

鹤山湿地松人工林的群落结构与能量特征 *

曹洪麟 任海 彭少麟

(中国科学院华南植物研究所, 广州 510650)

摘要 在调查一个 10 年生湿地松人工纯林的基础上, 用林木收获法和相关生长法测定该群落的生物量和能量分配。结果表明: 本群落组成种类少, 结构简单, 林分的生长中心也是其能量分布中心, 群落的生物量和能量现存量分别为 109.03 t/hm^2 和 95.05 MJ/m^2 。这些值均低于同站 7 年生马占相思林, 可以将该群落改造成针阔混交林, 以提高林分的光能利用率。

关键词 湿地松人工林; 群落结构; 生物量; 能量特征

The community structure and energy characteristics of *Pinus elliottii* artificial forest in Heshan

Cao Honglin Ren Hai Peng Shaolin

(South China Institute of Botany, Academia Sinica, Guangzhou 510650)

Abstract The structure of community, the biomass and standing crop of energy of a 10 - years *Pinus elliottii* community in Heshan were studied. The results showed that the structure is simple, species is lack, the biomass is 109.03 t/hm^2 and the standing crop of energy is 95.05 MJ/m^2 . Furthermore, the growing center of the community was the distribution center of energy. The pure *Pinus elliottii* forest could be reformed as *Pinus elliottii* and *Acacia mangium* mixed forest.

Key words Artificial forest of *Pinus elliottii*; community structure; biomass; energy characteristics

湿地松 (*Pinus elliottii*) 为松科常绿乔木, 原产美国东南各州, 分布于 $28^{\circ}10' \sim 33^{\circ}30' \text{ N}$, 垂直分布一般在海拔 600 m 以下。由于其适应性较强, 早期生长迅速, 树干通直, 木材质量好, 是优良的荒山造林绿化树种, 现在世界亚热带和部分热带地区广为引种^[1]。

广东在本世纪三十年代开始引种湿地松, 随后逐渐推广, 尤其在 1985~1995 年“十年绿化广东”的造林运动中, 植造了大面积的湿地松纯林, 从目前情况看, 纯湿地松林易发生病虫害, 且后期生长慢^[2], 亟待进一步改造。本文通过对鹤山一个 10 年生纯湿地松林的群落结构、生物量、器官热值和能量利用等进行研究, 探讨湿地松林的生长规律和物质能量分配状况, 为大面积

1997 - 03 - 24 收稿

第一作者简介: 曹洪麟, 男, 1966 年出生, 助理研究员, 主要从事植物生态学研究。

* 国家重大、国家自然科学基金重点、中国科学院重中之重项目的部分研究内容

湿地松纯林的林分改造提供理论依据。

1 自然概况

中国科学院鹤山丘陵综合试验站位于广东省中部, 112°53' E, 22°40' N。该站全年温暖多雨, 年平均太阳辐射量为 4 357.6 MJ/m², 日照时数约为 1 797.2 h, 年平均气温 21.7℃, 最热月(7月)均温 29.2℃, 最冷月(1月)均温 12.6℃, 全年 10℃ 的有效积温约为 7 500~8 000℃·h, 年平均降雨量为 1 801.1 mm, 但分布不均, 有明显的干湿季之分。

试验区为低丘地貌, 坡面平缓, 海拔低于 100 m, 地带性土壤类型为发育于砂页岩的赤红壤, 酸性较强, 有机质含量普遍较低, 一般荒坡仅 0.56%~1.64%。试验区历史上是森林地带, 地带性植物类型为南亚热带季风常绿阔叶林, 但因人类长期经济活动的干扰破坏, 原生植被已不复存在。本文研究的湿地松人工林是 1985 年种植的林分, 林龄 10 a, 栽种规格 2.5 m × 2.5 m。

2 理论与方法

2.1 群落结构

用相邻格子法在林内设置 4 个 10 m × 10 m² 的乔木层样方, 对每株高于 1.5 m 的植株进行每木检尺, 即调查其胸径、树高和冠幅, 并依下列 2 式分别计算其平均树高 (H) 和平均胸径 (D)

$$H = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_i \quad (1)$$

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \quad (2)$$

(1)、(2) 式中 n 为总株数, h_i 和 d_i 分别为第 i 株树的树高和胸径。

根据随机取样的原则, 在林内调查 4 个 5 m × 5 m² 的灌木层和 4 个 1 m × 1 m² 的草本层植物, 记录其种名、高度、冠幅或盖度, 根据各种的密度、盖度和频度计算其相对密度、相对优势度和相对频度及重要值, 并据有关公式计算其多样性指数^[3]。

