

doi:10.3969/j.issn.1001-3776.2017.01.008

杉木-深山含笑混交林及其纯林乔木层的净生产力研究

徐永兴

(福建省沙县水南国有林场, 福建 沙县 365050)

摘要: 采用树干解析法与样地调查, 2015 年对 15 年生杉木 *Cunninghamia lanceolata* 深山含笑 *Michelia maudiae* 混交林及其纯林的乔木层净生产力进行研究。结果表明, 乔木层生物量深山含笑纯林 ($43.26 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$) > 杉木-深山含笑混交林 ($32.63 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$) > 杉木纯林 ($28.75 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$), 且混交林单株树干生物量的积累均高于纯林; 乔木层净生产力杉木-深山含笑混交林 ($5.63 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) > 深山含笑纯林 ($4.12 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) > 杉木纯林 ($3.75 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$); 年凋落物量杉木-深山含笑混交林 ($3.30 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) > 深山含笑纯林 ($2.94 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) > 杉木纯林 ($2.61 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)。表明杉木-深山含笑混交林比杉木纯林更有利于林分光合产物的积累, 增加养分归还量, 有利于林分养分循环利用。

关键词: 杉木; 深山含笑; 混交林; 生物量; 凋落物; 净生产力

中图分类号: S718.54

文献标识码: A

文章编号: 1001-3776 (2017) 01-0047-04

Net Productivity of *Cunninghamia lanceolata* and *Michelia maudiae* in Mixed and Pure Stand

XU Yong-xing

(Shaxian Shuinan State-owned Forest Farm of Fujian, Shaxian 365050, China)

Abstract: Determinations were conducted on biomass, net productivity and litter of 14-year *Cunninghamia lanceolata* and *Michelia maudiae* in mixed stand and their pure stand in 2015 by stem analysis and sample plot survey. The results demonstrated that biomass at tree layer of pure *M. maudiae* stand was higher than that of mixed stand and pure *C. lanceolata* stand, and single trunk biomass of two species in mixed stand was higher than that in their pure stand. Net productivity at tree layer was ordered by pure *M. maudiae* stand > mixed stand > pure *C. lanceolata* stand, and the annual amount of litterfall was mixed stand > *M. maudiae* stand > pure *C. lanceolata* stand. It concluded that mixed stand had advantages of more photosynthetic product, better soil nutrient circling.

Key words: *Cunninghamia lanceolata*; *Michelia maudiae*; mixed forest; biomass; litterfall; net productivity

森林是陆地生态系统的重要组成部分, 森林生态系统的生物量和生产力是衡量森林植被在自然条件下生产能力的重要指标, 也是研究生态系统碳平衡的基础^[1]。在垂直结构上分为乔木层、灌木层、草本层及地被层, 其中乔木层是森林生产系统的主体, 占整个森林生态系统总生产力的 80% ~ 90%, 因此, 探讨森林生态系统乔木层的生物量及生产力水平, 一直是国内外研究的热点问题^[1-2]。

杉木 *Cunninghamia lanceolata* 是我国南方特有的重要速生用材树种, 在南方林业生产中占有重要地位^[3-4]。目前杉木人工林连栽生产力下降日趋严重, 已成为学术界和林业生产部门共同关注的焦点。杉木纯林树种单一, 林下植被发育不良, 水土流失严重, 生产力下降明显, 严重威胁到我国南方林区的可持续经营^[5-7]。杉阔混交林

收稿日期: 2016-09-15; 修回日期 2016-11-17;

基金项目: 福建省林业厅科技资助项目 (闽林科[2010]04 号)

