

鼎湖山季风常绿阔叶林生态水文功能的研究^①

黄忠良 孔国辉

(中国科学院华南植物研究所, 广州, 510650)

摘要 本文通过在鼎湖山季风常绿阔叶林进行的集水区水文学观测试验, 探讨南亚热带地带性植被季风常绿阔叶林水文学功能的基本特征。结果显示: 南亚热带常绿阔叶林林冠对雨水的截留率较高, 旱季的林冠截留率高于雨季, 降水强度与林冠截留率呈负相关关系。林地枯落物的持水量季节变化与林地凋落物发生季节变化相吻合。该林地的土壤结构有利于渗水、保水, 但因土层较薄, 因而总蓄水量不大。总径流量较大, 但地表径流量较小, 林地蒸发散量较大。这些均反映南亚热带季风常绿阔叶林在涵养水源, 保持水土方面的生态功能效益显著, 其生态水文学规律有独特之处。

关键词 南亚热带, 森林, 生态水文功能, 林冠截留。

水是地球上一切生命物质的源泉和重要组成物质, 在全球大气环流、气候环境、生物地球化学循环以及生物圈地圈进化与动态平衡过程中起着极其重要的作用^[1]。森林的生态水文功能包括改变降水分布、涵养水源、净化水质、保持水土、调节气候, 从而减洪、滞洪、抵御旱涝灾害^[2]。它们对于维护地球这个大生态系统的功能及其生物多样性十分重要, 是生态系统研究中的重要内容。鼎湖山的季风常绿阔叶林被视为南亚热带地带性植被, 有关它的水文学过程研究, 已有一些初步报道^[3]。本文在较长时间的观测基础上, 试图对鼎湖山的季风常绿阔叶林进行生态系统水文功能较系统的分析研究, 对于进一步探索和掌握南亚热带森林的生态功能具有重要的意义。

1 试验地概况

观测样地建立在鼎湖山国家级自然保护区的季风常绿阔叶林内, 大集水区所在林分林龄逾四百年, 胸径 $\geq 1\text{cm}$ 的活立木 $3973 \text{株} \cdot \text{hm}^{-2}$, 大树较多。小集水区所在林分林龄较小, 活立木株数较多(胸径 $\geq 1\text{cm}$ 的达 $6700 \text{株} \cdot \text{hm}^{-2}$), 但大树较少。二者的林分结构相近, 均分五层, 其中乔木三层, 加上灌木层和草本层, 此外还有许多层间植物, 如藤本和附生植物。林地坡向东南-西南, 坡度 $26^\circ \sim 36^\circ$, 成土母岩为砂页岩, 土壤为赤红壤(砖红性红壤), 深度 $60 \sim 100 \text{cm}$ ^[4]。

2 研究方法

本项目在大小两个集水区里进行。小集水区面积 1200m^2 , 在一自然坡面的三边挖沟及建挡水墙, 作为人工分水线, 另一边为天然分水岭。出水处建有三级水池, 用以测定径流。大集水区面积为 7.3hm^2 , 主要依据自然分水岭, 仅在收口处加上人工辅助设备(挡水墙)建立而成。在两个集水区内的林冠上方分别支放一个和两个雨量筒, 以测定大气降水, 另在集水区附近空旷

① 本项研究获得国家自然科学基金(49275246)、国家科委重大基础研究(PD-85-27)项目资助。

处安装一个自计雨量计,以测定降水过程和时间。在小集水区内随机布设 11 个雨量筒,在大集水区内各个坡向坡位分别安置 5 个床型承接水装置(面积 $2\text{m} \times 1.5\text{m}$)以测定穿透水,后者由于承接面积较大,避免了用雨量筒测定因面积小而发生穿透水偏大或偏小的现象,即选点误差。根据样地林木调查结果,在两集水区分别选择 11 株各径阶的标准木,用剖开的橡胶管环绕在这些标准木茎干上,或用铝片围成漏斗状,靠近树身处用水泥和其它材料粘接固定,用胶管将水引至树下的容器内,以测定树干径流。另安装两个穿透水承接装置,将林地上与该装置接水面积相同的地被物(凋落物)移入该装置内,以测定枯枝落叶截流量,同时每十天一次在林地抽取凋落物,用烘箱烘干后称重,测定其持水量。凋落物截留水量和持水量互相校正。小集水区通过三级分流水池测定径流量,而大集水区通过一个矩型堰(水量大时用)和一个三角堰(水量较少时用)来测定径流量。根据降雨时实地观测地面径流开始与结束时间来划分地面径流与壤中流。另每隔十天测定一次土壤含水量,以测定土壤蓄水动态。

