

# 广东西江地区杉木人工林地上部分生物量和生产力的研究\*

古炎坤 陈北光

(林学系)

冯耀华

(广东西江林业局)

## 提 要

本文对广东西江地区不同立地不同龄组杉木人工林地上部分生物量和生产力作了研究,结果表明杉木林分生物量和生产力随立地条件不同而变化,3龄组Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ立地地林分地上生物量和生产力分别为132.01、97.27和57.93吨/公顷及7.45、4.70和3.29吨/公顷·年。其中Ⅰ、Ⅱ立地间差异不显著,Ⅱ、Ⅲ立地间差异显著( $P=0.05$ ),Ⅰ、Ⅲ立地间差异极显著( $P=0.01$ )。在相同立地条件下(Ⅰ立地)杉木林分生物量随着林龄增加而变化,3龄组分别为1、2龄组的3.44和1.6倍。其中3、1龄组间差异极显著( $P=0.01$ ),1、2龄组间差异显著( $P=0.05$ ),而2、3龄组间差异不显著。文章还对影响林分生长的栽植密度和环境因子作了讨论。

关键词: 杉木, 立地类型, 龄组, 生物量, 生产力。

## 前 言

杉木 (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook) 是我国特有的优良速生针叶树种, 以分布广、生长快、材质好、栽培历史悠久而闻名于世。解放后, 我国南亚热带低山丘陵也广泛栽培并取得了一定的成绩和经验。但连栽杉木纯林亦和其它地带一样出现土壤衰竭<sup>[5]</sup>和生长衰退现象。鉴于我国森林资源日趋减少, 能源又缺, 而人类对森林利用部分日益扩大, 已进入全株利用或全林利用的阶段。为了解西江地区杉木人工林在不同立地类型不同龄组 (1: 1~10年生; 2: 11~20年生; 3: 21~30年生) 地上部分生物量和生产力, 为杉木人工林在本气候带地区的营造和经营提供理论依据。因此, 我们于1984年3~4月在国营广东西江、象牙山林场进行调测。本文是由调测的资料撰写而成的。

## 调查地区的自然条件

西江、象牙山两林场位于广东郁南、德庆和云浮三县交界处, 西江中游南北两岸丘陵低山地区, 北纬 $22^{\circ}43' \sim 23^{\circ}08'$ , 东经 $111^{\circ}49' \sim 111^{\circ}55'$ , 海拔20~600米, 坡度较陡, 一般 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 。气候属南亚热带粤中湿润气候地区德封丘陵河谷气候小区, 据西江

\*本文承曾天勋副教授审阅; 参加工作的还有黄惜河、张顺恒、陈德武、江少佳和钟象景等; 工作中得到国营广东西江林业局生产技术科和西江、象牙山林场的支持, 一并表示感谢!

1986年4月22日收稿

林场气象观察站1979~1982年的气象记录，年平均温度21.7℃，2月为低温月，平均12.9℃，7月为高温月，平均29.1℃，极端最高和最低温度为38.8℃和0.6℃；年平均降水量1537.2毫米，年平均蒸发量1244.9毫米，降水量超过蒸发量，除11~1月较干旱外，其余各月均较湿润，水热系数年平均为2.1（湿润型），年相对湿度80%左右。母岩为奥陶系上统泥质页岩、黑色页岩、红色粉砂岩和砂岩，土壤多为中壤、酸性，pH 5.0~5.6<sup>[4]</sup>。

原生的自然植被已破坏无余，现有的植被以杉木和马尾松 (*Pinus massoniana*) 人工林为优势及少数的杉、松，杉、阔叶混交林，林下植物以芒箕 (*Dicranopteris dichotoma*)、鸟毛蕨 (*Blechnum orientale*)、棕叶芦 (*Thysanolaena maxima*)、芒 (*Miscanthus sinensis*)、里白 (*Hicriopteris chinensis*) 等为常见。

## 调查方法

### （一）样品采集

在Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ类立地及1、2和3个龄组的杉木林分设置标准地（330平方米）进行杉木林分生物量调测。每种立地和林组各3次重复，共设40个标准地（应设27个，另加13个标准地按概率出现的常态分布规律分配于各立地和龄组中）。在标地内进行每木检尺，然后按各径阶选标准木（平均木）各3株，又从其中选出一株伐倒木，伐倒后按分层切制法<sup>[1-6]</sup>，测定树干、枝、叶和花果的鲜重及采样测干重。另外，在未经人为干扰的地段设1平方米小样方采集枯落物并称重。随后，随机取样并称样品0.5公斤置于薄膜袋内及封口。在室内按立地和龄组归类，等量混合并称取0.25~0.5公斤置于干燥箱。60℃恒温烘至恒重，求得干重。