作者简介: 徐永兴, 高级工程师, 从事森林培育研究工作; E-mail: jllcxyx@163.com。

被认为是维持杉木人工林长期生产力的较好途径之一^[8-9]。深山含笑 *Michelia maudiae* 为木兰科含笑属常绿乔木，树干通直、树形优美，是优良的观赏树种；为优良的建筑、家具用材原料，在药用方面亦具有重要的开发价值^[8]。深山含笑具有耐寒、抗风、喜温湿的生物学特性，与杉木混交具有良好的培肥土壤的效果。但关于杉木-深山含笑混交林生产力状况报道还比较少^[10-11]。对 2001 年营造的杉木-深山含笑混交林的生物量结构和生产力水平进行研究，为揭示杉木-深山含笑混交林的自我培肥机制，实现杉木人工林的可持续经营提供依据。

1 试验地概况

试验地位于福建省三明市沙县水南国有林场，26°06′~26°41′ N，117°32′~118°06′ E，属亚热带季风气候，年均气温 15.6~19.6℃，最冷月平均气温 7.2℃，最热月平均气温 26.4℃，≥10℃年积温 4 478~5 859.2℃，年均降水量 1 510~1 840 mm。土壤为砂页岩发育的山地红壤，土层厚度 80 cm 以上，年试验地立地指数Ⅱ级。

2001 年采用实生苗造林，选择杉木-深山含笑混交林、杉木纯林和深山含笑纯林为研究对象。样地基本概况见表 1。混交林为行间混交（杉木与深山含笑比例为 7:3），杉木与深山含笑保留密度分别为 1 290 株·hm⁻²和 645 株·hm⁻²，其中杉木平均树高 15.3 m，平均胸径 18.1 cm，蓄积量为 261.9 m³·hm⁻²，深山含笑平均树高 7.3 m，平均胸径 8.7 cm，蓄积量为 15.3 m³·hm⁻²；杉木纯林保留密度 1 800 株·hm⁻²，平均树高 13.9 m，平均胸径 15.2 cm，蓄积量 214.2 m³·hm⁻²；深山含笑纯林保留密度为 2 595 株·hm⁻²，平均树高 8.4 m，平均胸径 7.3 cm，蓄积量为 57.1 m³·hm⁻²。

表 1 试验地基本概况
Table 1 Information of sample plots

群落类型	树种	树高/m	胸径/cm	保留密度/(株·hm ⁻²)	蓄积量/(m ³ ·hm ⁻²)
混交林	深山含笑	7.30	8.70	645	15.30
	杉木	15.30	18.10	1 290	261.90
	合计	-	-	1 935	277.22
纯林	杉木	13.90	15.20	1 800	214.20
纯林	深山含笑	8.40	7.30	2 595	57.10

2 研究方法

分别在纯林与混交林中建立固定标准地（面积为 400 m²），调查立地因子，并进行每木检尺，选择各标准地内乔木层的 3 株平均木进行树干解析，共 12 株。本研究中的乔木层定义为高度>5 m^[1-2]。采用 Monisi 分层切割法^[11]（2 m 为区分段）测定每颗平均木的干、枝、叶的鲜重，采用壕沟全挖法分粗根（>2 cm）、中根（1~2 cm）、细根（<1 cm）和根桩直接称重，随机抽取一定样品带回实验室测定含水率，计算各器官生物量。2015 年 1 月中旬，在样地内随机布设 5 个面积为 1 m×1 m 的凋落物收集器，每 1 个月收集 1 次，共收集 1 a。林分生物量是指乔木层所生产干物质的累积量（本研究不包括林下植被生物量），计算方法是单株生物量与林分密度的乘积。乔木层生物量年净增量是指林分生物量除以林木的生长年限。乔木层的年净生产力是指乔木生物量年净增量加上凋落枯损的部分。本研究中乔木层（干、枝、根）年净生产力根据其生长年限来计算。

3 结果与分析

3.1 杉木-深山含笑混交林及其纯林的生物量比较

3.1.1 林分生物量 由表 2 可知，不同群落类型乔木层生物量差异明显，表现为深山含笑纯林（43.26 t·hm⁻²）>杉木-深山含笑混交林（32.63 t·hm⁻²）>杉木纯林（28.75 t·hm⁻²）。混交林中杉木平均单株生物量为 17.5 kg，其生物量在各器官的分配比例为树干 8.10 kg，占 46.3%；枝叶 5.20 kg，占 29.7%；根系 4.20 kg，占 24.0%，树干、枝叶、根生物量均高于杉木纯林平均木，说明混交林结构对杉木生物量积累有促进作用。混交林中深山含

