

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2019.06.008

# 密度调控对杉木人工林中优势木生长过程的影响

余克胜<sup>1</sup>,张时林<sup>2</sup>,鄢武先<sup>3</sup>,贾晨<sup>3\*</sup>,宋鹏<sup>3</sup>

(1. 洪雅县国有林场,四川 洪雅 620360;2. 资阳市自然资源和规划局,四川 资阳,641300;

3. 四川省林业科学研究院,四川 成都 610081)

**摘要:**为探索经营密度对杉木人工林中优势木生长的影响效果,以洪雅国有林场杉木人工纯林为研究对象,采用树干解析方法,测定分析了不同经营密度的杉木人工林中优势木的生长过程。结果表明,密度调控能够影响优势木树高、胸径和材积的生长过程;林分经营密度越大,树高平均生长量和连年生长量最大值越小,树高数量成熟时间越早;林分经营密度越小,胸径平均生长量越大,胸径数量成熟龄越晚;林分经营密度越大,优势木材积总生长量越小,材积平均生长量减小,材积平均生长量和连年生长量最大值出现的时间越晚,材积的数量成熟年龄越晚。低经营密度(500株·hm<sup>-2</sup>)有利于培育杉木大径材,而中高经营密度(>500株·hm<sup>-2</sup>)利于培育中小径材。

**关键词:**密度调控;杉木人工林;优势木;生长过程

中图分类号:S753.3 文献标识码:A

文章编号:1003-5508(2019)06-0043-05

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Effects of Density Control on the Growth Process of Dominant Trees of *Cunninghamia lanceolata* Plantation

YU Ke-sheng<sup>1</sup> ZHANG Shi-lin<sup>2</sup> YAN Wu-xian<sup>3</sup> JIA Chen<sup>3\*</sup> SONG Peng<sup>3</sup>

(1. State Owned Forest Farm of Hongya County, Hongya 620360, China;

2. Natural Resources and Planning Bureau of Ziyang City, Ziyang 641300, China;

3. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, China)

**Abstract:** A *Cunninghamia lanceolata* plantation in Hongya forest farm was selected as an object to research the growth process of dominant trees under density control by the stem analysis method. The results showed that density control could affect the growth process of tree height, DBH and wood volume of dominant trees. The high density of stand would reduce the maximum of the average growth and the annual growth of tree height. It also made the tree height maturity earlier. The low density of stand would increase the average growth of DBH, and made the DBH maturity later. The high density of stand could reduce the total growth and the average growth of volume. It also postponed the time of the maximum of the average volume growth and the annual volume growth, and made the volume maturity later. Low density (500 plants · hm<sup>-2</sup>) was conducive to cultivating large diameter wood of *C. lanceolata*, while medium and high density (>500 plants · hm<sup>-2</sup>) was proper for cultivating medium or small wood.

**Key words:** Density control, *Cunninghamia lanceolata* Plantation, Dominant tree, Growth process

收稿日期:2019-08-20

基金项目:基于近自然经营的杉木人工林主要伴生阔叶树种生态适应性评价研究(2019JBKY04);基于密度调控的盆周山地杉木人工林近自然经营技术研究(2018CZZX13)

作者简介:余克胜(1976-),男,四川洪雅人,工程师,主要从事林业资源管理,e-mail:541796225@qq.com。

\*通讯作者:贾晨(1989-),男,黑龙江兰西人,工程师,主要从事森林经营与森林培育,e-mail:291323691@qq.com。

杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 是我国南方林业生产中重要的速生用材树种,具有生长快、材质好的特点,是建筑家具制造等行业重要原料。密度抚育管理是经营管理森林的重要措施之一,密度调控林分可以改变林分空间结构,而低密度经营有利于林分的胸径、树高、材积加快生长,促使林分树干饱满<sup>[1]</sup>。张鹏等认为间伐强度增大能显著促进胸径生长和林分的蓄积生长率增长<sup>[2]</sup>,龙忠于等研究发现不同间伐强度对杉木人工林胸径连年生长量的影响差异显著,当间伐强度为 40% 时,可促进胸径连续性增长<sup>[3]</sup>。洪玲霞认为初植密度对林分优势高生长过程的影响较大,而间伐影响不大<sup>[4]</sup>。生长势是植物发育的旺盛程度,也是自身生命力的客观反映,受自身因素和外界环境共同影响。不同生长势的林木能显著影响各器官生物量的分配<sup>[5~6]</sup>、胸径和树高的成熟期<sup>[7]</sup>以及树高生长率<sup>[8]</sup>,但对某一性状的多样性影响不明显<sup>[9]</sup>。林文树认为土壤理化性质显著影响着优势木的生长过程<sup>[10]</sup>。学者们虽然已开展了一些密度调控对杉木林分生长的影响和不同生长势植株的生长差异等研究,然而关于密度调控对优势木的生长过程研究较少。本研究对洪雅林场的不同经营密度下的杉木人工林中的优势木的生长过程进行研究,为四川盆周山地杉木人工林大径材培育和纯林改造为混交林的科学经营与管理提供参考和依据。

