

文章编号: 1002 1498(2005) 02 0125 08

杉木人工林生物量变化规律的研究*

段爱国, 张建国**, 何彩云, 童书振

(中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091)

摘要: 基于大岗山林区相似立地条件前后 3 次生物量调查研究资料, 结合杉木人工林固定样地长期观测材料对杉木人工林生物量的变化规律作了较为详尽的研究, 得到了如下主要研究结果: (1) 对于同一林分, 除叶生物量和某些枝生物量存在一个减小的时期外(5 a 至 8 a 时), 单株和林分各组分生物量均随林龄的增加而增大。在 12 a 前的林分速生期间, 叶、枝、干所占比重微弱增加, 致使地上部分比重增加, 而根比重减小; 在干材期(12~ 16 a), 单株各组分所占比例趋于稳定。(2) 立地指数对单株和林分各组分的生物量、总生物量以及生物量分配比率均存在显著影响, 且这种影响随着林龄的变化而变化, 并受初植密度的制约。(3) 随着初植密度的增大, 单株各组分生物量明显减小, 干生物量分配比率在任一林龄时刻均呈下降趋势; 由密度所形成的不同林分生物量间的差距随林龄呈减弱的趋势。

关键词: 杉木人工林; 生物量; 立地; 密度; 变化规律

中图分类号: S7911.27

文献标识码: A

Study on the Change Laws of Biomass of Chinese Fir Plantations

DUAN Ai2guo, ZHANG Jian2guo, HE Cai2yun, TONG Shu2zhen

(Research Institute of Forestry, CAF; Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: Based on study materials of 3 biomass research in the similar site condition of Dagangshan forest region and the observed materials of permanent sample plots of Chinese fir, this paper made a relatively detailed study on the change laws of biomass of Chinese fir plantations, and obtained the main results as follows: (1) For the same stands, except that biomass of leaves and some branches have a decreasing duration(from 5 a to 8 a), biomasses of various parts of mean individual and stand all increase with the increasing of stands age, during the quick growth years of stands, the proportions of leaves, branches and stem are weakly increasing, with above ground parts increasing and roots decreasing. In stem growth stage(12~ 16 a), the proportion of each organ of mean individual tends to be stable. (2) Site indices have obvious affection on the amount of biomass, biomasses of all parts and allocation rate of mean individual and stand, the affection varies with stand age, and is restricted by planting density. (3) With the increasing of planting density, the biomass of each organ of mean individual obviously decreases, the allocation rate of biomass of stem tends to decrease at any age; the discrepancies of biomasses of different stands, caused by planting density, tend to decrease with the increasing of stand age.

Key words: Chinese fir; biomass; site index; density; change laws

随着科学技术的进步和生产的发展, 人类对林木各部分的利用日益扩大。为了提高木材的利用率, 过去的那种单纯利用树干已被全树的综合利用

所代替, 研究林木生物量的问题日趋重要。我国的森林生物量研究工作最早是从杉木开始的, 针对杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)人工林的

收稿日期: 20030210

基金项目: 国家/十五0攻关项目/南方主要针叶用材林树种新品种选育及培育技术0

作者简介: 段爱国(1976), 男, 湖北荆州人, 在职博士生。

* 中国林业科学研究院亚热带林业研究中心在前后几次生物量调查中给予了大力支持与协助, 在此深表感谢!

** 本文通讯作者。

特点, 科研人员从生物量测定方法及其与立地类型、发育阶段、密度大小、生理因素等的关系和产量结构等不同角度进行了广泛而深入的研究和有益的探索^[1-5, 9, 10]。然而, 由于传统上杉木的主要用途是作为建筑材, 杉木人工林一系列的试验设计也围绕这一用途而展开, 所研究的指标主要集中在树高、胸径及材积等一些生长指标上, 而对杉木人工林生物量的变化规律缺乏必要的系统性研究。鉴于杉木在我国南方乃至全国造林树种中所占的重要地位, 开展对杉木人工林生物量变化规律的研究意义重大, 有利于杉木的全树利用, 亦能反映杉木人工林的森林生产力及固定 CO₂ 的能力, 有助于揭示养分生物循环规律, 而且能为杉木纸浆材林的营造奠定一定的理论和实践基础。鉴于此, 本文根据同一地点杉木人工林生物量的 3 次调查研究资料及固定样地长期观测试验材料, 对杉木人工林生物量的变化规律作了较为系统的研究, 以期对杉木纸浆材的定向培育提供科学可靠的依据。

1 试验地概况与研究方法

1.1 试验地概况

试验区设置在江西省分宜县大岗山林区, 属罗霄山脉北端的武功山支脉, 位于东经 114°30'~114°45', 北纬 27°30'~27°50'。气候温暖湿润, 属亚热带