笑平均单株生物量为 15.58 kg，各器官的分配比例为树干 10.11 kg，占 64.9%；枝叶 1.95 kg，占 12.5%；根系 3.52 kg，占 22.6%，树干生物量高于其纯林平均木，枝叶、根生物量均低于纯林平均木。说明混交林结构对杉木和深山含笑树干生物量积累均有利，明显提高了两者干材积累量，有利于林分经济价值的提高。

表 2 混交林与纯林乔木生物量及分配
Table 2 Biomass and distribution of tested tree species in mixed and pure stand

群落类型	树种	树干		枝叶		树根		单株总计 / (kg·株 ⁻¹)	乔木层 生物量 /(t·hm ⁻²)
		生物量/ (kg·株 ⁻¹)	比例 /%	生物量/ (kg·株 ⁻¹)	比例 /%	生物量/ (kg·株 ⁻¹)	比例 /%		
混交林	杉木	8.10±0.65	46.3	5.20±0.78	29.7	4.20±0.78	24.0	17.50±1.56	22.58
	深山含笑	10.11±0.12	64.9	1.95±0.13	12.5	3.52±0.32	22.6	15.58±1.23	10.05
	合计	18.21±0.98	55.0	7.15±0.85	21.7	7.72±0.86	23.3	33.08±2.35	32.63
纯林	杉木	7.20±0.89	45.1	4.59±0.65	28.7	4.18±0.65	26.2	15.97±1.35	28.75
纯林	深山含笑	9.00±1.32	54.0	3.83±0.52	23.0	3.84±0.52	23.0	16.67±1.87	43.26

3.1.2 乔木生物量年净增量 由表 3 可知，混交林乔木层生物量年净增量高于杉木纯林和深山含笑纯林，表现为混交林（2.33 t·hm⁻²·a⁻¹）> 深山含笑纯林（1.18 t·hm⁻²·a⁻¹）> 杉木纯林（1.14 t·hm⁻²·a⁻¹）。各器官的年净增量树干最大，混交林中杉木和深山含笑树干生物量年净增量均大于杉木纯林和深山含笑纯林，说明混交林有利于杉木和深山含笑的生长，促进了树干生物量的积累。混交林中杉木和深山含笑树根生物量净增量与杉木纯林和深山含笑纯林相差不大，说明混交林林分对杉木和深山含笑树根的生长影响不大。

表 3 混交林与纯林乔木生物量平均年净增量
Table 3 Annual increment in biomass of different organ of tested tree species

群落类型	树种	树干/ (t·hm ⁻² ·a ⁻¹)	枝叶/ (t·hm ⁻² ·a ⁻¹)	树根/ (t·hm ⁻² ·a ⁻¹)	合计/ (t·hm ⁻² ·a ⁻¹)
混交林	杉木	0.75±0.05	0.48±0.02	0.38±0.02	1.61±0.18
	深山含笑	0.47±0.03	0.09±0.01	0.16±0.01	0.72±0.06
	合计	1.22±0.98	0.57±0.03	0.54±0.04	2.33±0.31
纯林	杉木	0.51±0.03	0.33±0.02	0.30±0.03	1.14±0.15
纯林	深山含笑	0.64±0.05	0.28±0.01	0.26±0.02	1.18±0.12

3.2 杉木-深山含笑混交林与其纯林的凋落物量比较

表 4 可知,杉木-深山含笑混交林林分年凋落物量最大(3.30 t·hm⁻²·a⁻¹),其次为深山含笑纯林(2.94 t·hm⁻²·a⁻¹),杉木纯林最小(2.61 t·hm⁻²·a⁻¹)。

表 4 混交林与纯林群落凋落物量及分配
Table 4 Litter of different organs of tested species in mixed and pure stand

