

# 旅游干扰对青山湖风景区植物多样性的影响\*

鲁庆彬<sup>1</sup> 游卫云<sup>1</sup> 赵昌杰<sup>2</sup> 王向伟<sup>2</sup> 孟秀祥<sup>2\*\*</sup>

(<sup>1</sup> 浙江农林大学林业与生物技术学院, 浙江临安 311300; <sup>2</sup> 中央民族大学生命与环境科学学院, 北京 100081)

**摘要** 2007年5月—2008年6月,研究了旅游干扰下浙江青山湖风景区植物群落的变化。结果表明:随着旅游干扰强度的增加,物种重要值主要集中于黄山松等少数种上,且乔灌木的重要值趋于减少,草本的重要值趋于增加,植物总个体数增加。丰富度指数( $D$ )和多样性指数( $H$ )均为:中度干扰>轻度干扰>重度干扰,均匀度指数( $J$ )为:中度干扰>重度干扰>轻度干扰。在同一层次中,不同干扰间相同物种仅有香樟等,相似性指数( $S_s$ )值均<0.500。轻度干扰对针叶林地的危害较大, $D$ 、 $H$ 和 $J$ 值都最低,平均值分别为1.188、1.056和0.697;重度干扰对阔叶林地和灌草地的危害较大,灌草地的 $D$ 值(2.013)最低,阔叶林地的 $H$ 值(1.286)和 $J$ 值(0.807)最低;中度干扰则促进了植物多样性增加,有助于生态系统功能的正常发挥。本区植物群落各结构要素的生态安全受到一定的威胁,导致夏蜡梅等土著种减少和狗尾草等外来种侵入。

**关键词** 旅游干扰 植被群落结构 物种多样性 生长型 青山湖风景区

**文章编号** 1001-9332(2011)02-0295-08 **中图分类号** Q948.12 **文献标识码** A

**Effects of tourism disturbance on plant diversity in Qingshan Lake scenic area of Zhejiang Province.** LU Qing-bin<sup>1</sup>, YOU Wei-yun<sup>1</sup>, ZHAO Chang-jie<sup>2</sup>, WANG Xiang-wei<sup>2</sup>, MENG Xiu-xiang<sup>2</sup> (<sup>1</sup>*School of Forestry and Bio-Technology, Zhejiang Agriculture & Forestry University, Linan 311300, Zhejiang, China*; <sup>2</sup>*College of Life and Environmental Sciences, Minzu University of China, Beijing 100081, China*). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2011, 22(2): 295–302.

**Abstract:** From May 2007 to June 2008, an investigation was made on the changes of plant community in Qingshan Lake scenic area of Zhejiang Province under the effects of tourism disturbance. With the increase of tourism disturbance, the importance value of the plants was mainly fastened on a few species such as *Pinus hwangshanensis*, apt to decrease for tree and shrub species and to increase for herb species, and the individuals of the plants increased. The values of richness index ( $D$ ) and diversity index ( $H$ ) were in the order of medium disturbance > slight disturbance > severe disturbance, while the evenness index ( $J$ ) value was in the order of medium disturbance > severe disturbance > slight disturbance. At the same vegetation layers, only a few species such as *Cinnamomum camphora* existed under different disturbances, and thereby, the similarity index values were smaller than 0.500. Slight disturbance affected coniferous forest most, with the average values of  $D$ ,  $H$ , and  $J$  being the lowest (1.188, 1.056, and 0.697, respectively); severe disturbance affected broadleaf forest and shrub-herbage most, with the  $D$  value (2.013) of shrub-herbage and the  $H$  value (1.286) and  $J$  value (0.807) of broadleaf forest being the lowest; while medium disturbance was favorable to the increase of plant diversity and to the normal exertion of ecosystem function. The eco-safety of the structural elements of plant community in the scenic area was threatened to some extent, resulting in the reduction of indigenous species such as *Sinocalycanthus chinensis* and the incursion of exotic species as *Setaria viridis*.

**Key words:** tourism disturbance; vegetation community structure; species diversity; growth form; Qingshan Lake scenic area.

\* 浙江省教育厅科研项目(2451001068)、国家自然科学基金项目(30811120554,30970374)和教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NCET-08-0596)资助。

\*\* 通讯作者。E-mail: Mengxiuxiang2006@hotmail.com

2010-07-04 收稿,2010-10-27 接受。

生物多样性是国际社会普遍关注的社会问题<sup>[1]</sup>,包括自然干扰和人为干扰两方面的影响因素<sup>[2]</sup>。近百年来,人类干扰在全球气候和环境的重大变化中起着主导性作用<sup>[3]</sup>。Diamond<sup>[4]</sup>指出,引起生物多样性衰减的原因有:生境的毁灭、破坏和片段化,人类过度猎捕动物和采伐植物,外来种的引入,以及由上述3个因素导致的生物多样性次生灭绝效应。而这4个因素都与人类干扰密切相关。所以,越来越多的人开始关心人为干扰对生物多样性的影响以及生物多样性的保持问题<sup>[5-6]</sup>,其中有关放牧干扰的研究较为深入<sup>[7-8]</sup>。