2.2 生物量

计算群落生物量的方法有多种, 本文利用一般林木的相对生长式计算, 公式为:

$$W = a (D^2 H)^b \quad (4)$$

其对数式为:

$$\log W = \log a + b \log (D^2 H),$$

式中 W 为植物各部分的生物量, D 、 H 分别为胸径和树高, a 、 b 为系数。

1990 年依当时的 H 和 D 砍伐标准木 3 株及大于和小于标准木植株各 1 株, 共 5 株进行解析, 求出 a 、 b 系数, 再用标准木的生长式及样方调查数据推算群落各器官生物量和总量。1995 年调查时, 再用 1 株标准木进行验证, 并利用生长式和此次调查数据推算本群落生物量的分配状况。

2.3 器官热值

用 1994 年各奇数月采摘一定量的树干、枝条、针叶和根作为样品, 带回实验室以 85℃ 恒温烘干至恒重, 磨碎并置于干燥器中, 年终混合样品测定。用 GR-3500 型氧弹式热量计测出各样品的总干重热值^[4]。

3 结果与分析

3.1 群落结构

鹤山湿地松林外貌深绿，林冠整齐而连续，形成基本郁闭的冠层，但林冠稀疏，透光度大。根据样方调查，湿地松的平均胸径和平均树高分别为 9.7 cm 和 8.9 m，由于本林分所处的生态环境大体一致，林相简单，上层乔木仅为湿地松一种，没有别的种类与其竞争，所以林木个体间差异不大，测量最大胸径为 12.0 cm，最小为 7.2 cm，树高一般为 8~9 m，最高达 11 m。

林下植被远较本站的其它林分简单，该群落林下以芒萁为主，其盖度达 90% 以上，平均高度约为 1.0 m，间有少量灌木，如梅叶冬青 (*Ilex asprella*)、野牡丹 (*Melastoma candidum*) 等 (表 1)，高度一般在 1~1.2 m 之间，少数灌木高达 1.5 m。同地带荒坡中常见的主要种类如桃金娘 (*Rhodomyrtus tomentosa*)、岗松 (*Beckea frutescens*) 等在本群落分布较少，该群落内也未见地带性次生林中常见的灌木种类如九节 (*Psychotria rubra*)、鸭脚木 (*Schefflera octophylla*) 等，这说明本群落林下虽具备一定的湿度，但林内透光率高，光照强，林下植被仍以阳生性植物为主。此外，据计算本群落灌木层和草本层的生物多样性指数 (Shannon - Winner 指数) 分别为 3.23 和 0.50，较本站同龄混交林的 3.42 和 3.89^[5] 低。因此，纯湿地松林结构简单、光能利用率不高、生物多样性指数低，为提高林地利用率，有必要把针叶纯林改造成针阔混交林，形成多层次、多树种的立体林分。

表 1 鹤山湿地松林林下灌木 (100 m²) 草本 (4 m²) 的重要值

Table 1 The importance value of shrub and herb in the *Pinus elliottii* forest in Heshan

层次 Layers	种名 Species name	株数 Individual number	相对密度 Relative density	相对频度 Relative frequency	相对优势度 Relative dominance	重要值 Importance value		
灌 木 层	梅叶冬青	<i>Ilex asprella</i>	11	19.30	14.81	29.24	63.35	
	野牡丹	<i>Melastoma candidum</i>	10	17.54	14.81	26.32	58.67	
	三叉苦	<i>Evodia lepat</i>	4	7.02	11.11	14.37	32.50	
	春花	<i>Rhaphiolepis indica</i>	5	8.77	11.11	7.43	27.31	
	鬼灯笼	<i>Clerodendron fortunatum</i>	8	14.05	7.41	4.93	26.39	
	米碎花	<i>Eurya chinensis</i>	3	5.26	7.41	10.03	22.70	
	黑面神	<i>Breymia fruticosa</i>	4	7.02	7.41	2.51	16.94	
	黄牛木	<i>Cratogeomys ligustrinum</i>	4	7.02	7.41	2.01	16.44	
	桃金娘	<i>Rhodomyrtus tomentosa</i>	4	7.02	7.41	1.25	15.68	
	黄栀子	<i>Gardenia jasminoides</i>	3	5.26	7.41	1.09	13.76	
	算盘子	<i>Glochidion puberum</i>	1	1.75	3.70	0.84	6.29	
	草 本 层	芒萁	<i>Dicranopteris linearis</i> var. <i>dichitoma</i>	468	90.35	44.44	92.16	226.95
		弓果黍	<i>Cyrtococcum pattens</i>	46	8.88	33.33	1.57	43.78
扇叶铁线蕨		<i>Adiantum flabellulatum</i>	3	0.58	11.11	3.76	15.45	
山菅兰		<i>Dianella ensifolia</i>	1	0.19	1.11	2.51	13.81	