季风湿润类型, 年平均温度为 15.18~17.17℃; 7 月平均最高温度 28.18℃, 日最高温度 39.19℃; 1 月平均最低温度为 -5.13℃, 日最低温度 -8.13℃。全年日照平均时数为 1 657 h, 最高为 2 047 h, 最低为 1 378 h, 日照百分率约 37%。太阳总辐射年平均为 4861.6 kJ·cm⁻²。平均蒸发量约为 1 503 mm, 最多为 1 771 mm, 最少为 1 274 mm。年平均降水量为 1 591 mm, 最多为 2 228 mm, 最少为 1 070 mm。年平均无霜期为 265 d。本区属地带性低山丘陵红壤、黄壤类型及其亚类的分布区。

1.1.2 固定样地材料

固定样地材料源于大岗山年株林场场部后山的密度试验林, 该片试验林于 1981 年春采用 1 年生苗营造, 由 2 m@3 m、2 m@1.5 m、2 m@1 m、1 m@1.5 m、1 m@1 m 等 5 种株行距组成一个不同密度区组, 分别记为 A、B、C、D、E, 各重复 3 次, 记为 a₁、a₂、a₃; b₁、b₂、b₃; c₁、c₂、c₃; d₁、d₂、d₃; e₁、e₂、e₃, 共 15 个小区, 每个小区面积为 600 m², 采用随机区组排列, 并在每个小区四周各设计两行同样密度的保护带。另设立了一块面积为 600 m² 的试验林, 株行距均为 1 m, 记为 e₄。对每株树挂牌记号作连续观测, 10 年生前逐年调查, 10 年生后作隔年调查。各初植密度林分所对应的立地指数见表 1。

表 1 各初植密度林分所对应的立地指数

区组号	A(2 m@3 m)			B(2 m@1.5 m)			C(2 m@1 m)			D(1 m@1.5 m)			E(1 m@1 m)			
	a ₁	a ₂	a ₃	b ₁	b ₂	b ₃	c ₁	c ₂	c ₃	d ₁	d ₂	d ₃	e ₁	e ₂	e ₃	e ₄
初植密度P(株#hm ⁻²)	1 667			3 333			5 000			6 667			10 000			
立地指数Pm	15.88	12.52	16.142	15.10	14.152	16.192	14.147	14.142	14.107	12.188	13.109	13.125	13.190	14.123	13.185	12.14

1.1.3 资料来源及研究数据的获取

根据不同时期大岗山丘陵区 5、8、13 年生杉木人工林生物量的调查研究, 得到了相应林龄段杉木人工林林分平均单木各组成成分(包括叶、枝、干、根)的生物量预测模型^[6-8]。

利用固定标准地的长期观测试验数据以及表 1 所列的 3 组预测模型, 估测出不同初植密度、不同立地林分平均木在不同年龄时各组成器官的生物量, 进而推算出不同年龄时林分的叶、枝、干、根的生物总量和林分总生物量, 并对相同立地时不同密度的林分在同一年龄的生物量进行平均处理。所有数据均保留 4 位小数, 最后结果保留 2 位。利用所得到的生物量数据, 对不同立地、不同密度、不同年龄林

分平均木及总生物量进行比较分析, 探索立地、密度对杉木人工林生物量动态变化规律的影响。

2 结果与分析

2.1 不同立地杉木人工林生物量变化规律

2.1.1 不同立地单株生物量变化规律 表 2~4 列出了三种密度下不同立地的林分平均木单株生物量和各部分生物量及占单株生物量百分比。

由 3 表可知, 对于同一林分, 从 5~8 a, 叶生物量普遍降低, 部分枝生物量也降低, 单株其它各部分生物量均增加, 8 a 以后, 单株各部分生物量随林龄的增加而增加。各组分生物量分配率均为干最多, 5 a 时, 分配率表现为: 干>叶>根>枝, 叶所占比重达 30%

以上,在12 a前的林分速生期间,叶、枝、干所占比重微弱增加,致使地上部分比重增加,而根比重减小,在干材期(12~16 a),单株各组分所占比例趋于稳定。这一规律与马尾松人工林生物量的变化规律相一致。5 a以后,除个别情况外(表2中8年生12立地指数时),干生物量比重都在60%~75%之间变动,地上部分比重变化范围为75%~90%。

从表中可以发现,当密度相同时,高立地指数林分单株各部分生物量在任一林龄时均高于低立地指数林分的单株;立地指数对各组分配率也存在一定影响,除5年生的个别情况外,在12年生前,相对

低立地指数,高立地指数的林分单株组分干、枝和叶的生物量分配率均高,而根比例要低,干材期间(12~16 a),立地指数对分配率影响不明显,这表明,干材生长期前,林木单株营养成分用于地上部分生长的比重随林龄的增加而增强,立地条件越好,这种作用愈明显。对全株生物量来说,立地指数影响明显,且不同时期影响程度不一,表现为:立地指数越高,全株生物量越大,速生期间(如8、9、10 a)差异最大,最大时高出的百分比可达70%,幼年时期(如5 a)以及干材期间(12~16 a)差异略小。