蒸发散根据水量平衡法计算得出,数据处理和统计分析均在计算机上进行。文中除特别说明的以外,均为大集水区的观测结果。

3 结果分析

3.1 森林对降水的截持作用

降落到森林上部的降水,一部分被林冠层的枝叶及树干所吸收或截留,大部分从林冠枝叶边缘滴落,或穿过林冠间隙直接落下,形成林内雨。林内雨再经过灌草层,被吸收截留一部分后落入凋落物层。经过凋落物层后的雨水渗入土壤,下渗的雨水首先供应土壤蓄水量,当降雨强度超过下渗强度时,其超渗雨量便在地表漫流,形成地表径流。超过土壤蓄水量的下渗水便形成壤中流和地下径流。因此,森林的降水截留包括林冠、灌草植被和凋落物层的截留以及土壤蓄水。因灌草层对雨水的截留很难测定,本文现分别就鼎湖山季风常绿阔叶林林冠、凋落物层和土壤的蓄水对雨水的截留进行研究探讨。

3.1.1 林冠截留 林冠截留的直接测定尚未找到可靠方法,现一般通过测定穿透水和树干流,然后通过公式 $I_c = P - T - S$ 计算得出。式中 I_c 表示林冠截留量, P 为降雨量, T 为穿透水量, S 为树干流。图 1 是鼎湖山季风常绿阔叶林两个集水区所在林分的冠层对年平均降雨量的分配格局,可以看出,大集水区的林冠截留率高于小集水区的。这可能是因为前者的林龄较大,林冠较密。由此可以证明林冠截留率与林分结构有关。

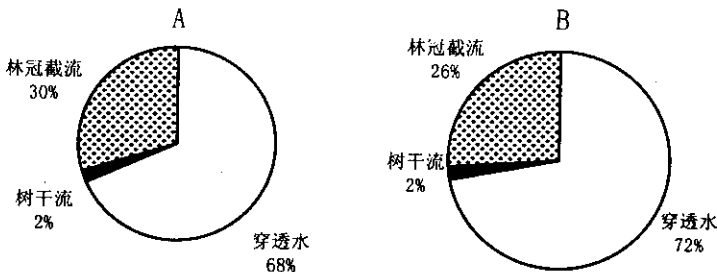


图 1 两个集水区的林冠对雨水的分配格局

A: 大集水区林冠对雨水的分配格局; B: 小集水区林冠对雨水的分配格局

Fig. 1 Rainfall distribution pattern by canopy. A is for the larger watershed, B is for the small catchment

为检测林冠截留率与降雨量之间存在的相关关系,我们对所得数据进行了回归分析,其结果见表1。可以看出,穿透水与降水量存在较明显的直线相关。同时,林冠截留率与降水强度和雨前无雨期也存在一定的相关关系。这就导致了林冠对降水的季节分配动态(图2)。图2显示出两个集水区的林冠截留率的季节变化趋势相近,基本上是降雨量高则林冠截留率低,因而旱季的林冠截留率远高于雨季,最干旱的11月的林冠截留率最高。