### （二）土样采集

每标地挖土壤剖面3个，成品字形分布，分别在剖面土层0~25厘米和25~50厘米处取土样，然后再以3个剖面分层等量混合并取样，以供化学分析。

### （三）杉木林分生物量计算

先求得各径阶平均木各组分的生物量（W'）乘以株数（n）求得各径阶立木的生物量。总计得到标准地的生物量W = (W')n

### （四）相对生长关系的建立

根据林木胸径与树高同各部分生物量和材积存在一定相关规律<sup>[2]</sup>，即D<sup>2</sup>H（D为胸径，H为树高）与干、枝、叶和材积的相关关系。将实测各径阶样本各组分生物量与D<sup>2</sup>H在双对数纸上描图呈直线趋势，故选择W = a(D<sup>2</sup>H)<sup>b</sup> 相对生长式来组配生物量回归估测式。用最小二乘法配置对数方程，求出回归方程式参数a、b（表1）。由表1可见，西江地区杉木人工林不同立地不同龄组的干、枝和叶生物量的回归方程相关性显著（r = 0.91~0.99）按方程计算理论值与实测值之间，除个别情况外，精度一般都在95%以上。根据实测的胸径和树高，用表1回归方程便可计算杉木各器官的生物量。

表 1 西江地区杉木人工林不同立地不同龄组地上部分各器官生物量回归方程

立地类型	立地数	龄组	组 器 官 成	回归方程 $W = a(D^2H)^b$		相关系数	精度 (%)
				a	b		
I	17	1	干 枝 叶	0.031258	0.8768	0.9961	99.05
				0.000320	1.3895	0.9682	96.97
				0.391619	0.2647	0.9944	98.60
	16	2	干 枝 叶	0.000283	1.4846	0.9914	99.05
				0.000007	1.7354	0.9404	99.10
				0.000002	1.8202	0.9646	92.92
	17	3	干 枝 叶	0.017172	0.9761	0.9505	99.37
				0.000002	1.8502	0.9817	85.37
				0.000006	1.5570	0.9964	90.10
II	14	1	干 枝 叶	0.016515	0.9930	0.9232	98.34
				0.003461	1.0046	0.9343	98.56
				0.003442	1.0304	0.9414	98.62
	13	2	干 枝 叶	0.007777	1.0789	0.9897	99.60
				0.000005	1.9238	0.9689	97.66
				0.000001	1.9404	0.9800	80.93
	13	3	干 枝 叶	0.007303	1.0939	0.9402	97.44
				0.005093	0.8891	0.9106	98.64
				0.002635	0.8467	0.9195	98.43
III	9	1	干 枝 叶	0.033767	0.9555	0.9947	96.96
				0.276413	0.2362	0.9791	99.54
				0.029031	0.8064	0.9837	97.65
	9	2	干 枝 叶	0.181033	0.6468	0.9963	99.49
				0.000002	2.0935	0.9972	86.13
				0.001442	1.0740	0.9856	96.86
	8	3	干 枝 叶	0.001294	1.4167	0.9522	95.80
				0.000003	2.0979	0.9708	98.59
				0.003238	1.9063	0.9753	98.04

