

# 热带山地雨林生态系统水文化学 循环规律的研究\*

陈步峰 周光益 曾庆波 李意德 吴仲民

**摘要** 根据 5 a 定位观测,对尖峰岭热带山地雨林更新林生态系统的水文化学循环规律的数据分析表明,年均降雨量为 2 668.3 mm,其中总径流量占 46.7%,蒸散量 53.3%,冠层截留量 14.0%。N、P、K、Ca、Mg 的年均降雨输入量为 78.4 kg/(hm<sup>2</sup>·a),总径流输出 56.7 kg/(hm<sup>2</sup>·a),净积累 21.6 kg/(hm<sup>2</sup>·a);Si、有机 C、Al、Mn 的年均降雨输入量为 25.0 kg/(hm<sup>2</sup>·a),总径流输出为 112.3 kg/(hm<sup>2</sup>·a),净损失 87.3 kg/(hm<sup>2</sup>·a),更新林系统仅处于更新进展过程中,同时证实了冠层对降水化学的淋溶效应,净淋溶系数达 4.11;提出了降雨、林内净降雨、总径流的各水化学物含量与其相应水量的回归模式。

**关键词** 热带山地雨林更新林 水文化学循环 净变化 数量回归

尖峰岭热带山地雨林是我国热带林中保存较为完好的森林类型,林区的水、热条件比较丰富,在维持区域生态环境方面具有重要作用。因此,彻底弄清该系统外界环境各种化学物质的输入、内部转换和再分配,以及系统输出水文化学定性定量变化规律,对于系统的稳定性、持续发展具有积极的影响,本文基于 5 个水文年的集水流域定位测定,研究了热带山地雨林生态系统集水流域水文化学循环规律,旨在为热带林可持续经营提供理论依据。

## 1 试验地概况

试验区概况,前文有过介绍<sup>[1]</sup>,此处略。

## 2 研究方法

采用小集水区技术,以 3.01 hm<sup>2</sup> 雨林自然闭合区定为小集水区的限定区域,作为一个生态系统的功能单元,对区内森林生态系统的生物量、能量、水文物理量、水化学、森林土壤、营养元素、生物循环、系统输入—输出及生物地球化学循环进行了全面的定位对比实验观测。其各水水量及水化学的年输入、再分配、输出的观测研究方法详见前文<sup>[2]</sup>。

## 3 结果分析

### 3.1 热带山地雨林生态系统的水文循环

自 1989 年 5 月以来,对热带山地雨林集水流域一直定位监测精确的降雨量、林内净降雨量和径流量(图 1)。5 个水文年的测定结果显示,平均年降雨量的积累值为 2 668.3 mm,总径

1996—08—14 收稿。

陈步峰助理研究员,周光益,曾庆波,李意德,吴仲民(中国林业科学研究院热带林业研究所 广州 510520)。

\* 本文系林业部“七五”、“八五”重点课题“海南岛尖峰岭热带林生态系统定位研究”部分内容。

流量为 1 245.1 mm, 占年降雨量的 46.7%, 年均蒸发散量(P-R) 为 1 423.2 mm, 占降水量的 53.3%; 冠层截留能力受其本身的结构及降雨特征的强烈影响, 年均截留降雨量为 373.6 mm, 占降雨量的 14%。各水文量月分配特点是: 雨季降雨量为年雨量的 80.2%, 总径流量为年降雨量的 38.1%, 林内净降雨量为年雨量的 75.5%, 冠层截留能力旱季显著高于雨季; 降雨量、林内净降雨量均以 6 月份为高峰月, 1 月为两者的最小雨量月, 总径流量洪峰月份出现在 7 月份, 最小径流量月份出现在 3 月, 反映出该系统具有延缓降雨径流的效益。

