

28-32

16161(4)

第16卷 第1期

生态学报

Vol. 16, No. 1

1996年1月

ACTA ECOLOGICA SINICA

Jan., 1996

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*

周光益 陈步峰 曾庆波
吴仲民 黄全 李意德

(中国林业科学院热带林业研究所, 广州, 510520)

S718.554.2

A

摘要 本文采用集水区技术和定位研究方法, 利用1989年5月至1993年4月4a的观测资料, 对海南岛尖峰岭热带山地雨林天然更新林的水量平衡及主要养分的地球化学循环规律进行了分析。结果指出: 该森林生态系统年降雨输入为2911.0 mm, 其中7.06%以树干茎流形式进入林地, 林内穿透雨占78.88%, 另外14.06%被林冠截留损失; 以径流形式流出该系统的水量为1540.6 mm, 占年降雨量的52.92%, 其中快速径流和基流分别占总径流的22.14%和77.86%; 系统另一输出项为蒸散, 计算为1370.6 mm, 为年降雨量的47.08%。在该森林生态系统中, N、P、K、Ca、Mg、Si、Al、Mn等养分随降雨输入的量分别为14.43, 0.36, 4.19, 53.03, 7.41, 5.21, 0.82和0.056 kg/hm²·a, 通过冠层后的淋溶量(含树干淋洗)分别为3.67, 0.50, 5.18, -9.14, 8.61, 14.26, 1.05和1.33 kg/hm²·a, 这些养分以径流形式流出该系统的量分别为8.33, 0.38, 33.61, 40.26, 6.17, 133.08, 1.69和0.075 kg/hm²·a。

关键词: 海南岛, 热带山地雨林, 水量平衡, 地球化学循环。

WATER BALANCE AND GEOCHEMICAL CYCLING OF MAIN NUTRIENTS IN THE TROPICAL MOUNTAIN RAINFOREST, HAINAN ISLAND

Zhou Guangyi Chen Bufeng Zeng Qingbo

Wu Zhongmin Huang Quan Li Yide

(The Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou, China, 510520)

Abstract Based on the watershed technique and the located observation method forest hydrology data in four consecutive hydrologic years from May 1989 to April 1993 were used for analysing water balance and geochemical cycling of nutrients in the regenerated tropical mountain rain forest ecosystem at Jianfengling, Hainan island. The results indicated that average annual rainfall was 2911.0 mm, 78.88%, 7.06% and 14.06% of which were allocated to

* 为林业部“七五”和“八五”重点项目“海南岛尖峰岭热带森林生态系统研究”及国家自然科学基金资助项目(3870500和9390011)的部分研究内容。

收稿日期: 1994-02-20, 修改稿收到日期: 1994-08-06。

throughfall, stemflow and crown interception, respectively. The annual runoff was 1540.6 mm—52.92% of the annual rainfall. The quickflow and baseflow were 22.14% and 77.86% of the total runoff. The estimated evapotranspiration of the forest ecosystem was 1370.6 mm(47.08% of the annual rainfall) by short-time period water-budget method. Nutrient input of N, P, K, Ca, Mg, Si, Al, Mn was 14.43, 0.56, 4.19, 53.03, 7.41, 5.21, 0.82 and 0.056 kg/hm² · a, respectively in rainfall, and nutrient output was 8.35, 0.38, 33.61, 40.26, 6.17, 133.08, 1.69 and 0.075 kg/hm² · a, respectively, in runoff. The amount of nutrients leached from crown was 3.67(N), 0.50(P), 50.18(K), -9.14(Ca), 8.61(Mg), 14.26(Si), 1.05(Al) and 1.334(Mn) kg/hm² · a.

Key words: Hainan Island, tropical mountain rainfall, water balance, geochemical cycle.

1 试验地概况与研究方法

1.1 试验地概况

试验地位于海南省乐东县尖峰岭热带林保护区,其气候、土壤和植被情况详见文献[1,2]。

1.2 研究方法

1.2.1 降雨测定 距试验地约 500m 处是天池气象站,1989 年 8 月以前的降雨量采用该站资料,另外在林内综合观测铁塔顶部(高出林冠层 2 m 处)也设置一雨量计,观测降雨。