## 结 果 与 分 析

### (一) 杉木林分地上部分生物量

实测材积(表2)表明西江地区杉木林分地上部分生物量随林龄和立地的变化而异。

1. 不同立地杉木林分生物量: 杉木生物量与立地条件密切相关。表2可见, 各个

表2 不同龄组不同立地杉木人工林地上部分生物量

龄组	立地类型	立地指数	林分平均密度(株/公顷)	平均木生物量(公斤/株)				林分生物量(吨/公顷)				枯落物(吨/公顷)	合计	样地数		
				针叶	花果	树干	枝条	针叶	花果	树干	枝条					
1 (1—10)	I	17	3420	2.05	7.42	1.75	11.22	7.01	5.98	25.38	38.37	3.64	42.01	4		
	I	14	4350	1.37	5.25	1.18	7.80	5.96	5.13	22.84	33.93	4.93	38.86	5		
	II	9	3315	1.03	2.28	0.75	4.06	3.41	2.49	7.56	13.46	1.16	14.62	4		
2 (11—20)	I	16	2100	3.41	0.19	30.3	5.35	39.25	7.16	0.40	11.24	63.63	82.43	9.82	92.25	5
	I	13	2160	2.52	0.23	25.8	5.06	33.61	5.45	0.50	10.93	55.73	72.61	4.98	77.59	5
	II	9	2475	1.85	0.16	13.2	3.02	18.23	4.59	0.38	7.48	32.67	45.12	5.31	50.43	4
3 (21—30)	I	17	2370	2.06	0.43	47.3	5.91	55.51	4.88	1.02	14.01	112.1	132.01	6.10	138.11	4
	I	13	2610	1.73	0.35	30.8	4.43	37.31	4.52	0.91	11.56	80.28	97.27	5.49	102.76	5
	II	8	3405	1.17	0.22	13.2	2.42	17.01	3.99	0.75	8.24	44.95	57.93	7.67	65.60	4

组的杉木生物量都是立地条件愈好生物量愈高。3龄组Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ立地杉木林分地上部分生物量(吨/公顷)平均分别为132.01、97.27和57.93，Ⅰ分别为Ⅱ、Ⅲ立地的1.4和2.3倍。表3表明，其中Ⅰ、Ⅲ立地间差异显著( $P=0.01$ )；Ⅱ、Ⅲ间差异显著( $P=0.05$ )；Ⅰ、Ⅱ间差异不显著。3龄组不同立地间杉木干材生物量的差异：Ⅰ立地(吨/公顷)平均为112.10，为Ⅲ立地44.95的2.49倍，也为Ⅱ立地80.28的1.4倍。其中Ⅰ、Ⅱ及Ⅱ、Ⅲ间差异不显著，Ⅰ、Ⅲ间差异显著。可见Ⅲ立地栽植杉木的经济效益不佳。从3龄组Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ立地杉木各器官生物量的分配规律(图1)看到，Ⅰ立地杉木干材占比率大，枝、叶和花果占比率小；Ⅱ立地次之；Ⅲ立地最小，但枝、叶和花果占比率大。这与立地条件差生长不良的林分结果累累，呈衰老状态相一致<sup>[2]</sup>。

2. 不同龄组杉木林分生物量，从表2可见，相同立地杉木林分生物量随林龄增加而增加。Ⅰ立地1、2和3龄组的生物量(吨/公顷)分别为38.37、82.43和132.01，3龄组为2与1龄组的1.6和3.44倍。其中3、1龄组间差异极显著( $P=0.01$ )；2、1龄组间差异显著( $P=0.05$ )；3、2龄组间差异不显著。显然，西江地区杉木人工林生物量与年龄关系也和中心产区相似<sup>[1]</sup>，各龄组生物量分配，1龄组树冠比率大，干材小；3龄组树冠小，干材和花果的比率大(图2)。其树高和胸径生长(图3、4)速生时期出现于5~17年间(1龄组和2龄组前期)，18~30年间(2龄组后期至3龄组)已进入干材阶段，树高和胸径生长逐渐变缓，所以2、3龄组林分地上生物量和干材生物量差异不显著。

由3龄组各立地4~5株标准木树干解析材料(中等木一株如图5)可见，Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ立地木材积连年生长和平均生长曲线相交年龄分别为26、20和25年，Ⅰ、Ⅱ立地较好，分别于26和20年相交是正常的；Ⅲ立地条件差，没有及时抚育疏伐，立木密度大，生长缓慢，多于25年后相交，其经济效益小。所以，本区杉木Ⅰ、Ⅱ立地的主伐年龄25~30年是适宜的。

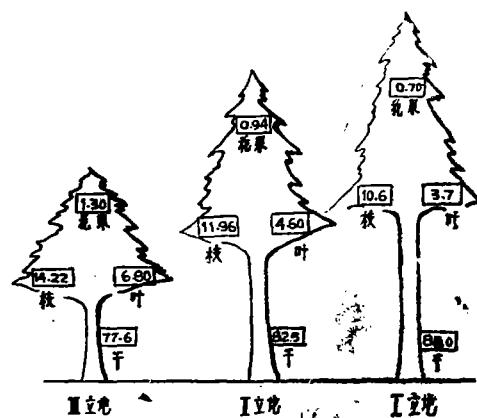


图1 不同立地杉木地上生物量分配(%)