20世纪80年代以来,随着旅游业的发展,生态旅游被认为是一种保护自然资源和生物多样性、实现旅游业可持续发展的有效方式。但是在生态旅游的发展实践中,却出现人为旅游设施增多引发环境污染、游客增多造成生态系统严重破坏等问题,致使大量生态旅游资源呈现出退化趋势<sup>[9-10]</sup>。因此,开展旅游干扰影响和资源合理化利用研究,对于我国旅游业可持续发展具有十分重要的意义。目前,我国学者开展的旅游干扰研究主要是针对某一类植物群落进行多样性影响<sup>[11-12]</sup>、环境评价<sup>[13]</sup>和生理生化<sup>[14]</sup>等研究,而对不同群落、不同林分的干扰研究报道较少。本文以浙江青山湖旅游风景区为例,探讨生态旅游对各类生物群落的影响,以指导生态旅游的管理,为保持旅游区的生物多样性和稳定性服务。

## 1 研究地区与研究方法

### 1.1 研究区概况

青山湖国家森林公园位于浙江省杭州西郊临安市青山镇,始建于1999年,距杭州市30 km,距上海市200 km。青山湖是建于1964年的大型人造湖,面积64.50 km<sup>2</sup>,由一座长58 m、高24.1 m、顶宽5.5 m的大坝横贯在纵山之间,将南苕溪拦腰截住,集天目山麓之水于一湖。该地区属中亚热带季风气候,四季分明,春秋季短、夏冬季长。年平均气温15.9℃,极端最高气温41.2℃,最低气温-13.1℃,年均降水量1427 mm,年均日照时数1920 h,无霜期234 d。

青山湖属低山丘陵河谷型地貌,较高的山丘有公山(海拔311 m)、母山(海拔171 m)、青山(海拔150 m)、琴山(海拔139 m)等,南北东部坡度较大,山体部分坡度多在25°以上,西部坡度较小。湖区有大片的森林,林木丰茂,动植物资源丰富。乔木树种主要有黄山松(*Pinus hwangshanensis*)、柳杉(*Cryptomeria fortunei*)、池杉(*Taxodium ascendens*)、杨梅

(*Morella rubra*)等,灌草类主要有盐肤木(*Rhus chinensis*)、白背叶(*Mallotus apeltus*)、山麦冬(*Milletia reticulata*)、海金沙(*Spora lygodii*)等,还有远古孑遗裸子植物银杏(*Ginkgo biloba*)、国家一级保护被子植物夏蜡梅(*Sinocalycanthus chinensis*)等。野生脊椎动物有240余种。

### 1.2 研究方法

**1.2.1 样地调查** 2007年5月—2008年6月,在青山湖风景区,借助GPS定位设置样地。通常认为,距离旅游线路的远近反映了旅游活动的干扰强度,距离愈近,干扰愈大,距离愈远,干扰愈小<sup>[15]</sup>。本研究发现,游客干扰范围主要集中在距离旅游线路0~60 m之间,超过60 m几乎无游人活动。因此,将旅游干扰强度划分为3级:1)轻度干扰:样地远离旅游线路在40~60 m之间,偶有游人到达,人类活动的痕迹很少;2)中度干扰:样地离旅游线路在20~40 m之间,少量游人活动,有一些旅游垃圾和游人踩踏的痕迹;3)重度干扰:样地紧挨旅游线路0~20 m之间,游人很多,人为活动痕迹明显,有大量的旅游垃圾和游人踩踏的痕迹。

样地内调查样方的设置原则是:真实地反映不同植被类型的群落属性,同时兼顾地形因子的影响,充分考虑到坡度、坡向和坡位。具体方法为:按Whittaker生长型分类系统粗略划分为针叶林、阔叶林和灌草地(有个别乔木或小乔木)3类,各取7个10 m×10 m典型样方,共63个,记录植物名、种数和盖度等,根据《浙江植物志》<sup>[16]</sup>对植物种类进行鉴定。在每个10 m×10 m样方的四角设置2 m×2 m的小样方,对其中灌木的种类和数量进行调查记录;每个10 m×10 m样方的四角设置1 m×1 m的小样方,对其中草本植物的种类和数量进行调查记录。无性系植物种群密度均以构件单位计算。

**1.2.2 统计分析** 每个样地分别选择共有的代表性乔木、灌木和草本植物各10种进行比较,并在此基础上,对植物种类组成和生态指标进行测度分析。

物种多样性是对群落结构和功能复杂性的度量<sup>[17]</sup>。本研究采用Margalef丰富度指数、Shannon指数和Pielou均匀度指数分析不同干扰强度下的物种多样性,并用Sorenson相似性指数测度两个样地之间物种的相似性。

1) Margalef丰富度指数( $D$ ):

$$D = (s - 1) / \ln N$$

2) Shannon多样性指数( $H$ ):

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$
式中： $P_i$  为一个群体属于第  $i$  种的概率. 在一种土地利用 / 覆盖类型中, 生物多样性指数愈高, 说明物种愈丰富, 并且各个物种所占的比例也愈均匀.

