

华南南亚热带不同演替阶段植被的环境效应

管东生¹, M. R. Peart²(1. 中山大学环境科学系, 广州 510275; 2. 香港大学地理及地质学系, 香港)

摘要: 研究华南南亚热带不同演替阶段植被对养分保护、碳氧平衡和对酸雨的缓冲作用的结果表明: ①100 年生季风常绿阔叶林植物 N、P、K 贮量是草地和芒萁群落的 12~ 39 倍, 灌木林的 12~ 16 倍; 死地被物 N、P、K 贮量是草地和芒萁群落的 11~ 36 倍, 灌木林的 3.1~ 5.2 倍. 30 年生季风常绿阔叶林净初级生产量的 N、P、K 贮量是草地、芒萁、灌木群落的 1.9~ 5.1 倍. ②100 年生季风常绿阔叶林植物碳贮量是草地、芒萁、灌木群落的 13~ 49 倍. 30 年生季风常绿阔叶林植物碳净固定量是草地、芒萁、灌木群落的 2.3~ 3.4 倍, 前者的氧释放量也明显大于后者. ③芒萁、灌木群落和季风常绿阔叶林穿透雨的平均 pH 值比降雨 pH 值分别高 1.13、1.03 和 1.90 个单位, 季风常绿阔叶林对酸雨的缓冲能力明显高于芒萁、灌木群落. ④正向演替可加强植被的环境效应, 让草地、芒萁、灌木群落演替成为季风常绿阔叶林, 有利于区域生态环境的改善.

关键词: 环境效应; 植被; 演替; 华南南亚热带

中图分类号: X173 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2000)05-0001-05

Environmental Effects of the Succession Vegetation of Lower Subtropical Zone in Southern China

Guan Dongsheng¹, M. R. Peart² (1. Department of Environmental Science, Zhongshau University, Guangzhou 510275, China; 2. Department of Geography & Geology, University of Hong Kong, Hong Kong, China)

Abstract This study deals with the capacity for nutrient conservation, the balance of carbon and oxygen as well as the buffering of acid rain in the succession of vegetation of lower subtropical zone of southern China. The results show that: (1) N, P, K contents of plants of a 100 year old monsoon evergreen broad-leaved forest were 12~ 39 times those of the grassland and fernland. They were 12~ 16 times those of the shrubland. Its N, P, K contents of litter were 11~ 36 times those of grassland and fernland, and 3.1~ 5.2 times that of the shrubland. The mass of N, P, K in net primary production of 30 year old monsoon evergreen broad-leaved forest were 1.9~ 5.1 times those measured in the grassland, fernland and shrubland. (2) Carbon content of plants of the 100 year old monsoon evergreen broad-leaved forest was 13~ 49 times those of in the grassland, fernland and shrubland. The amount of fixed carbon in the 30 year old monsoon evergreen broad-leaved forest was 2.3~ 3.4 times those of the grassland, fernland and shrubland. The amount of oxygen made in the former was, obviously, also greater than in the latter. (3) Mean pH values of throughfall from the fernland, shrubland and monsoon evergreen broad-leaved forest were 1.13, 1.03 and 1.90 units higher than that of rainfall. The buffering capacity of the monsoon evergreen broad-leaved forest for acid rain was significantly higher than that of the fernland and shrubland. (4) The environment effects of vegetation could be increased by succession. It is very helpful for improving the eco-environment if the grassland, fernland and shrubland are changed to monsoon evergreen broad-leaved forest by succession.

Keywords: environmental effects; vegetation; succession; lower subtropical zone of southern China

华南南亚热带的地带性植被为季风常绿阔叶林(或称亚热带常绿季雨林)^[1, 2]. 由于人类干扰活动, 华南南亚热带原生的季风常绿阔叶林大部分已被不同演替阶段的次生草地、灌木林所代替^[1~ 3]. 由森林变为草地和灌木林, 将使植被的环境效应发生很大的变化, 了解不同植被类型的环境效应有助于区域植被和环境的管理和规划. 植被的环境效应涉及的内容很广, 相关的研究也不少. 本研究主要探讨不同演替阶段

植被对养分保护、碳氧平衡和缓冲酸雨的作用.

1 样地概况

1.1 气候和土壤

研究的样地分别位于香港新界和广州从

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(49571064); 香港研究资助局项目

作者简介: 管东生(1957~), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向为区域环境与生态.