3.2 相对生长式

鹤山湿地松林的相对生长式及其对数回归方程如表 2，表中各式的相关系数均在 0.90 以上。

本次调查所收获的标准木 (胸径 9.6 cm，高度 8.5 m) 各部分的生物量分别为：树干 26.57 kg，树枝 9.9 kg，叶 14.31 kg，根 17.52 kg，与用此本标准木的胸径和高度根据生长式所推算出的值 (树干 27.40 kg，树枝 9.90 kg，叶 17.59 kg 和根 18.78 kg) 相差不大，故此生长式仍基本适用于本林分。值得说明的是此生长式中总量的生长式误差较大，所以本文中的总量是用干、

枝、叶和根四部分生物量的总和而求得的。

表 2 湿地松的相对生长式和对数式回归方程

Table 2 The relative growing equation (RGE) and logarithmic regression equation (LRE) of *Pinus elliottii*

测项 Item	相对生长式 (RGE)	对数式 (LRE)
树干 Trunk	$W_s = 0.2018 (D^2H)^{0.737}$	$\lg W_s = -0.695 + 0.737 \lg (D^2H)$
树枝 Branch	$W_b = 0.057 (D^2H)^{0.774}$	$\lg W_b = -1.244 + 0.774 \lg (D^2H)$
叶片 Leaf	$W_l = 0.1012 (D^2H)^{0.774}$	$\lg W_l = -0.995 + 0.774 \lg (D^2H)$
根 Root	$W_r = 0.1074 (D^2H)^{0.775}$	$\lg W_r = -0.969 + 0.775 \lg (D^2H)$
总量 Total	$W_t = 0.3589 (D^2H)^{0.755}$	$\lg W_t = -0.445 + 0.755 \lg (D^2H)$

3.3 生物量和热值

根据上述生长式和调查结果,并用林业部门编制的株行距换算出每公顷株数,计算得 10 年生湿地松样木各部分的生物量和林地各部分的生物量(表 3)。其总生物量为 109.03 t/hm²,其中干、枝、叶和根分别为 40.58 t/hm²、14.71 t/hm²、26.11 t/hm²和 27.90 t/hm²,林分总生物量比 5 年生时的 40.02 t/hm²增大了 2.7 倍,其中增长最明显的是根,从 7.89 t/hm²增大到 27.90 t/hm²,增长了 3.5 倍,说明在其后的 5 年中,湿地松根系的发育快于其它器官,这是由于湿地松早期生长快,主要体现在地上部分,5 年后,地下部分生物量的快速增加会限制地上部分的生长,因而后 5 年湿地松地上部分的生长相对较慢。

表 3 湿地松各部分的生物量和林地平均生物量

Table 3 The biomass of varied parts of *Pinus elliottii* and the mean biomass of the wood

测项 Item	样木的平均生物量 (kg/tree)		林地平均生物量 (t/hm ²)	
	鲜重 FW	干重 DW	鲜重 FW	干重 DW
树干 Trunk	28.78	15.37	40.58	21.67
树枝 Branch	10.43	5.26	14.71	7.42
叶片 Leaf	18.52	7.59	26.11	10.70
根 Root	19.79	9.32	27.90	13.14
总量 Total	77.52	37.54	109.03	52.93

表 4 鹤山湿地松林各部分的总干重热值及所固定的太阳能

Table 4 The gross caloric values and solar energy storage of varied parts of the *Pinus elliottii* forest