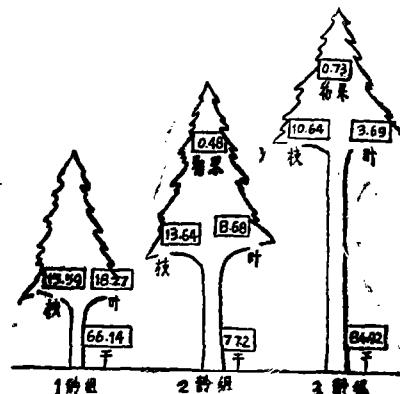


图2 不同龄组杉木林分地上生物量分配(%)

不同立地不同龄组杉木各组分生物量及蓄积量的差异性检验

组 分	变 来	差 源	F-值	多 重 比 较 (t-检 验)						年 龄 组 间 差 异			
				I-I	I-II	I-III	$\Delta 0.05 \Delta 0.01$	1-2	1-3	2-3	$\Delta 0.05 \Delta 0.10$		
针 叶	立 地 组	立 龄	7.152*	69.7	156.83*	87.13	✓		18.10	66.63	84.71		
	立 地 组	立 龄	30.533**	80	289.4**	209.4**	✓	356.33**	448.97**	92.63	✓		
枝 条	立 地 组	立 龄	76.817**										
	立 地 组	立 龄	6.897	9391	25764*	16373	✓	2198.96*	4034.4**	1895.5	✓		
树 干	立 地 组	立 龄	16.527*										
	立 地 组	立 龄	1.497	9.3	9.6		✓			31.27*	✓		
花 果	立 地 组	立 龄	36.857*										
	立 地 组	立 龄	14.576*	14263	38211**	23948*	✓	✓	2754.9*	4642.9**	1888.03	✓	
林分生 物量	立 地 组	立 龄	21.313**										
	立 地 组	立 龄	6.719	3.95	8.97*	5.018	✓		5.807	10472*	4.665	✓	

\*差异显著 \*\*差异极显著

## (二) 杉木林分生产力

从表 4 可见，杉木林分生产力是随立地条件的差异而变化的，如 3 龄组 I 立地杉木林分生产力（吨/公顷·年）7.45，比 II 立地的 4.70 及 III 立地的 3.29 分别高 58.5% 和 126.4%。I 立地 2 龄组林分生产力为 6.68 比 1 龄组的 4.2 高 59%，却比 3 龄组的 7.45 低 11.5%；II 立地 2 龄组林分生产力为 5.48，比 1 龄组的 3.89 高 40.8%，也比 3 龄组的 4.70 高 16.4%。可见好立地的杉木林分生产力随林龄增加而递增；中等立地的 2 龄组显著地高于 1 龄组，亦稍高于 3 龄组；差立地的与中等的相似。显然，西江地区中等的和差的立地杉木林分生产力下降较早。

## (三) 影响林分生物量和生产力的因素

首先，栽植密度与林分生物量和生产力：栽植密度关系到杉木林群体结构和光能利用，直接地影响杉木林分生物量和生产力。由表 5 看到，I、II 立地 9 年生林分随林分密度增加，林分生物量和生产力相应增加，但林分平均胸径和平均木生物量却递减。培育用材林，能够经济而有效地利用光能和地力，以提高林分生物量和生产力，应通过抚育间伐来调控林分结构。从表 5 表明，本区杉木初植密度 4500 株/公顷左右是较合理的。其次，环境因子与杉木林分生物量：同一种源的杉木栽于不同立地会出现同化器官在质量方面的差异，如前所述是与环境因子密切相关的。不同立地间的海拔高、对坡距和坡位系数等环境因子均值（表 6）有不同程度的差异，经 t-检验，I、III 及 II、III 间差异极显著，I、II 间差异显著。土壤理化性质（pH 值例外）无显著差异。地形因子是