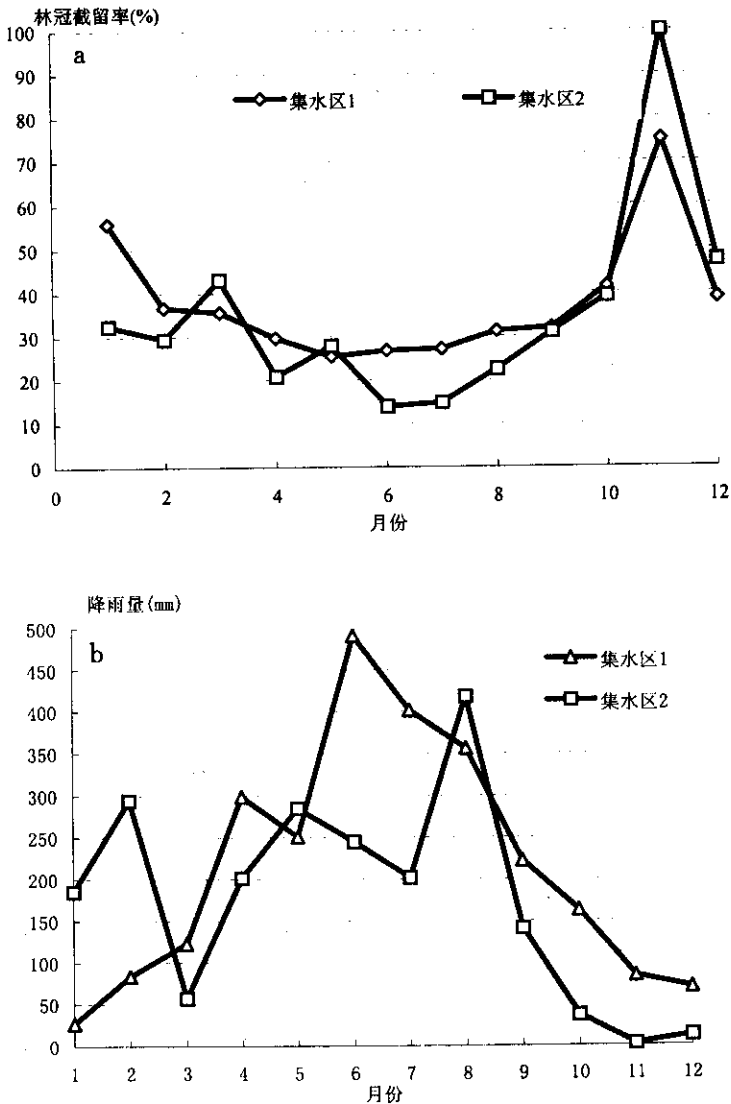


图2 两个集水区的降水量及其林冠截留率的季节变化

Fig. 2 Seasonal changes of rainfall and interception percentage in the two catchments

3.1.2 林地凋落物的截留 森林凋落物层的生态水文功能主要是对降水的截留和蓄水,它与凋落物的现存量及其干燥度成正比。持水率的变化可反映截留量的多少,一般凋落物层具有较大的持水率,图3是季风常绿阔叶林的凋落物层的持水率和持水量的季节动态,可以看出,凋落物持水率的季节动态与降雨量的季节动态相似,旱季的持水率较低而雨季的较高。凋落物层的持水量则稍有不同,这是因为它不仅与持水率具有密切关系,而且与凋落物现存量

的季节变化密切相关。凋落物的发生一年有两个高峰,4~5月是一个高峰,9月是另一个高峰。这与持水量的两个高峰吻合。虽然林地凋落物层本身的持水量相对于降水量不是很大,但它对于减弱雨滴对林地地面的冲击力和减缓地面径流,其作用甚大,因而其水土保持功能不菲。

表 1 鼎湖季风常绿阔叶林林冠截留模型

Table 1 The models for interception by the canopy of lower subtropical evergreen broad-leaved forest

模型	相关系数	t 检验结果	可靠性水平
$T = -0.6812 + 0.7710P$	0.9145	极显著	95%
$T = 6.71568e^{0.104P}$	0.5832	不显著	95%
$T = 0.000067X^{2.7335}$	0.8936	不显著	95%
$S = 0.0993 + 0.0262P$	0.9145	极显著	95%
$S = e^{-6.7157 + 0.104P}$	0.5832	不显著	95%
$S = -7.7405P^{2.5381}$	0.8774	不显著	95%
$Ic/P = 0.6797 - 0.007488P - 0.005536In + 0.000724Du$			

表中: P 、 T 、 S 、 Ic 分别表示林外雨量、穿透水、树干流和林冠流量,单位为 mm, In 为降雨强度,单位为 $mm \cdot h^{-1}$, Du 为该次降雨前无雨期,单位为 h。

