	700	1025	1100	3 725	8.04	4.49
3—4	600	500	1 025	850	575	3 550	8.20	4.86
平均值	598	538	856	892	750	3 634	8.12	4.72
标准差	226.2	274.2	370.5	445.3	336.3	501.1	0.63	0.62
标准误	65.3	79.1	107.0	128.6	97.1	144.6	0.18	0.18
均匀度	2.64	1.96	2.31	2.00	2.23	7.25	12.89	7.61

注: 1 度竹为调查当年新竹, 5 度竹含 5 度及以上各度竹。立竹的均匀度表示立竹的均匀分布状态, 以平均立竹度与其标准差之比计算, 一般超过 5 即认为立竹分布均匀。表中平均直径和平均枝下高所对应的均匀度为整齐度, 算法同均匀度, 一般超过 7 即认为大小和高度分布均匀<sup>[10]</sup>。

### 2.2 毛竹林年龄分布特征

根据样地每年出笋标记法所进行的年龄调查, 最小年龄为 1 a, 最大年龄为 10 a, 分别以小班汇总,

按年龄进行株数累计统计, 并将其数据代入 Origin8 统计软件包中, 选三参数 Weibull 分布密度函数进行模拟, 得表 2。

表 2

年龄三参数 Weibull 分布拟合统计特征

Table 2

Statistic characteristic of age distribution with three-parameter Weibull function

样本	龄阶数	DF	A	x <sub>c</sub>	d	k	X <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>
1 小班	10	7	100	-21.33501	10.48429	0.03812	1.16713	0.99884
2 小班	10	7	100	-117.87205	46.30111	0.00806	7.82056	0.99243
3 小班	10	7	100	-99.53866	37.70634	0.00948	5.79157	0.99416
汇总	10	7	100	-78.67390	30.90310	0.01186	1.87215	0.99812

从表 2 可知: 经 X<sup>2</sup> 检验及 R<sup>2</sup> 计算均表明, 毛竹年龄分布遵从三参数 Weibull 密度分布函数, 12 个样地调查的统计计算结果的 R<sup>2</sup> 达到 0.99812, 而 2 小班最小的也达 0.99243, 最大的 1 小班达 0.99884, 检验为极相关。

将模拟密度分布函数所得株数与调查实际分布株数对应进行误差检验, 结果见表 3。

从表 3 中可以看出: 年龄结构适合于三参数

Weibull 分布, 其各龄阶模拟密度分布株数误差率均在 3% 以内。

### 2.3 毛竹直径分布特征

根据各样地每株检尺, 按胸径整化值为径阶, 分别小班汇总, 统计径阶累计株数, 并将其数据代入 Origin8 统计软件平台, 选 Fitting 功能; 通过拟合发现: 直径分布不完全遵从三参数 Weibull 密度分布, 但遵从二参数 Weibull 密度分布, 模拟结果见表 4。

表 3 年龄株数模拟密度分布误差计算表

Table 3 The error calculation of age distribution with three-parameter Weibull function

龄阶	株数	累计株数	累计株数 (%)	模拟累计株数 (%)	模拟累计株数	模拟株数	株数差	累计株数差	累计株数误差 (%)
1	598	598	16.4512	15.9454	580	580	18	18	3.00
2	223	821	22.5860	22.5388	819	239	-16	2	0.24
3	315	1136	31.2517	31.1831	1134	315	0	2	0.18
4	431	1567	43.1087	41.9779	1526	392	39	41	2.62
5	425	1992	54.8006	54.5834	1984	458	-33	8	0.40
6	429	2421	66.6025	67.9996	2472	488	-59	-51	-2.11
7	463	2884	79.3398	80.5591	2928	456	7	-44	-1.53
8	442	3326	91.4993	90.4081	3286	358	84	40	1.20
9	271	3597	98.9546	96.4622	3506	220	51	91	2.53
10	38	3635	100.0000	99.1299	3603	97	-59	32	0.88

