

广东小良热带人工林水分系统研究*

余作岳 彭少麟 张文其

(中国科学院华南植物研究所)

摘 要

本文研究了小良热带人工林的水分系统状况动态,揭示不同植被类型中不同的水文生态学效应。植被对径流量、土壤含水量、地下水位、林内湿度等的生态作用。同时探讨人工林蒸散过程的生态学因素,以及其间的相互影响。

关键词: 热带; 人工林; 水分系统; 生态效应

小良热带人工林是1959年栽种的人工林群落,其群落类型包括:桉树纯林(20多年林龄),马尾松林(20多年林龄),豆科混交林和非豆科混交林(10余年林龄)等。其中豆科混交林主要建群种是桫欏(*Aphanamixis polystachya*)、铁刀木(*Cassia siamea*)、大叶相思(*Acacia auriculaeformis*)。非豆科阔叶混交林主要建群种为樟树(*Cinnamomum camphora*)、枫香(*Liquidambar formosana*)、仅花(*Lysidice rhodostegia*)、藜蒴(*Castanopsis fissa*)等。这些人工林已在当地表现出生态效益和经济效益,^[1]对这些人工林生态系统的结构和功能有必要进一步深入研究。本文是研究人工恢复森林后的水分生态效应,以及林地的水分动态变化规律。

一、小良热带人工林水分系统状况

小良热带人工林位于广东省电白县的沿海台地上,约东经110°54',北纬21°27',属热带北缘地区。年平均气温23°C左右,最高为36.5°C,最低为4.7°C。月平均气温在18°C以上者达九个月。年降雨量在1400—1700mm之间,但季节分布不均,5—9月份降雨量占总降雨量的75.8%,而10—4月份仅占24.2%,干湿季分明,旱季长达半年。同时,降雨方式多为暴雨或暴风雨(台风雨),日降雨量很大。其降雨量总结于表1。

林地降雨量有一部分为林木截流,一部分经地表流走,一部分渗入地中成为地下水。由此影响林地土壤含水量、林内湿度,以至蒸腾、蒸发变化,形成比光板地复杂得多的水分系统。水分系统的分布和动态见图1。

* 以广东电白县小良为研究基地的“广东热带沿海侵蚀地的植被恢复途径及其效应”研究项目获1986年度中国科学院科技进步奖一等奖。

表 1 小良地区降雨量

Table 1 The amount of precipitation in Xiaoliang in a year

(mm)

年 Year	1 Jan.	2 Feb.	3 Mar.	4 Apr.	5 May.	6 Jun.	7 Jul.	8 Aug.	9 Sep.	10 Oct.	11 Nov.	12 Dec.
1983	85.8	152.6	242.7	171.0	213.9	28.7	68.7	197.8	68.8	108.6	67.2	16.2
1984	6.8	18.9	109.0	138.9	243.4	680.9	247.6	408.5	123.1	—	—	—
1985	18.6	157.3	128.9	303.1	111.8	501.2	131.2	637.4	212.5	124.6	1.6	14.8
平均 Av.	37.1	109.6	160.2	204.3	189.7	403.6	152.5	414.6	134.8	116.6	34.4	15.5

