

旅游干扰对白云山土壤和植被的影响*

管东生 林卫强 陈玉娟

(中山大学环境科学系, 广州 510275, E-mail: eesgds@zsulink.zsu.edu.cn)

摘要 将调查区内的道路分成 5 级, 根据道路状况确定旅游干扰强度, 探讨旅游对白云山的土壤和植被的影响。结果表明: 随着旅游干扰强度的增加, 土壤容重、pH 值呈递增趋势, 土壤有机质、水分、TN、TS、TP 和有效态磷的含量呈递减趋势; 植物群落的种类组成趋向简单, 覆盖度逐渐减少。旅游干扰对草本层和灌木层的影响表现明显, 对乔木层的影响较小。中等强度的旅游干扰有利于群落植物种类多样性的提高。

关键词 旅游, 白云山, 土壤, 植被, 生态环境。

The Effects of Tourist Disturbance on Soil and Vegetation in Baiyun Mountain*

Guan Dongsheng Lin Weiqiang Chen Yujuan

(Dept. of Environmental Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China E-mail: eesgds@zsulink.zsu.edu.cn)

Abstract In this paper, the degree of tourist disturbance was determined by the road situation. The effects of tourist disturbance on vegetation and soil in Baiyun Mountain were studied deeply. The results showed that when the degree of tourist disturbance increase, the soil density and pH increase. At the same time, the populations of plants tend to be simple and the covering degree of vegetation decreases. The effects of tourist disturbance on grass and shrub are obvious, but on arbor, are not so obvious. The plant diversity of community increases by the middle degree of tourist disturbance.

Keywords tourism, Baiyun Mountain, soil, vegetation, eco-environment.

旅游对土壤和植物的影响是当今环境和旅游研究的重点之一。Dale 和 Weaver(1974)以及 Little(1975)在 70 年代已开始研究由于人类活动践踏对植被产生的影响^[1~2]。我国自 80 年代以来, 特别是进入 90 年代, 随着旅游业的发展, 开展了研究工作^[3~5]。本文主要从旅游的不同干扰强度出发, 探讨旅游干扰对风景区土壤理化性质、植物种类组成及多样性和群落结构的影响, 为风景区的旅游资源管理提供依据。

1 研究方法

1.1 野外调查和采样

为了判断旅游对白云山生态环境的干扰强度, 首先对山内道路进行分级:

0 级路: 沥青路、石板路等人造公路;

1 级路: 地表裸露宽度大于 2m;

2 级路: 地表裸露宽度为 1~2m;

3 级路: 地表裸露或有零星低矮植物生长,

裸露宽度小于 1m;

4 级路: 可辨出道路, 路上植被覆盖度大于 50%;

5 级路: 未受干扰区;

平台: 山顶及半山较为平坦、人为活动相对集中的区域。

土壤调查: 分别在各级路(0 级路不是由游客的活动自然形成, 在此不考虑)和平台使用土壤环刀测定土壤容重, 并采集表层土壤(0~10cm)测定土壤理化性质。

植被样方调查: 分别在各级路(0 级路除外)的路缘和平台进行, 乔木层样方取 $10 \times 10\text{m}^2$, 灌木和草本层样方取 $5 \times 5\text{m}^2$, 分别调查植物的种类、株数和盖度等。

* 国家自然科学基金资助项目(Project Supported by the National Natural Science Foundation of China): 49571064
作者简介: 管东生(1958~), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向为区域环境与生态
收稿日期: 1999-01-11

1.2 室内分析

土壤分析: 用甲种比重计速测法分析土壤的机械组成, 烘干法测新鲜土样水分含量, 外加热 $K_2Cr_2O_7$ 容重法测土壤有机质含量, 开氏法测 TN, 酸溶钼锑钒比色法测 TP, $Mg(NO_3)_2-BaSO_4$ 比浊法测 TS, $NaHCO_3$ 浸提钼锑钒比色法测有效态磷和电位法测 pH 值.

样方资料分析: 采用辛普森指数 (Simpson's index) 和香农-威纳指数 (Shannon-Weiner index) 来分析植物样方的植物种类多样性, 结合样方的种类组成和盖度来探究旅游对植物的影响.

2 结果与讨论

2.1 旅游干扰对白云山土壤性质的影响

(1) 对土壤物理性质的影响 随着旅游干扰强度增大, 由于游人的践踏作用, 土壤紧实度增加, 孔隙度减少, 从而导致土壤容重增大, 水

分含量减少. 由表 1 可见, 白云山表土容重随着旅游干扰强度增大呈递增趋势, 水分含量则呈递减趋势. 此外, 由于游人的践踏, 破坏了地表的植被条件, 造成土壤中的粘粒流失, 所以, 土壤中物理性粘粒 ($< 0.01mm$) 含量随旅游干扰强度增大而减少, 而大于 $1.0mm$ 的石砾含量则递增 (表 2). 由于平台受人为活动的影响较特殊, 其表土的物理化学性质也较为特别.