表 4 胸径二参数 Weibull 分布拟合统计特征

Table 4 Statistic characteristic of DBH distribution with two-parameters Weibull function

样本	径阶数	DF	A	B	d	k	X <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>
1 小班	13	11	100	0.91412	4.67947	0.11022	3.45175	0.99795
2 小班	12	10	100	0.58988	5.34042	0.12715	1.06513	0.99943
3 小班	13	11	100	1.07740	5.21529	0.11868	1.35624	0.99927
汇总	13	11	100	0.85329	4.81957	0.11766	0.87962	0.99951

从表 4 可知: 从 X<sup>2</sup> 检验及 R<sup>2</sup> 计算结果均表明, 毛竹胸径株数密度分布遵从二参数 Weibull 密度分布函数, 12 个样地调查的统计计算结果的 R<sup>2</sup> 达到

0.99951, 最小的是 1 小班, 达 0.99795, 最大的为 1 小班, 也达 0.99943, 检验为极相关。误差检验结果见表 5。

表 5 胸径株数模拟密度分布误差计算表

Table 5 The error calculation of DBH distribution with two-parameter Weibull function

径阶	株数	累计株数	累计株数 (%)	模拟累计株数 (%)	模拟累计株数	模拟株数	株数差	累计株数差	累计株数误差 (%)
2	31	31	0.8533	0.9461	34	34	-3	-3	-9.68
3	29	60	1.6515	1.5067	55	21	8	5	8.33
4	123	183	5.0372	3.4418	125	70	53	58	31.69
5	152	335	9.2210	8.2513	300	175	-23	35	10.45
6	317	652	17.9466	17.7401	644	344	-27	8	1.23
7	550	1202	33.0856	33.0397	1200	556	-6	2	0.17
8	654	1856	51.0873	53.0269	1926	726	-72	-70	-3.77
9	852	2708	74.5389	73.4577	2669	743	109	39	1.44
10	554	3262	89.7881	88.9014	3230	561	-7	32	0.98
11	242	3504	96.4492	96.9041	3521	291	-49	-17	-0.49
12	96	3600	99.0917	99.4913	3615	94	2	-15	-0.42
13	25	3625	99.7798	99.9575	3631	16	9	-6	-0.17
14	8	3633	100.0000	99.9985	3633	2	6	0	0.00

从表 5 中可以看出: 胸径密度分布总体适合于二参数 Weibull 分布, 但前 4 个径阶(2~5 径阶)模拟结果的误差较大, 4 径阶达到 31.69%, 6 及其以上各径阶的误差则较小, 除 8 径阶(-3.77%)外, 其它各龄阶模拟密度分布株数误差率均在 2% 以内。

## 2.4 毛竹枝下高分布特征

根据各样地每株检尺, 按竹枝下高整化值为高阶, 分别以小班汇总, 按竹高阶进行株数累计统计, 并将其数据代入 Origin8 统计软件包中, 选二参数 Weibull 分布密度函数进行模拟, 得表 6。

表 6 竹枝下高二参数 Weibull 分布拟合统计特征

Table 6 Statistic characteristic of HUC distribution with two-parameter Weibull function

样本	径阶数	DF	A	B	d	k	X <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>
1 小班	13	11	100	1.34745	3.53893	0.17635	5.11154	0.99697
2 小班	12	10	100	1.36646	4.94704	0.22726	7.75258	0.99600
3 小班	13	11	100	1.78673	4.18939	0.20812	4.98902	0.99728
汇总	13	11	100	1.48637	3.65804	0.19972	3.16863	0.99819

从表 6 可知: 从  $X^2$  检验及  $R^2$  计算结果均表明, 毛竹枝下高株数密度分布遵从二参数 Weibull 密度分布函数, 12 个样地调查的统计计算结果的  $R^2$  达