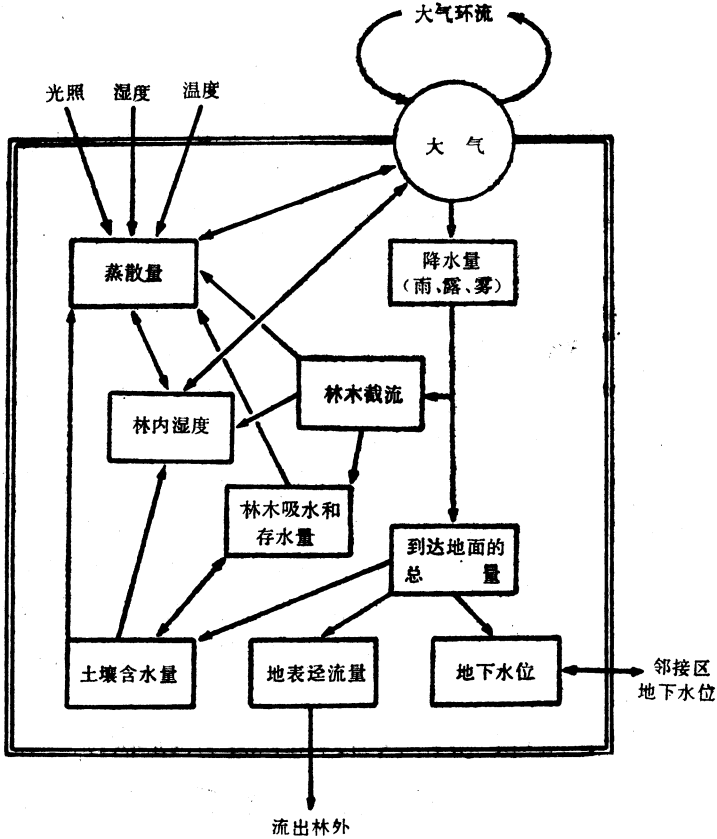


图 1 人工林水分系统的分布和动态

Fig. 1 The distribution and dynamic of water system of man-made forest

二、小良热带人工林的水分系统动态及生态效应

光板地的水分系统较简单，只有从降水到径流、蒸发和地下水位的变化，而林地水分系统比较复杂（图 1），因而形成了一系列的生态效应。

（一）人工林对雨期的水分径流生态效应

林地调查证明，人工林对雨期的水分径流具有明显的生态效应（表 2）。

表 2 不同植被类型集水区地表径流侵蚀量 (1982)*

Table 2 The amount of erosion of runoff in varied vegetation types (1982)

月份 Month	光板地 Barren hill (55.9亩)				桉树林 Eucalypt forest (56.66亩)				混交林 Mixed forest (96.14亩)			
	降雨量 Precipitation (mm)	径流总量 The amount of runoff (m ³)	泥沙总流失量 The loss amount of mud and soil(kg)	单位面积流失量 The loss amount (kg/mu)	降雨量 Precipitation(mm)	径流总量 The amount of runoff(m ³)	泥沙总流失量 The loss amount of mud and soil(kg)	单位面积流失量 The loss amount (kg/mu)	降雨量 Precipitation(mm)	径流总量 The amount of runoff (m ³)	泥沙总流失量 The loss amount of mud and soil (kg)	单位面积流失量 The loss amount (kg/亩)
6	109.1	585.621	2277.6	40.7	124.0	2 036.664	2 524.1	44.5	40.95	5.179	0	0
7	232.2	2374.109	29 283.3	523.7	282.6	5 901.658	11 786.7	208.0	63.7	15.427	13.7	0.1
8	138.1	1537.834	27 044.3	483.7	148.6	2 861.881	4 775.0	84.3	164.1	11.080	7.7	0.1
9	84.5	281.351	5 716.1	102.2	85.3	796.037	475.7	13.2	74.7	4.167	0	0
10	58.7	215.682	4 472.3	80.0	69.1	724.455	723.1	12.8				
11	53.7	25.833	315.4	5.7	52.4	426.293	98.6	1.7				
12	44.8	225.511	5 067.5	90.6	44.5	733.523	793.5	14.0				
Total	721.0	5245.941	74 176.5	1 326.5	806.5	13 480.511	21 446.7	378.5			21.4	0.2

*1—5月份的雨量很少，其它相应的各项指标也较小，略。

表 2 表明：1. 由于人工林尤其混交林的生态效应，使雨期的径流量大大减少，表明了涵养水源的生态效益。2. 在一年中，混交林地表径流侵蚀于 7 月初旬出现，8 月中旬结束，径流侵蚀仅两个月，侵蚀量为每年 3 kg ha⁻¹；荒坡和桉树林的径流侵蚀却长达 7 个月，侵蚀量分别为每年 19 897.5 kg ha⁻¹和 5 677.5 kg ha⁻¹。混交林的侵蚀临界雨量为 2—3 小时内 30mm，而荒坡和桉树林的临界雨量却分别为 6mm 和 8mm，充分表明人工林尤其混交林的保持水土的生态效益。3. 泥沙总流失量以混交林最少，其次为桉树林和光板地，其间尽管桉树林的地面覆盖小，径流量甚至大于光板地，但当大雨、暴雨期间，径流的侵蚀强度远小于光板地，显然是因为根系和树桩的固土作用。从这也可以看出森林在抗水土流失方面的重要意义。

(二) 人工林对土壤含水量的生态效应

在混交林、桉树林和光板地三个不同的集水区里，选择有代表性的地段观测土壤含水量的变化，结果如图 2。可以看出，人工林林地土壤的含水量变化不同于光板地。在深度 10—100cm 的土层里，混交林的土壤含水量最高，桉树林次之，光板地最低；在深度 100—200cm 的土层里，光板地的土壤含水量最高，混交林次之，桉树林最低。这是由于森林的覆盖作用，使林地上层土壤的含水量高于无林地；而林木根系对下层土壤水分的吸收作用，导致林地下层土壤含水量低于无林地。此外，林地土壤含水量的垂直变化幅度比光板地要小得多。