1.2.2 茎流和穿透雨的测定 根据热带森林群落调查中的最小面积法,在试验林分中选取一块面积为 1200 m² 有代表性的标准地,根据林木调查资料,以重要值和径级为指标选取 35 株茎流观测样株,用特制的分流装置进行树干茎流的收集^[3]。即用分流的办法,在第一个茎流承接器上水平安置数个分流管,实测其分流系数,将其中之一的分流管流出来的水引入第二个承水器,在第二个承水器上同样水平安置数个分流管,将其之一管流出的水引进第三个承水器中,直至能测到最大量茎流水止。因为试验地为海南岛暴雨中心区之一,24h 降雨高达 900 mm,热带林木冠幅又大,茎流量也大,一株胸径为 42.8 cm 的黎蒴栲(*Castanopsis fissa*)在一次台风暴雨中茎流速度达 8 L/min,茎流量达数立方米,只有用分流办法才能测到。在标准地中,用网格法机械地布设标准雨量筒 23 个(距地面 70cm),测定穿透雨量。

1.2.3 径流测定 利用闭合集水区技术,在集水区出口设置无喉量水槽和三角堰,并配水位计,以观测水位和流量。对水文过程线的基流分割,采用斜线分割法。

1.2.4 水样采集和分析 按水样采集的一般要求采集,取样后立即送实验室进行分析(从采样到分析不超过 5d)。全氮用扩散法,磷用磷钼蓝比色法,钾、钙、镁、铝、锰用原子吸收光谱法,有机碳用重铬酸钾氧化亚铁滴定法,硅用硅钼蓝比色法,pH 值用 DF-807 型离子计现场测定。以降雨量为权重,用加权法求算降雨、穿透雨及树干茎流水中的养分含量。基流和快速径流的养分按算术平均值法求得。

1.2.5 水文年始点确定 水文年的起始点一般是以一年中最小流量时刻为准^[4],在该试验地,11 月—翌年 4 月为旱季,4 月为旱季的末期,所以选定 5 月为水文年的起点。

1.2.6 系统内蒸散量的估算 用短期水量收支平衡法进行估算^[5]。

2 结果分析

2.1 降雨输入及其分配

由于试验集水区为闭合流域,因此系统的水分输入就是降水,而森林的水平降水量(雾、露)很少,所以仅考虑降雨输入。根据 1989 年 5 月至 1993 年 4 月这 4 个完整水文年的观测资料,统计得出尖峰岭热带山地雨林天然更新林生态系统的降雨输入及其分配规律(表 1)。由此可看出,该系统的年降雨输入量为 2911.0 mm,其中穿透雨、树干茎流和林冠截留损失分别占降雨量的 78.88%、7.06% 和 14.06%。降雨输入及分配规律具有明显的季节变化,年降雨量的 87.11% 是在雨季(5—10 月),且雨季的雨强、雨量和降雨频度大,林冠相对湿润,所以截留雨水的能力低,截留率小;而旱季的情况恰恰相反,虽然月截留量不多,但截留率却较大。

表 1 热带山地雨林天然更新林降雨输入及其分配规律(1989.5—1993.4)

Table 1 Monthly distribution of rainfall, throughfall, stemflow and interception in the experiment forest

月 份 Month	降雨量 Rainfall	林内穿透雨 Throughfall		树干茎流 Stemflow		林冠截留损失 Interception loss	
	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
1	24.7	19.1	77.33	0.3	1.21	5.3	21.46
2	67.6	51.9	76.78	3.1	4.59	12.6	18.63
3	33.5	26.9	80.30	0.5	0.90	6.3	18.80
4	99.9	80.5	80.58	2.4	2.40	17.0	17.02
5	211.3	170.6	80.74	5.4	2.56	35.3	16.70
6	790.4	621.2	78.59	73.7	9.32	95.5	12.09
7	546.8	426.7	78.04	57.3	10.48	62.8	11.48
8	487.6	380.7	78.08	31.3	6.42	75.6	15.50
9	282.4	227.9	80.70	11.9	4.21	42.6	15.09
10	217.2	180.2	82.79	9.0	4.14	28.0	12.89
11	124.6	90.9	72.95	10.4	8.35	23.3	18.70
12	25.0	19.7	78.80	0.4	1.60	4.9	19.60
5—10	2535.7	2007.3	79.16	188.6	7.44	339.8	13.40
11—4	375.3	289.0	77.01	16.9	4.50	69.4	18.49
1—12	2911.0	2296.3	78.88	205.5	7.06	409.6	14.06