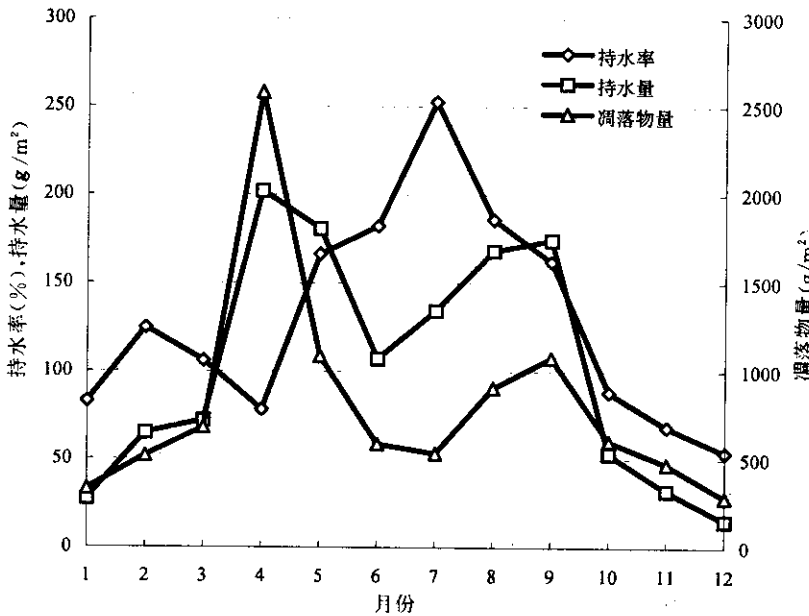


图 3 凋落物量、持水率及持水量季节动态

Fig. 3 Seasonal dynamics of litterfall and water capacity

3.1.3 森林土壤层的水文功能 森林中透过林冠的雨水大部分进入土壤,进行再分配。鼎湖山季风常绿阔叶林的土壤有机质含量较高,土壤质地、结构、孔隙度均有利于渗水、保水^[3],因而它的渗透速度较快,但因它的土层厚度不高,其蓄水总量不是很大。表 2 所示为鼎湖山季风常绿阔叶林的土壤雨水入渗率(入渗土壤水量/林中雨量)、土壤蓄水量和地表径流的季节变化动态。不难看出,土壤雨水入渗率也与降雨量的大小有关,旱季降雨量小,入渗率高;雨季则

相反。土壤蓄水量则呈相反趋势,旱季土壤蓄水量小,雨季则大。表 2 的径流包括了地表径流和部分地下径流,值得注意的是该径流系数的季节动态是:雨季较高,而在旱季初期最高,旱季后期最低。这是因为旱季初期的降雨量虽低,但雨季储存下来的土壤水分在一定时期内能保持地下径流流量的稳定,因而其径流系数最高。这反映了森林贮存水分的生态效益。地表径流系数则不然,基本上随着降雨量的增加而加大,特别是在降水强度大的月份,其值偏大。这表明森林具有保持水土、削弱洪水的作用,但其作用是有限的。

表 2 鼎湖山季风常绿阔叶林土壤水文功能

Table 2 The hydrological function of soil in the lower subtropical evergreen broad-leaved forest in Dinghushan

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
入渗率 (%)	88.14	91.96	34.26	71.74	57.13	59.34	67.54	31.40	61.60	73.53	83.33	79.37
土壤蓄水量 (mm)	272.40	278.10	296.70	316.30	317.90	313.80	337.70	296.10	317.20	286.40	237.30	210.70
径流系数 (%)	12.07	11.83	24.89	42.94	42.28	52.00	44.66	53.73	43.92	85.30	131.96	59.43
地表径流系数	0	1.47	2.12	13.99	10.85	15.78	13.04	11.51	13.69	8.04	6.17	1.13