土壤容重和机械组成是最基本的土壤物理性质. 据报道, 粘土的容重超过 $1.55g/cm^3$ 和砂土的容重超过 $1.75g/cm^3$ 将使植物的根系生长受阻^[6]. 白云山 1、2 级路和平台的土壤容重都超过 $1.55g/cm^3$, 而 1 级路已超过 $1.75g/cm^3$. 所以, 游人的践踏对植物的根系生长已造成一定的影响. 此外, 随着旅游干扰强度的加大, 土壤含水量和物理粘粒的降低, 对土壤的水、肥状况也造成影响.

表 1 土壤容重和水分含量随旅游干扰强度的变化

干扰强度	5 级路	4 级路	3 级路	2 级路	1 级路	平 台
土壤容重/ $g \cdot cm^{-3}$	0.807	1.236	1.261	1.595	1.756	1.663
水分含量/%	46.14	30.62	28.24	20.38	10.87	14.81

表 2 不同旅游干扰强度下白云山土壤的机械组成

粒径/mm	干 扰 强 度					
	5 级路	4 级路	3 级路	2 级路	1 级路	平 台
< 0.01	37.3	29.3	24.8	22.2	19.3	25.6
< 0.001	13.4	9.4	8.1	5.5	4.9	6.4
$0.001 \sim 0.005$	14.2	12.2	11.4	9.5	8.1	10.6
$0.005 \sim 0.01$	9.7	7.7	5.3	7.2	6.3	8.6
$0.01 \sim 0.05$	12.1	7.3	8.3	8.4	9.1	9.0
$0.05 \sim 1.0$	43.9	54.8	49.7	46.0	46.5	40.6
> 1.0	6.7	8.6	17.2	23.4	25.1	24.9

(2) 对土壤化学性质的影响 从表 3 可见, 随着旅游干扰强度的增大, 土壤 pH 值呈增大趋势, 土壤有机质、TN、TP、TS、有效态磷的含量则相反. 这是因为随着旅游干扰强度的增大, 地表植被受到破坏, 土壤裸露面积和板结程度增大, 植物凋落物归还量减少, 从而减少了土壤有机质的来源, 加上植被破坏后的水土流失, 带走一部分有机质和有机酸、无机酸. 因此, 土壤 pH 值增高而有机质含量降低. 由于土壤有机质是土壤中 N、P、S 的重要来源, 所以 N、P、S

的含量变化与有机质变化一致.

华南红壤一般呈酸性反应, 其 pH 值为 $4.0 \sim 5.5$ ^[7]. 在自然植被条件下, 砖红壤和赤红壤表土层的有机质平均含量为 $4.04(\pm 1.41)\%$; TN 含量为 $0.167(\pm 0.061)\%$ ^[8]. 我国南方花岗岩、砂页岩、第四纪红色粘土和红砂岩母质形成的土壤, 一般含磷范围为 $0.013 \sim 0.035\%$ ^[9]. 根据何金海等人 (1982) 在鼎湖山的研究, 赤红壤表土层的 pH 值 (水提) 变化范围为 $4.2 \sim 4.7$; 有机质含量为 $2.94 \sim 4.04\%$; TN

含量为 0.14 ~ 0.15%, TP 含量为 0.017 ~ 0.026%^[10]. 白云山内道路表土层的 pH 值基本上是在华南红壤的变化范围内, 与鼎湖山赤红壤的差别也不大. TP 的含量普遍偏低, 2、3 级路表土层的有机质、TN 含量比较接近于鼎湖山赤红壤的含量, 1 级路和平台的 TN 含量严重偏低. 土壤中的氮供应不足, 可能会影响树木

的生长速度, 使树木变得矮小, 也会使植物的叶子颜色变淡、变黄, 影响树木的观赏性. 磷供应不足则会影响植物的根系发育和枝条的分蘖, 延缓树木的成熟^[11]. 总之, 由于人为活动的影响, 土壤的物理化学性质会发生相应的变化, 而这些变化往往会影响到树木的正常生长发育.