3) Pielou 均匀度指数( $J$ ):  
$$J = H/H_{\max} = H/\ln S$$
式中: $H$  为 Shannon 多样性指数; $H_{\max}$  为最大的物种多样性; $S$  为群体的物种数.

4) Sorenson 相似性指数( $S_s$ ):  
$$S_s = \frac{2C}{A+B} \times 100\%$$
式中: $C$  为两个样地中共有的物种数; $A$  和  $B$  分别为它们各自拥有的物种数.

乔木、灌木和草本植物各物种的重要值计算公式为:重要值 = (相对密度 + 相对频度 + 相对盖度)/3.

1.3 数据处理

所有数据均采用 SPSS 15.0 和 Excel 2003 软件进行统计检验和作图. 采用单因素  $T$  检验差异显著性, 显著性水平值为  $P < 0.05$ , 极显著水平值为  $P < 0.01$ .

2 结果与分析

2.1 不同干扰强度下青山湖景区物种的重要值、物种数及相似性指数比较

2.1.1 重要值 由表 1 可以看出, 随着旅游干扰加强, 除枫香 (*Liquidambar formosana*)、香樟 (*Cinnamomum camphora*) 等物种的重要值明显增加外, 其他乔木物种的重要值均趋于减少, 个体数量逐步下降. 其中, 轻度干扰和中度干扰间差异明显, 说明早期人为干扰的影响更加明显.

灌木植物中, 极少数物种, 如盐肤木 (*Rhus chinensis*) 的重要值逐步增加, 花榈木 (*Ormosia henryi*)、山矾 (*Symplocos caudate*) 等的重要值先高后低, 其余植物的重要值趋于减少, 灌木的数量逐步下降 (表 1). 其中, 中度干扰和重度干扰间差异明显, 这说明灌木层受旅游干扰的影响更大.

草本植物中, 除山麦冬、一年蓬 (*Erigeron annuus*) 等的重要值逐步增加外, 大部分植物如阔鳞鳞毛蕨 (*Dryopteris championii*)、狗脊 (*Albizzia julibrissin*) 等的重要值先高后低, 但草本植物的数量逐步增加. 其中, 轻度干扰和中度干扰间差异明显.

表 1 旅游干扰下植物各层的重要值  
Table 1 Importance value of representative plant layers under tourism disturbance (%)

植物层 Plant layer	种 名 Species name	重要值 Importance value		
		I	II	III
乔木 Tree	黄山松 <i>Pinus hwangshanensis</i>	94.66	89.45	44.52
	柳杉 <i>Cryptomeria fortunei</i>	92.66	89.99	12.36
	枫香 <i>Liquidambar formosana</i>	28.16	28.27	32.19
	苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i>	60.60	59.71	22.50
	香樟 <i>Cinnamomum camphora</i>	60.37	57.51	122.05
	黄檀 <i>Dalbergia hupeana</i>	44.27	43.82	28.04
	冬青 <i>Ilex purpurea</i>	53.27	54.00	35.40
	白栎 <i>Quercus fabri</i>	46.84	46.09	16.89
	木腊树 <i>Rhus succedanea</i>	53.22	50.76	24.97
	短柄泡 <i>Quercus glandulife</i>	72.35	68.21	16.94
灌木 Shrub	花榈木 <i>Ormosia henryi</i>	9.74	10.30	6.38
	盐肤木 <i>Rhus chinensis</i>	9.75	42.38	77.16
	白背叶 <i>Mallotus apeltus</i>	83.22	36.79	24.47
	山矾 <i>Symplocos caudate</i>	10.92	88.81	10.19
	白花龙 <i>Styrax confusa</i>	48.40	35.52	5.02
	微毛柃 <i>Eurya hebeclados</i>	53.12	38.07	15.29
	华紫珠 <i>Callicarpa cathayana</i>	25.55	20.61	6.38
	青灰叶下珠 <i>Phyllanthus glaucus</i>	9.76	24.83	22.52
	菝葜 <i>Smilax china</i>	40.86	30.85	31.86
	木防己 <i>Cocculus orbiculatus</i>	14.78	25.68	14.24
草本 Herb	阔鳞鳞毛蕨 <i>Dryopteris championii</i>	21.04	27.63	21.27
	两色鳞毛蕨 <i>Dryopteris setosa</i>	25.89	33.41	12.44
	狗脊 <i>Albizzia julibrissin</i>	24.50	59.95	16.80
	五节芝 <i>Symplocos setchuensis</i>	39.75	45.97	16.43
	山麦冬 <i>Millettia reticulata</i>	18.18	10.46	59.12
	海金沙 <i>Spora lygodii</i>	33.62	41.98	40.37
	白茅 <i>Paraprenanthes sororia</i>	5.14	9.80	5.08
	一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>	5.14	4.90	38.43
	龙葵 <i>Solanum nigrum</i>	10.97	5.05	37.32
	苘葵 <i>Morinda umbellata</i>	6.58	22.43	8.25

I：轻度干扰 Slight disturbance；II：中度干扰 Medium disturbance；III：重度干扰 Severe disturbance. 下同 The same below.