到 0.99819, 最小的是 2 小班, 达 0.99600, 最大的为 3 小班, 达 0.99728, 检验为相关。误差检验结果见表 7。

表 7 竹高株数模拟密度分布误差计算表  
Table 7 The error calculation of HUC distribution with two-parameter Weibull function

径阶	株数	累计株数	累计株数 (%)	模拟累计株数 (%)	模拟累计株数	模拟株数	株数差	累计株数差	累计株数误差 (%)
1	54	54	1.4864	1.7579	64	64	-10	-10	-18.52
2	181	235	6.4685	4.8596	177	113	68	58	24.68
3	198	433	11.9185	15.5088	563	386	-188	-130	-30.02
4	931	1364	37.5447	36.5421	1328	765	166	36	2.64
5	1021	2385	65.6482	63.5731	2310	982	39	75	3.14
6	665	3050	83.9527	85.8192	3118	808	-143	-68	-2.23
7	429	3479	95.7611	96.7338	3514	396	33	-35	-1.01
8	148	3627	99.8348	99.6178	3619	105	43	8	0.22
9	2	3629	99.8899	99.9808	3632	13	-11	-3	-0.08
10	4	3633	100.0000	99.9997	3633	1	3	0	0.00

从表 7 中可以看出: 竹枝下高密度分布总体适合于二参数 Weibull 分布, 但前 3 个高阶 (1~3 高阶) 模拟结果的误差较大, 其 3 高阶达到 -30.02%, 4 高阶及其以上各高阶的误差则较小, 除 5 高阶 (3.14%) 外, 其它各高阶模拟密度分布株数误差率均在 3% 以内。

2.5 径阶 - 竹龄分布特征

根据对 12 个样地的所有样木按径阶进行统计, 并对同一径阶内的立竹按竹龄 (度) 归组, 结果见图 1。

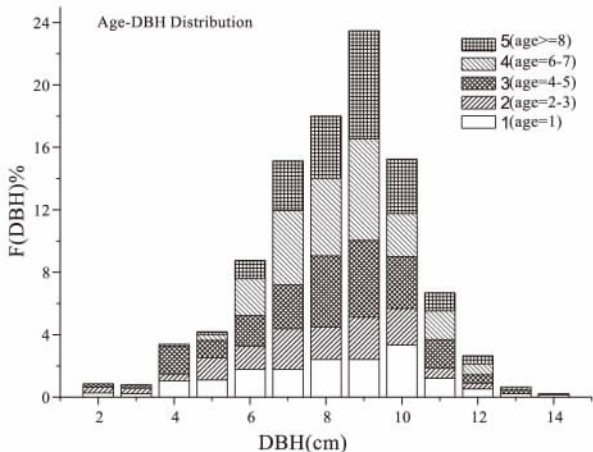


图 1 毛竹林分径阶 - 竹龄分布结构

Fig. 1 DBH-Age Distribution in *Phyllostachys heterocycla* var. *pubescens* Stands

从图 1 中可以看出: 1 度新竹主要分布在 6~10 径阶, 说明其新竹的径大, 为后续的丰产培育提供了较好的基础。2~3 度竹的分布也基本相同, 主要在

4~11 径阶中, 最多分布在 9 径阶。4 度竹则主要分布在 6~10 径阶, 主要集中在 7~9 三个径阶中。5 度竹虽各径阶均有分布, 但主要集中在 7~10 四个径阶中。