2.2 旅游干扰对白云山植被的影响

表 3 不同旅游干扰强度的土壤化学性质比较

干扰强度	5 级路	4 级路	3 级路	2 级路	1 级路	平 台
有机质含量%	8.79	6.02	4.77	4.44	0.85	1.29
TN / %	0.217	0.159	0.117	0.115	0.048	0.038
TS / %	0.068	0.036	0.036	0.030	0.016	0.025
TP / %	0.015	0.012	0.010	0.011	0.009	0.016
有效态 P/mg · kg ⁻¹	10.49	8.04	6.43	7.73	4.87	0.26
pH 值	3.70	4.19	4.05	4.34	4.38	6.14

旅游行为对风景区内的植被及生态系统的影响主要表现为践踏、采摘等干扰作用.

(1) 对植物种类组成的影响 所有样方中草本植物有 25 种, 灌木 28 种, 乔木只有 9 种. 淡竹叶(*Lophatherum gracile*)、芒草(*Miscanthus sinensis*)、沿阶草(*Ophiopogon japonicus*)是白云山普遍出现的草本植物种类, 说明这些种类适应性广. 此外, 还有一些特定的植物种类在干扰强度较大的情况下出现. 如马唐(*Digitaria sanguinalis*)具有传播快、耐旱、耐脊、生命力强等特点, 其出现在平台上, 说明这种植物的抗干扰能力强. 由图 1 可见, 随着旅游干扰强度的增大, 草本层的种类组成渐趋简单. 而未受干扰区由于乔木层和灌木层的覆盖度大, 草本层的种类组成也相对简单. 灌木层以粗毛榕(*Ficus hirta*)、野牡丹(*Melastoma candidum*)、大沙叶(*Pavetta arenosa*)、豺皮樟(*Litsea rotundifolia* var. *oblongifolia*)和九节(*Psychotria rubra*)为多. 灌木层的种类变化与草本层相同. 也是随着旅游干扰强度的增大而趋向简单. 乔木层的种类组成简单, 以马尾松(*Pinus massoniana*)为主要树种. 乔木层受旅游影响不大, 其种类组成随着旅游干扰强度的增大仅出现细微的变化.

(2) 对植物种类多样性的影响 植物种类多样性通常用多样性指数表示, 多样性指数是物种丰富度和均匀度的综合指标. 本文利用香

农-威纳和辛普森 2 个物种多样性指数来计算表 4 不同旅游干扰强度对植物群落种类数目的影响

干扰强度	5 级路	4 级路	3 级路	2 级路	1 级路	平台
草本层	6	10	8	6	6	4
灌木层	9	15	12	6	3	4
乔木层	2	3	1	2	4	3
群落	17	28	21	14	16	11

研究群落的植物种类多样性. 虽然白云山乔木层的植物种类多样性指数较低, 但灌木层和草本层的植物种类多样性指数则可与热带重建植被生态系统(香农-威纳指数灌木层为 2.81 ~ 3.81, 草本层为 0.68 ~ 3.51)^[12]相比. 由表 5 和表 6 可见, 灌木层的植物物种多样性指数为 3 级路和 4 级路最高, 草本层的多样性指数则为 1 级路最高. 由于各层次间物种个体是不等价的, 群落总的多样性不能简单地把群落乔木层、灌木层和草本层的多样性指数相加而得. Gentry(1988)和贺金生等(1998)认为丰富度(物种数目)是足以反映群落多样性指数的. 由表 4 可见, 群落植物种类丰富度最大值出现于 4 级路, 其次为 3 级路, 说明中度干扰有利于群落的植物种类多样性提高.

表 5 香农-威纳指数(Shannon-Weiner index)

干扰强度	5 级路	4 级路	3 级路	2 级路	1 级路	平台
乔木层	0.72	1.37	0	0.72	1.85	1.58
灌木层	2.61	3.36	3.36	2.26	1.58	1.89
草本层	1.75	1.85	1.88	1.64	2.25	1.62

表 6 辛普森指数 (Simpson's index)

干扰强度	5 级路	4 级路	3 级路	2 级路	1 级路	平台
乔木层	0.32	0.56	0	0.32	0.72	0.67
灌木层	0.78	0.87	0.89	0.75	0.67	0.72
草本层	0.59	0.61	0.61	0.64	0.77	0.60

(3) 对群落结构的影响 从表 7 中可以看出, 乔木层受旅游干扰的影响最小, 盖度波动于 15% ~ 40% 之间, 随着旅游干扰强度的增大而减少. 草本层受旅游干扰很大, 盖度波动于 1% ~ 36% 之间, 草本植物在中等强度的旅游干扰下盖度最大. 灌木层受旅游干扰影响最大, 盖度波动于 2% ~ 80% 之间, 随着旅游干扰强度的增大而呈减少趋势.