2.1.2 物种数 在低度干扰条件下, 乔木层组成种类有 23 种, 占样地物种总数的 17.2%, 重要值较大的有黄山松和柳杉等; 灌木层种类有 74 种, 占物种总数的 55.2%, 重要值较大的有白背叶、隔药柃 (*Lindera aggregata*) 和大青 (*Symplocos caudata*) 等; 草本层植物种类为 37 种, 占样地物种总数的 27.6%, 重要值较大的有水竹 (*Cunninghamia lanceolata*) 和禾叶山麦冬 (*Spora Lygodii*) 等 (图 1).

在中度干扰条件下, 乔木层种类有一定的增加, 为 27 种, 占样地物种总数的 14.7%, 重要值较大的有黄山松和柳杉等; 灌木层种类有 85 种, 占总数的 46.2%, 重要值较大的有乌药 (*Lindera aggregata*)、大青和山矾等; 草本层植物种类为 72 种, 占总数的 39.1%, 各物种的重要值较为平均, 重要值较大的有狗脊和革命草 (*Portulaca oleracea*) 等 (图 1).

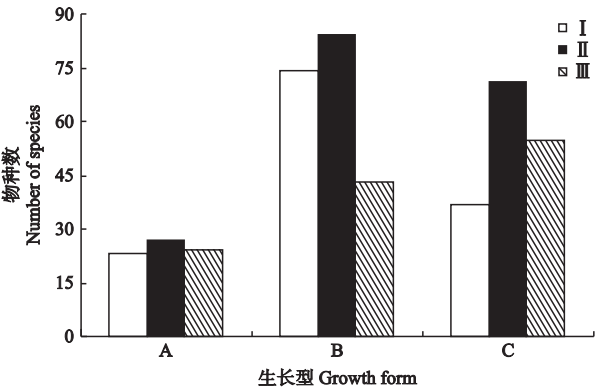


图1 旅游干扰下各层植物的物种数  
Fig.1 Species number of plant layers under tourism disturbance.  
I: 轻度干扰 Slight disturbance; II: 中度干扰 Medium disturbance; III: 重度干扰 Severe disturbance. 下同 The same below. A: 乔木 Tree; B: 灌木 Shrub; C: 草本 Herb.

在重度干扰条件下,乔木层种类有一定的减少,为24种,占样地物种总数的19.4%,重要值较大的有香樟和乌桕(*Sapium sebiferum*)等;灌木层种类有47种,占物种总数的37.9%,重要值较大的有蓬蘽(*Rubus hirsutus*)和盐肤木等;草本层植物种类为53种,占物种总数的42.7%,重要值较大的有水竹、山麦冬和革命草等(图1)。

2.1.3 相似性指数 各层植物的相似性指数见表2。综合来看,轻度干扰与中度干扰的样地间相似性指数最高,达0.424;其次为中度干扰与重度干扰的样地,为0.296;轻度干扰与重度干扰的样地间相似性指数最小,为0.164。这说明随着旅游干扰强度的增加,植物的物种组成逐步改变,群落结构也随之改变,表现了一定的演替特征。

总之,在不同旅游干扰下,各物种的重要值主要集中于少数种上,差异明显;只是在中度干扰下,草本层植物的重要值平均分配到了各物种上,差异不明显。干扰造成了群落结构的变化,不同干扰下同一层次中仅有少数物种相同,所以相似性指数均<0.500(表2)。而且,随着旅游干扰强度的增加,3块样地的乔木种数相差不大,灌木和草本物种数相差明显,说明旅游干扰对乔木影响相对较小,而对灌木和草本影响较大。

表2 旅游干扰下乔木/灌木/草本植物的相似性指数  
Table 2 Similarity index values of tree, shrub and herb layers under tourism disturbance

	I	II	III
I	—	0.46/0.47/0.34	0.28/0.14/0.14
II			0.25/0.13/0.10
III			—

2.2 不同干扰强度对青山湖景区物种多样性的影响

2.2.1 物种丰富度指数 由图2可以看出,针叶林、阔叶林和灌草地的物种丰富度指数依次为:5.052±0.595、5.300±0.427和6.506±0.364;按旅游干扰强度,重度干扰、轻度干扰和中度干扰的丰富度指数依次为:2.433±1.826、3.107±2.099和3.681±2.015。其中,重度干扰的影响较大。

2.2.2 物种多样性指数 按群落类型,灌草地、针叶林和阔叶林的多样性指数依次为:2.692±0.062、2.804±0.214和3.018±0.103;按干扰强度,重度干扰、轻度干扰和中度干扰的多样性指数依次为:1.587±0.429、1.650±0.618和2.221±0.423(图2)。而且,重度干扰的负面影响较大,中度干扰的正面影响较大,轻度干扰的影响有一定差异,多样性指数从小到大依次为:灌草地<针叶林<阔叶林。