## 1 试验区概况

研究地在洪雅国有林场八面山工区,位于眉山市西南部,地处四川盆地西南边缘,属于洪雅县(东经 102°49′~103°32′,北纬 29°24′~30°00′)管辖。地形由高山、中山、深丘、浅丘、台地、河谷、平坝组成;地势由西南向东北倾斜,境内地貌以山地丘陵为主,最高海拔 3 090 m,最低海拔 417.5 m。属中亚热带湿润气候,年降雨量 1 435.5 mm,年日照 1 006.1 h,年无霜期 307 d,最冷月 1 月均温 6.1℃,最热月 7 月均温 25.3℃,年平均气温 16.6℃;境内土壤以黄壤、山地黄壤、紫色土为主。试验林分为 2 000 年营造的杉木人工纯林,初植密度为 3 000 株·hm<sup>-2</sup>,2008 年开展 1 次透光伐,2012 年开展 1 次生长伐,2014 年再次生长伐调整密度,保留密度为 500 株·hm<sup>-2</sup>、750 株·hm<sup>-2</sup>和 1000 株·hm<sup>-2</sup>。

## 2 材料与方法

### 2.1 样地设置与树干解析

2018 年 8 月,在试验林中选择不同经营密度(A:500 株·hm<sup>-2</sup>、B:750 株·hm<sup>-2</sup>和 C:1000 株·hm<sup>-2</sup>)的林分设置临时样地 3 个,对临时样地的林木进行每木检尺,根据实测胸径、树高等指标的结果,以各样地的平均树高 + 1.5 个标准差的标准确定各样地的优势木,然后在每个样地随机选择 2 株优势木作为解析木。并实测每株优势木的各断面圆盘的年轮个数、每个年轮所对应的南北直径生长量等各项指标,解析木以 2 m 区分段,即在 0 m、1.3 m、3.6 m、5.6 m、7.6 m 等截取圆盘。解析木的材积(V)采用中央断面区分求积式计算,材积生长率采用普雷斯勒生长率公式求算<sup>[11]</sup>。不同经营密度林分中选取的解析木生长情况见表 1,不同经营密度中优势木树高、胸径和材积的生长过程见表 2。

表 1 不同经营密度中解析木的生长情况

Tab. 1 Growth of analytical trees at different densities

经营密度 /(株·hm <sup>-2</sup> )	年龄 /a	平均树高 /m	平均带皮胸径 /cm	平均材积 /m <sup>3</sup>
A:500	19	13.0 ± 0.57	20.7 ± 1.7	0.2567 ± 0.0099
B:750	19	13.2 ± 0.42	16.9 ± 0.4	0.1664 ± 0.0068
C:1000	19	13.1 ± 0.28	16.8 ± 0.6	0.1462 ± 0.0133

### 2.2 数据分析及处理

数据处理利用 Excel 软件进行数据分析和制作表格,利用 Origin 8.5 制图软件进行作图。

## 3 结果与分析

### 3.1 树高生长差异

3 种不同经营密度中优势木的树高生长曲线均表现为“S”型(见图 1)。由优势木的树高生长曲线可以看出,C 密度林分中的优势木的树高生长量在生长期明显低于 A 密度和 B 密度,B 密度中的优势木树高生长量在 6~10 年期间略大于 A 密度;10 年生后,A 密度和 B 密度的优势木树高生长均明显减缓,两者的连年生长量均低于 C 密度的优势木连年生长量(见图 2-b)。

由图 2 知,A 密度中优势木的树高平均生长量和连年生长量均在 4 年生时达到最大值,分别为 1.4 m 和 2.2 m;而 B 密度和 C 密度优势木的平均生长量均在 8 年生时达到最大值,分别为 1.3 m