(三) 人工林对地下水位的生态效应

表 3 表明，混交林的地下水位最高，其变化在 1—4m 之间。这是因为混交林虽有林冠蒸散，水分的消耗比光板地大，但因为它的涵养水源的功能高，故水分的补给量大于

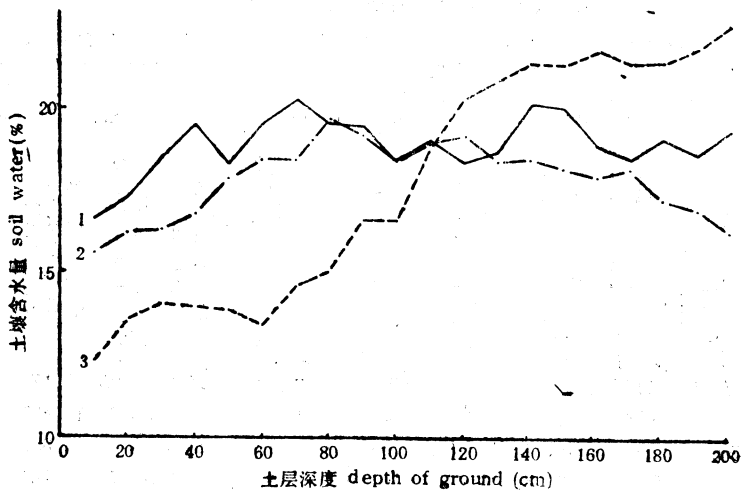


图 2 不同植被类型下土壤含水量垂直变化比较 (1982年7月)

Fig. 2 Comparison on vertical change of soil water on varied vegetations(1982)

1. ————混交林 Mixed forest 2. - - - -桉树林 Eucalypt forest
3. - - - -光板地 Barren hill

表 3 不同植被类型地下水位变化

Table 3 The change of depth of ground water in varied vegetation types

植被类型 Vegetation types		1 Jan.	2 Feb.	3 Mar.	4 Apr.	5 May.	6 Jun.	7 Jul.	8 Aug.	9 Sep.	10 Oct.	11 Nov.	12 Dec.
混交林 (I号井) Mixed forest (Number 1 well)	1980	4.15	4.68	5.01	4.14	3.92	2.11	2.29	1.87	0.10	0.43	0.98	1.93
	1981	2.74	3.39	3.89	4.08	2.88	1.24	1.75	2.13	2.20	0.25	1.34	2.23
	1982	2.81	3.64	4.01	4.19	2.81	3.04	2.73	2.21	2.67	3.24	3.91	4.32
	平均 Av	3.23	3.90	4.30	4.14	3.20	2.13	2.66	2.07	1.66	1.31	2.08	2.83
	1980	9.27	9.55	9.83	9.71	9.44	9.41	9.30	8.74	6.70	7.50	8.23	9.16
桉树林 (I号井) Eucalypt forest (Number 2 well)	1981	9.97	10.46	10.76	11.00	10.59	9.66	9.37	9.79	9.55	8.81	9.29	9.93
	1982	10.65	11.20	11.42	11.58	11.21	11.19	10.63	9.84	10.48	10.99	11.51	11.56
	平均 Av	9.96	10.40	10.67	10.76	10.41	10.08	9.77	9.46	8.91	9.10	9.68	10.22
	1980	4.87	5.10	5.22	4.81	4.09	3.69	3.36	3.33	2.11	2.65	3.34	3.92
	光板地 (I号井) Barren hill (Number 3 well)	1981	4.34	4.62	4.75	4.63	3.84	3.28	3.20	3.75	3.47	2.46	3.38
1982		4.30	4.53	4.62	4.24	3.74	3.92	3.41	3.33	3.89	4.12	4.39	4.26
平均 Av		4.50	4.75	4.86	4.56	3.89	3.63	3.32	3.47	3.16	3.08	3.70	4.04

水分的消耗量,因而地下水位高而稳定。光板地地下水位变化在3—5m之间,这是由于光板地虽水分补给量小,大部分降雨均径流走了,但没有林木蒸腾,水分消耗量比林地小,因而地下水位变化较稳定。桉树林的地下水位最低,其变化在9—11m之间,因为桉树林地面光裸,当降雨时绝大部分的雨水流失,而桉树根系发达,需从土壤中吸收大量的水分以维持其蒸腾等生理过程。据测定,一株20年生和10年生的窿缘桉,每年分别要从土壤吸收18.7t和7.9t水,蒸散到大气中去,使桉树林的水分系统中,每年新得到