收稿日期: 1999-11-02

化. 香港地区年平均降雨量 2214.3 mm, 年蒸发量 1274.8 mm, 年平均温度 22.8℃, 年平均相对湿度 78%. 广州从化年平均降雨量 2148.8 mm, 年蒸发量 1301.2 mm, 年平均温度 21.4℃, 年平均相对湿度 79%. 样地海拔高度在 120m ~ 300m 之间, 土壤为赤红壤.

1.2 植物群落

位于香港的研究样地包括以鸭嘴草 (*Ischaemum* spp.)、野古草 (*Arundinella setosa*) 和金茅 (*Eulalia speciosa*) 为优势种的禾草草地, 以芒萁 (*Dicranopteris dichotoma*) 占绝对优势的芒萁群落, 以桃金娘 (*Rhodomytus tomentosa*) 为优势种的灌木群落和由布渣叶 (*Microcos paniculata*)、假萍婆 (*Sterculia lanceolata*)、白楸 (*Mallotus paniculatus*)、鸭脚木 (*Schefflera octophylla*)、水同木 (*Ficus harlandii*) 等组成的约 30 年生的季风常绿阔叶林. 位于广州从化的样地包括一个 30 年生和一个约 100 年生的季风常绿阔叶林, 其乔木层的主要树种有荷木 (*Schima superba*)、红栲 (*Castanopsis hystrix*)、樟树 (*Cinnamomum camphora*)、黄杞 (*Engelhardtia chrysolepis*)、白楸 (*Castanopsis tribuloides*) 和鸭脚木等. 香港的草地和芒萁群落是反复火烧形成的次生植物群落, 其受火烧的频率通常为 2~3 年发生一次, 火是这两个群落得以稳定的决定因素. 其他木本植物群落则是人类干扰活动停止 (或减弱) 后通过演替逐步恢复起来的植物群落.

2 研究方法

在华南亚热带相似气候和土壤条件下, 植物群落具有相同的演替序列. 本研究采用空间代替时间的方法^[4], 将相似环境条件下不同演替阶段的植物群落组成演替序列, 使得需要数 10 年或更长时间才能观察到的植物群落演替过程中环境效应变化的研究成为可行. 虽然研究样地所在的香港新界和广州从化气候条件略有差异, 但根据 Lieh (1973) 提出的迈阿密模型估算^[5], 2 地无论是温度或是降雨其初级生产力的差异都小于 5%, 所以 2 地植被的环境

效应具有可比性.

2.1 植物生物量和净生产量测定

研究群落的植物生物量和净生产量采用收获法^[6]. 其中植物地上部生物量和净生产量, 森林和灌木林上层木本植物采用维量分析和解析木法, 它们的下层植物和草地采用刈割法. 而植物地下部生物量和净生产量, 草地和灌木林用挖掘法, 森林植物地下部生物量则按同类植被的地上/地下生物量比率推算^[7], 树根的净生产量按树干和树枝的净生产量比例推算 (即树根净生产量 = 树根生物量 × 树干和树枝净生产量 / 树干和树枝生物量). 详细的方法可参阅参考文献^[8-11].

2.2 植物样品化学分析

植物化学元素的测定, N 用凯氏法, P 用钼蓝比色法, K 用原子吸收光谱或火焰光度计法, C 用 $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$ 容量法.

2.3 雨水和林冠穿透雨的 pH 和电导率测定

植被对酸雨缓冲作用的研究在香港新界的芒萁群落、桃金娘灌木群落和季风常绿阔叶林中进行. 在 1995 年整年, 每次降雨分别用聚乙烯塑料容器在 3 个群落内采集穿透雨并在空旷地采集雨水, 样品采集后尽快带回实验室. 用 Radiometer pH 计测定 pH, 用 Schott Geräte 电导计测定电导率. 一年中共收集 52 次降雨的水样进行分析, 在此基础上进行统计计算.

3 结果和讨论

3.1 不同演替阶段植被对养分的保护作用

由于亚热带高温多雨的气候, 土壤有机物容易分解流失. 因此, 将养分保存于植物体内是本地带保持生态系统养分的重要机制. 由表 1 可见, 植物生物量和养分贮量从禾草草地到季风常绿阔叶林随着植物群落的正向演替不断增加, 100 年生季风常绿阔叶林的生物量及其 N、P、K 贮量分别相当于禾草草地的 39、39、24、23 倍, 芒萁群落的 22、23、14、16 倍, 灌木林的 13、16、12、15 倍, 30 年生季风常绿阔叶林的 1.6、1.6、1.9、1.5 倍. 可见, 当植物群落通过正向演替发展时, 较多的养分被保存在植物体内,

说明正向演替有利于植被对养分的保护. 此外, 死地被物及其养分也随正向演替不断累积(表 1), 100 年生季风常绿阔叶林的死地被物及其 N、P、K 贮量分别相当于禾草草地的 14、36、17、21 倍, 芒萁群落的 6.5、18、11、16 倍, 灌木林的 1.6、3.5、3.1、5.2 倍. 生态系统大部分养分供应来自死地被物的有机质分解, 本研究成果表明, 森林可从死地被物中获得比草地和灌木林更多的养分供应.