表2 不同立地杉木人工林(株行距:2 m@3 m)生物量变化规律

立地指数P	年龄P	平均单株					林分							
		叶	枝	干	根	地上	全株		叶	枝	干	根	全株P	
m	a	kg					kg	%	(t#hm ⁻²)				(t#hm ⁻²) %	
12	5	2197	1133	3152	1166	7182	9.48		4.96	2122	5187	2177	15183	
16	5	4138	1183	4183	2104	11104	13108	37.79	7.31	3105	8105	3140	21181	37179
12	8	2118	1141	14102	3114	17161	20175		3.63	2135	23137	5123	34159	
16	8	3184	2149	24171	3186	31104	34190	68.23	6.40	4115	41120	6144	58119	68123
12	9	3108	1199	19180	3148	24187	28135		5.13	3132	33100	5180	47125	
16	9	5100	3124	32120	4121	40144	44165	57.51	8.34	5141	53167	7101	74143	57151
12	10	3180	2146	24146	3172	30173	34145		6.34	4111	40178	6120	57142	
16	10	6117	4100	39167	4147	49184	54130	57.64	10.28	6166	66114	7145	90153	57164
12	12	5136	6190	38144	6141	50170	57111		8.93	11150	64108	10168	95120	
16	12	6188	8199	52153	8180	68140	77120	35.18	11.47	14198	87157	14167	128169	35118
12	14	6100	7178	44150	7144	58129	65172		10.01	12197	74118	12140	109156	
16	14	8105	10160	61124	10128	79189	90117	37.20	13.34	17158	101157	17105	149154	36149
12	16	6177	8183	50106	8138	65165	74103		11.28	14171	83144	13197	123141	
16	16	8163	11142	65147	11100	85152	96152	30.38	14.24	18184	108103	18115	159125	29105

表3 不同立地杉木人工林(株行距:2 m@11.5 m)生物量变化规律

立地指数P	年龄P	平均单株					林分							
		叶	枝	干	根	地上	全株		叶	枝	干	根	全株P	
m	a	kg					kg	%	(t#hm ⁻²)				(t#hm ⁻²) %	
14	5	2114	0199	2159	1136	5172	7108		7.14	3129	8163	4154	23160	
16	5	3103	1135	3157	1168	7195	9163	36.02	10.09	4151	11191	5160	32111	36102
14	8	1126	0182	8113	2143	10121	12165		4.21	2173	27110	8111	42115	
16	8	2129	1148	14171	3103	18148	21151	70.05	7.62	4194	49102	10110	71168	70105
14	9	1169	1110	10187	2168	13166	16134		5.63	3165	36124	8192	54145	
16	9	2195	1191	18198	3128	23184	27111	65.98	9.83	6137	63125	10192	90137	65198
14	10	2111	1137	13156	2187	17104	19191		7.03	4155	45120	9158	66136	
16	10	3154	2129	22177	3141	28160	32102	60.80	11.77	7163	75171	11135	106145	60141
14	12	3192	4195	24116	3198	33103	37101		13.06	16151	80153	13127	123137	
16	12	5106	6150	32129	5136	43185	49121	32.95	16.79	21154	107108	17178	163118	32127
14	14	4147	5170	27163	4157	37180	42137		14.91	19100	92109	15123	141123	
16	14	5178	7147	36181	6113	50106	56118	32.59	18.97	24153	120186	20113	184148	30162
14	16	4193	6132	31106	5115	42132	47147		16.45	21107	103152	17117	158121	
16	16	6115	7198	38179	6147	52192	59138	25.10	20.03	25199	126136	21106	193145	22127

表 4 不同立地杉木人工林(株行距: 1 m@1 m)生物量变化规律

立地指数	年龄	平均单株					林分								
		叶	枝	干	根	地上	全株		叶	枝	干	根	全株		
		kg					kg	%	(t#hm ⁻²)					(t#hm ⁻²) %	
m	a														
12	5	1151	0168	1173	1104	3191	4195		14190	6169	17115	10128	49103		
14	5	1164	0174	1191	1111	4138	5140	9106	16126	7138	19104	11103	53171	9156	
12	8	0157	0137	3164	1168	4158	6126		5159	3162	35194	16158	61173		
14	8	0172	0147	4163	1181	5181	7162	21185	7113	4162	45188	17192	75155	22140	
12	9	0171	0146	4156	1180	5173	7153		7100	4153	45100	17172	74125		
14	9	0193	0160	5199	1194	7152	9146	25173	9120	5196	59114	19117	93147	25188	
12	10	0189	0158	5174	1192	7121	9113		8170	5164	55197	18174	89105		
14	10	1113	0173	7129	2106	9116	11121	22179	11108	7117	71123	20112	109160	23108	
12	12	2140	2195	1118	1178	16153	18131		22153	27170	105114	16171	172108		
14	12	2171	3136	12162	2102	18170	20172	13117	24167	30154	114182	18139	188143	9150	
12	14	2174	3140	13112	2111	19127	21137		25139	31145	121137	19148	197170		
14	14	3105	3181	14152	2134	21137	23172	10196	25193	32132	123145	19193	201163	1199	
12	16	3106	3182	14141	2133	21130	23163		26187	33150	126137	20139	207113		
14	16	3146	4134	16189	2175	24169	27143	16111	26188	33175	131140	21136	213139	3102	