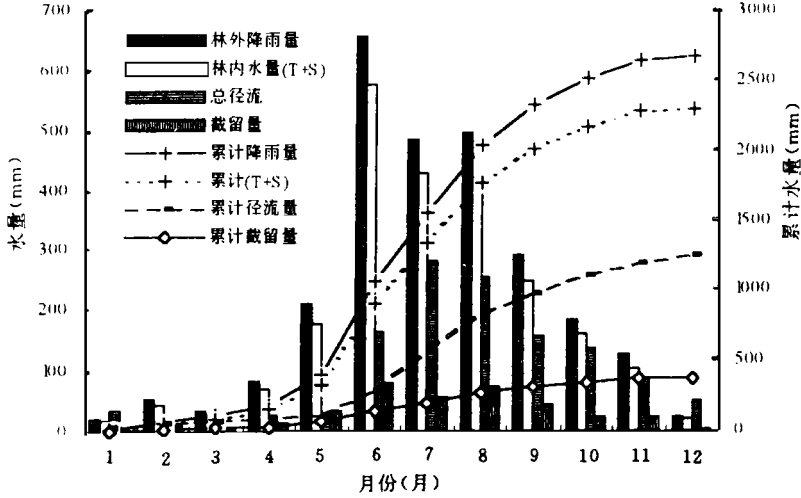


图 1 热带山地雨林生态系统水文量月均分配(1989- 05 -1994- 04)

### 3.2 降雨化学物质的输入

随降雨进入热带雨林生态系统, 大气中的各种化学物质为降雨溶解或携带进入系统, 为系统生物地球化学循环的重要组成部分, 热带雨林区, 降雨充足, 雨水携带化学物质为系统不可忽视的输入源, 连续 5 年的分析测定结果见表 1; 结果表明: 降雨中 9 个化学元素年均总量为 103.35 kg/hm<sup>2</sup>, 其中 Ca 输入量最大, 达 53.28 kg/hm<sup>2</sup>, 占元素输入总量的 51.6%, 其次是有机 C、N, 分别占元素输入总量的 20.1% 和 12.6%, Al、P 的年输入量为最少, 分别为 0.102 kg/hm<sup>2</sup>、0.363 kg/hm<sup>2</sup>。N、P、K、Mn 元素随降雨的长效输入, 对于热带森林土壤中普遍的缺乏状

表 1 热带山地雨林生态系统降水化学物月均输入量 (单位:kg/hm<sup>2</sup>)

元素	月 份												Σ (kg/hm <sup>2</sup> ·a)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
N	0.155	0.538	0.150	0.489	1.569	2.802	2.146	2.495	1.629	0.676	0.015	0.383	13.046
P	0.0016	0.0077	0.0010	0.0094	0.0387	0.0407	0.0757	0.0689	0.0572	0.0223	0.0382	0.0019	0.3634
K	0.046	0.187	0.002	0.477	0.254	0.098	0.102	0.506	0.172	0.958	0.714	0.083	3.600
Ca	0.667	1.917	1.101	1.832	3.701	12.665	11.409	9.523	5.926	2.972	1.147	0.420	53.280
Mg	0.090	0.055	0.120	0.264	0.463	2.231	1.748	1.339	0.671	0.812	0.245	0.037	8.075
Al	0.0025	0.0389	0.0055	0.0294	0.0259	0.2310	0.1248	0.1364	0.0677	0.0316	0.0062	0.0114	0.7112
Mn	0.0008	0.0018	0.0009	0.0055	0.0496	0.0157	0.0097	0.0045	0.0079	0.0028	0.0008	0.0017	0.1017
Si	0.036	0.055	0.006	1.172	0.082	0.066	0.039	1.012	0.774	0.162	0.004	0.028	3.435
C	0.189	0.419	0.192	1.436	4.900	1.575	0.097	2.034	5.196	3.064	0.864	0.773	20.737
Σ	1.187	3.219	1.578	5.714	11.083	19.724	15.751	17.118	14.500	8.701	3.034	1.738	103.35