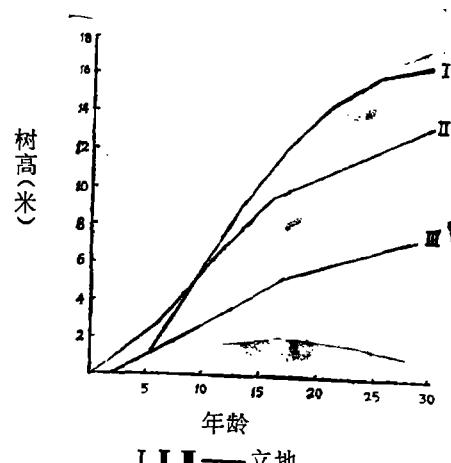


图 3 不同立地杉木树高生长曲线

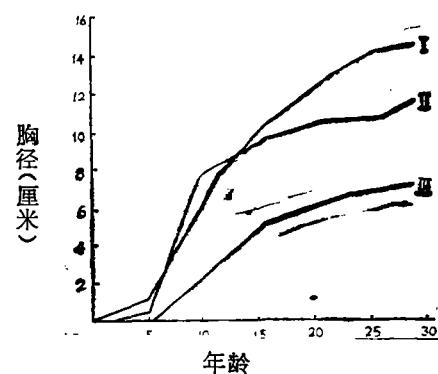


图 4 不同立地杉木胸径生长曲线

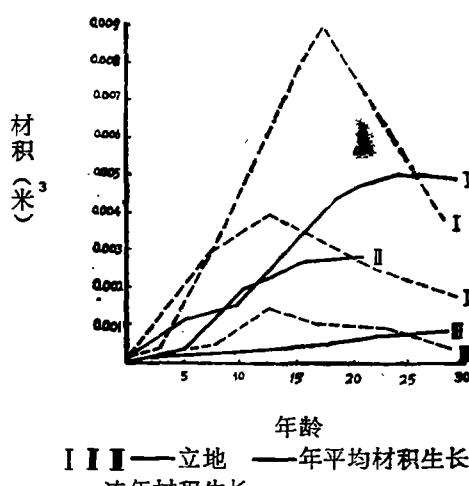


图 5 不同立地杉木材连年生长和年均生长曲线

通过它对光、温度、水分和养分等的重新分配而影响林木生长的<sup>[3]</sup>。Ⅰ、Ⅱ立地位于山峰重叠、对坡距小、光照时间较短(直射光较少)、温度较低、蒸发量较小、空气湿度较大和水分状况良好的环境，杉木生长期较长，故生长较Ⅲ立地的快，生物产量也较高<sup>[1]</sup>。显然这是同地形因子综合作用分不开的。

表4 不同立地杉木林分生产力(吨/公顷·年)比较

立地类型	龄组	干材	枝条	针叶	花果	枯落物	合计
Ⅰ	1	2.54	0.60	0.70		0.36	4.20
	2	3.83	1.12	0.72	0.033	0.98	6.68
	3	4.85	1.40	0.49	0.102	0.61	7.45
Ⅱ	1	2.28	0.51	0.60		0.49	3.88
	2	3.29	1.09	0.55	0.049	0.50	5.47
	3	2.46	1.16	0.45	0.091	0.55	4.70
Ⅲ	1	0.76	0.25	0.34		0.12	1.46
	2	2.51	0.75	0.46	0.038	0.53	4.29
	3	1.23	0.82	0.40	0.075	0.77	3.29

表5 不同栽植密度九年生杉木林生物量和生产力

立地类型	林分密度 (株/公顷)	林分平均胸径 (厘米)	林分平均树高 (米)	平均木生物量 (公斤/株)				林分生物量 (吨/公顷)			林分生产力 (吨/公顷·年)
				干	枝	叶	全株	活立木	枯落物	合计	
Ⅰ	2730	8.4	6.6	7.93	1.94	1.99	11.66	31.84	3.65	35.48	3.94
	3570	8.2	7.6	7.41	1.35	1.79	10.55	37.67	3.65	41.31	4.59
	4650	8.1	8.2	6.63	1.48	1.72	9.83	45.72	3.65	49.37	5.59
Ⅱ	3870	7.4	6.5	7.04	1.10	1.47	9.61	37.19	4.93	42.12	4.68
	4350	7.3	7.2	6.83	0.96	1.44	8.84	38.45	4.93	43.38	4.97
	4710	6.6	6.0	6.44	0.80	1.50	8.74	41.18	4.93	46.10	5.13

