

文章编号: 1000-5692(2007)05-0593-06

游憩活动对活地被物层植物生物量和群落结构的影响

钟永德, 王怀采, 黄家兰

(中南林业科技大学 旅游学院, 湖南 长沙 410004)

摘要: 在湖南省天际岭国家森林公园内选取 6 个游憩点进行植被群落结构和生物量的调查, 其中包括 4 条游径、1 个烧烤场和 1 处游客休息地。结果表明: 游憩活动会对生态旅游区植被的群落及生物量产生不同程度的影响; 在同一水平距离带上, 活地被物层植被的盖度和生物量出现远距离>中距离>近距离的规律; 草本层植被的生物量(x)与其盖度(y)正相关, 并可用经验方程 $y=5.0392x+8.8824$ 来表示。图 1 表 3 参 14

关键词: 园林学; 游憩生态; 森林游憩; 植被群落; 盖度; 生物量

中图分类号: S718 **文献标志码:** A

森林游憩(forest recreation)也称森林旅游和森林游乐, 是指在林地上进行的任何目的的野外游憩^[1,2]。游憩活动对植被的影响是当今环境和旅游研究的重点之一。Dale 和 Weaver 在 1974 年就开始研究人类践踏活动对植被产生的影响^[3]。我国自 20 世纪 80 年代以来, 特别是在 90 年代以后, 才陆续出现了少量的相关研究。游径是基本的旅游交通设施之一, 是旅游生态学研究的重要内容^[4]。从景观生态上看, 游径属于干扰走廊, 它是由游憩活动的带状干扰造成的。干扰走廊周转率快, 稳定性差, 但又与干扰的性质有关, 它要受干扰所发生的植被演替过程所控制^[5]。植物群落结构是指群落的所有种类及其个体在空间中的配置状态。群落结构是群落的一个基本特征, 游憩活动之所以能使植物生物量和群落结构发生一定程度的分化, 则在于旅游干扰使它们在空间上的生态因子有所变化^[6,7]。森林植物群落可以根据其生活型分为乔木、灌木、草本和苔藓植物等。其中, 草本层和苔藓层一般合称为活地被物层^[8]。讨论不同游憩活动对活地被物层生物量和植被群落结构的影响, 以及不同游憩距离带上植被生物量和植被群落的结构特征, 不仅能够反映出每段游径(或不同水平距离带上)植物群落结构的美学现状特征, 而且能反映出它们各自的旅游环境破坏程度和承载力状况, 真实地反映游憩活动的基本规律, 从而为景区管理提供一定的信息指导。

1 研究方法

1.1 研究地概况

天际岭国家森林公园, 又名湖南省植物园, 占地 140 hm², 园内森林覆盖率达 85%, 内有植物 1 100 多种, 其中濒危植物 54 科 95 属 118 种, 是中亚热带重要的珍稀濒危植物迁地保护区。自建园以来, 园内共修建主干道约 6 000 m, 游步道约 3 000 m, 年接待游客达 10 万人次, 取得了较好的社会效益

收稿日期: 2006-02-17; 修回日期: 2007-04-04

基金项目: 湖南省软科学基金资助项目(04ZH3089)

作者简介: 钟永德, 教授, 博士, 博士生导师, 从事旅游规划与旅游环境管理。E-mail: yongde65@yahoo.com.cn

益和经济效益。

1.2 样本调查

根据游憩活动类型的不同以及旅游景观敏感水平的不同,在森林公园内选取了2种类型共6个游憩点进行植被群落结构和生物量的调查。分别为游径型游憩点4个和滞留型游憩点(休息点、烧烤场)2个。每个游憩点上又依据其距离游径或游客活动中心地的水平距离的不同,随机设置3个调查样地,每个样地面积为 $25\text{ cm}\times 25\text{ cm}$ 。考虑到研究区域范围较小(小于 20 hm^2),丘陵地区海拔差异小(样地间海拔差异小于 20 m),土壤均为第四纪网纹红壤,所以,只设置1个无游憩活动影响的对照样地。共计选取6个游憩点19个调查样地。调查时间为2005年5月,调查时记录每个样地活地被物层植被的名称、总盖度及每个种的盖度,然后将样地内所有活地被物层植物(含根、茎、叶、花和果)带回实验室分类、洗净,放入 $75\text{ }^\circ\text{C}$ 的烘箱内烘干,12 h后取出,称出每个种的生物量干质量以及每个样地植被的总干质量。