3.2 季风常绿阔叶林的水量平衡

森林的蒸发散是森林水文过程的一个重要组成部分,但它的测定异常复杂,一般用水量平衡法计算得出。森林水量平衡法的要点是:将降落到林地的降水作为收入,将蒸发和径流的损失作为支出,这种水量的收支过程即为水量平衡,其式为

$$E = P - R - S$$

式中 P 为降雨量, R 为径流量, E 为蒸发散量, S 为土壤蓄水变化。根据此式计算年度水量平衡, S 项通常被省略。在本项研究中, S 为 -58.2 mm, 即亏损了 58.2 mm, 占收入项(降雨量)的 2.27% , 仍在可忽略的范围。鼎湖山季风常绿阔叶林的年蒸发散量为 1323.98 mm, 稍高于吴厚水等用修订后的彭曼(Penman)公式估算的值(1089 mm)(待发表), 与周光益等用水量平衡法在海南岛尖峰岭得到的值接近^[9]。年径流量 1289.72 mm, 年径流系数 0.505 , 与蒸发散相近。水量平衡各月收支的变化如表 3, 土壤蓄水亏损主要出现在旱季, 但在仍属雨季的 8 月也出现了。其原因可能与 8 月的降雨较集中, 无雨日多, 导致土壤蓄水出现亏损。

表 3 鼎湖山季风常绿阔叶林水量平衡收支月变化

Table 3 The monthly dynamic of water balance budget in the lower suberoptical evergreen broad-leaved forest in Dinghushan

月份	收 入		总 支 出		
	降雨量 (mm)		径流量 (mm)	土壤蓄水变化 (mm)	蒸发 (mm)
1	28.60		3.45	-22	47.15
2	83.55		9.89	5.73	67.93
3	122.35		30.46	18.60	73.29
4	293.77		126.14	19.59	148.03
5	250.57		105.94	1.64	142.98
6	490.83		255.22	0.83	234.78
7	401.65		179.38	18.88	203.41

续表

月份	收 入		总 支 出	
	降雨量(mm)	径流量 (mm)	土壤蓄水变化 (mm)	蒸发 (mm)
8	355.75	191.13	-41.57	206.19
9	222.32	97.65	21.03	103.63
10	162.73	138.81	-30.77	54.69
11	83.63	110.37	-49.08	22.35
12	69.45	41.27	0.92	29.09
合计	2555.68	1289.72	-58.02	1323.98
%	100.00	50.46	-2.27	51.81

参 考 文 献

- 1 Recharad Lee 著,张建列译.森林水文学.东北林学院,1984
- 2 刘世荣,温远光,王兵,周光益等.中国森林生态系统生态水文功能规律.中国林业出版社,北京,1996年7月
- 3 黄忠良,丁明懋等.鼎湖山季风常绿阔叶林水文学过程及其氮素动态的研究.植物生态学报,1994,18(2) 194~199
- 4 Kong Guohui et al. Dinghushan Biosphere Reserve-Ecological Research History and Perspective. Science Press, Beijing, 1993
- 5 陈步峰等.尖峰岭热带山地次生雨林生态系统的水文学过程及养分动态.林业科学研究,1994,7(5)
- 6 刘文耀等.滇中常绿阔叶林及云南松林水文作用的初步研究.物生态学及地植物学学报,1991,15(2):164~165
- 7 马雪华.森林水文学.北京:中国林业出版社,1993
- 8 周国逸.中国亚热带杉木人工林生态系统水文学的研究(学位论文).东北林业大学,1989
- 9 周光益,陈步峰等.海南岛热带山地雨林短期水量平衡及主要养分的地球化学循环研究.生态学报,1996,16(1):28~32

Ecohydrological Function of the Lower Subtropical Forest Ecosystem

Huang Zhongliang Kong Guohui

(South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650)

ABSTRACT On the basis of 4 years of measurement and observation, this paper dealt with the ecohydrological function and explored the characteristics of the lower evergreen broad-leaved forest in Dinghushan Biosphere Reserve, which is the typical vegetation of lower subtropical. The results showed that the canopy interception of the forest is high, and the interception is higher in dry season than in rainy season. The interception by litter is low but it plays an important role in water conservation and prevention of erosion through reducing runoff. The soil interception and conservation capacity to rainfall in this forest are high and the runoff is low. The evaporation rate is high. These reflect that the ecohydrological functions of the forest have their characteristics.

Key words Lower subtropical, Forest, Ecohydrological function, Canopy interception.