群落类型	树种	叶		枝		花果		总计 / (t·hm ⁻² ·a ⁻¹)
		凋落量 / (t·hm ⁻² ·a ⁻¹)	比例/%	凋落量 / (t·hm ⁻² ·a ⁻¹)	比例/%	凋落量 / (t·hm ⁻² ·a ⁻¹)	比例/%	
混交林	杉木	1.05±0.22	54.4	0.56±0.06	29.0	0.32±0.03	16.6	1.93±0.25
	深山含笑	0.95±0.12	69.3	0.22±0.03	16.1	0.20±0.02	14.6	1.37±0.21
	合计	2.00±0.25	60.6	0.78±0.06	23.6	0.52±0.04	15.8	3.30±0.35
纯林	杉木	1.32±0.13	50.6	0.86±0.08	33.0	0.43±0.03	16.4	2.61±0.36
纯林	深山含笑	1.68±0.12	57.1	0.72±0.07	24.5	0.54±0.05	18.4	2.94±0.45

凋落物量各组分配差异明显，凋落叶占比最大（50%左右），其次为凋落枝（30%左右），花果最小（20%左右）。具体而言，混交林中杉木叶、枝、花果的凋落量比例分别为 54.4%，29.0%和 16.6%，其中叶凋落比例高于杉木纯林的（50.6%），枝和花果的凋落比例与杉木纯林的相似；混交林中深山含笑叶凋落量比例（69.3%）大于杉木的（54.4%），也大于深山含笑纯林叶凋落量比例（57.1%）和杉木纯林叶凋落量比例（50.6%）。可见混交林结构对杉木和深山含笑的生长发育有重要影响，混交林中杉木占据主林层，林冠较大，凋落量大于深山含笑，但由于阔叶林的落叶比例一般比针叶林的高，因此混交林中落叶所占的比重明显高于杉木纯林。

3.3 杉木-深山含笑混交林及其纯林的净生产力

乔木层净生产力包括乔木层生物量的年净增长量与凋落物的年凋落量。为进一步比较乔木层年生物量的累积效率，用1 a内生物量的净增量与净生产力的比值来表示累积率，此值越大，表示群落中光合作用的产物积累

到活植物体的数量就越大。表5可知,混交林生物量年净增量表现为混交林 > 深山含笑纯林 > 杉木纯林。混交林乔木层净生产力为 $5.63\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$,是杉木纯林的1.50倍,是深山含笑纯林的1.37倍。混交林群落乔木层的生物量的年累积率为41.4%,比杉木纯林乔木层年累积率高36.18%,比深山含笑纯林高44.76%。说明混交林林分结构有利于林分光合产物的积累。

表 5 混交林与纯林乔木层净生产力及累积率
Table 5 Net productivity of tree layer in mixed and pure stand

群落类型	生物量年净增量/ ($\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$)	净生产力/ ($\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$)	累积率/%
杉木-深山含笑混交林	2.33 ± 0.35	5.63 ± 0.52	41.4 ± 0.65
杉木纯林	1.14 ± 0.13	3.75 ± 0.36	30.4 ± 0.58
深山含笑纯林	1.18 ± 0.15	4.12 ± 0.58	28.6 ± 0.35

4 小结

采用树干解析与样地调查相结合的方法,研究了杉木-深山含笑混交林与其纯林乔木层生物量、生产力及凋落物量。结果表明杉木-深山含笑混交林单株生物量均高于杉木纯林及深山含笑纯林,混交林生物量的年净增量、年净生产力及生物量的累积率均高于杉木纯林和深山含笑纯林。可见杉木人工林纯林与深山含笑按 7:3 混交,可以改善林分结构和树种组成,有利于林分光合产物的积累和生产力的提高。本研究与其它人研究结果类似^[12-15],覃林等^[12]研究马尾松-红椎混交林及其纯林生物量及生产力分配格局时,发现马尾松-红椎混交林年净生产力低于马尾松纯林,但明显高于红椎纯林,因此合理的混交林配比对培育红椎大径材林具有重要促进作用。何贵平等^[13]研究杉木-山杜英混交林及其纯林生物量分配时发现,不同配比混交林林分生物量及蓄积量均大于杉木纯林,但配比不同对混交林分中杉木纯林的促进作用也不同。