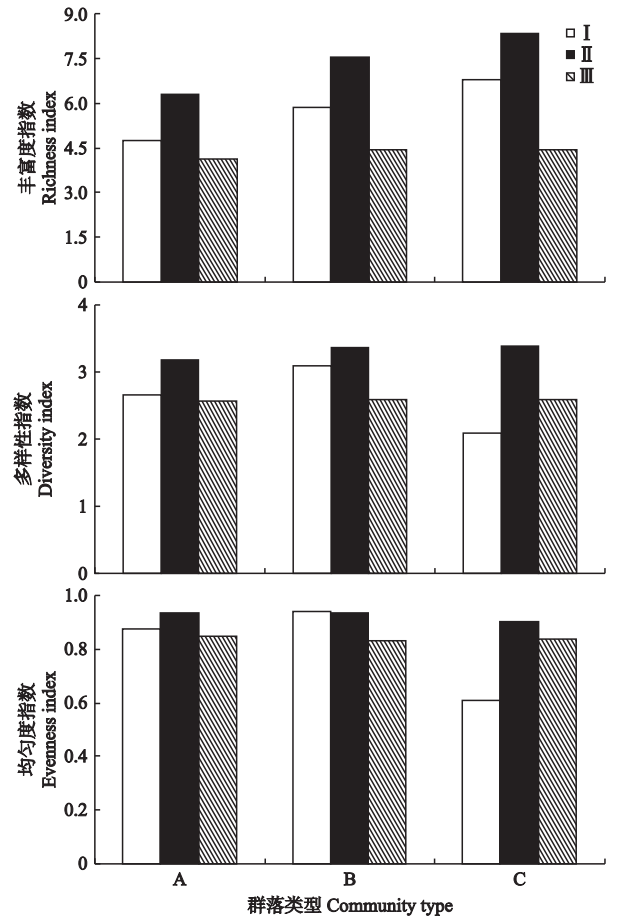


图2 旅游干扰下各样地丰富度指数、多样性指数和均匀度指数变化

Fig.2 Changes of richness, diversity, evenness index in sampling sites under tourism disturbance.  
A: 针叶林地 Coniferous forest; B: 阔叶林地 Broadleaf forest; C: 灌草地 Shrub-herbage.

表 3 旅游干扰下各层植被的丰富度、多样性和均匀度指数  
Table 3 Richness index, diversity index and evenness index of plant layers under tourism disturbance

植物层 Plant layer	干扰类型 Disturbance type	Margalef 丰富度指数 <i>D</i>				Shannon 多样性指数 <i>H</i>				Pielou 均匀度指数 <i>J</i>			
		A	B	C	<i>P</i>	A	B	C	<i>P</i>	A	B	C	<i>P</i>
乔木 Tree	I	1.188	7.971	2.434	0.696	1.056	1.874	1.892	0.001	0.697	0.85	0.957	0.032
	II	1.701	8.488	2.734		1.524	2.182	2.033		0.848	0.938	0.95	
	III	1.546	6.995	2.013		1.405	1.286	1.493		0.851	0.807	0.853	
灌木 Shrub	I	1.188	7.971	2.434	0.000	1.056	1.874	1.892	0.000	0.697	0.85	0.957	0.003
	II	3.562	4.156	4.686		2.502	2.609	2.645		0.945	0.924	0.896	
	III	1.857	1.853	1.918		1.694	1.572	1.493		0.884	0.831	0.746	
草本 Herb	I	1.331	1.906	1.953	0.000	1.136	1.503	1.513	0.000	0.836	0.903	0.782	0.002
	II	2.381	2.353	3.073		2.083	1.994	2.416		0.921	0.924	0.907	
	III	1.646	2.11	1.955		1.641	1.805	1.892		0.796	0.795	0.845	

A: 针叶林地 Coniferous forest; B: 阔叶林地 Broad-leaved forest; C: 灌草地 Shrub-herbage.

2.2.3 物种均匀度指数 按群落类型,灌草地、针叶林和阔叶林的均匀度指数依次为:0.783±0.010、0.885±0.038 和 0.901±0.023;按干扰强度,轻度干扰、重度干扰和中度干扰的均匀度指数依次为:0.803±0.189、0.823±0.111 和 0.917±0.051(图 2).而且重度干扰趋向于负面影响,中度干扰趋向于正面影响,轻度干扰的影响有一定差异,均匀度指数从小到大依次为:灌草地<针叶林<阔叶林.

2.3 不同干扰强度对各层植被多样性的影响

乔木层中,不同干扰强度对植物多样性的影响为:轻度干扰影响最大的是针叶林地,其指数值最低;重度干扰影响较大的阔叶林地和灌草地,它们的指数值较低;在中度干扰中,除灌草地的均匀度指数值略低外,其余指数值均最高(表 3).在不同旅游干扰强度下,多样性指数值差异极显著,均匀度指数值差异显著,而丰富度指数值差异不显著.

灌木层中,针叶林地受轻度干扰的影响最大,其指数值最低;重度干扰下,阔叶林地和灌草地的指数值相对较低;中度干扰条件下,三大指数值均最高;轻度干扰下,阔叶林地的灌木丰富度指数最高,为 7.971,其余物种的所有指数值均在中度干扰时达到最高(表 3).不同旅游干扰强度之间,丰富度指数和多样性指数值差异极显著,均匀度指数值差异显著.

从草本层看,轻度干扰的影响最大,重度干扰其次,均匀度指数最低(除灌草地外),而在中度干扰之间,三大指数值均达最高.不同旅游干扰强度下,丰富度指数和多样性指数值差异极显著,均匀度指数值差异显著(表 3).