2.6 高阶 - 竹龄分布特征

根据全部 12 个样地样木按高阶对其竹龄 (度) 归组统计, 结果见图 2。

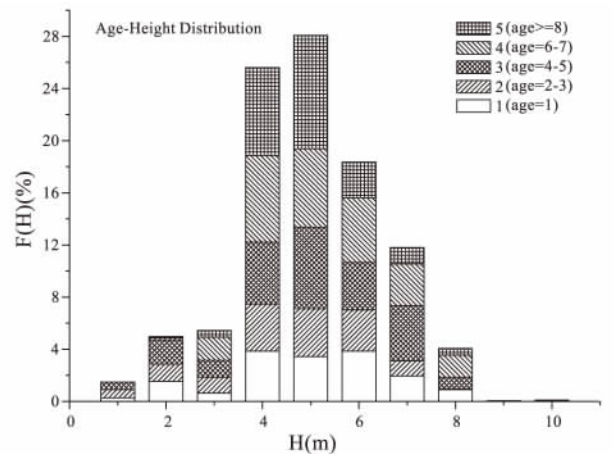


图 2 毛竹林分高阶 - 竹龄分布结构

Fig. 2 HUC-Age Distribution in *Phyllostachys heterocycla* var. *pubescens* Stands

从图 2 中可以看出: 1 度新竹在 1~8 高阶中均有分布, 但主要分布在 4~7 高阶, 说明其新竹当年的高生长状况好。2 度竹则主要分布在 4~6 高阶中; 3 度竹, 主要在 4~7 高阶中。4 度竹多分布在 3~8 中, 以 4~6 高阶居多。5 度竹则主要集中在 4~5 两个高阶组中。

同时,从图2中直观看出:由于人工经营的干扰,竹枝下高的密度分布在前3个组明显不合理,出现明显的断谱现象,这也与拟合误差计算时这3个组的误差偏大结果相吻合。

## 2.7 竹龄-胸径和枝下高分布特征

为进一步分析各度竹随胸径和枝下高分布的规律,将各度竹按径阶和高度进行统计,结果见图3。

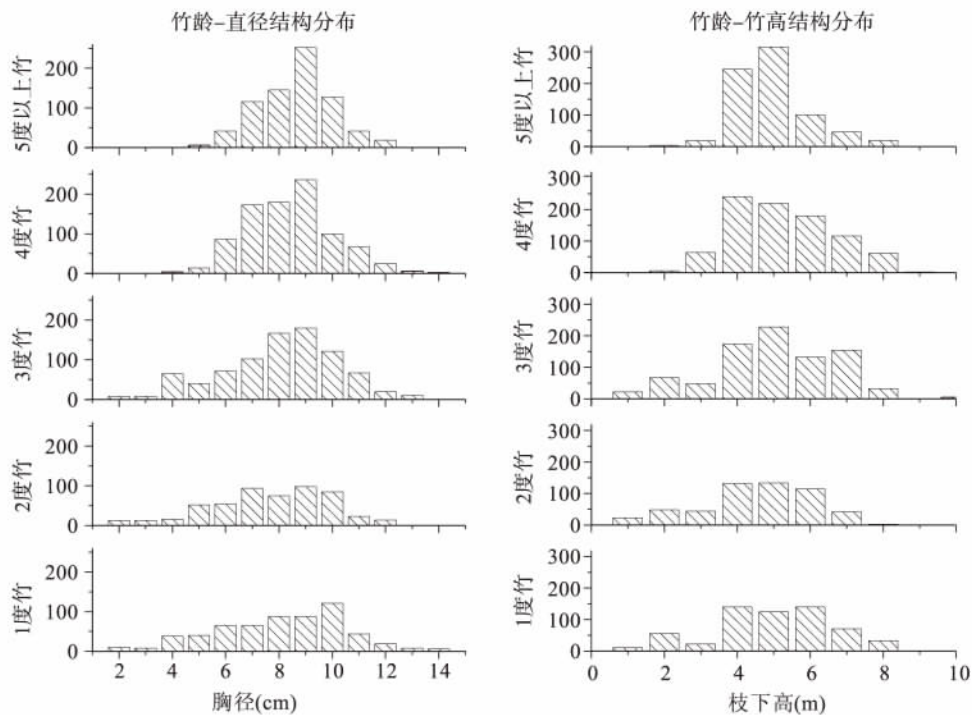


图3 毛竹林分竹龄-胸径、枝下高分布

Fig. 3 Age-DBH and Age-HUC Distribution in *Phyllostachys heterocycla* var. *pubescens* Stands