净初级生产量及其养分也是由禾草草地到

表 1 华南南亚热带不同演替阶段植物群落的生物量和死地被物及其养分贮量

植被	lower subtropical zone in southern China							
	生物量	生物量中的养分/kg·hm ⁻²			死地被物	死地被物中的养分/kg·hm ⁻²		
	/t·hm ⁻²	N	P	K	/t·hm ⁻²	N	P	K
禾草草地	10	47	4	59	0.6	3.1	0.2	1.0
芒萁群落	18	81	7	87	1.3	6.0	0.3	1.3
桃金娘灌木林	31	117	8	93	5.1	32.0	1.1	4.0
30 年生季风常绿阔叶林	246	1153	50	885	4.2	65.5	2.0	13.0
100 年生季风常绿阔叶林	391	1854	96	1361	8.4	111.0	3.4	21.0

季风常绿阔叶林随正向演替增加(表 2). 可能由于接近顶级的森林群落净初级生产量开始下降, 加上一些人为干扰的原因, 广州从化 100 年生季风常绿阔叶林的净初级生产量和生物量增量及其养分贮量比 30 年生林分低. 表 2 中 30 年生季风常绿阔叶林的测定值来自广州从化的森林, 香港 30 年生季风常绿阔叶林没有进行第一性生产力的详细研究, 不过, 根据本研究的调查和估算, 其生物量大约为 200t·hm⁻², 与广州从化 30 年生常绿阔叶林相当, 所以 2 地 30 年生林分植物净生产量应较相似. 通常森林对养分的吸收、存留量主要取决于植物的净生产量^[11], 故 2 地 30 年生林分植物净生产量和生物量增量中的养分贮量差异应该不大. 由表 2 可见, 30 年生季风常绿阔叶林的净初级生产量及其 N、P、K 贮量分别相当于禾草草地的 3.2、5.1、2.3、2.4 倍, 芒萁群落的 2.3、3.4、2.3、2.1 倍, 灌木群落的 2.4、2.8、1.9、2.8 倍. 由于草本和灌木群落的净初级生产量较大部分以凋落物归还, 其生物量净增量及 N、P、K 贮量与森林群落相比, 差异更大. 生态系统的净初级生产量和生物量净增量及其养分贮量反映生态系统每年吸收和固定养分的状况. 由草地向森林演替, 使得生态系统的净初级生产量和生物量净增量不断提高, 增强了生态系统吸收和贮存养分的机制. 由于养分累积于植物体中, 减少了生态系统中养分的渗滤损失, 从而使生态系统对养分的保护能力增强.

表 2 华南南亚热带不同演替阶段植被净初级生产量和生物量净增量及其养分贮量

植被	succession vegetation of lower subtropical zone in southern China							
	净初级生产量	净初级生产量中的养分			生物量净增量	生物量净增量中的		
	/t·hm ⁻² ·a ⁻¹	/kg·hm ⁻² ·a ⁻¹			/t·hm ⁻² ·a ⁻¹	养分/kg·hm ⁻² ·a ⁻¹		
		N	P	K		N	P	K
禾草草地	7.6	37.3	3.8	50.3	2.0	9.8	1.1	27.0
芒萁群落	10.4	56.3	3.8	58.2	5.2	24.5	1.8	28.5
桃金娘灌木林	10.1	68.4	4.7	43.8	3.7	9.8	0.8	9.6
30 年生季风常绿阔叶林	24.3	190.6	8.9	123.6	15.6	62.5	2.5	33.9
100 年生季风常绿阔叶林	16.0	174.0	7.8	81.1	11.8	48.5	2.0	27.8

3.2 不同演替阶段植被对碳氧平衡的作用

植物的碳贮存量、碳净固定量和碳同化净增量主要取决于植物的生物量、净生产量和生物量净增量(表 1、2). 100 年生季风常绿阔叶林

植物碳贮量相当于禾草草地的 49 倍, 芒萁群落的 22 倍, 灌木群落的 13 倍, 30 年生季风常绿阔叶林的 1.6 倍. 保持较多的森林, 将使更多的碳贮存于植物体中, 有利于降低大气中的 CO_2 , 反之, 一旦森林受到破坏, 贮存于森林植物体中的碳将会释放到大气中, 从而增加大气中的温室气体. 从碳净固定量看, 森林也远大于草地、芒萁、灌木群落. 30 年生季风常绿阔叶林植物的碳净固定量相当于禾草草地的 3.4 倍, 芒萁