表6

不同立地环境因子的均值

因 子	立 地 类 型			
	I	I	II	标准地数*
	因 子 均 值			
海 拔(米)	367	286	229	58
对坡距(米)	82	145	220	58
坡位系数	1.02	1.04	0.83	58
PH(KCl)	3.80	3.81	3.60	58
PH(H <sub>2</sub> O)	5.44	5.40	5.14	58
有 机 质(吨/公顷)	6.34	6.68	7.07	58
容 重(克/厘米 <sup>3</sup> )	1.08	1.06	0.99	58
坡 向	0.94	1.27	0.96	58
坡 度	36.2	34.4	32.2	58
全氮含量(%)	0.12	0.13	0.12	27
速效钾含量(ppm)	6.30	8.10	8.20	27
盐 基 量(m·e/100克上)	6.29	6.95	6.73	27

\*其中的31个标准地材料是1983年调测的

## 结 论 与 讨 论

(一) 西江地区杉木林分地上部分生物量和生产力随立地变化而异，I立地条件较好，其生物产量和生产力均较高，II立地稍次，但I、II立地间差异不显著，III立地条件差，不适宜栽杉，建议逐步改造为马尾松、荷木(*Schima superba*)混交林。

(二) 相同立地条件下的杉木林分生物量随林龄增加而递增。3龄组较1龄组显著地高，存在极显著差异，2、1龄组间差异显著，而3、2龄组间的差异不显著，说明本区杉木林分进入干材阶段，树高和胸径生长渐趋缓慢。本区杉木的主伐年龄II、I立地一般25~30年是适宜的。

(三) 相同立地条件下，本区杉木林分生物量，在初植密度4500株/公顷左右范围内，随栽植密度增加而递增，而林分平均胸径和平均木生物量却降低。本区I立地的杉木分初植密度4500株/公顷左右是适宜的。

## 引 用 文 献

- [1] 冯宗煌等：我国亚热带湖南桃源杉木人工林生态系统生物量的研究，《杉木人工林生态学研究论文集》，6、15、175，中国科学院林业土壤研究所，1980年。
- [2] 刘志刚等：杉木人工林乔木层的生物量和生产力的研究，《广西农学院学报》，(2)1983，29—33。
- [3] 东北林学院主编：《森林生态学》，69，中国林业出版社，1981年。

- [4] 地质部广东省地质局区域地质测量大队主编:《广东省地质图》,罗定幅, F—49X, 地质部广东地质局, 1964年。
- [5] 张宪武等:杉木连栽与土壤中毒,《杉木人工林生态学研究论文集》,143,中国科学院林业土壤研究所,1980年。
- [6] Van Lear, A. 1982, Sampling for above-ground biomass for *Pinus radiata* in the Bosboukloot catchment at Jonkershoek., S. Afr. For. J. No. 123, 8-13.

## AN INVESTIGATION ON THE BIOMASS ABOVE GROUND AND THE PRODUCTIVITY OF ARTIFICIAL *CUNNINGHAMIA LANCEOLATA* STANDS IN XIJIANG ARAE GUANGDONG PROVINCE

Gu Yankun Chen Beiguang  
(Department of Forest)

Feng Yaohua  
(Xijiang Forestry Bureau)

### ABSTRACT

This paper is an investigation on the biomass above ground and the productivity of artificial *Cunninghamia lanceolata* stands of different site types and age-groups in Xijiang Area, Guangdong province. The results show that the biomass and the productivity of stands vary with the site types. The average biomass of stands on site type I, II and III in the three age-groups are 132.01, 97.27 and 57.93 t ha<sup>-1</sup> and the productivities of them are 7.45, 4.70 and 3.29 t ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> respectively. There is no significant difference between site type I and II, but significant difference( $p=0.05$ ) between site type II and III, and a high significant difference ( $p=0.01$ ) between site type I and III. In the same type, the biomass of the stands varies with the age-groups. The stand biomass in age-group 3 is 3.44, and 1.6 times in the age-group 1 and age-group 2 respectively. There is a high significant difference ( $P=0.01$ ) between age-group 3 and age-group 1, significant difference( $P=0.05$ ) between age-group 2 and age-group 1 and no significant difference between age-group 3 and age-group 2. The influences of planting density and environment factors on the stand growth are also discussed in this paper.

**Key words:** *Cunninghamia lanceolata*, site type, age-group, biomass, productivity.