将表 2、3、4 结合起来考虑,可以发现,在初植密度不同的情况下,立地条件对单株生物量的影响存在差异。初植密度越低,立地条件对单株各组分生物量影响的幅度越大。如表 2、3 中,同样相差一个立地指数级, A 密度时,干、地上部分及全株生物量(16 a 时)分别相差 2147、3139、3180 kg,而 B 密度时,分别为 7173、10160、11191 kg,后者均相当于前者的 3113 倍。对全株生物量,从表中可以明显地看出,初植密度低时,立地指数所导致的差异要大,也就是说,立地条件对单株生物量的影响受初植密度的制约,初植密度越大,立地条件的作用会受到削弱,反之,初植密度越小,立地条件的作用越显著。

2.1.1.2 不同立地林分生物量变化规律 对于同一林分或同一初植密度的不同林分,在林分发生自然稀疏之前,林分生物量变化规律与林分平均木变化规律表现一致,与立地条件无关。

在初植密度不同的情况下,立地条件对林分生物量与对林分单株平均木的影响存在差异。当初植密度为 A 时,从表 2 中可以看出,由于 16 指数林分在 14 a 时发生了微弱自然稀疏,因此,其林分生物量较 12 指数增加的百分率略低于林分单株,16 年生时亦是如此; B 密度时,从表 3 中可以看出,16 指数林分在 10 a 时发生了自然稀疏,因此,其林分生物量较 14 指数增加的百分率自 10 a 后也略低于林分单株; D 密度时,从表 4 中可以看出,12、14 指数林分在 5 a 时均开始了自然稀疏,10 a 前,14 指数林分生物量较 12 指数增加的百分率反而略高于林分单株(最大时

为 0155%),这可能是因为 10 a 前,虽然立地指数高的林分更有可能发生自然稀疏,但由于其林木长势更好,导致稀疏的株数反而要少的缘故; 10 a 后,高立地指数林分自然稀疏程度激烈增加,林分株数减少得更多,致使 14 指数林分生物量较 12 指数增加的百分率大大低于林分单株,而且在干材期间,随着自然稀疏的加剧,这种作用愈明显。

从表 2~ 4 可以看出,初植密度越低,立地条件对林分各组分生物量影响的幅度越大。如表 2、3 中,同样相差一个立地指数级, B 密度时,干、地上部分及林分 16 a 时生物量分别相差 22184、31134、35124 t#hm⁻²,而 E 密度时,分别为 5103、5129、6126 t#hm⁻²,前者相当于后者的倍数分别是 4154、5192、5163 倍。这就表明,低密度林分要达到较高的生物量生产水平,其立地指数一定要高。对林分生物量,从此 3 表中可明显地看出,与低初植密度时的情形相比较,初植密度高时,高立地指数林分较 12 指数林分高出的比率要小,但从林分速生期(8~ 12 a 以前)到干材期(12~ 16 a),初植密度高时,高低立地指数间的这种高出比率变化的速率要大。可以看到, B 密度的林分在 10 a 时的这种比率为 60141%, 12 a 时降到 32127%,及至 14 a 时的 30162%,而 E 密度的林分在 10 a 时的这种比率为 23108%, 12 a 时已降到 9150%,及至 14 a 时的 1199%,这进而表明,当初植密度非常高时(如达 10 000 株#hm⁻²),立地对林分生物量的影响减弱,对这种高密度的林分,无论其立地指数的高低(12、14 指数级),在 14 a 或略前即

可采伐利用。

从以上的分析, 可以得出这样一个结论: 立地指数对单株和林分各组分生物量、总生物量以及生物量分配比率均存在显著影响, 且这种影响随着林龄的增长而有所不同; 立地条件对生物量的影响受初植密度的制约, 低密度时立地的影响更为明显, 且持续的时间长, 高密度时, 立地的影响作用降低得快, 如表 4 中 14 a 时两种不同立地的林分生物总量就仅相差 1199%。作纸浆材时, 如要在 16 a 前采伐利用, 无论何种初植密度的林分, 尤其是低密度林分, 其立地指数越高越好。