表 7 不同旅游干扰强度对植物群落盖度的影响/ %

干扰强度	5 级路	4 级路	3 级路	2 级路	1 级路	平台
乔木层	35	40	30	25	20	15
灌木层	80	70	55	10	2	8
草本层	6	23	36	8	4	1

(4) 旅游干扰对植物群落影响的原因分析 旅游干扰对群落的影响方式可以用图 1 概括. 从不同强度的旅游干扰对白云山植物群落的影响来说, 中等强度的旅游干扰可使群落的组成和结构变得复杂化. 就群落结构(盖度)的变化来说受影响最大的是灌木层, 这与灌木容易受践踏影响而又难于恢复的特性有关. 就群落的植物种类多样性变化来说, 中等强度的旅游干扰可使群落的植物种类多样性增大, 这是因为中等强度的旅游干扰既不会对植物造成极大的损伤, 同时也抑制了群落中优势种的生长, 从而有利于群落植物种类多样性的发展.

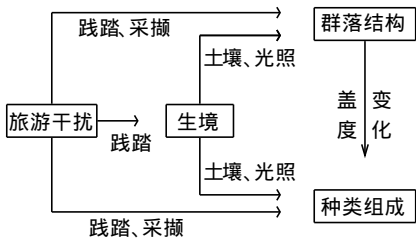


图 1 旅游干扰对植物群落的影响方式 景观生态学中“中度干扰假设”认为: 中度干扰有利于增加景观的异质性, 而高强度的干扰则可能增加或减少景观的异质性^[2]. 刘鸿雁等在进行旅游干扰对香山黄栌林的影响研究时发现, 在中等强度的旅游干扰下, 黄栌叶片面积

增大, 群落种类组成和结构更加复杂化, 并认为“中度干扰假设”可能适用于除“景观”外的其它组建水平^[4]. 本文的研究结果表明: “中度干扰假设”适用于植物群落, 即中度干扰有利于增加群落的异质性, 而高强度的干扰则可能增加或减少群落的异质性.

参 考 文 献

1 Dale D & Weaver T. Trampling effects on vegetation of the trail corridors of North Rocjey mountain forest. Jour-nal of Applied Ecology, 1974, 11: 767 ~ 772

2 Liddle M J. Theoretical relationship between the primary productivity of vegetation and its ability to tolerate tram-pling. Biological Conservation, 1975, 8: 251 ~ 255

3 蒋高明, 黄银晓. 旅游和城市化对避暑山庄土壤、植物的影响. 环境科学, 1990, 11(1): 35 ~ 39

4 Liu Hongyan & Zhang Jihai. Effects of recreational dis-turbance on the *Cotinus coggyria* var. *Cinerea* forest in Xiangshan Mountain, Beijing. Acta Phytoecologica Sini-ca, 1997, 21(2): 191 ~ 196

5 Li Zhen et al. Impact of tourist development on the vege-tation cover of Mount Danxia, Guangdong. Acta Geo-graphica Sinica, 1998, 53(6): 554 ~ 561

6 Craul P J. The nature of urban soil: their problems and future. Abroricultural Journal, 1994, 18: 275 ~ 287

7 袁可能. 植物营养元素的土壤化学. 北京: 科学出版社, 1983. 35 ~ 38

8 文启孝等. 红壤地区土壤有机质的含量特征. 中国红壤. 北京: 科学出版社, 1983. 119 ~ 127

9 蒋柏藩等. 红壤地区磷素的形态、转化和磷肥的有效施 用. 中国红壤. 北京: 科学出版社, 1983. 145 ~ 158

10 何金海等. 鼎湖山自然保护区之土壤. 热带亚热带森林生 态系统研究(1). 北京: 科学普及出版社, 1982. 25 ~ 38

11 邹邦基等. 植物的营养. 北京: 农业出版社, 1985. 94 ~ 162

12 Peng Shaolin & Fang Wei. Development of species diver-sity in restoration process of tropical man-made forest e-cosystem in China. Acta Ecologica Sinica, 1995, 15 (supp A): 18 ~ 30

13 Gentry A H. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. Ann. Missouri. Bot. Gard., 1988, 75: 1 ~ 34

14 He Jinsheng et al. Community diversity of the main types of the evergreen broad-leaved forest in the eastern part of the middle subtropical China. Acta Phytioecologica Sini-ca, 1998, 22(4): 303 ~ 311

15 福尔曼 R & 戈德罗恩 M 著, 肖笃宁等译. 景观生态学. 北 京: 科学出版社, 1990. 141 ~ 261