1.3 分析方法

为了便于比较不同游憩活动对不同距离带上活地被物层植物生物量和物种结构影响的差异,将游径型游憩点分为近距离($d < 1\text{ m}$),中距离($1\text{ m} \leq d < 5\text{ m}$)和远距离($d \geq 5\text{ m}$)。将滞留型游憩点以活动中心为圆心,按影响半径分为近距离($r < 1\text{ m}$),中距离($1\text{ m} \leq r < 5\text{ m}$)和远距离($r \geq 5\text{ m}$),分别分析2种游憩类型和3个影响距离的差异。

1.3.1 活地被物层植被盖度的比较 采用群落总盖度和不同植物的盖度来分析不同距离带上活地被物层植物群落的结构状况。盖度指植物枝叶覆盖地面的百分数,它们能够反映出植物的种群密度。调查时,我们先用目测法估计植物的总盖度以及各种植物的盖度,再采用Drude等级划分标准^[8]将它们划分为不同的等级。

1.3.2 活地被物层植被生物量的比较 将样地内的活地被物层植物祛除杂质和附着土壤,洗净烘干,称出其干质量,以此数据来分析不同游憩活动及游憩活动的不同干扰程度对植被生物量的影响。生物量值为 $25\text{ cm}\times 25\text{ cm}$ 样方的生物量。

2 结果分析

2.1 不同距离带上活地被物层植物群落的结构分析

2.1.1 草本层盖度 从表1可以清楚地看到:不同距离带上草本层盖度有明显的差异,并表现出远距离>中距离>近距离的明显趋势。说明近距离处旅游破坏活动最大,中距离处次之,远距离处旅游影响最小,草本植物生长稳定。由于受到游人践踏和机动车碾压等的影响,所调查的三湘景园硬化步道、天际阁硬化车道、天际阁非硬化步道和竹林非硬化车道的道路两边植被都受到了较严重的影响,其中最为严重的是三湘景园硬化步道,其道路两旁1 m以内几乎没有草本植物生长。在调查地,发现

表1 不同距离带上草本层植物的盖度

Table 1 The meadow's coverage at different places to the roads

调查样地	距离 带/m	各草本植物种类盖度/%										总盖 度/%	Drude 等级划分	
		狗牙根	淡竹叶	香附草	风轮菜	马蹄金	弯叶画眉草	酢酱草	鸡矢藤	蒿草	马兰			
三湘景园硬化 化步道	$d < 1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	SO ¹
	$1 \leq d < 5$	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	SOC	
	$d \geq 5$	85	0	0	0	0	0	0	0	0	5	90	SOC	
天际阁硬化 车道	$d < 1$	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	COP ¹	
	$1 \leq d < 5$	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	SOC	
	$d \geq 5$	30	0	0	30	20	0	0	0	20	0	100	SOC	
天际阁非硬 化步道	$d < 1$	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	COP ¹	
	$1 \leq d < 5$	70	0	0	0	0	0	0	0	10	0	80	SOC	
	$d \geq 5$	80	0	0	0	5	0	0	0	0	0	85	SOC	
竹林非硬化 车道	$d < 1$	10	10	0	0	0	0	10	0	0	0	30	COP ²	
	$d \geq 1$	0	70	0	0	0	0	5	10	0	0	85	SOC	
对照地		0	0	70	10	0	20	0	0	0	0	100	SOC	

最多的草本植物是狗牙根 *Cynodon dactylon*^[9]。这种侵占性强的植物在园内随处可见,但它并不是乡土物种。它与本地物种的竞争,改变了植物园内的植物区系组成,使园内出现了假的“自然本底”,给我们留下了“假象”^[10]。

在竹林非硬化车道,最常见的植被为淡竹叶 *Lophatherum gracile*,另外也发现大量的风轮菜 *Clinopodium chinense* 和马蹄金 *Dichondra repens*。淡竹叶多生长于林下或沟边阴湿处。由于此竹林环境适宜它的生长,因此成为了该处的主导植被,但因为它的植株较高,所以在道路两旁它的盖度仍然比较小。而在对照地生长最多的是香附子 *Cyperus rotundus*。