3 讨 论

3.1 旅游干扰对物种多样性的影响

生态旅游是一种时尚,但对植物群落而言,既有

积极的作用也有消极的影响.据报道,人类的休闲活动降低了地巢性鸟类的适宜度,而对其他鸟类的栖息地影响不大<sup>[18]</sup>.人们在林中的休闲活动对地面植物也会产生一定的干扰.

不同的旅游强度和游人的兴趣爱好对植物群落产生多方面的影响,使各类植物在相互竞争中处于非平衡状态.一方面,人们的践踏使土壤变得紧实,通透性降低,种子发芽时幼芽和幼根的伸展就会受到抑制<sup>[19]</sup>;践踏也会影响植物幼苗的成活,随着土壤压实的增加,幼苗的成活率减少;践踏还使低矮植物受到伤害,降低它们的生存质量,所以随干扰的加强,这些植物的数量趋于降低.另一方面,一些人采摘枝条和花果,也会使植物的开花及结实率受到抑制或减少<sup>[20-21]</sup>.本研究结果也表明,旅游干扰主要是对一些观赏植物产生不利影响.

然而,随干扰的加强,一些较高大的乔灌木和大多数草本植物(如枫香、盐肤木、山麦冬等)的数量不断增加,成为旅游干扰的受益者.这些受益者具有一些结构特点,要么根深耐干旱和贫瘠(如枫香),要么叶片边缘有锯齿(如盐肤木),要么喜阴湿具根状茎且生长迅速(如山麦冬),所以比较抗干扰. Speight<sup>[22]</sup>通过对旅游地受冲击植物的生活型、生长型及其与践踏效应之间关系的研究发现,耐踏植物一般具备如下特征:体形小,低矮非直立,丛生,匍匐性,放射状根生叶,地面芽或 1 年生,遇不良环境可缩短生活周期,具刺,营养器官柔软具弹性而不脆弱,养分吸收及繁殖能力强,花小,种子小而硬,成熟期短,单株结实量大,种子散布力强或具营养繁殖习性等.可见,一些特征与本研究的结果甚为一致.

3.2 中度旅游干扰有益于植物群落结构的复杂化和稳定性

在本研究区域内,由于具有相似的气候、土壤、

水质等环境条件,在人类对其影响之前已具有相似的植物群落结构,但是经过长期的人为干扰,群落的结构和组成逐渐发生改变,表现为现在的针叶林、阔叶林和灌草地等明显不同的植被类型.随着旅游干扰强度的增加,特别是人们的采摘活动,使林中植物的通透性增加,有助于下层植物的生长.比较发现,乔灌木物种的重要值趋于减少,草本物种的重要值趋于增加,但总个体数呈逐步增加趋势.开阔的林间空地使阳性树种对其他树种的竞争压力有所上升,有利于其稳定生长<sup>[23]</sup>.

青山湖风景区同一林层中仅有小部分物种相同,各层的相似性指数均 $<0.500$ ,所以旅游干扰导致植物群落多样性改变,但不同强度的干扰影响程度不同.据报道,随旅游活动干扰的增加,植物群落的种类组成趋向简单,植物种类的多样性呈下降趋势,故人为干扰活动对物种丰富度、物种多样性和物种均匀度均有负面的影响<sup>[24]</sup>.但本研究结果表明,随着干扰强度的增加,三大指数值均呈倒“V”型变化,即丰富度指数为:重度干扰 $<$ 轻度干扰 $<$ 中度干扰,多样性指数为:重度干扰 $<$ 轻度干扰 $<$ 中度干扰,均匀度指数为:轻度干扰 $<$ 重度干扰 $<$ 中度干扰.由此可见,旅游干扰造成群落结构有较大的变化,中度干扰相对有利于植物群落结构的复杂化和稳定性.

上述分析表明,中度的旅游干扰对植物群落多样性的影响与中度干扰假说(intermediate disturbance hypothesis)较为吻合,即中等程度的干扰频率能维持高的物种多样性<sup>[25]</sup>.虽然本研究中度干扰的定义只是一个程度概念,但中度干扰假说中的“中度”也没有确定的界定.例如,植物种的多样性随放牧强度的增加而升高<sup>[26]</sup>,放牧干扰对草场植物群落的影响支持了“中度干扰假说”<sup>[27]</sup>.

干扰通过改变养分的有效性、循环的时空格局、植物演替的速度而影响群落的功能和结构<sup>[28-29]</sup>,使受干扰的植物更新能力降低,组成发生改变,上层树木因苗木死亡而难以更新,为入侵性较强的植物提供了机会,导致新物种的入侵和定居,甚至取代原有的植物<sup>[30]</sup>.本研究发现,干扰通过人们无意识的践踏和对喜爱植物的选择性采摘,抑制了一些优势种的生长,降低了它们的竞争优势,使一些较耐干扰的植物如青灰叶下珠(*Phyllanthus glaucus*)、芒萁(*Dicranopteris linearis*)等一些观赏性差、生长力强的灌草类获得生长空间,个体数增加.同时,一些外来物种也趁机侵入,如狗尾草(*Setaria viridis*).管东生等<sup>[24]</sup>对马尾松(*Pinus massoniana*)群落研究也发

现,上层乔木种类较少,但下层植物,尤其是草本植物并未减少.