表 2 不同经营密度中优势木生长过程表

Tab. 2 Growth process of dominant trees at different densities

经营密度 /(株·hm <sup>-2</sup> )	年龄 /a	树高/m			胸径/cm			材积/m <sup>3</sup>		
		总生长量	年平均 生长量	连年 生长量	总生长量	年平均 生长量	连年 生长量	总生长量	年平均 生长量	连年 生长量
500	2.0	1.3	0.7	0.7	2.0	1.0	1.0	0.0013	0.0006	0.0006
	4.0	5.6	1.4	2.2	6.6	1.6	2.3	0.0104	0.0026	0.0046
	6.0	6.9	1.2	0.7	10.3	1.7	1.9	0.0345	0.0057	0.0120
	8.0	9.6	1.2	1.3	13.7	1.7	1.7	0.0693	0.0087	0.0174
	10.0	11.8	1.2	1.1	15.7	1.6	1.0	0.1041	0.0104	0.0174
	12.0	12.0	1.0	0.1	17.0	1.4	0.7	0.1364	0.0114	0.0162
	14.0	12.3	0.9	0.1	18.2	1.3	0.6	0.1707	0.0122	0.0171
	16.0	12.6	0.8	0.1	19.0	1.2	0.4	0.1997	0.0125	0.0145
	18.0	12.9	0.7	0.1	19.6	1.1	0.3	0.2209	0.0123	0.0106
	19.0	13.0	0.7	0.1	19.6	1.0	0.1	0.2216	0.0117	0.0008
750	2.0	1.3	0.7	0.7	1.9	1.0	1.0	0.0006	0.0003	0.0003
	4.0	2.8	0.7	0.8	6.5	1.6	2.3	0.0085	0.0021	0.0039
	6.0	6.6	1.1	1.9	9.2	1.5	1.4	0.0221	0.0037	0.0068
	8.0	10.6	1.3	2.0	11.0	1.4	0.9	0.0454	0.0057	0.0117
	10.0	11.8	1.2	0.6	12.2	1.2	0.6	0.0697	0.0070	0.0122
	12.0	12.1	1.0	0.2	13.2	1.1	0.5	0.0907	0.0076	0.0105
	14.0	12.4	0.9	0.2	14.2	1.0	0.5	0.1102	0.0079	0.0098
	16.0	12.7	0.8	0.2	15.3	1.0	0.5	0.1282	0.0080	0.0090
	18.0	13.0	0.7	0.2	16.0	0.9	0.4	0.1457	0.0081	0.0088
	19.0	13.2	0.7	0.2	16.1	0.8	0.1	0.1475	0.0078	0.0018
1000	2.0	0.9	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0006	0.0003	0.0003
	4.0	2.5	0.6	0.8	4.8	1.2	2.4	0.0046	0.0012	0.0020
	6.0	5.6	0.9	1.6	8.1	1.4	1.7	0.0179	0.0030	0.0066
	8.0	7.6	1.0	1.0	10.1	1.3	1.0	0.0332	0.0041	0.0076
	10.0	8.6	0.9	0.5	11.3	1.1	0.6	0.0511	0.0051	0.0090
	12.0	9.6	0.8	0.5	12.4	1.0	0.6	0.0643	0.0054	0.0066
	14.0	10.6	0.8	0.5	13.2	0.9	0.4	0.0822	0.0059	0.0090
	16.0	11.6	0.7	0.5	14.8	0.9	0.8	0.1073	0.0067	0.0125
	18.0	12.6	0.7	0.5	15.7	0.9	0.5	0.1291	0.0072	0.0109
	19.0	13.1	0.7	0.5	15.9	0.8	0.2	0.1298	0.0068	0.0007

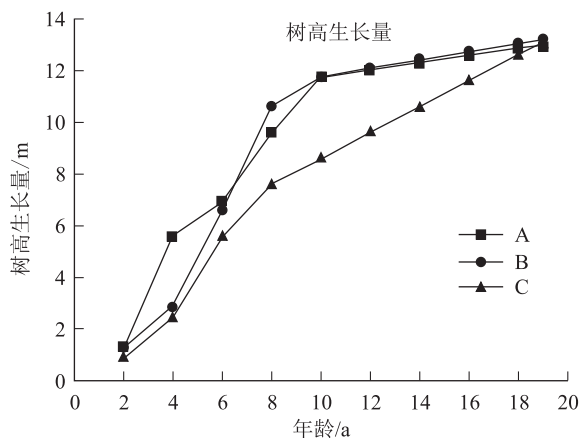


图 1 不同经营密度中优势木树高生长过程

Fig. 1 Growth process of height of dominant trees at different densities

和 1.0 m, 出现时间晚于 A 密度; B 密度优势木的树高连年生长量最大值出现在 8 年生时(2.0 m), 晚于 C 密度(6 年生, 1.6 m)。根据树高连年生长量曲线与平均生长量曲线相交点估测 A 密度、B 密度和 C 密度的树高数量成熟时间分别为 9.2 年、9.0 年