从图3中可以看出:各度竹胸径分布近似正态分布,且随着竹龄的增加其更接近正态;而枝下高分布则有所不同,分布比较零乱,随年龄增加,特别是4和5度竹的分布出现左截尾的正态分布,这与“留三砍四去五”的经营措施有关。

## 3 结论与讨论

(1) 江安工人经营毛竹林年龄结构合理。江安县是四川省毛竹的主产区之一,其产量占全省三分之一以上。根据本次调查统计结果:江安县毛竹林株数分布较均匀,且结构较合理,其1度竹(即1年生新竹)达 $598 \text{株} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,占林地总株数的16.5%。4度、5度竹株数占总株数的24.5%和20.6%,表现出较好的生长状态和可采资源的储备量。由于江安毛竹林是我国毛竹引种的西缘线,与其原产区比较有立竹大,平均直径偏小的特点<sup>[9,10,13-17]</sup>,致其生产力水平偏低。

(2) 人工经营毛竹林年龄分布遵从三参数

Weibull密度分布函数。这次调查的12个样地拟合,以及全部样地进行拟合的结果都表现为年龄分布符合三参数Weibull分布,表现出在人工经营状况下其竹林年龄结构的稳定性和规律性,也与不少学者对于南方各地的毛竹林分的年龄结构的研究结果基本一致<sup>[8,10,12,16,17]</sup>。年龄结构对于竹林经营具有重要意义,通过竹林年龄结构的预测,可制定相应的采伐经营方案,做到科学合理地进行采伐。

(3) 人工经营毛竹林胸径和枝下高分布符合二参数Weibull密度分布函数。通过研究表明:江安毛竹林的直径和竹高的分布具有其特殊性,符合二参数Weibull分布,而并不符合三参数Weibull分布。一方面可能是毛竹的直径、高度与年龄没有相关性<sup>[11,15]</sup>,毛竹具有1a生成竹的特性,其直径和竹高在当年就成型,以后几无变化;另一方面则可能是经营中的“抽大留小”采伐方式所致,使得其结构出现小径阶或小高阶组的竹株保留在林地中,这样就造成与中等径阶或高阶组的断谱现象,从而导致其分布的特殊性,这在竹高分布中表现得尤其突出。

(4) 人工经营毛竹林胸径、枝下高随年龄呈现不同的分布结构。在研究中发现:各度竹胸径近似正态分布,且随着竹龄的增加其更接近正态;而枝下高分布则有所不同,比较零乱,随年龄增加,特别是4和5度竹的分布出现左截尾的正态分布,这与“留三砍四去五”(或“存三去四莫留七”)的经营措施有关<sup>[11,17]</sup>。1度~3度竹作为竹林的主要后备资源,在各地的经营中均进行保留,这样可使每年的新竹数量和质量都能稳定在较高的水平上,符合用材毛竹林生产的要求。通过本次调查和拟合的结果可以看出,1度~3度竹应进行适当的经营性采伐,去掉径小和低矮的竹株,以保证其合理结构,最大限度利用立地空间,使4度~5度竹的蓄积与竹材规格均保持较高水平,从而形成优质丰产的合理竹林结构。

#### 参考文献:

- [1] 孟宪宇. 使用 Weibull 分布对人工油松林直径分布的研究[J]. 北京林学院学报, 1985, 8(1): 30~40.
- [2] 潘存德. 林木直径分布预测动态模型的研究[J]. 林业科学, 1990, 26(5): 470~473.
- [3] 韩兴吉. 林分生长和产量的数学模型(综述). 北京林业大学学报, 1986, 8(3): 85~98.
- [4] 马明东, 赵晓云. 楠竹林分立地质量评价及类型划分研究[J]. 竹子研究汇刊, 1991, 4: 49~60.
- [5] 赵晓云. 四川盆地西缘柳杉人工林结构及生长预测的初步研究[J]. 四川林业科技, 1993, 3: 23~29.
- [6] 黄煜煜. 毛竹胸径分布和竹林生产力的估测[J]. 湖北林业科技, 1996, 3: 31~37.