212 不同密度杉木人工林生物量变化规律

21211 不同密度杉木人工林单株生物量变化规律

表 5~ 7 列出了 3 种立地条件下不同密度的林分单株平均木生物量和各部分生物量及其占单株生物量百分比。从此 3 表可以看出, 当立地条件一致时,

随着林分初植密度的增加, 林分单株各组分生物量及单株总生物量均明显下降, 由于单株总生物量及其各组分生物量随密度的变化规律是一致的, 因此, 这里就仅讨论一下单株总生物量的变化规律。在立地为 12 指数的条件下, A 密度和 B 密度林分的单株生物量分别是 E 密度林分单株生物量的 1192 和 1117 倍(5 a)、3177 和 1141 倍(10 a)、3113 和 1127 倍(16 a); 14 指数时, B 密度、C 密度和 D 密度林分的单株生物量分别是 E 密度林分单株生物量的 1131、1125 和 0199 倍(5 a), 10 a 时分别为 1178、1162 和 1108 倍, 16 a 时分别为 1173、1146 和 1113 倍; 16 指数时, A 密度林分的单株生物量是 B 密度林分单株生物量的 1136 倍(5 a)、1170 倍(10 a)、1163 倍(16 a)。这一结果说明: 同一立地条件下, 林分密度相差越大, 其单株生物量就相差越大; 林分密度对单株生物量影响最大的时期在林分速生期(如 10 a 时)。

表 5 不同密度杉木人工林生物量变化规律(12 指数)

样地	年龄	密度 a (株#hm ⁻²)	平均单株							林分						
			叶	枝	干	根	地上	全株		叶	枝	干	根	全株P		
			kg							kg	%	(t#hm ⁻²)				(t#hm ⁻²) %
a2	5	1 667	2197	11 33	31 52	11 66	7183	9149	911 72	4 96	21 22	5187	2177	151 83		
d1	5	6 650	1176	01 81	21 09	11 18	4165	5183	171 74	111 68	51 35	13190	7184	381 78	144 99	
e4	5	9 900	1151	01 68	11 73	11 04	3191	4195		14 90	61 69	17115	10128	491 03	2091 76	
a2	8	1 667	2118	11 41	14 02	31 14	17161	20175	2311 66	31 63	21 35	23137	5123	34 59		
d1	8	6 650	0185	01 55	51 47	21 00	6187	8187	411 77	51 65	31 66	36136	13131	581 98	70152	
e4	8	9 867	0157	01 37	31 64	11 68	4158	6126		51 59	31 62	35194	16158	611 73	78146	
a2	9	1 667	3108	11 99	191 80	31 48	24187	28135	2761 69	51 13	31 32	33100	5180	47 25		
d1	9	6 650	1107	01 69	61 88	21 16	8164	10180	431 53	71 11	41 61	45175	14135	711 82	51199	
e4	9	9 867	0171	01 46	41 56	11 80	5173	7153		71 00	41 53	45100	17172	74 25	57113	
a2	10	1 667	3180	21 46	24 46	31 72	30173	34145	2771 16	61 34	41 11	40178	6120	57 42		
d1	10	6 650	1132	01 86	81 50	21 26	10167	12193	411 60	81 78	51 69	56149	15104	861 01	49177	
e4	10	9 750	0189	01 58	51 74	11 92	7121	9113		81 70	51 64	55197	18174	891 05	55108	
a2	12	1 667	5136	61 90	381 44	61 41	50170	57111	2111 95	81 93	111 50	64108	10168	951 20		
d1	12	6 633	2198	31 71	151 36	21 49	22105	24153	341 02	191 77	241 61	101186	16149	1621 74	70195	
e4	12	9 400	2140	21 95	111 18	11 78	16153	18131		221 53	271 70	105114	16171	1721 08	80176	
a2	14	1 667	6100	71 78	44 50	71 44	58129	65172	2071 51	101 01	121 97	74118	12140	1091 56		
d1	14	6 450	3119	31 99	161 48	21 68	23165	26133	231 17	201 57	251 70	106126	17126	1691 80	54198	
e4	14	9 250	2174	31 40	131 12	21 11	19127	21137		251 39	311 45	121137	19148	1971 70	80145	
a2	16	1 667	6177	81 83	501 06	81 38	65165	74103	2131 33	111 28	141 71	83144	13197	1231 41		
d1	16	6 300	3171	41 67	181 56	31 03	26195	29198	261 88	231 37	291 45	116194	19109	1881 85	53103	
e4	16	8 767	3106	31 82	14 41	21 33	21130	23163		261 87	331 50	126137	20139	2071 13	67185	

表 6 不同密度杉木人工林生物量变化规律(14 指数)