在重度干扰下,由于人们的践踏和采摘过于频繁,减少了有机质向土壤中的输入,削弱了植物的竞争能力,一些植物退出了竞争,导致植物群落的丰富度、多样性和均匀度减少.在轻度干扰时,人们践踏较少,采摘选择的空間比较大,因而对植物群落的干扰较小,由于植物生长过程中的自我抑制作用(植物为竞争阳光、土壤养分和水分等有限资源的内在反映),群落中植物的生长与再生量比较低,此时光合作用的产物虽然可能较多,但呼吸消耗也较大,净光合产物的增长速率仍然较低<sup>[31]</sup>,群落的物种丰富度指数、均匀度指数和多样性指数值也不高.综上所述,旅游区植物生态系统对不同干扰强度的地上植物组成、数量和群落的物种丰富度、多样性和均匀度等方面的响应,表现出不同的外貌特征和多样性变化.中度干扰有利于提高植物多样性,促进生态系统功能的正常发挥.实际上,适度的人为干扰应该能够控制系统的动态平衡,协调高生产力与高生物多样性保护之间的相互关系,实现植物群落高度发展和资源持续利用的良性循环<sup>[32]</sup>.故中度干扰提高了资源的利用效率,增强了群落的复杂性和稳定性.

### 3.3 旅游干扰的深层次影响

一些研究认为,旅游活动干扰对乔木层的盖度没有影响,但对草本层和灌木层影响较为明显,受影响最大的是灌木层<sup>[24,33]</sup>.本研究结果与上述学者的观点有些不同,可能是研究区内人为采摘较为频繁,导致乔木受到较大的危害,说明随着旅游活动的加强,不仅对灌木层和草本层产生影响,对乔木层也同样产生影响,只是丰富度指数差异相对不明显.

由于针叶林地中林下植物比较稀疏,游人较容易进入,而茂密的阔叶林地和灌草地游人较少进入,所以针叶林地受轻度干扰影响最大;随着旅游干扰强度的增加,人们对针叶林地的干扰不会有更大的影响,但对阔叶林地和灌草地的影响逐步加大,所以阔叶林地和灌草地受重度干扰影响最大.由此认为,轻度干扰对针叶林地的影响最大,重度干扰对阔叶林地和灌草地影响更大,而中度干扰较能维持植物多样性.

由于不同旅游区的生态系统不同,各自具有复杂而特殊的物种组成,旅游对其的影响作用机理尚须进行更加全面、深入细致的研究,对特定生态系统进行优化和决策分析,为我国旅游生态环境的保护和管理提供科学依据.