和灌木群落的 2.3 倍. 这一结果说明, 森林植物每年从大气中吸收的 CO_2 比草地、芒萁、灌木群落大得多. 从碳同化净增量看, 森林植物不但每年从大气中吸收较多的 CO_2 , 而且将大部分碳存留于植物体中. 相反, 草地由于大部分禾草植物地上部当年死亡, 其碳同化净增量较小, 只相当于 30 年生季风常绿阔叶林的 12%. 芒萁群落的生物量在火烧后有一个恢复过程^[9], 其碳同化净增量略大于桃金娘灌木林.

表 3 华南亚热带不同演替阶段植被植物碳贮量、碳净固定量及氧释放量

植被类型	碳贮量/ $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$		碳净固定量		碳同化净增量		氧释放量
	C	CO_2	C	CO_2	C	CO_2	$\cdot \text{a}^{-1}$
禾草草地	3.8	13.9	3.3	12.1	0.9	3.2	8.8
芒萁群落	8.7	31.8	4.9	17.9	2.5	9.0	13.0
桃金娘灌木林	14.5	53.1	4.7	17.2	1.8	6.8	12.5
30 年生季风常绿阔叶林	117.2	429.0	11.4	41.7	7.5	27.4	30.4
100 年生季风常绿阔叶林	187.6	686.6	7.5	27.4	5.6	20.5	20.0

氧释放量可以从碳净固定量中估算, 根据方程 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2$, 每吸收 12.011g 碳, 即放出 31.9988g 氧. 根据推算结果, 禾草草地、芒萁群落、灌木林、30 年生季风常绿阔叶林和 100 年生季风常绿阔叶林的氧释放量分别为 8.8、13.9、12.5、30.4 和 20.0 $\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 森林放氧能力远大于草地、芒萁、灌木群落.

3.3 不同演替阶段的植被对酸雨的缓冲能力

本研究只考虑植被冠层对酸雨的缓冲作用. 植被冠层对雨水的溶液化学产生重要的作用^[12]: 一方面植物叶子表面选择性地吸收酸雨的某些成分; 另一方面酸雨穿透植被冠层时对植物叶片有淋洗作用. 由于演替不同阶段植被

的植物种类、生物量、净生产量及植物化学成分的差异, 其对酸雨的缓冲能力存在差别. 由表 4 可见, 香港新界降雨的 pH 平均值为 4.13, 最大值为 5.41, 属于酸性降雨(通常以 $\text{pH} = 5.6$ 作为酸雨判别基准值). 研究的芒萁、灌木和森林群落的穿透雨 pH 值分别比降雨 pH 高 1.13, 1.03 和 1.90 个单位, 其中芒萁和灌木群落的平均 pH 值为 5.26 和 5.19, 森林群落为 6.03, 后者对酸雨的缓冲能力明显强于前者. 穿透雨的电导率则相反, 为森林群落大于芒萁、灌木群落. 这说明森林群落有更多的阳离子被淋洗出来, 正是由于这些阳离子与酸雨中的 H^+ 离子交换, 达到了对酸雨的缓冲作用.

表 4 华南亚热带不同演替阶段植被对酸雨的缓冲能力

Table 4 Buffering capacity of the succession vegetation for acid rain in lower subtropical zone in southern China								
项目	雨水		芒萁群落		灌木群落		森林群落	
	pH	电导率/ $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	pH	电导率/ $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	pH	电导率/ $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	pH	电导率/ $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$
最大值	5.41	152.0	6.28	406.0	6.28	331.0	7.20	378.0
最小值	3.31	6.9	4.57	8.8	4.1	10.1	4.90	15.6
中间值	4.10	31.7	5.23	50.2	5.22	54.1	5.98	84.6
平均值	4.13	38.5	5.26	70.3	5.19	73.7	6.03	97.4
标准差	0.42	31.7	0.40	71.2	0.50	67.1	0.54	76.5
CV%	10.1	82.3	7.7	101.4	9.6	91.0	8.9	78.6

表 5 华南亚热带不同演替阶段植被对酸雨缓冲能力的季节变化

Table 5 Seasonal variation of buffering capacity of the succession vegetation for acid rain in lower subtropical zone in southern China