样地	年龄	密度 a (株#hm ⁻²)	平均单株							林分				
			叶	枝	干	根	地上	全株		叶	枝	干	根	全株P
			kg							kg	%	(t#hm ⁻²)		
b2	5	3 333	2114	01 99	21 59	11 36	5172	7108	131112	71 14	31 29	81 63	41 54	231 60
c123	5	5 000	2106	01 94	21 47	11 32	5147	6179	125163	101 28	41 72	12135	61 58	331 93 43173
d23	5	6 667	1162	01 74	11 90	11 10	4126	5136	99121	101 81	41 90	12165	71 35	351 72 51134
e123	5	9 944	1164	01 74	11 91	11 11	4129	5140		161 26	71 38	19104	11103	531 71 1271 56
b2	8	3 333	1126	01 82	81 13	21 43	10121	12165	165192	41 21	21 73	27110	8111	421 15
c123	8	5 000	1119	01 77	71 66	21 28	9163	11191	156122	51 96	31 86	38131	11141	591 54 41125
d23	8	6 667	0175	01 49	41 84	11 89	6108	7197	104153	51 02	31 25	32125	12161	531 12 26103
e123	8	9 911	0172	01 47	41 63	11 81	5181	7162		71 13	41 62	45188	17192	751 55 79124
b2	9	3 333	1169	11 10	101 87	21 68	13166	16134	172165	51 63	31 65	36124	8192	541 45
c123	9	4 989	1156	11 01	101 05	21 47	12162	15109	159150	71 80	51 05	50115	12132	751 32 38133
d23	9	6 667	0195	01 62	61 14	21 04	7171	9175	103105	61 37	41 12	40193	13159	651 00 19139
e123	9	9 878	0193	01 60	51 99	11 94	7152	9146		91 20	51 96	59114	19117	931 47 71167
b2	10	3 333	2111	11 37	131 56	21 87	17104	19191	177154	71 03	41 55	45120	9158	661 36
c123	10	4 983	1193	11 25	121 39	21 63	15157	18120	162128	91 60	61 22	61177	13112	901 72 36170
d23	10	6 617	1123	01 79	71 89	21 18	9191	12110	107187	81 12	51 26	52123	14144	801 05 20162
e123	10	9 772	1113	01 73	71 29	21 06	9116	11121		111 08	71 17	71123	20112	1091 60 65116
b2	12	3 333	3192	41 95	241 16	31 98	33103	37101	151152	131 06	161 51	80153	13127	1231 37
c123	12	4 944	3164	41 59	201 04	31 28	28127	31155	129114	181 01	221 68	99103	16121	1551 93 26139
d23	12	6 542	2185	31 54	141 45	21 33	20185	23118	94189	181 65	231 16	94154	15126	1511 60 22189
e123	12	9 099	2171	31 36	121 62	21 02	18170	20172		241 67	301 54	114182	18139	1881 43 52173
b2	14	3 333	4147	51 70	271 63	41 57	37180	42137	154100	141 91	191 00	92109	15123	1411 23
c123	14	4 827	4107	51 15	221 58	31 71	31180	35151	129107	191 63	241 87	109100	17192	1711 41 21137
d23	14	6 333	3132	41 16	171 12	21 79	24160	27139	99154	211 04	261 35	108144	17164	1731 47 22182
e123	14	8 505	3105	31 81	141 52	21 34	21137	23172		251 93	321 32	123145	19193	2011 63 42176
b2	16	3 333	4193	61 32	311 06	51 15	42132	47147	173104	161 45	211 07	103152	17117	1581 21
c123	16	4 551	4154	51 79	251 60	41 23	35193	40116	146139	201 66	261 34	116135	19121	1821 55 15138
d23	16	6 175	3175	41 73	191 57	31 20	28106	31126	113196	231 18	291 23	120186	19177	1931 04 22101
e123	16	7 800	3146	41 34	161 89	21 75	24169	27143		261 88	331 75	131140	21136	2131 39 34188

注: c123表示相同林分年龄的c1、c2、c3等3块样地的平均处理, d23、e123以此类推。

表 7 不同密度杉木人工林生物量变化规律(16 指数)