2.2 径流输出及其分配

表 2 反映了试验森林集水区径流输出及其分配规律。观测的 4a 间,平均年径流输出总量为 1540.6 mm,其中主要径流成分是基流,为 1199.5 mm,占总径流的 77.86%,快速径流量为 341.1 mm,占总径流量的 22.14%,占降雨量的 11.71%。从径流的月分配来看,雨季降雨量大,径流相应多,占总径流的 79.66%,说明径流的年内季节分配极不均匀。雨季前的各月(如 1 月、4 月)和雨季后的各月(如 11 月、12 月)相比较,降雨量相差不大,而径流量后者远大于前者;同时发现,最大 6 个月降雨量是在 5—10 月,但最大 6 个月径流量出现在 6—11 月,说明该森林集水区具有较好的延长径流流出时间以增加旱季流量的水源涵养功能。

2.3 水量收支平衡

根据水量平衡公式 $P=E+R+\Delta W$, 式中的 P 为降雨量, E 为蒸散量, R 为径流量, ΔW 为系统内的蓄水变化量(主要为土壤蓄水的变化),因为多年的系统蓄水变化可视为零,即 $\Delta W=0$, 因此,水量平衡公式可简化为 $P=E+R$ 。由此式可求得尖峰岭热带山地雨林天然更

新林生态系统多年平均蒸散量(E),得出水量平衡表。由表 3 可看出,该试验林分蒸散量为 1370.6 mm,占降雨量的 47.08%,径流输出量为 1540.6 mm,占降雨量的 52.92%,径流中的基流和快速径流分别占年降雨量的 41.21%和 11.71%。

表 2 热带山地雨林天然更新林径流输出及其分配

Table 2 Monthly distribution of runoff (1989.5—1993.4)

月 份 Month	降雨量 Rainfall (mm)	总径流 Runoff (mm)	基 流 Baseflow		快速径流 Quickflow	
			(mm)	(%)	(mm)	(%)
1	24.7	30.9	30.6	99.03	0.3	0.97
2	67.6	34.5	32.8	95.07	1.7	4.93
3	33.5	31.4	30.3	96.50	1.1	3.50
4	99.9	54.1	51.7	95.56	2.4	4.44
5	211.3	25.1	19.1	76.10	6.4	23.90
6	790.4	202.5	90.8	44.84	111.7	55.16
7	546.8	345.8	234.5	67.81	111.3	32.19
8	487.6	298.5	241.9	80.77	57.6	19.23
9	282.4	184.3	171.8	93.22	12.5	6.78
10	217.2	170.0	145.3	85.47	24.7	14.53
11	124.6	101.9	90.8	89.11	11.1	10.89
12	25.0	60.2	59.9	99.50	0.3	0.50
5—10	2535.7	1227.2	903.4	73.61	323.8	26.39
11—4	375.3	313.4	296.1	94.48	17.3	5.52
1—12	2911.0	1540.6	1199.5	77.86	341.1	22.14

表 3 热带山地雨林天然更新林水量收支平衡表

Table 3 Water balance in the experimental forest ecosystem (1989.5—1993.4)

降雨量 Rainfall (mm)	总径流量 Total runoff		基流量 Baseflow		快速径流量 Quickflow		系统蒸散量 Evapotranspiration	
	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
2911.0	1540.6	52.92	1199.5	41.21	341.1	11.71	1370.6	47.08

2.4 主要养分的地球化学循环

在森林生态系统养分的地球化学循环过程中(不包括生物小循环),养分的输入主要是养分的大气输入(干、湿沉降),而养分的地质输入在短期内可视为零;养分的输出是以径流形式来实现的。4 a 中多次取样分析,共获得 81 次降雨过程的雨水、林内穿透雨和树干径流水样,降雨范围是 28—797.1 mm,其中 <5、5—10、10.1—20、20.1—30、30.1—50、50.1—100、>100 mm 的分别有 5、11、23、9、16、8 和 8 次;同时取了 63 个基流水样和 17 个快速径流水样。经统计分析得出(表 4):在该森林生态系统中,N、P、K、Ca、Mg、Si、Al、Mn 等养分随降雨输入的分别为 14.43、0.56、4.19、53.03、7.41、5.21、0.82 和 0.056 kg/hm²·a,通过冠层后的淋溶量(含树干淋洗)分别为 3.67、0.50、50.18、-9.14、8.61、14.26、1.05 和 1.334 kg/hm²·a,这些养分以径流形式流出该系统的量(地质输出)分别为 8.35、0.38、33.61、40.26、6.17、133.08、1.69 和 0.075 kg/hm²·a。如果不考虑林冠和树干的养分淋洗量,降雨输入-径流输出的净变化,除 Ca、Mg 外,其它营养养分的变化趋势与哈巴布鲁克(Habbar Brook)阔叶林积累期生态系统的净变化规律一致^[6]。Ca、Mg 在降雨中含量高,是否与试验林分离海边近(水平距离 18 km)有关,尚不清楚。由于该地似斑状花岗岩的贫 Ca、富 K、Si