注: 观测期为 1989 年 5 月至 1994 年 4 月(表 3、4、5 同)。

况可为有益的补充源, 同时为元素地球化学循环重要的环境输入。

由降雨化学物输入总量月分配看, 热带山地雨林集水区化学输入高峰期集中在每年的 5 ~ 10 月份, 各元素的输入总量为  $86.88 \text{ kg}/\text{hm}^2$ , 占降雨年输入总量 84.1%, 尤其是 Mg、N、Ca、Al、Mn 的雨季降雨输入量, 占其相应年输入总量超过 86.5%。这种季节侧重输入, 受降雨季节特征分配的显著制约, 但对于雨季高速生长的热带雨林, 雨季水化学物的大量输入宜于植物生长对养分物质需求, 利于降雨资源有效利用。

### 3.3 热带林层的水化学调节效应

3.3.1 冠层对降雨化学的淋溶效应 集水区林冠层对降水化学物质能够产生有效的化学调节作用, 降水到达林地的水化学物一部分是通过林冠穿透水或干茎流水的形式携带的, 而冠层也截留了另一部分降水输入化学物质。即冠层在对降雨重新分配的同时, 对水化学物质产生一系列生物化学作用, 表 2 测定结果反映出冠层影响降水化学物输入量的数量效应。

表 2 热带山地雨林冠层影响降水化学物输入量的变化

化学元素	冠截留水化学物		林内净降雨水化学物					
			穿透水		树干茎流		合计	
	( $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ )	(%)	( $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ )	(%)	( $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ )	(%)	( $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ )	(%)
N	1.863	12.48	17.34	3.6	1.94	4.2	19.28	3.65
P	0.052	0.35	0.8596	0.2	0.0857	0.2	0.9453	0.18
K	0.563	3.77	45.77	9.5	4.525	9.8	50.295	9.52
Ca	7.47	50.04	40.67	8.4	4.00	8.7	44.67	8.45
Mg	1.104	7.40	15.38	3.2	1.047	2.3	16.427	3.11
Al	0.0986	0.66	1.2821	0.3	0.1892	0.4	1.4713	0.28
Mn	0.0150	0.10	1.1983	0.2	0.7586	1.6	1.9569	0.37
Si	0.527	3.53	14.061	2.9	1.871	4.1	15.932	3.01
有机 C	3.136	21.01	345.79	71.7	31.661	68.7	377.451	71.43
$\Sigma$	14.929	100	482.36	100	46.074	100	528.434	100

由表 2 可见, 穿透水化学物总含量为  $482.36 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ , 茎流水化学物总含量为  $46.1 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ , 两者之和为到达林地的水化学量即为  $528.43 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ , 相比林外降水化学输入总量高出  $425.08 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ , 净增加 4.11 倍; 而降雨年输入的化学物有  $14.93 \text{ kg}/\text{hm}^2$  被林冠枝叶截留, 截留部分或被枝叶吸附或被吸收或被蒸发飘逸至环境。若为枝叶吸附, 则被滞后的降雨所淋溶进入林地<sup>[3]</sup>, 则冠层淋溶、淋洗水化学物的数量为  $425.08 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。若为枝叶吸收, 则进入林内的实际降水化学量为  $88.421 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ , 冠层淋溶化学量为  $440.01 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ; 无论两种推断的计算方法有何不同, 热带雨林冠层的降水化学淋溶效应是非常显著的, 水化学物总的净淋溶系数最小为 4.11, 其中淋溶效应较高元素的有: Mn、有机 C, 化学量分别净增加 18.2 倍、17.2 倍, 其次是 K, 净增加 11.4 倍。降雨时冠层淋溶、淋洗的化学量是生物循环中归还部分, 会迅速为植物吸收利用, 加速系统养分流循环速率。