和 8.2 年, 表明随着林分密度增大, 其树高数量成熟的时间越早。密度调控对不同密度林分中优势木的树高总生长量、平均生长量和连年生长量均有一定的影响。

### 3.2 胸径生长差异

3 种不同经营密度中优势木的胸径生长量随着树龄增长而呈现“S”型曲线(见图 3)。在前 4 年, 3 个密度中优势木的胸径生长速度均是较快的; 在 6 年生后, A 密度优势木的胸径生长要明显快于 B 密度和 C 密度。说明随着林分密度降低, 胸径的生长速度有增大趋势。在 19 年生时, A 密度的胸径生长量是 B 密度的 1.22 倍, 是 C 密度的 1.23 倍。

由图 4-a 知, A 密度和 C 密度中的胸径平均生长量最大值均出现在 6 年生时, 分别为 1.70 cm 和 1.35 cm, 而 B 密度的胸径平均生长量最大值出现在 4 年生时(1.60 cm)。A 密度、B 密度和 C 密度的胸径连年生长量最大值均出现在 4 年生时, 其值分别为 2.3 cm、2.3 cm 和 2.4 cm。在 4~14 年间, A 密度的胸径连年生长量一直高于 B 密度和 C 密度; 在

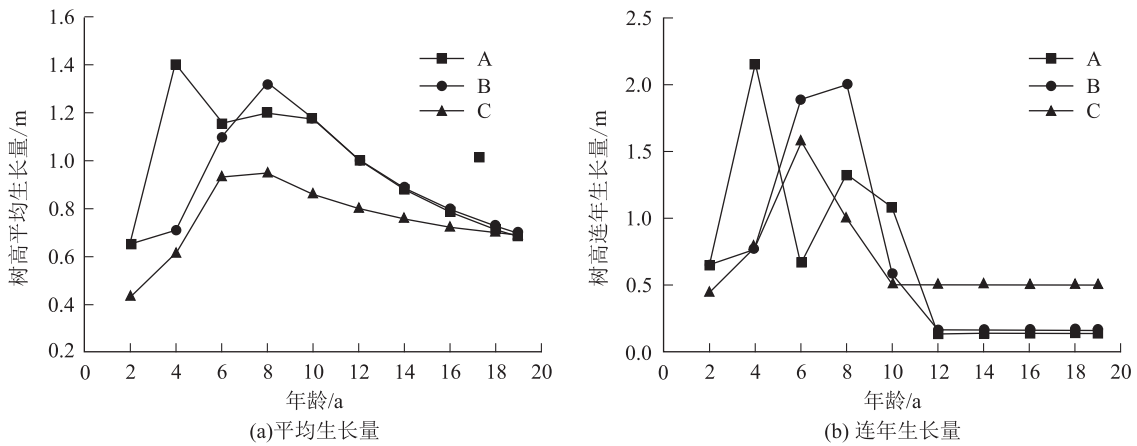


图2 树高平均生长量和连年生长量

Fig. 2 Average growth and annual growth of tree height

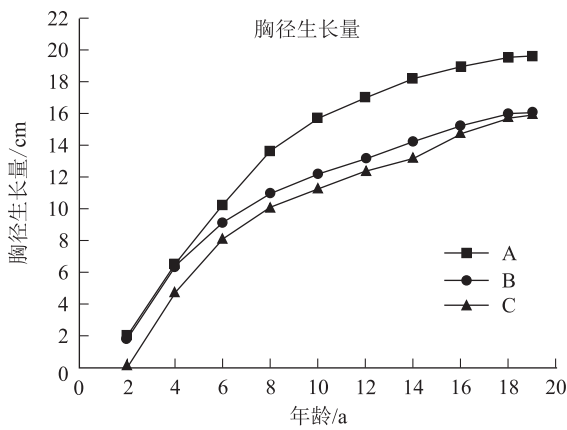
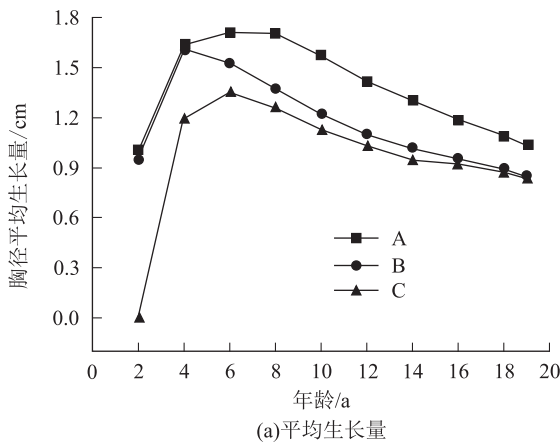