- [7] 徐八骏, 翟芬芳, 胡世荣. 毛竹林分结构因子的调查分析[J]. 安徽林业科技, 1997, 4: 5~8.
- [8] 张贵, 陈建华. 应用 Weibull 分布研究毛竹林分直径结构规律[J]. 经济林研究, 2002, 20(4): 31~33.
- [9] 何东进, 洪伟, 范圣锋, 等. 武夷山毛竹天然林与人工林种群结构比较研究[J]. 中国生态农业学报, 2005, 2: 34~36.
- [10] 戴玉斌. 福建省毛竹混交林竹林结构比较研究[J]. 华东森林经理, 2006, 1: 35~39.
- [11] 何亚平, 杨执菊, 蒋俊明, 等. 四川长宁毛竹种群的数量特征和生物量结构[J]. 四川林业科技, 2008, 3: 14~19.
- [12] 王微, 胡凯, 吴冬琴, 等. 重庆地区毛竹分株种群结构特征研究[J]. 竹子研究汇刊, 2008, 2: 16~20.
- [13] 王海霞, 张健, 黎美莲, 等. 江西毛竹林分结构垂直地带性变化规律初探[J]. 湖北林业科技, 2008, 2: 10~11.
- [14] 郑进炬, 董文渊, 陈冲. 海子坪天然毛竹无性系种群地上部分生物量结构研究[J]. 林业调查规划, 2009, 1: 30~33.
- [15] 李展, 宋丁全, 王福升, 等. 三元地区毛竹林分空间结构分析[J]. 金陵科技学院学报, 2010, 3: 63~67.
- [16] 林桂明. 毛竹混交林分生长状况和结构特征研究[J]. 世界竹藤通讯, 2012, 2: 18~22, 26.
- [17] 白尚斌, 周国模, 王懿祥, 等. 天目山国家级自然保护区毛竹扩散过程的林分结构变化研究[J]. 西部林业科学, 2012, 1: 77~82.
- [18] Bailey R L, Dell T R. Quantifying diameter distributions weibull function[J]. For. sci. 1973, 19: 97~104.
- [19] Lillittle S N. Weibull diameter distributions for mixed stands of Western conifers[J]. Can. For. J. R. 1983, 13: 85~88.
- [20] Thomas NL, Cao Q V. A diameter distribution model for even-aged beech in Denmark [J]. Forest Ecology and Management, 2006, 231: 218~225.

(上接第73页)

3.43 cm, 平均最长根长为 8.24 cm; 珍珠岩平均生根数为 5.81 条, 平均抽稍长度为 3.56 cm, 平均最长根长为 7.2 cm。

由于本试验在云南省林业科学院热带林业研究所(普文)苗圃地进行, 所采用的扦插基质简单, 所得出的结果只能表明在森林土、河沙和珍珠岩 3 种基质中, 最适在普文扦插旱冬瓜插穗的基质为森林土。

#### 5.2 讨论

扦插基质影响土壤水分、温度和通气状况, 从而影响插穗成活率和生根质量。不同基质进行旱冬瓜

扦插试验中, 结果显示: 森林土上扦插生根效果最好, 这可能与基质种类及理化性质有关。在 3 种基质中, 珍珠岩的通气性和排水性好, 但保水性差, 同时所含有机物质较少, 根系发育相对较差, 所以用珍珠岩扦插生根率最低。

#### 参考文献:

- [1] 郑万钧. 中国植物志[M]. 第二卷北京: 中国林业出版社, 1985: 113~117.
- [2] 柏斌特约记者. 云南建成首个旱冬瓜种质资源保存库[N]. 中国绿色时报, 2010-09-07.
- [3] 王达明, 杨绍增, 李莲芳, 等. 热区造林树种论文集[C]. 昆明: 云南科技出版社, 1996.