3.3.2 林内净降雨化学输入量的月动态变化 林内净降雨化学输入量的季节特点也非常明显, 经 5 a 测定, 除有机 C 以外, 穿透水年平均输入林地的化学元素总量为  $136.56 \text{ kg}/\text{hm}^2$ , 茎流年均输入水化学物  $14.413 \text{ kg}/\text{hm}^2$ , 雨季(5 ~ 10 月份) 穿透水、茎流各元素总含量分别为  $111.05 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 、 $12.493 \text{ kg}/\text{hm}^2$ , 各占相应年输入总量的 81.32%、86.68%, 两者的年最高输

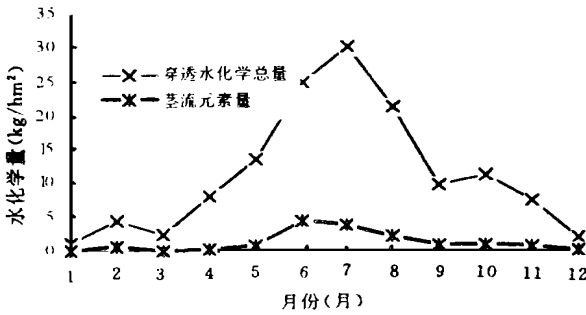


图2 林内雨水中8个元素(除C)月均含量分配(1989—05~1994—04)

入月份分别出现在7、6月份(见图2), 分别为 30.167 kg/hm<sup>2</sup> 和 4.423 kg/hm<sup>2</sup>, 占相应年输入量的 22.09% 和 30.69%, 两者元素最低月份也均出现在每年的1月份, 反映了化学含量受降水量特征因素的影响为显著。

### 3.4 热带山地雨林集水区水化学物的输出

#### 3.4.1 径流化学输出格局 热带山地雨林集水流域水化学输出主要是通过地

下径流及降雨产生的快速径流, 其年均化学输出为 164.89 kg/hm<sup>2</sup>, 占整个集水区生态系统总径流输出量的 97.76%; 其次是地表径流, 地表径流化学输出量仅为 4.013 kg/(hm<sup>2</sup>·a), 占总输出量的 2.24% (见表3)。由此可见, 热带山地雨林生态系统, 年降雨量在 3000 mm 以上, 即使雨季暴雨的雨强在 74.1 mm/h 出现情况下, 地表径流不致造成很大的化学损失。由快速径流和地下径流引起的化学物损失。其径流化学组分浓度含量较低, 加之林下群落的有效贮滤, 径流化学损失中仅以母质花岗岩的化学风化、水解输入系统的金属离子输出较多, 比如 Si、K、Ca 元素; 径流中可溶性有机 C 损失较多, 则在于植物、土壤的可溶性 C 使径流中浓度增高所致, 除此以外整个系统的养分输出是十分有限的。

表3 径流化学物质年均输出量

(单位: kg/(hm<sup>2</sup>·a))

径流化学项目	N	P	K	Ca	Mg	Al	Mn	Si	有机C
地表径流	0.406	0.008 7	0.341	0.395	0.088	0.052	0.004 5	0.192	2.626
快速+ 地下径流	6.102	0.197 1	17.679	27.095	4.408	0.823 3	0.034 8	85.228	23.324
总径流输出量	6.508	0.205 8	18.02	27.49	4.496	0.875 3	0.039 3	85.42	25.95

3.4.2 总径流化学物含量月分配 总径流化学物含量的月、季节变化可反映山地雨林更新林生态系统的贮存特性, 由于年总径流量的 87.8% 分配在雨季, 也导致总径流化学物含量的季节变化(见表4)。各化学元素总量的 78.6% 集中分配在雨季, 其中 Al、Mn、有机C 的雨季分配量占年量的 90% 以上, N、P、Mg 雨季分配在 82% ~ 88%, 而 Si、K、Ca 元素雨季含量与之相比

表4 集水区径流化学流失量的月均分配

(单位: kg/hm<sup>2</sup>)