图3 不同经营密度中优势木胸径生长过程

Fig. 3 Growth process of DBH of dominant tree in different densities

15年后, C 密度胸径连年生长量高于另外两者, 表现出后期生长速度快的特点(见图 4-b)。根据胸



径平均生长量曲线与连年生长量曲线相交点, 预测出 A 密度、B 密度和 C 密度的胸径数量成熟龄分别为 8 年、5.6 年和 7 年。不同的经营密度对优势木胸径数量成熟时间有一定影响。

### 3.3 材积生长差异

3 种不同经营密度中优势木的材积生长过程曲线见图 5, 在 2~6 年间, 3 种优势木的材积累计生长量差异较小, 但此后, 三者的材积累计生长量差距逐渐增大, 特别是 A 密度明显大于另外两者。在 19 年生时, A 密度优势木去皮材积是 B 密度的 1.50 倍, 是 C 密度的 1.70 倍, B 密度的去皮材积是 C 密度的 1.14 倍。表明林分密度差异明显影响了林分植株的材积生长。其原因主要是保留密度越小, 林木之间距离越大、生长空间越大, 获得光照面积和土壤养分的机会越多, 其生长势越强, 生长量越大。

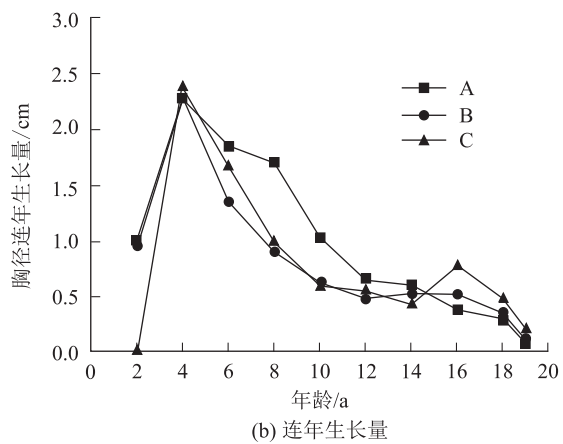


图4 胸径平均生长量和连年生长量

Fig. 4 Average growth and annual growth of DBH

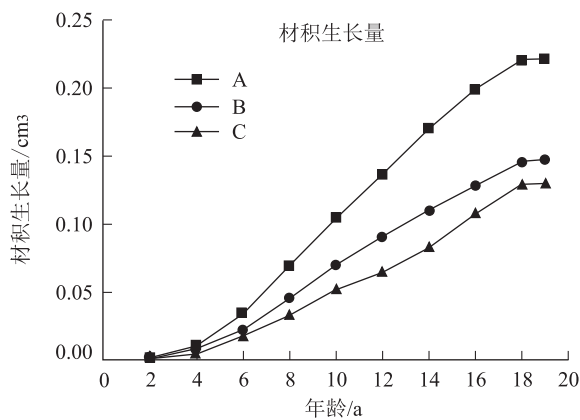
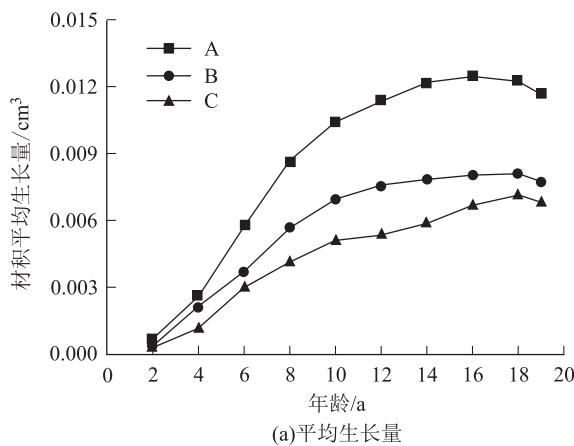