特点* 该土壤的脱硅特性 7.8 K 的易溶性^[7,8],使得径流地质输出中 K、Si 量大,尤其是 Si。Ca 的冠层淋溶为负值,这可能与植物的叶面吸收及林冠层中的苔藓、附寄生植物吸收有关^[9]。当考虑淋溶量时,养分的输入-输出净变化,除 Si 外,都是输入大于输出,说明该森林生态系统处于良好的养分积累阶段。

表 4 热带山地雨林天然更新林养分的地球化学循环(kg/hm²·a)

Table 4 Characteristics of geochemistry cycle in the experiment forest(1989.5—1993.4)

项 目 Item	N	P	K	Ca	Mg	Si	Al	Mn
养分输入 Nutrient input								
降雨 Rainfall (①)	14.43	0.56	4.19	53.03	7.41	5.21	0.82	0.056
穿透雨 Throughfall (②)	16.41	0.96	48.47	39.96	14.97	17.23	1.64	1.308
茎流 Stemflow (③)	1.69	0.10	5.90	3.93	1.05	2.24	0.23	0.082
淋溶 Leach (④)=(②)+(③)-(①)	3.67	0.50	50.18	-9.14	8.61	14.26	1.05	1.334
净输入林地量 Net input (⑤)=(②)+(③)-(①)	148.10	1.06	54.37	43.89	16.02	19.47	1.87	1.390
养分输出 Nutrient output								
基流 Baseflow (⑥)	6.47	0.18	27.44	33.158	5.07	115.30	0.73	0.042
快速径流 Quickflow (⑦)	1.88	0.20	6.17	7.11	1.10	17.78	0.96	0.033
总输出 Total (⑧)=(⑥)+(⑦)	8.35	0.38	33.61	40.26	6.17	133.08	1.69	0.075
考虑淋溶的净变化 Net change A (⑤)-(⑧)	9.75	0.68	20.76	3.63	9.85	-113.61	0.18	1.315
未计淋溶的净变化 Net change B (②)-(⑧)	6.08	0.18	-29.42	12.77	1.24	-127.87	-0.87	-0.019

3 结语与讨论

水量平衡和养分循环是森林生态系统两个最主要而又最基本的生态功能,也是目前普遍研究的一个重要内容。地球化学循环中,养分的大气输入包括干、湿沉降,湿沉降主要是降雨的输入,而以干沉降(大气微粒、尘埃等)落入森林生态系统中的养分经过雨水的淋洗进入林地,但林冠和树干淋溶的养分中还有一部分是从植物体(主要是叶)中溶脱出来的,到目前为止,还很难测定出从植物体溶脱出的量及大气干沉降成分。采用集水区技术对我国热带森林生态系统的水量平衡规律和养分的地球化学循环特征的研究罕见报道。本文定量地分析了海南岛尖峰岭热带山地雨林天然更新林生态系统的水量平衡和地球化学循环规律,对进一步认识和掌握热带山地雨林的生态功能具有重要的意义。

参 考 文 献

- 1 周光益,陈步峰,曾庆波等.尖峰岭热带山地雨林产流特征研究.林业科学研究,1993,6(1):70—75
- 2 陈步峰,周光益,曾庆波等.热带山地次生雨林的水化学特征及其与降雨量关系的研究.林业科学研究,1993,6(2):118—123
- 3 周光益,吴仲民,李意德等.热带林茎流收集及计算方法探讨.生态学杂志,1994,13(5):63—66
- 4 中野秀章(日).森林水文学.李云森译.北京:中国林业出版社,1983,159—160
- 5 SUZUKI, Masakazu. Evapotranspiration estimates of forested watersheds in Japan using the short-time period water-budget method. *J. Jap. For. Soc.*, 1985, 67: 115—125
- 6 鲍尔曼 F H 等.森林生态系统的格局与过程.李景文等译.北京:科学出版社,1985,60—78
- 7 蒋有绪,卢俊培等著.中国海南岛尖峰岭热带林生态系统.北京:科学出版社,1991,80—83,212—218
- 8 卢俊培,吴仲民.海南岛尖峰岭热带林生态系统的地球化学特征.林业科学研究,1993,6(1):1—6
- 9 Jordan C F and Golley F B. Nutrient scavenging of rainfall by the canopy of an amazonian rainforests. *biotropica*, 1980, 12(1):61—66

* 吴仲民提供未发表资料。