在距离道路较近的地方,人类游憩活动频繁,少量耐践踏的植被生存,植物多样性明显降低。随着干扰强度的减小,植被盖度增大,物种多样性增加。水平距离愈远,敏感水平愈低,物种多样性信息指数愈大,旅游影响系数愈小。但是,在我们所选取的对照地可以看出:在无人干扰的情况下,植被多样性又有所下降。从景观生态学的角度来看:在不受人干扰的条件下,景观水平结构会逐渐向同质性方向发展;适度干扰可以迅速增加景观的异质性;严重干扰则在大多数情况下使异质性迅速降低^[3]。

道路两旁植被的盖度随着游憩使用频率的提高而降低,与此同时,道路也会被人扩宽^[11]。此外,在游客量急增的形势下,游径宽度受到制约,旅游者和从事旅游业的社区人们便会从近距离处另择游径,致使近距离处的植被损坏现象严重^[12]。或者,当游径绕远时,人们往往也会裁弯取直,践踏植被,形成由于过度践踏而产生的裸地。在三湘景园中,我们发现了相当多这样的人为践踏小道,它们的存在致使景观受到了严重的破坏。

2.1.2 苔藓层盖度 苔藓植物是地被层中的一种主要植物,适生于阴湿的环境,对环境变化的敏感性大,人类活动对其作用明显。在人类活动频繁的地区,践踏作用明显,旅游破坏强度大,苔藓植物没有良好的生存环境。随着向游道两边扩展,我们看到:距离三湘景园硬化步道 2.0 m 左右的范围之内,苔藓盖度约为 60%;天际岭硬化车道两旁 1.5 m 左右范围内苔藓盖度约为 20%。但随着与游径水平距离的继续增大,草本层植被明显增多,苔藓层植被逐渐被草本植物所取代,其盖度急剧下降。而在其他几处被调查地,苔藓植物较少,或仅分布于斜坡和树干上。它们由于受人影响较小,盖度较大,生长状态较为稳定。从总体上讲,苔藓层也能比较好地反映旅游活动对群落的影响程度。

2.2 不同游憩利用地活地被物层植被群落的结构分析

在天际岭国家森林公园中,大多数游憩地(野营地、野餐点等)都有被人工硬化过的痕迹,这就失去了游憩活动本身所具有的对人们投身自然,寻找原始生活线索的吸引力。因此,此类活动在森林公园中很少有人问津。显而易见,在这样的游憩活动地,原有植被遭到了最粗暴的蹂躏,取而代之的是生态旅游者最为忌讳的硬化地面,森林景观受到了严重的人为破坏。筛选之后,我们根据游憩利用类型的不同,选择了游人较多,受游憩活动影响较具代表性的烧烤场和一处游客休息地。

2.2.1 草本层盖度 不同游憩利用地上草本层植被盖度的变化规律表现为:距离游憩活动中心地越远,植被盖度越大。随着游憩利用地半径的减小,植被受人类活动的影响逐渐增大,生物量随之下降,物种多样性减少。与不同距离带上草本层盖度变化相似,不同游憩利用地上草本层植被盖度也表现出远距离>中距离>近距离的趋势(表 2)。

表 2 不同游憩利用地上草本层植被的盖度

Table 2 The meadow's coverage at different leisure places

调查点	距离带/ m	各草本植物种类盖度/%									总盖度/ %	Dnde 等级划分
		旱空心莲子草	鸡矢藤	香附子	风轮菜	水蓼	蒿草	车前	弯叶画眉草	蛇莓		
烧烤场	$r < 1$	0	0	0	0	2	0	0	0	5	7	COP ¹
	$1 \leq r < 5$	5	0	0	10	30	0	5	0	0	50	COP ²
	$r \geq 5$	20	0	10	5	10	0	5	0	0	50	COP ²
游客休息地	$2 \leq r < 5$	0	20	0	0	0	0	10	0	0	30	COP ²
	$r \geq 5$	0	60	0	0	0	5	0	0	0	65	SOC
对照地		0	0	70	10	0	0	0	20	0	100	SOC

从表2可以看出, 该烧烤场在 $1\text{ m} \leq r < 5\text{ m}$ 和 $r \geq 5\text{ m}$ 的范围内, 植被盖度的损失率大致相同, 为 $100\% - 50\% = 50\%$ (对照地植被盖度为 100%), 说明游客对该烧烤场的影响范围不大。而在距游客休息地 2 m 以内的范围, 几乎没有植被生存; 随着半径的扩大, 植被的覆盖率在 $2\text{ m} \leq r < 5\text{ m}$ 和 $r \geq 5\text{ m}$ 的区域分别达到了 30% 和 65% , 其植被损失率分别为 70% 和 35% , 这说明该休息地受人类游憩活动的影响较大, 植被损失较为严重。