图5 不同经营密度中优势木材积生长过程

Fig. 5 Growth process of volume of dominant trees at different densities

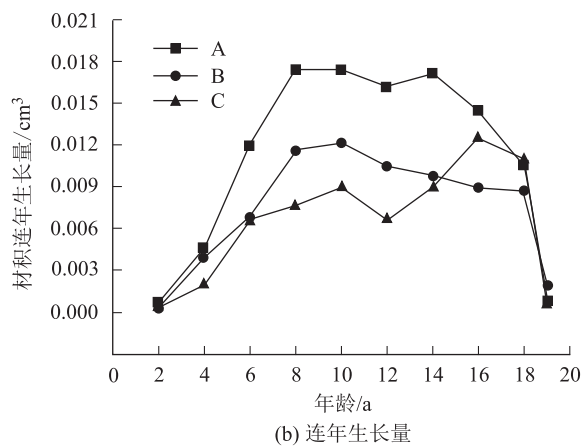
由图 6-a 知,在生长期,3 种密度的材积平均生



(a) 平均生长量

长量表现出 A 密度 > B 密度 > C 密度, A 密度的材积平均生长量最大值出现在 16 年生时,其值为  $0.0125 \text{ m}^3$ , B 密度和 C 密度的材积平生生长量均在 18 年生时达到最大值,出现时间都晚于 A 密度,其值分别为  $0.0078 \text{ m}^3$  和  $0.0072 \text{ m}^3$ 。由图 6-b 知, A 密度、B 密度和 C 密度的材积连年生长量最大值出现的时间分别是 8 年 ( $0.0174 \text{ m}^3$ )、10 年 ( $0.0122 \text{ m}^3$ ) 和 16 年 ( $0.0125 \text{ m}^3$ )。表明林分密度在一定程度上影响了材积连年生长量生长过程变化,林分密度越大,材积连年生长量最大值出现时间越晚。

根据材积平均生长量曲线和连年生长量曲线相交点,估测出 A 密度、B 密度和 C 密度的材积数量成熟龄分别为 17 年、18 年和 18.5 年,表明随着林分密度增大,林分中优势木的材积数量成熟时间越晚。



(b) 连年生长量

图6 材积平均生长量和连年生长量

Fig. 6 Average growth and annual growth of volume

#### 4 结论与讨论

通过对不同经营密度的杉木人工林中优势木的生长过程研究分析,得到以下结论:

(1) 密度调控对杉木人工林中优势木的树高生长有一定影响,林分经营密度越大,树高平均生长量和连年生长量最大值越小,树高数量成熟时间越早,即林分密度降低后,在一定时期内能够促进树高的生长,但后期各经营密度中优势木的树高总生长量差异不明显。这是由于林木生长空间增大,林木短期内获得外界光照和土壤养分的机会更多,短期内加快了树高生长,后期由于立地条件的限制,各经营密度的优势木的树高基本一致,这与洪玲霞的研究

结果相似<sup>[4]</sup>。

(2) 杉木林分经营密度降低,则优势木的胸径生长量增大,平均生长量也越大;经营密度降低的一段时间内,低密度林分优势木的胸径连年生长量大于中、高密度林分的优势木,但后期高密度林分的胸径连年生长量大于中、低密度林分。密度调控后,低密度林分中优势木的胸径平均生长量一直稳定高于另外两者,由于林木株间距加大,横向竞争压力降低,提高了低密度中优势木胸径生长能力。这与龙忠于认为杉木人工林密度调控一定程度可促进胸径连续性增长<sup>[3]</sup>,和张鹏研究认为经营密度越小,胸径平均生长量越大的结论相一致<sup>[2]</sup>。低密度林分 ( $500 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) 有利于培育杉木大径材,同时,林木

(下转第 64 页)

昌无刺花椒其香味较九叶青花椒更具清香味的特点。

(2) 荣昌无刺花椒和九叶青花椒的熟鲜果中挥发性物质种类均高于青鲜果,但青鲜果挥发物主要成分 D-柠檬烯(苧烯)、香桉烯、芳樟醇的相对含量要大于熟鲜果。因此在采摘时,以获取 D-柠檬烯(苧烯)、香桉烯、芳樟醇为主的加工,建议以采摘青鲜果为主,而以获取挥发性组分种类最多则建议以采摘熟鲜果为主。