## 参考文献

- [1] Chen L-Z (陈灵芝). Biodiversity conservation strategy // Biodiversity Committee of Chinese Academy of Sciences (中国科学院生物多样性委员会), ed. Principles and Methodologies of Biodiversity Studies. Beijing: Science Press, 1994: 13–15 (in Chinese)
- [2] Hansen AJ, Neilson RP, Dale VH, *et al.* Global change in forests: Response of species, communities and biomes. *Bioscience*, 2001, **51**: 765–779
- [3] Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2001: The Intergovernmental Panel on Climate Change Scientific Assessment. Cambridge: Cambridge University Press, 2001
- [4] Diamond JM. Historic extinction: A Rosetta stone for understanding prehistoric extinction // Martin PS, Klen RF, eds. Quaternary Extinctions: A Prehistoric Revolution. Tucson, Arizona: University of Arizona Press, 1984: 824–862
- [5] Bao W-K (包维楷), Liu Z-G (刘照光). Human induced disturbance regime in the Dagou Valley in the upper reaches of the Minjiang River. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology* (应用与环境生物学报), 1999, **5**(3): 233–239 (in Chinese)
- [6] Fan Z-Q (樊正球), Chen L-Z (陈鹭真), Li Z-J (李振基). The influence of disturbance by humans on biodiversity. *Chinese Journal of Eco-Agriculture* (中国生态农业学报), 2001, **9**(2): 31–34 (in Chinese)
- [7] Li X-R (李新荣), Zhang X-S (张新时). Biodiversity of shrub community in desert steppe and steppe desert on Erdos Plateau. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 1999, **10**(6): 665–669 (in Chinese)
- [8] Yang L-M (杨利民), Han M (韩梅), Li J-D (李建东). Plant diversity change in grassland communities along a grazing disturbance in the northeast China transect. *Acta Phytoecologica Sinica* (植物生态学报), 2001, **25**(1): 110–114 (in Chinese)
- [9] Cao M-L (曹敏鲁), An Q-L (安琪林), Yi H (毅红). Guide to China Ecological Tourist. Beijing: Economic Daily Press, 1999 (in Chinese)
- [10] Zhang R (张锐). The Problems and Countermeasures of Eco-tourism Development in China. Master Thesis. Harbin: Northeast Normal University, 2005 (in Chinese)
- [11] Gao X-M (高贤明), Ma K-M (马克明), Chen L-Z (陈灵芝), *et al.* The effects of tourism on species diversity of subalpine meadows in Dongling mountainous area, Beijing. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), 2002, **10**(2): 189–195 (in Chinese)
- [12] Zhang G-P (张桂萍), Zhang F (张峰), Ru W-M (茹文明). The effect of traveling on the interspecific correlation of dominant populations in Lishan subalpine meadow, Shanxi Province. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2005, **25**(11): 2868–2874 (in Chinese)
- [13] Deng JY, Shi Q, Walker Gordon J. Assessment on and perception of visitors environmental impacts of nature tourism: A case study of Zhangjiajie National Forest Park, China. *Journal of Sustainable Tourism*, 2003, **11**: 529–548
- [14] Shi Q (石强), Zhong L-S (钟林生), Wang X-F (汪晓菲). Effects of recreation on plants in Zhangjiajie National Forest Park. *Acta Phytoecologica Sinica* (植物生态学报), 2004, **28**(1): 107–113 (in Chinese)
- [15] Wu G-L (吴甘霖), Huang M-Y (黄敏毅), Duan R-Y (段仁燕), *et al.* Disturbing effects of tourism on species diversity in *Pinus taiwanensis* communities. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2006, **26**(12): 3924–3930 (in Chinese)
- [16] Editorial Committee of Zhejiang Flora (浙江植物志编委会). Flora of Zhejiang. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press, 1989–1993 (in Chinese)
- [17] Hao Z-Q (郝占庆), Yu D-Y (于德永), Yang X-M (杨晓明), *et al.* A diversity of communities and their variety along altitude gradient on northern slope of Changbai Mountain. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2002, **13**(7): 785–789 (in Chinese)
- [18] Scott D, Bayfield N, Gernusea GA. Use of a weighing lysimeter system to assess the effects of trampling on evapotranspiration of montane plant communities. *Canadian Journal of Botany*, 2002, **80**: 675–684
- [19] Marshall TJ, Holmes JW. Soil Physics. London: Cambridge University Press, 1979: 16–24
- [20] Bayfield NG. A simple method for detecting variations in walker pressure laterally across trails. *Journal of Applied Ecology*, 1971, **8**: 533–536
- [21] Burdon RFR, Anderson PF. Quantitative studies of the effects of human trampling on vegetation as an aid to the management of semi-natural areas. *Journal of Applied Ecology*, 1972, **9**: 439–457
- [22] Speight MC. Outdoor Recreation and Its Ecological Effects. London: Oxford University Press, 1973: 145–168
- [23] Jiang Z-H (蒋子涵), Jin G-Z (金光泽). Effects of selective cutting on intra- and interspecies competitions among major tree species in mixed broadleaved-Korean pine forest. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2010, **21**(9): 2179–2186 (in Chinese)

[24] Guan D-S (管东生), Ding J (丁 健), Wang L (王林). The impact of tourism and environmental pollution on plants and soil of forests in urban parks of Guangzhou. *China Environmental Science* (中国环境科学), 2000, **20**(3): 277–280 (in Chinese)

[25] Connell JH, Slatyer RO. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *American Naturalist*, 1977, **111**: 1119–1144

[26] Liu W (刘 伟), Zhou L (周 立), Wang X (王 溪). Responses of plant and rodents to different intensity. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 1999, **19**(3): 376–382 (in Chinese)

[27] Dong Q-M (董全民), Ma Y-S (马玉寿), Li Q-Y (李青云), *et al.* Effects of stocking rates for yak on community composition and plant diversity in *Kobresia parva* alpine meadow warm-season pasture. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica* (西北植物学报), 2005, **25**(1): 94–102 (in Chinese)

[28] Pickett STA, White PS. The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics. Orlando Florida: Academic Press, 1985: 472

[29] Pastor J, Naiman RJ, Dewey B, *et al.* Moose, microbes, and the boreal forest. *Bioscience*, 1988, **38**:

770–777

[30] Liu R-Y (刘濡渊). The impact of outdoor recreation ground on natural plant group. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* (中华林学季刊), 1996, **29**(2): 35–58 (in Chinese)

[31] Dong S-K (董世魁), Ding L-M (丁路明), Xu M-Y (徐敏云), *et al.* Effect of grazing intensity on leaf characteristics and forage productivity on mixed pastures of perennial grasses in alpine region of Tibetan Plateau. *Scientia Agricultura Sinica* (中国农业科学), 2004, **37**(1): 136–142 (in Chinese)

[32] Zhou H-F (周华锋), Fu B-J (傅伯杰). Ecological structure of landscape and biodiversity protection. *Scientia Geographica Sinica* (地理科学), 1998, **18**(5): 472–477 (in Chinese)

[33] Weaver T, Dale D. Trampling effects of hikers, motorcycles and horses in meadows and forests. *Journal of Applied Ecology*, 1978, **15**: 451–457

---

**作者简介** 鲁庆彬,男,1963年生,副教授. 主要从事保护生物学和动植物资源生态利用等研究. E-mail: lqbin191@yahoo.com.cn

**责任编辑** 李凤琴

---