样地	年龄	密度 a (株#hm ⁻²)	平均单株							林分				
			叶	枝	干	根	地上	全株		叶	枝	干	根	全株P
			kg							kg	%	(t#hm ⁻²)		
a13	5	1 667	4138	11 83	41 83	21 04	111 04	131 08	351 82	71 31	31 05	81 05	31 40	211 81
b3	5	3 333	3103	11 35	31 57	11 68	71 95	91 63		101 09	41 51	11191	5160	321 11 47121
a13	8	1 667	3184	21 49	241 71	31 86	311 04	341 90	621 30	61 40	41 15	41120	6144	581 19
b3	8	3 333	2129	11 48	141 71	31 03	181 48	211 51		71 62	41 94	49102	10110	711 68 23119
a13	9	1 667	5100	31 24	321 20	41 21	401 44	441 65	641 68	81 34	51 41	53167	7101	741 43
b3	9	3 333	2195	11 91	181 98	31 28	231 84	271 11		91 83	61 37	63125	10192	901 37 21141
a13	10	1 667	6117	41 00	391 67	41 47	491 84	541 30	691 62	101 28	61 66	66114	7145	901 53
b3	10	3 325	3154	21 29	221 77	31 41	281 60	321 02		111 77	71 63	75171	11135	1061 45 17159
a13	12	1 667	6188	81 99	521 53	81 80	681 40	771 20	561 87	111 47	141 98	87157	14167	1281 69
b3	12	3 316	5106	61 50	321 29	51 36	431 85	491 21		161 79	211 54	107108	17178	1631 18 26181
a13	14	1 659	8105	101 60	611 24	101 28	791 89	901 17	601 49	131 34	171 58	101157	17105	1491 54
b3	14	3 283	5178	71 47	361 81	61 13	501 06	561 18		181 97	241 53	120186	20113	1841 48 23137
a13	16	1 650	8163	111 42	651 47	111 00	851 52	961 52	621 53	141 24	181 84	108103	18115	1591 25
b3	16	3 258	6115	71 98	381 79	61 47	521 92	591 38		201 03	251 99	126136	21106	1931 45 21147

注: a13表示相同林分年龄的a1、a3两块样地的平均处理。

从表5~7中可以看出,林分初植密度对林分单株各组分生物量分配比率存在一定的影响。初植密度对单株叶、枝、根生物量分配比率的影响随林龄的变化表现出不同的变化趋势,规律性不明显;而随着初植密度的增大,干生物量分配比率在任一林龄时刻均呈下降趋势,且密度相差愈大,下降趋势愈明显;地上部分生物量分配比率在12 a前随密度的增大而下降,12 a后变化相对稳定。

21212 不同密度杉木人工林林分生物量变化规律

不同密度对杉木人工林林分各组分生物量分配比率的影响与其对单株(平均木)的影响完全一致。

从表5~7可以看出,随着密度的增大,林分各组分生物量及总生物量均呈增大趋势。12指数时,D密度和E密度林分总生物量分别是A密度林分总生物量的2145和3110倍(5 a)、1150和1155倍(10 a)、1153和1168倍(16 a);14指数时,C密度、D密度和E密度林分总生物量分别是A密度林分总生物量的1144、1151和2128倍(5 a),10 a时分别为1137、1121和1165倍,16 a时分别为1115、1122和1135倍;16指数时,B密度林分总生物量是A密度林分总生物量的1147倍(5 a)、1118倍(10 a)、1121倍(16 a)。从这些数据可以清楚地得出:同一立地指数时,16 a以前,密度越大则林分总生物量越大,且密度相差越大,林分生物总量相差越大。

从表6可知,随着林龄的增大,C密度和E密度的林分总生物量为B密度林分总生物量的倍数明显下降,且E密度林分下降幅度更大,即,由密度所形成的不同林分生物量间的差距随林龄有减弱的趋势,密度差值愈大,减弱趋势愈明显,这是因为林分密度愈大,自然稀疏强度愈大,从而导致林分株数减少的缘故。表6中初植密度相对高的d23样地较c123样地的林分生物量在一些林龄时(8~12 a)要低,这主要是因为2样地的立地虽然同属一个指数级,但后者较前者的立地指数要高出1115 m的缘故,这从一个侧面表明,当初植密度在5000到6667株#hm²这么一个范围内时,立地的影响表现明显。

结合表5、6、7可以看到,相对单株而言,密度对林分生物量的影响强度要弱。如12指数时,A密度(a2样地)16 a生时林分单株生物量是E密度(e4样地)的3113倍,同一林龄,后者林分总生物量为前者的1168倍;14指数时,B密度(b2样地)16 a时林分单株生物量是E密度(e123样地)的2173倍,同一林龄,后者林分总生物量为前者的1135倍;16指数时,

A密度(a13样地)16 a时林分单株生物量是B密度(b2样地)的1163倍,同一林龄,后者林分总生物量为前者的1121倍。

值得注意的是,表6中D密度样地16 a林分总生物量为193104 t#hm²,而表7中,立地高一个指数级、初植密度减半(B密度)的样地16 a林分总生物量即已达到193145 t#hm²,即,高立地指数、低密度的林分与低立地指数、高密度的林分在某一林龄时可达几乎相同的生物总量。这表明,立地指数低时,欲收获更大的生物量,初植密度就要尽量大,同时,当立地指数高时,初植密度相对低的林分也能获得较高的生物量。考察两林分的单株生物量,发现16 a时后者是前者的1190倍,这说明,如经营纸浆材,两者均可,但如综合考虑其它培育目标(如商品材),则应选择后者。