的水分补给量不足以抵偿森林的蒸发、蒸腾的水分消耗量，故其地下水位不断下降。

(四) 人工林对林内湿度的生态效应

由于林地的生态效应，使林内的相对湿度大于光板地（表4）^[1]。

表4 不同植被类型大气相对湿度的年变化(%)

Table 4 The changes of relative humidity in varied vegetation types in a year (%)

植被类型 Vegetation types	1 Jan.	2 Feb.	3 Mar.	4 Apr.	5 May.	6 Jun.	7 Jul.	8 Aug.	9 Sep.	10 Oct.	11 Nov.	12 Dec.	平均 Av.
混交林 Mixed forest	81	90	91	89	90	88	91	91	88	87	85	77	87.3
桉树林 Eucalypt forest	79	87	88	87	88	87	88	89	88	85	83	77	85.5
光板地 Barren hill	78	89	90	87	87	84	85	85	83	81	80	70	83.2

(五) 不同植被类型的蒸散量的变化

表5表明不同植被类型的蒸散量的变化，这种差异是由于不同植被各自的植物生理学特性以及群落学结构的差异所引起的。

表5 不同植被类型的蒸散量的变化

Table 5 The changes of evapotranspiration in varied vegetation types

植被类型 Vegetation types		每小时蒸散量 The amount of evapotranspiration in hour (kg)	日蒸散量* The amount of evapotranspiration in a day (kg)	年蒸散量 The amount of evapotranspiration in a year (kg)
窿缘桉林 Eucalyptus exserta forest	10年生 10years old	2.7	21.6	7884
	20年生 20years old	6.4	51.2	18688
大叶相思纯林(10年生) Acacia auriculaeformis forest (10years old)		16.4	131.2	47888

* 日蒸散量以8小时计

三、不同植被类型蒸散量变化的生态学分析

在人工林生态系统中，水分量的变化主要为三个因素所影响，即降水量、迳流量和蒸散量。其中降水量由气候所决定，迳流量为植被类型所左右，而蒸散量的变化受诸生态因子的影响。

影响植被蒸散的主要生态学因素有湿度（表4）、温度（表6），光照强度^[2]等。

根据测定调查数据，计算^[5]不同植被类型中蒸散与诸因子的相关系数及线性回归方程关系式（表7）。

表 6 不同植被类型月平均气温垂直分布(°C)

Table 6 Vertical distribution of average temperature of a month in varied vegetation types (°C)

高度 Height (m)	1 Jan.			4 Apr.			7 Jul.			10 Oct.		
	混交林 Mixed forest	桉树林 Eucalypt forest	光板地 Barren hill	混交林 Mixed forest	桉树林 Eucalypt forest	光板地 Barren hill	混交林 Mixed forest	桉树林 Eucalypt forest	光板地 Barren hill	混交林 Mixed forest	桉树林 Eucalypt forest	光板地 Barren hill
1.50	16.7	16.9	16.8	21.8	22.0	21.9	28.2	28.1	28.4	24.9	25.1	25.3
0.50	17.1	17.1	17.6	22.2	22.1	22.4	28.4	28.5	29.1	25.4	25.3	26.2
0.20	17.2	17.0	17.7	22.3	22.1	22.6	28.4	28.5	30.2	25.5	25.3	26.4
0	19.6	17.3	18.9	23.4	22.8	24.2	28.7	29.2	30.6	27.0	25.9	27.6
-0.05	19.2	17.1	19.2	22.8	22.5	24.2	28.3	28.6	30.7	26.1	25.9	27.5
-0.10	19.4	17.7	19.0	22.8	22.3	23.8	28.3	28.5	30.6	26.3	25.8	27.4
-0.15	19.6	18.1	19.7	22.8	22.6	24.4	28.3	28.7	31.0	26.4	26.1	28.1
-0.20	19.4	18.3	19.7	22.5	21.7	24.1	28.1	28.5	30.8	26.3	26.1	28.3

表 7 (I) 蒸散与诸生态因子的相关系数和回归方程

Table 7 (I) The relative coefficients (RC) and the linear regression equation (LRE) between the evapotranspiration and the varied ecological factors

蒸 散 Evapotranspiration			
相关系数(RC)	0.941	光照强度 Light intensity	
回归方程(LRE)	$Y=0.248+0.0165X$		
相关系数(RC)	0.907	0.891	温 度 Temperature
回归方程(LRE)	$Y=-0.503+0.1626X$	$Y=7.209+0.0871X$	
相关系数(RC)	0.449	0.123	0.351 湿度 Humidity
回归方程(LRE)	$Y=-14.733+0.2012X$	$Y=88.386+0.0048X$	$Y=86.034+0.1403X$