月份	元 素									
	N	P	K	Ca	Mg	Al	Mn	Si	有机C	Σ
旱季月总计	1.155	0.037 9	5.163	5.252	0.528	0.055 4	0.003 3	22.65	1.327	36.167
5	0.129	0.005 8	0.648	0.840	0.083	0.056 9	0.002 4	2.55	0.074	4.387
6	1.344	0.028 8	0.953	2.882	0.982	0.186 2	0.002 8	7.29	4.994	18.663
7	2.087	0.048 8	1.327	6.845	0.757	0.096 4	0.004 5	14.19	3.198	28.554
8	0.687	0.050 7	3.904	5.602	0.862	0.262 6	0.014 5	15.34	7.782	34.507
9	0.570	0.018 7	2.691	2.447	0.436	0.121 4	0.010 0	10.28	8.306	24.882
10	0.536	0.016 1	3.334	3.626	0.847	0.096 4	0.001 8	13.12	0.264	21.846
Σ(kg/hm <sup>2</sup> ·a)	6.508	0.205 8	18.020	27.494	4.495	0.875 3	0.039 3	85.42	25.945	169.004

较小, 分别是年量的 73.5%、71.3%、80%, 说明雨季总径流以蓄满产生的快速径流相对旱季较多, 快速径流多从土壤层渗出且径流量大时, 径流元素量从土壤剖面淋失于径流中为较多; 反之则径流元素量多以风化释放于径流流失较多。总径流月分配也反映出: 除 N、Ca 的年流失量高峰月在 7 月份外, 其余元素随径流输出量高峰月在 8 月份, 元素流失总量的高峰月也出现在每年的 8 月份。反映了山地雨林系统径流量高峰月滞后于降雨量峰月, 总径流化学流失量最大月份又滞后于其径流量洪峰月, 该系统具有有效的水化学保存机制, 限定了最小的流失效应。

### 3.5 热带山地雨林集水区水化学循环

热带山地雨林生态系统水化学元素的地球化学循环见表 5。除 Si 外, 集水区降雨输入化学物质为  $99.92 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ , 总径流输出  $83.58 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ , 净积累化学物质  $16.34 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ , 其中 N、P、Ca、Mg、Mn 的变化率在 43.4% ~ 61.4%<sup>[3]</sup>, 表明更新林系统仅处于的更新进展过程中; 而 Si、K、Al、有机 C 净变化出现负值, 为该集水流域水化学循环中的亏损元素, 尤其是 Si、K 的系统亏损量较大, 但就其母质、土壤来讲, 这些元素的径流损失会不断地从母质风化输入系统中得到补充。表 5 中净变化值以主要营养元素净积累量为高, 尤其是 N、P 为母质风化过程中难以获取的元素。它们的积累为热带山地雨林系统的生物循环提供了重要的养分源。由水化学循环过程中林冠层的净淋溶量统计, 降雨各化学物经冠层淋溶, 其净淋溶总量是降雨输入化学总量的 4.11 倍, 降水经冠层的化学淋溶为增值效应, 尤以有机 C、Mn、K、Si 的淋溶增量为高, 仅 Ca 的淋溶净量为负值, 反映出降雨 Ca 的输入含量大, 冠层对该元素也有一定的吸附效应, 致使出现负淋溶值。但总的水化学效应是, 降雨时的林冠层化学淋溶增加了化学物的生物归还量, 且淋溶元素均以水溶性, 易于为植物吸收利用。

表 5 热带山地雨林生态系统水化学年均收支与平衡 (单位:  $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ )

水化学收支项	N	P	K	Ca	Mg	Al	Mn	Si	有机 C	$\Sigma$
降雨输入	13.046	0.3634	3.600	53.280	8.075	0.7112	0.1017	3.435	20.737	103.351
总径流输出量	6.508	0.2058	18.020	27.490	4.496	0.8753	0.0393	85.420	25.950	169.00
收支平衡净变化 +	6.538	+ 0.1576	- 14.420	+ 25.790	+ 3.579	- 0.1641	+ 0.0624	- 81.985	- 5.213	- 65.66
冠层截留	1.863	0.052	0.563	7.470	1.104	0.0986	0.015	0.527	3.136	14.919
林内降雨	19.280	0.9453	50.295	44.670	16.427	1.4713	1.9569	15.932	377.45	528.43
冠层净淋溶	6.234	0.5825	16.695	- 8.61	8.352	0.7601	1.8552	12.497	356.71	395.08