本研究发现杉木-深山含笑混交林提高了凋落物量的归还,对增加林分养分归还量、改善林分养分状况具有重要的调节作用。杉木-深山含笑混交林年凋落物量为 $3.30\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$,杉木纯林与深山含笑纯林年凋落物量分别为 $2.61\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 和 $2.94\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$,混交林年凋落物量分别是杉木和深山含笑纯林的 1.26 倍和 1.12 倍。混交林还明显增加了叶凋落物量。本研究与杨玉盛等^[14-15]研究杉木-观光木混交林及其纯林凋落物产量的差异研究结果相似。

综上所述,杉木-深山含笑混交林林分生物量、生产力及凋落物归还状况,与杉木纯林相比均有不同程度地提高,认为杉木与深山含笑混交比例为 7:3 是比较理想的混交模式,但根据用材林培育目的不同,未来的研究工作应该在混交比较及混交模式上进行更深层次的探讨。

参考文献:

[1] 石洪华,王晓丽,王媛,等. 北长山岛森林乔木层碳储量及其影响因子[J]. 生态学报, 2013, 33 (19) : 6363 – 6372.

[2] 杨凤萍,胡兆永,侯琳,等. 秦岭火地塘林区油松和华山松林乔木层净生产力与气候因子的关系[J]. 生态学报, 2014, 34(22): 6489-6500.

[3] 张昌顺,李昆. 人工林地力的衰退与维护研究综述[J]. 世界林业研究, 2005, 18 (1) : 17 – 21.

[4] 俞新妥. 杉木栽培学[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1997.

[5] 马祥庆. 杉木人工林连栽生产力下降研究进展[J]. 福建林学院学报, 2001, 21 (4) : 380 – 384.

[6] 马祥庆,范少辉,刘爱琴,等. 不同栽植代数杉木人工林土壤肥力的比较研究[J]. 林业科学研究, 2000, 13 (6) : 577 – 582.

[7] 范少辉,马祥庆,傅瑞树,等. 不同栽植代数杉木人工林林下植被发育的比较研究[J]. 林业科学研究, 2001, 14 (1) : 8 – 16.

[8] 朱少木. 杉木深山含笑混交林分生物量结构研究[J]. 安徽农学通报, 2012, 18 (13) : 121 – 123.

[9] 田晓,刘苑秋,魏晓华,等. 模拟楠木杉木人工混交林不同混交比例对净生产力和碳储量的影响[J]. 江西农业大学学报, 2014 (01) : 122 – 130.

[10] 李晓储,万志州,黄利斌,等. 乐昌含笑引种育苗技术研究[J]. 林业科技开发, 2001, 15 (3) : 14 – 15.

[11] 王俊鸿,吴鹏飞,周丽丽,等. 杉木人工林生物量 and 生产力研究进展[J]. 河北北方学院学报:自然科学版, 2014, 30 (3) : 36 – 40.

[12] 覃林,何友均,李智勇,等. 亚热带红椎马尾松纯林及其混交林生物量 and 生产力分配格局[J]. 林业科学, 2011, 47 (12) : 17 – 21.

[13] 何贵平,陈益泰,余元华,等. 杉木、山杜英混交林及其纯林生物量研究[J]. 江西农业大学学报, 2003, 25 (6) : 819 – 823.

[14] 杨玉盛,俞白楠,谢锦升,等. 杉木观光木混交林凋落物数量、组成及动态[J]. 林业科学, 2001, 37 (s1) : 30 – 34.

[15] 陈光水,杨玉盛,何宗明,等. 杉木观光木混交林群落净生产力[J]. 林业科学, 2001 (1) : 143 – 147.