(3) 荣昌无刺花椒青鲜果和熟鲜果的精油的含量分别达到  $1.37 \text{ mL} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ 、 $2.10 \text{ mL} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ 。该含量均超过国家一级花椒精油含量  $0.9 \text{ mL} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  的标准。荣昌无刺花椒和九叶青花椒熟鲜果中的精油含量比青鲜果中的精油含量分别高 53%、

48%。因此在生产实际中,以获取花椒精油为主的花椒加工,建议以采摘花椒的熟鲜果为主,以此获得大量的花椒精油。

#### 参考文献:

- [1] 吕玉奎,蒋成益,杨文英,等. 荣昌无刺花椒优良品种选育报告[J]. 林业科技,2017,42(2):18~21.
- [2] 中华人民共和国花椒国标(GB/T 30391-2013).
- [3] 尚贤毅,罗天军,杨建雷,等. 陇南3个花椒品种挥发性成分的SPME-GC/MS分析[J]. 经济林研究,2016,34(1):111~115.
- [4] 田卫环,张蓓. 4种不同产地青、红花椒挥发油成分及香气特征研究[J]. 香料香精化妆品,2017.2:7~11.
- [5] 王玉奇,田华林,徐润,等. 云雾花椒与不同原产地花椒主要品质特征比较分析[J]. 黑龙江农业科学,2015(2):63~65.

(上接第47页)

间距大可在林下补植乡土阔叶树种,有利于改造杉木纯林向杉阔混交林转变。

(3) 随着林分经营密度的增大,优势木材积总生长量明显降低,材积平均生长量逐渐减小,材积平均生长量和连年生长量最大值出现的时间越晚,材积的数量成熟年龄越晚。立木材积生长是由树高和胸径生长共同决定的,在密度调控后,低密度下优势木材积生长速度明显快于中、高密度。因此,在经营管理杉木人工林时,合理调控林分密度能够促进优势木材积的增长。在杉木纯林经营过程中,应及时调整林分密度,改善林木空间,低密度( $500 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ )林分可显著提高优势木材积生长量,进而缩短培育大径材的年限,而中高密度( $> 500 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ )林分可以用来培育中小径材。

本次仅对同一立地指数下的不同经营密度的杉木人工林优势木生长过程进行了研究,而不同立地条件对密度调控林分中优势木生长过程的影响尚待进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 贾晨,简霁,靳伟等. 密度调控对杉木人工林林分特征的影响

[J]. 四川林业科技,2018,39(06):62~66.

- [2] 张鹏,王新杰,韩金,等. 间伐对杉木人工林生长的短期影响[J]. 东北林业大学学报,2016,(2):6~10,14.
- [3] 龙忠于,周开德,王华东. 不同间伐强度对杉木人工林林分生长的影响[J]. 湖南林业科技,2016,43(05):104~108.
- [4] 洪玲霞. 初植密度、间伐对杉木林分优势高生长过程的影响[J]. 林业科学研究,1997(04):109~113.
- [5] 陈荣. 不同长势黄山木兰生物量分布规律[J]. 防护林科技,2017(06):38~40.
- [6] 姜鹏,庞立欣,邵思祺,等. 不同生长势杉木成熟林的生物量生长模型研究[J]. 西北林学院学报,2016,31(03):36~40+49.
- [7] 廖美振,温红芳,董南松,等. 陈山红心杉人工林生长过程及其模型模拟[J]. 中南林业科技大学学报,2018,38(09):107~114.
- [8] 武田英文,何存成,泽田智志,等. 兰州市南北两山造林树种的生长过程解析[J]. 干旱区研究,2017,34(04):832~836.
- [9] 蔡年辉,李亚麒,许玉兰,等. 不同生长优势等级云南松针叶表型多样性分析[J]. 西南林业大学学报(自然科学),2019,39(05):1~7.
- [10] 林文树,穆丹,王丽平,等. 针阔混交林不同演替阶段表层土壤理化性质与优势林木生长的相关性[J]. 林业科学,2016,52(05):17~25.
- [11] 贾晨,辜云杰,何承忠,等. 川西高原5种乡土杨树生长特性研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2017,(02):79~87+95.