### 3.6 热带山地雨林集水区水化学量的数量规律

降雨、净降雨及总径流为雨林系统水文循环的重要要素, 其各要素化学物含量与相应水量之间有着密切的数量关系, 借助其各自的数量关系, 可为研究预算中提供有用的数量方法, 便于在获得易于测定的物理量时, 可估算其化学含量。以线性、非线性型统计法试以分析, 获得降雨量与降水各化学元素量、净降雨量与相应各化学元素量、总径流量与其相应各化学元素量的回归关系式列于表 6<sup>[4,5]</sup>。

降雨量与其各化学元素输入量的回归关系式, 除 N 元素与降雨量为线性关系外, 其余元素与降雨量均成幂函数关系, 其中 K、Ca 的幂回归指数为  $0 < b < 1$ , 表明随降雨的增加, 元素量的增值特性为初期较大、后期较小, 而 Mg、P、Al 的随降雨的增值反应则刚好相反, 即初期增值较小。随降雨的不断增大而元素增量减小。

净降雨量与其各化学元素量的回归式均为幂函数关系,其 N、P、K、Ca、Al 是随林内雨量的增加,其各元素含量初增值响应较大,随之而较小,反映降水初期淋溶淋洗效应较高,后期随净降雨增加,淋溶量增加较小,而 Mg 元素正好有相反的特性。

总径流量与其化学物量的关系式也为幂函数型,各模式的回归系数反映出, N、Ca、Mg、Al 的输出量随径流量不断增加,这些水化学量初增值较小,后增值较大, P、Si 则正好为相反的增值机理。K 的径流输出是随径流的增加成直线关系。从表 5 的各水文项目各化学元素的回归方程的相关系数检验结果,均达到极显著相关水平,方差检验的  $F$  值也达到极显著水平,说明该方程均可实用于水文化学循环的化学收支估算中,即这些定量关系模式是具有较高的应用价值。

表 6 集水区降水  $P$  (单位: mm)、到达林地降雨  $T+S$  (mm)、总径流  $R$  (mm) 及其化学元素量的回归分析

水文项目	水化学元素 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )	回归方程	$R$ 值 ( $\alpha=0.001$ )	自由度	$F$ 检验 $F_{0.01(1,58)}$
林 外 降 雨	N	$N=0.004324P+0.1256$	0.953**	58	**
	P	$P=0.00008097P^{1.0781}$	0.952**	58	**
	K	$K=0.007512P^{0.6262}$	0.700**	58	**
	Ca	$Ca=0.0265P^{0.9466}$	0.976**	58	**
	Mg	$Mg=0.002128P^{1.047}$	0.972**	58	**
	Al	$Al=0.0002035P^{1.0197}$	0.926**	58	**
到 达 林 地 水	N	$N=0.01145(T+S)^{0.9477}$	0.993**	58	**
	P	$P=0.0004833(T+S)^{0.963}$	0.943**	58	**
	K	$K=0.0559(T+S)^{0.8262}$	0.929**	58	**
	Ca	$Ca=0.0282(T+S)^{0.9347}$	0.991**	58	**
	Mg	$Mg=0.0685(T+S)^{1.0047}$	0.991**	58	**
	Al	$Al=0.00134(T+S)^{0.8719}$	0.963**	58	**
总 径 流	N	$N=0.00428R^{1.0256}$	0.937**	58	**
	P	$P=0.0001201R^{0.996}$	0.893**	58	**
	K	$K=0.023R-0.166$	0.935**	58	**
	Ca	$Ca=0.01859R^{1.057}$	0.966**	58	**
	Mg	$Mg=0.002499R^{1.056}$	0.962**	58	**
	Si	$Si=0.08673R^{0.988}$	0.969**	58	**
	Al	$Al=0.0003355R^{1.08}$	0.854**	58	**