2.2.2 草本层植被的群落结构 在随机抽取的烧烤场样地和游客休息地样地中, 我们发现: 这里出现了3种较占优势的草本植物: 喜旱莲子草 *Alternanthera philoxeroides*, 鸡矢藤 *Paederia scandens* 和水蓼 *Polygonum hydropiper*。

由表3可知: 在距烧烤台 1 m 的范围内, 仅有少量的水蓼和蛇莓 *Duchesnes indica* 生长; 在 $1\text{ m} \leq r < 5\text{ m}$ 的范围内, 植物盖度和种类迅速增加, 出现了喜旱莲子草 (5%), 风轮菜 (10%), 车前 *Plantago asiatica* (5%), 原有的水蓼盖度也从 2% 快速增长到了 30% ; 当 $r \geq 5\text{ m}$ 时, 出现了香附子 (10%), 喜旱莲子草的盖度也增加了 15% , 该样地的植被种类增加到了5种。而在我们选取的对照地, 虽然植被盖度达到了 100% , 但其中仅包括3种草本植物, 且 70% 的样地被香附子覆盖。这充分说明: 从不同强度的游憩干扰对植物群落的影响来说, 适度的游憩干扰可使群落的组成和结构变得复杂化。就群落的植物种类多样性变化来说, 适度游憩干扰可使群落的植物种类多样性增大, 这是因为适度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 (如对照样地中的香附子) 的生长, 从而有利于群落植物种类多样性的发展。但游憩活动越频繁, 践踏越强烈, 枯枝落叶层和腐殖质层就越薄, 草本层盖度就越小, 植被群落结构也就越简单^[13], 所以在距离烧烤场和休息地 $1 \sim 2\text{ m}$ 的地方, 草本层盖度很小, 植被群落结构也较简单。

表3 不同距离带上草本植被生物量

Table 3 The survey of the meadow's biomass at different distances

调查样地	距离带/ m	各草本植被生物量/g														总生物量/ g		
		狗牙根	淡竹叶	香附子	喜旱莲子草	风轮菜	马蹄金	弯叶画眉草	酢酱草	水蓼	鸡矢藤	蒿草	蛇莓	马兰	车前			
三湘景园 硬化步道	$d < 1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$1 \leq d < 5$	15.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15.9
	$d \geq 5$	25.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.9	0	0	28.5
天际阁硬 化车道	$d < 1$	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9
	$1 \leq d < 5$	11.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11.5
	$d \geq 5$	13.1	0	0	0	1.7	0.4	0	0	0	0	0	1.8	0	0	0	0	17.0
天际阁非 硬化步道	$d < 1$	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8
	$1 \leq d < 5$	15.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0	15.7
	$d \geq 5$	17.1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.6
竹林非硬 化车道	$d < 1$	2.7	1.2	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	4.5
	$d \geq 1$	0	30.3	0	0	0	0	0	0	0.7	0	1.8	0	0	0	0	0	32.8
	$r < 1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0.4	0	0	0	0.6
烧烤场	$1 \leq r < 5$	0	0	0	0.7	0.5	0	0	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0.2	2.9
	$r \geq 5$	0	0	0.4	4.2	0.7	0	0	0	0	0.6	0	0	0	0	0	0.1	6.0
游客休息 地	$2 \leq r < 5$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0.2	0.3
	$r \geq 5$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.3	13.9	0	0	0	0	23.2
对照地		0	0	17.2	0	0.4	0	0	9.1	0	0	0	0	0	0	0	0	26.7

2.2.3 苔藓层盖度 烧烤场和游客休息地都是游人活动较为集中的地方, 因而受人为践踏比较严重, 其周边草本植物几乎不复存在, 出现了大面积的裸地。但在这些地段, 苔藓植物却有所生长。因为这些游憩场所多位于阴凉处, 气候比较潮湿, 再加上游人的践踏使大量的草本植物死亡, 为苔藓植物的生长创造了适宜的环境。另一方面, 游憩践踏也从不同程度上导致了游憩地周边苔藓植被高度和生物量的降低。在距离烧烤台约 1.2 m 的半径范围内, 苔藓盖度达到了 60% , 而在离游客休息地半径 2.0 m 的活动圈内, 苔藓盖度也达到了 50% 左右, 其余部分均为裸地, 很少有草本生长。随着距离中心地带半径的增大, 草本层开始复苏, 苔藓植物盖度逐渐减少。