3 结论和讨论

林分生物量的研究是破坏性取样,为了解杉木人工林生物量的动态变化过程又不能连续破坏林分,本文基于大岗山林区相似立地条件前后3次生物量调查研究资料,结合杉木人工林固定样地长期观测材料对杉木人工林生物量随年龄、立地及密度的变化规律作了较为详尽的研究,得到了如下主要结论:

(1)对于同一林分,除叶生物量和某些枝生物量存在一个减小的时期外(5~8 a时),单株和林分各组分生物量均随林龄的增加而增大。在12 a前的林分速生期间,叶、枝、干所占比重微弱增加,致使地上部分比重增加,而根比重减小;在干材期(12~16 a),单株各组分所占比例趋于稳定。

(2)立地对单株和林分各分组的生物量、总生物量以及生物量分配比率均存在显著影响,且这种影响随着林龄的增长而有所不同;立地条件对生物量的影响受初植密度的制约,低密度时立地的影响更为明显,且持续的时间长,高密度时,立地的影响作用在干材阶段(12~16 a)减弱得快,造纸浆材时,如要在16 a前采伐利用,无论何种初植密度的林分,尤其是低密度林分,其立地指数越高越好。当初植密度非常高时(如达10000株#hm²),无论立地指数的高低(12、14指数级),在14 a或略前即可采伐利用。

(3)随着初植密度的增大,单株各组分生物量明显减小,干生物量分配比率在任一林龄时刻均呈下降趋势;林分密度对单株生物量影响最大的时期在

林分速生期;同一立地条件下,16 a 以前,密度越大则林分生物量越大,且密度相差越大,生物量相差越大,由密度所形成的不同林分生物量间的差距随林龄有减弱的趋势,密度差值愈大,减弱趋势愈明显;相对单株而言,密度对林分生物量的影响强度要弱;立地指数低时,欲收获更大的生物量,初植密度就要尽量大。

若培育纸浆材,以追求单位时间内生产的生物量最大为目标,根据刘景芳等^[11]的研究结果,杉木人工林数量成熟龄为16~23 a,且立地指数越大,数量成熟龄提前,初植密度越大,数量成熟龄亦提前,鉴于此,本文将研究培育杉木纸浆材的年龄范围定为16 a 以前,而16 a 以后,杉木人工林一般产区的林分生长已明显减缓,所以确立的这一年龄是合适的。从总体上考虑本文的研究结果可以得出:16 a 前,初植密度越高、立地指数越大,林分生物量也越大,则在立地指数较低时(如12指数级),宜选择6 667~10 000株#hm⁻²的高栽植密度;又因立地指数对生物量的影响受到林分高密度的制约,且密度对单株的影响较其对林分的影响更为强烈,故在立地指数高时,为充分发挥地力,也不宜选择太高的栽植密度,如文中所述,当密度在3 333~6 667株#hm⁻²的范围内时,立地影响尚明显,所以高立地指数时,该范围应为所选,在此中等偏高的栽植密度下,既可达到高密度(如10 000)林分相差不多的生物量,又能保证林分单株生长不会太小,从而提高林分的商品用材价值,使林分有利于综合性的应用。当

然,培育纸浆材,除需考虑立地、密度及年龄对生物量的影响外,林分因子对杉木纤维素的含量及其形质的影响亦是考虑的因素,因此,欲制定出杉木纸浆材的有效培育措施,本文也仅是一个初步探索,尚需进一步的深入研究。

参考文献:

- [1] 俞新妥. 中国杉木研究[J]. 福建林学院学报, 1988, 8(3): 203~220
- [2] 彭元英. 杉木人工林最佳林分产量结构的探讨[J]. 中南林学院学报, 1989, 9(增刊): 149~153
- [3] 温远光. 不同立地杉木人工林根系的研究[J]. 广西农学院学报, 1986(1): 70~81
- [4] 项文化. 杉木人工林叶面积指数的变化[J]. 林业科学, 1997, 33(专刊2): 139~142
- [5] 李际平. 会同杉木人工林生物产量全林预估模型研究[J]. 林业科学, 1997, 33(专刊2): 143~147
- [6] 丁贵杰, 王鹏程. 马尾松人工林生物量及生产力变化规律研究[J]. 林业科学研究, 2002, 15(1): 55~60
- [7] 惠刚盈, 童书振, 刘景芳, 等. 杉木造林密度试验研究Ⅰ 密度对幼林生物量的影响[J]. 林业科学研究, 1988, 1(4): 413~416
- [8] 佟金权. 杉木人工林广义干曲线模型及其生物生产力研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 1999: 34~37
- [9] 张建国, 李贻铨, 纪建书, 等. 杉木幼林施肥对生物量影响的研究[J]. 林业科学研究, 1996, 9(MEM杉木施肥与营养专刊): 41~47
- [10] 张建国, 李贻铨. 树木营养与施肥研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001: 106~113
- [11] 刘景芳, 童书振. 杉木林经营新技术[J]. 世界林业研究, 1996, 9(专辑): 17~23