测项 Item	树干 Trunk	树枝 Branch	叶片 Leaf	根 Root	总量 Total
生物量 (t/hm ²)	21.67	7.42	10.70	13.14	52.93
总干重热值 (KJ/g)	17.97	17.76	18.83	17.34	- - -
所固定的太阳能 (MJ/m ²)	38.94	13.18	20.15	22.78	95.05

但就整个林分而言,湿地松林的生物量仍较小,10 年生湿地松纯林生物量现存量为鲜重 109.03 t/hm²,干重 52.93 t/hm²。而本站在近似生态条件下生长的 7 龄马占相思林和大叶相思林,其生物量现存量的鲜重分别已达 153.60 t/hm²和 96.88 t/hm²。说明同为先锋造林树种,针叶类比相思类的光能利用率明显较低,因此,如果在针叶纯林中混交阔叶树如相思类等,可提高光能利用率,增大林分生物量。

对湿地松树干、树枝、叶片和根总干重热值的测定结果表明(表4),鹤山湿地松叶片的总干重热值最高,为18.83 KJ/g,其余较接近,这主要是由于叶片是光合器官,固定了大量有机物,且尚未转移到其它器官中,有机物含量高,其热值也高,而其它器官均为支持器官,器官中纤维素成分多^[6],而纤维素热值低,所以,热值也低。

3.4 湿地松林的能量分配

林木各部分的生物量乘以其相应的器官热值即为该部分所固定的太阳能,从表4可见,该10年生湿地松林所固定的太阳能总量为95.05 MJ/m²,其中树干所固定的能量最多,为38.94 MJ/m²,占41.0%,其次为根,固定的能量为22.78 MJ/m²,占总量的24.0%,枝叶较少。这是由于植物所固定的能量除一部分在能量代谢过程中消耗外,大部分能量被积累于根、茎、叶中,但由于枝叶不断凋落,限制了能量在这两个器官中的积累,固其所占比例较小,而根和茎虽也随细根和树皮的凋落损失少量能量,但大部分能量随根和茎的增大而积累下来,因此在整个林地中,它们所占的能量比例较大。

鹤山湿地松林每1 m级的生物量现存量的垂直分析表明,就地上部分而言,平均树高8~9 m湿地松林群落,其5~7 m处的生物量现存量最多(表5)正好处于2/3冠层高度处,与2/3冠层为群落主要作用层相吻合,这充分说明林木的生长中心也是其能量分布的中心。从0~4 m,其生物量大体呈逐渐减少的趋势,这与林木主干从粗到细又相吻合,而5 m以上因有枝叶作用,其生物量又逐渐增大。此外,湿地松林地下部分的生物量明显较大,地上部分与地下部分比约为3:1,比马占相思的3.7:1大,这与湿地松的根系庞大且为深根性植物相吻合,说明湿地松能在较贫脊恶劣的环境中生长。

表5 湿地松林的生物量垂直分布

Table 5 The vertical distribution of biomass of the *Pinus ellittii* forest

树高级 high	鲜重 wet weight (t/hm ²)	干重 dry weight (t/hm ²)
0~1	14.32	8.28
1~2	8.03	4.36
2~3	7.02	3.57
3~4	6.68	3.15
4~5	8.32	3.78
5~6	13.21	6.46
6~7	12.25	5.28
7~8	6.20	2.61
8~	5.10	2.40
地下	27.90	13.14
合计	109.03	52.93

参考文献

- 徐英宝, 罗成就. 薪炭林营造技术. 广州: 广东科技出版社, 1987. 49~55
- 任海, 彭少麟, 余作岳等. 鹤山针叶混交林的光能利用效率. 应用与环境生物学报, 1996, 2(1): 15~21
- 彭少麟, 周厚诚, 陈天杏等. 广东森林群落的组成结构数量特征. 植物生态学与地植物学学报, 1989, 13(1): 10~17
- 任海, 彭少麟, 余作岳等. 鹤山豆科植物混交林的能量特征及光能利用效率. 生态学报, 1995, 15, Supp. A: 49~57
- 余作岳, 彭少麟, 张文其等. 广东鹤山亚热带丘陵人工林群落分析, V. 混交林群落. 热带亚热带森林生态系统研究, 1990, 第7集: 169~175
- Golley F B. Energy values of ecological materials. *Ecology*, 1961, 42(3): 581~584