2.3 活地被物层植被生物量的分析

在游憩生态学研究, 人们对未受干扰地区的植被生物量记录各有不同, 其中较为推崇的是 Godfrey (1975) 在 Cape Cod 沙丘记录下的 $794 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 以及 Bell 和 Bliss (1973) 在华盛顿 Alpine 奥林匹克国家公园记录下来的 $50 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。在 675 辆四轮机动车碾压之后, 前者生物量降到了 $150 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; 而后者在经历 1 200 人次践踏之后, 生物量也降低到了约 $2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 左右^[13]。这说明, 任何地方植被生物量的减少或者增加都是由其自然生境和游憩利用强度所共同决定的。

从图 1 可以知道(图中横坐标标值: 1 为调查样地三湘景园硬化步道; 2 为天际阁硬化车道; 3 为天际阁非硬化步道; 4 为竹林非硬化车道; 5 为烧烤场; 6 为游客休息地; 7 为对照地): 随着游憩活动的增多, 游人对植被的干扰程度明显增强, 植被生物量随之降低。植被生物量在不同的游憩距离带上也呈现出远距离 > 中距离 > 近距离的规律。当靠近游憩活动频繁发生区域时, 即便是耐践踏的物种其相同盖度下的植被生物量也有不同程度的减少。如盖度为 80% 的狗牙根在三湘景园硬化步道 $1 \text{ m} \leq r < 5 \text{ m}$ 的范围内, 其生物量为 $15.9 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; 而在天际阁非硬化步道 $r \geq 5 \text{ m}$ 的范围内, 由于践踏频度的减少, 狗牙根的生物量增加到了 $17.6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。相同盖度下的植被生物量的减少原因包括: 践踏所造成的植被生长缓慢、植株折断、枯死以及游客有意或者无意的采摘行为等。

2.4 盖度与生物量的关系

由于各植被的根系发达情况不同, 有的植被表面看起来盖度不大, 但其生物量却比较大。总的来说, 植被的盖度与其生物量直接相关。换句话说, 随着植被盖度的变化, 其生物量会出现相应的波动, 这一点从上文的数据可以明显看出。

在实验中, 我们所测得的数据与 Kellomaki^[14] 的结论完全符合。植被生物量(x)与盖度(y)的变化关系为, $y = 5.0392x + 8.8824$ (x 为生物量, y 为盖度)。

3 结论与建议

基于以上对湖南省天际岭国家森林公园内 6 个游憩点进行植被群落结构和生物量的调查与分析, 笔者认为可以得出如下结论: ① 相对于自然地理因子而言, 植物的群落结构和生物量之所以有所差异, 在很大程度上是因为游憩活动和景区管理的因素所共同形成的。② 同一水平距离带上, 活地被物层植被的盖度和生物量出现远距离 > 中距离 > 近距离的规律, 体现了游憩活动的普遍规律。在受人类活动影响较小的地区, 群落多样性指数增加, 同时, 其生物量上升。但在无人干扰的对照地, 植被多样性又有所下降。这说明: 适度干扰有利于群落多样性的发展。③ 生态旅游区植被群落及其生物量的变化, 一方面取决于群落物种组成的生态生物学特征, 另一方面也取决于自然地理因素和旅游活动等人为因素的变化。游憩活动使植被生物量产生不同程度的波动, 同时也干预群落的发育过程, 使它或多或少地偏离正常的演替过程。④ 草本层植被生物量(x)与其盖度(y)正相关, 其经验公式可表示为: $y = 5.0392x + 8.8824$ 。

植被作为旅游景区生态环境的重要组成部分之一, 也是旅游景区旅游业可持续发展的基本因子。在旅游景区管理中, 应采取如下措施防止或减少游人对景区植被的影响: ① 在游径两旁及游客活动中心地种植耐践踏的植被, 必要时以绿篱代替草坪, 以防止裸地的出现和道路的加宽。② 加强对园内游憩活动的监督和控制, 确保在不破坏原有生态环境和植被的基础上, 为游客提供高质量的游憩经历。③ 在烧烤场等受游憩活动影响较大的地面设置合理的道路体系, 树立解说牌, 加强游客环境教育。④ 在游径瓶颈地段适当拓宽路面, 或铺设支路, 防止游客践踏周边植被; 在因游客裁弯取直而已经形成践踏路面的地方铺设专门的植草砖或在石块中嵌草, 以形成美丽的路面装饰肌理。⑤ 公园内应尽量使用本地物种。因为外来物种参与与乡土物种的竞争, 会改变原有植物区系的组成, 从而形