从表7可以看出, 由于水分的动态变化与环境有密切的关系, 所以生态因子的变化影响着水分的动态过程和分布。蒸散包括蒸发和蒸腾, 二者均受多种生态因素影响。光照与温度对这两方面呈较高的线性相关, 湿度却与这两者呈现出负相关, 也即湿度的增高会使蒸散减弱。比较表 7 (I) 与表 7 (II) 在一定程度上可以看出蒸发与蒸腾的不同。蒸腾与光强与温度的正相关系数和与湿度的负相关系数, 比蒸散要弱得多, 这是因为蒸发是物理学过程, 而蒸腾是植物的生理学过程。对于蒸腾来说, 生态因子是通过影响植物的生理过程来控制蒸腾量的。例如关闭气孔, 或半关闭气孔。因而植物的蒸腾量与生态因子的关系, 虽然是一定的线性相关, 但相关系数却比蒸散要弱得多。应该指出, 影响蒸散尚有其它许多生态因子, 例如风、地形等等, 这有待于今后更深入的探讨, 但无疑光强、温度、湿度是影响蒸散的较主要的生态因子。

综上所述, 由于不同的植被类型有不同的林份结构, 产生一系列的生态效应, 造成其林内生境的差异, 湿度、温度、光能利用率的不同, 反过来影响植物的蒸散量, 进而影响不同的植被类型水分系统的动态变化。

表 7 (I) 蒸腾与诸生态因子的相关系数和回归方程

Table 7(II) The relative coefficients and the linear regression equation between the transpiration and the varied ecological factors

		蒸 腾 Transpiration			
大 叶 相 思 <i>Acacia auriculaeformis</i>	相关系数 (RC)	0.689	光照强度		
	回归方程 (LRE)	$Y=75.285+5.151X$	Light intensity		
	相关系数 (RC)	0.680	0.415	温 度	
	回归方程 (LRE)	$Y=-1344.293+60.979X$	$Y=20.116-0.113X$	Temperature	
	相关系数 (RC)	-0.360	-0.414	0.173	湿 度
	回归方程 (LRE)	$Y=1872.494+17.708X$	$Y=82.139-7.702X$	$Y=59.626+0.857X$	Humidity
蓝 桉 桉 <i>Eucalyptus exserta</i>	相关系数 (RC)	0.752	光照强度		
	回归方程 (LRE)	$Y=64.916+6.157X$	Light intensity		
	相关系数 (RC)	0.548	0.409	温 度	
	回归方程 (LRE)	$Y=-480.345+29.354X$	$Y=18.973+0.201X$	Temperature	
	相关系数 (RC)	-0.580	-0.449	-0.246	湿 度
	回归方程 (LRE)	$Y=1907.185-18.759X$	$Y=91.944-0.178X$	$Y=88.311-0.109X$	Humidity

参 考 文 献

[1] 余作岳等, 1985: 广东热带沿海侵蚀地的植被恢复途径及其效应. 热带亚热带森林生态系统研究, 第3集, 97—108页.

[2] 李国琛等, 1984: 小良热带人工阔叶混交林林冠蒸散的测定研究. 热带亚热带森林生态系统研究, 第2集, 122—131页.

[3] 黄录基等, 1984: 小良不同类型人工林的温湿特征. 热带亚热带森林生态系统研究, 第2集, 114—121页.

[4] 黄录基等, 1985: 热带人工混交林蒸散测定的初步分析. 热带亚热带森林生态系统研究, 第3集, 109—115页.

[5] 彭少麟等, 1986: 应用统计方法分析叶片组织结构与对有毒气体抗性的关系. 中科院华南植物研究所集刊, 第3集, 121—126页.

[6] Bormann, F. H., al et, 1981: Pattern and process in a forested ecosystem.

[7] Bossel, H., 1986: Ecological systems analysis.

[8] Etherington, J.R., 1976: Environment and plant ecology.

[9] Whittake, R.H., 1975: Communities and ecosystems.

STUDIES ON WATER SYSTEM OF TROPICAL MAN-MADE FOREST IN XIAOLIANG OF GUANGDONG

Yu Zuoyue, Peng Shaolin and Zhang Wenqi

(*South China Institute of Botany, Academia Sinica*)

Abstract

In this paper, the distribution and dynamic of water system of tropical man-made forest in Xiaoliang were studied, and the hydrological ecological effects of varied vegetation types to soil water and ground water and runoff as well as humidity were exposed. The ecological factors in evapotranspiration process and the relationships between the factors were explored.

Key words: Tropic; Man-made forest; Water system; Ecological effect