\*\* 表示极显著水平。

## 4 小 结

(1) 对尖峰岭热带山地雨林更新林生态系统水文循环的研究表明,系统的年降水资源相对充足,年均降雨量 2 668.3 mm,径流占降雨量的 46.7%,蒸散量为降水量的 53.3%,冠层截留降雨 14%,降雨量多集中在雨季(5 至 10 月份),占年均总雨量的 80.2%,以 6 月为高峰雨量月(656.5 mm),而径流洪峰滞后,消减缓慢,该系统具有显著蓄水效应,尤其是在暴雨、大暴雨发生的月份。

(2) 山地雨林集水流域的净降雨化学物质含量达 528.43  $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ,较降水输入增加 4.11 倍,表明热带山地雨林冠层具有较为显著的降水化学淋溶效应;总径流年均化学物输出 169.0  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ,水化学流失量则是有限的,即输入林地的水化学物质有 68% 为系统贮存,极利于植物群落的演替更新发展。

(3) 集水区 5 个水文年的水化学循环研究表明,降水输入的 N、P、K、Ca、Mg 为 78.36  $\text{kg}/$

( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ), 总径流输出  $56.72 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ , 净积累  $21.6 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ , 变化率为 27.6%; 系统水化学平衡以 Si、K、Al、有机 C 的损失较多; 雨林集水区的降雨、净降雨、总径流化学含量的月分配具有典型的热带山地区域特征, 反映出热带山地雨林原始林的天然更新林系统正处于更新演替初级进展变化过程。

(4) 热带山地雨林更新林系统各水要素的水文物理化学量间具有显著的数量规律, 其各化学元素含量与其相应物理量的回归模式多表现为幂函数关系或直线函数关系, 说明水化学物含量受其相应物理量的制约程度较高, 模型估算的方法具有实用价值。

### 参 考 文 献

- 1 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): 117 ~ 118.
- 2 陈步峰, 周光益, 曾庆波, 等. 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): 526 ~ 528.
- 3 林业部科技司编. 森林生态系统定位研究方法. 北京: 中国科学技术出版社, 1994. 198 ~ 245.
- 4 盛伟彤, 徐孝庆主编. 森林环境持续发展学术讨论会论文集. 北京: 中国林业出版社, 1994. 95 ~ 99.
- 5 北京林学院主编. 数理统计. 北京: 中国林业出版社, 1986. 223 ~ 225.

## Study on Hydrochemical Cycling in Tropical Mountain Rainforest Ecosystem

*Chen Bufeng    Zhou Guangyi    Zeng Qingbo    Li Yide    Wu Zhongmin*

**Abstract** Based on stationary observation and chemical analysis in tropical mountain rainforest watershed at Jianfengling of China for five years, the hydrochemical cycling in the ecosystem was studied systematically combined with their hydrologic process. The distribution of mean rainfall with 2 668.3 mm per year was that 46.7% of rainfall was runoff, and 53.3% of rainfall was evaporated by the system, and 14.0% of rainfall was intercepted by forest canopy. The total amount of N, P, K, Ca and Mg in precipitation was  $78.36 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$  and that in runoff was  $56.72 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ , so the net accumulation of them in the system was  $21.6 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ . The total amount of Si Org-C, Al, Mn in rainfall was  $24.99 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$  and that in runoff was  $112.28 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ , so they were loss elements of water cycling in the system. The ecosystem was at its regenerating progress phase. The chemical leaching of the canopy layer combined with rainfall process was proved with the leaching efficiency of 4.11. The regression between chemical element and water of the hydrologic elements was put forward in the paper.

**Key words** tropical mountain rainforest    hydrochemical cycling    net budget    regression model