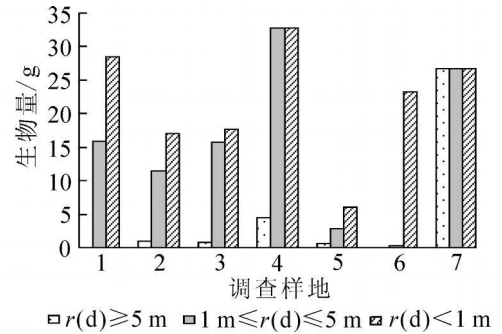


图 1 不同距离带上植被生物量的变化图

Figure 1 Changes of biomasses at different distances

成假的“自然本底”；同时，由于外来的物种的大量蔓延，区域内的物种多样性会受到一定程度的影响。⑥ 景区管理必须运用生态学和旅游活动的规律性进行统一规划，合理划分功能区，把自然生态的保护和旅游产品的开发结合起来，游径和其他设施的布局应在充分论证之后进行，以达到合理引导游客和保护生物生境的目的。

参考文献：

- [1] DOUGLASS R W. *Forest Recreation* [M] . New York: Pregramon Press 1982.
- [2] DAVID W. *Guiding Land Use Decision; Planting and Management for Forest and Recreatio* [M] . Baltimore: John Hopkins University Press, 1982.
- [3] COLLE D N. *Trampling Effect on Mountain Vegetation of Washington, Colorado, New Hampshire and North Carolina* [R] . USDA Forest Service, Intermountain Research station. Research Paper Pap. INI-464. 1993.
- [4] 程占红, 张金屯. 生态旅游的兴起和研究进展 [J] . 经济地理, 2001, 21 (1): 110-113.
- [5] 徐化成. 景观生态学 [M] . 北京: 中国林业出版社, 2002: 5-22.
- [6] 张合平, 刘云国. 环境生态学 [M] . 北京: 中国林业出版社, 2002: 109.
- [7] 程占红, 张金屯. 生态旅游区不同距离带上植物群落的结构对比 [J] . 生态学报, 2002, 22 (10): 1765-1773.
- [8] 李景文. 森林生态学 [M] . 北京: 中国林业出版社, 1995: 154-180.
- [9] 楼炉煊. 观赏树木学 [M] . 北京: 中国农业出版社, 2000: 660-678.
- [10] 秦安臣, 任士福, 马晓晶. 森林旅游对生态系统负面影响概述 [J] . 河北林果研究, 2001, 16 (3): 262-268.
- [11] 邓金阳, 吴云华, 全龙. 张家界国家森林公园游憩冲击的调查评估 [J] . 中南林学院学报, 2000, 20 (1): 40-45.
- [12] 石强, 廖科, 钟林生. 旅游活动对植被的影响研究综述 [J] . 浙江林学院学报, 2006, 23 (2): 217-223.
- [13] 程占红, 张金屯, 上官铁梁, 卢芽山自然保护区旅游开发与植被环境关系——旅游影响系数及指标分析 [J] . 生态学报, 2003, 23 (4): 703-711.
- [14] LITTLE M J. *Recreation Ecology: The Ecology Impact of Outdoor Recreation and Ecotourism* [M] . Sydney: Chapman and Hall Press 1997.

Influences of recreation activities on biomass and community structure of ground cover

ZHONG Yong-de, WANG Huai-cai, HUANG Jia-lan

(College of Tourism, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, Hunan, China)

Abstract: Six research sites (25 cm×25 cm) in the Tianjiling National Forestry Park, Changsha City, are chosen to study the community structure and biomass of vegetation, namely, four footpaths, a barbecue site and a rest place. The results showed that recreation activities would influence the vegetation community structure and biomass to different degrees. At the same horizontal level, the coverage and biomass of ground cover was in the following order: far> middle> near in distance. The biomass of vegetation was positively related with its coverage, which could be expressed with the following equation: $y = 5.0392x + 8.8824$ (x is the biomass and y is the related coverage). [Ch, 1 fig. 3 tab. 14 ref.]

Key words: landscape architecture; recreation ecology; forest recreation; vegetation community; coverage; biomass