月份	项目	雨水		芒萁群落		灌木群落		森林群落	
		电导率		电导率		电导率		电导率	
		pH	/μs•cm ⁻¹	pH	/μs•cm ⁻¹	pH	/μs•cm ⁻¹	pH	/μs•cm ⁻¹
1~3月	平均值	4.17	69.3	5.15	165.2	5.25	144.7	6.72	204.3
(n=11)	标准差	0.59	37.7	0.40	106.1	0.43	83.9	0.36	95.6
4~6月	平均值	4.22	30.6	5.36	56.0	5.11	62.3	6.02	81.6
(n=21)	标准差	0.36	23.9	0.36	35.5	0.51	43.4	0.40	52.1
7~9月	平均值	4.00	31.9	5.16	35.8	5.21	43.5	5.60	61.2
(n=15)	标准差	0.34	34.1	0.46	28.4	0.58	30.1	0.36	34.2
10~12月	平均值	4.13	42.2	5.31	82.2	5.40	98.9	6.22	101.3
(n=5)	标准差	0.55	15.2	0.39	92.0	0.30	118.9	0.54	86.5

灌木林和森林对酸雨缓冲能力的季节变化似乎在旱季时稍强(1~3月和10~12月),在雨季时稍弱(4~9月).这可能是由于在雨季大量雨水对植被冠层的淋洗,减弱了植被对酸雨的缓冲能力.从穿透雨的电导率也可以看到,旱季时的电导率远大于雨季.但芒萁群落对酸雨缓冲作用的季节变化则略为不同,其穿透雨的pH值在1~3月最低,4~6月最高.芒萁的生长特点是于年初1月下旬开始发芽,4~6月是叶片生长最迅速的时期,7~9月则叶片趋于成熟.此后,叶片一直保持到次年的夏天才枯死^[9].可能是由于1~3月份芒萁地上部主要是由去年留下的老叶组成,老叶对酸雨的缓冲能力较低^[13],4~6月芒萁长出的新叶片已逐渐占优势,此时是叶片生长最旺盛的时期,因此其缓冲能力较强.这点与终年都有叶片生长的桃金娘灌木林和季风常绿阔叶林有所不同.

4 小结

草地、芒萁、灌木群落是华南亚热带森林破坏后形成的植被类型.这些群落具有向森林演替的倾向,其演替序列通常为草地(芒萁群落)→灌木林→季风常绿阔叶林.由于演替不同阶段植被类型的植物生物量、净生产量及植物种类组成等的差异,其环境效应有较大的差别.本研究结果表明,地带性植被季风常绿阔叶林无论是对生态系统的养分保护或对碳氧平衡和酸雨的缓冲作用都明显优于演替早期的草地、

芒萁、灌木群落.因此,让草地、芒萁、灌木群落尽快演替成为季风常绿阔叶林,将有利于改善区域的生态环境.

参考文献:

1 中国植被编写组. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1980, 341 ~ 350.

2 广东植物研究所. 广东植被. 北京: 科学出版社, 1976, 166 ~ 188.

3 张宏达等. 香港植被. 中山大学学报论丛(自然科学), 1989, 8(2): 1~ 172.

4 熊利民, 钟章成, 李旭光等. 亚热带常绿阔叶林不同演替阶段土壤种子库的初步研究. 植物生态学与地植物学学报, 1992, 16(3): 249~ 257.

5 Lieth H. Primary production: terrestrial ecosystem. Journal of Human Ecology, 1973, 1: 303~ 332.

6 木村允, 姜恕等译. 陆地植物群落的生产量测定法. 北京: 科学出版社, 1981. 1~ 120.

7 方精云, 刘国华, 徐嵩龄. 我国森林植被的生物量和净生产量. 生态学报, 1996, 16(5): 497~ 508.

8 管东生. 香港桃金娘灌木群落植物生物量和净第一性生产量. 植物生态学报, 1998, 22(4): 356~ 363.

9 Guan Dongsheng. Study on phytomass and primary productivity of *Dicranopteris linearis* fernland in Hong Kong. Asia Geographer, 1995, 14(1): 45~ 57.

10 管东生. 香港鸭嘴草、野古草、金茅群落的生物量和第一性生产力. 生态学杂志, 1997, 16(6): 22~ 26.

11 管东生. 流溪水库林区森林生态系统养分的研究. 热带亚热带森林生态系统研究, 第5集. 北京: 科学出版社, 1989. 123~ 134.

12 曹洪法等. 森林冠层对酸雨的反应及其影响. 中国环境科学, 1989, 9(2): 81~ 85.

13 冯宗炜(主编). 酸雨对生态系统的影响——西南地区酸雨研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1993. 1~ 49.