

旅游对武夷山景区灌木林物种多样性 及其根系生物量的影响

文雅香 钟全林 夏金林 肖海燕 张晓芳

(福建师范大学 地理科学学院 福州 350007)

摘 要:采用对比样方调查法对武夷山旅游区内的武夷宫、大红袍、龙川瀑布和天游峰 4 个典型景区灌木林物种多样性指数、均匀度和丰富度指数、植被盖度及根系生物量等指标进行了调查与分析,并对旅游活动对灌木林的影响机理进行了探讨。结果表明:旅游活动对景区灌木林物种多样性指数具有显著影响(Shannon-weiner 均匀度指数除外),对林下根系生物量虽有影响,但影响不显著。干扰区的灌木林物种多样性指数、盖度、总根系及细根生物量均小于非干扰区。4 景区灌木林的干扰变化率依次为:物种多样性指数为武夷宫>天游峰>龙川瀑布>大红袍,盖度为大红袍>武夷宫>天游峰>龙川瀑布,总根系生物量为天游峰>大红袍>龙川瀑布>武夷宫,细根生物量为天游峰>龙川瀑布>武夷宫>大红袍。

关 键 词:旅游活动;灌木林;物种多样性指数;根系生物量;武夷山景区

旅游活动带来自然资源的大量消耗,并对旅游地环境产生负面影响已成为学者们的共识^[1,2],最直接负面影响是对植被和土壤^[3]。一般采用样地调查、定位监测与数学模拟等方法进行调查与分析^[4,5]。森林旅游作为全球公认的一种重要的休闲和旅游方式^[6],其对森林植被环境(如植被结构、生物量、森林景观等)的影响已被日益关注^[3,7-14]。研究发现,它主要影响体型小、丛生且低矮的灌木与草本植被^[15],且影响程度与游客行为方式、旅游区环境承载力等因素有关^[10-14]。作为森林生态系统演替中的顶级陆地生态系统的灌木林,是生物多样性的的重要组成部分^[16],分析旅游活动对灌木林物种生物多样性影响,对深入分析旅游活动对森林环境的影响具有重要意义,但目前这方面的研究比较少。因此本文选择灌木林植被类型进行旅游环境影响研究,试图在这些方面作初步的探讨。

建省和江西省交界处,北纬 27°32'36"~27°55'15",东经 117°24'12"~118°02'50",总面积 99975hm²;平均海拔 1200m,中山地貌,属典型的亚热带季风气候^[17,18];植被类型多样,生物资源丰富。根据多年调查统计,区内已知低等植物 840 种,已定名高等植物 284 科 1107 属 2888 种,在 171 科 830 属 2447 种种种子植物中,有 39 种属于国家重点保护的野生植物,且灌木层的物种丰富度与物种多样性指数的均值要大于乔木层^[18];属世界自然与文化双遗产保护地,并被列入“世界生物圈保护区”。武夷山风景区位于武夷山脉北段东南麓,距武夷山市西南 50km,景区面积 60km²,是我国著名的游览胜地,属国家首批 5A 级旅游区;景区主要植被类型为灌木林。近年来,景区客流量呈快速增长趋势,2007 年共接待游客 543.03 万人次,比上年增长 22.6%^①。

2 材料与方法

2.1 资料的收集

考虑到灌木林抗干扰能力受群落结构及其生境

1 研究区概况

研究区域为福建武夷山风景区。武夷山地处福

收稿日期:2008-09;修订日期:2008-12.

基金项目:福建省自然科学基金项目(D0540002);福建省社会科学基金项目(2006B2048);福建省重点学科建设项目(12311009)。

作者简介:文雅香(1983-),女,湖南韶山人,硕士生,主要研究方向:自然资源、森林生态。E-mail:wenyaxiang1983@yahoo.com.cn

通讯作者:钟全林(1965-),教授,E-mail:qlzhong@126.com

①数据来源:武夷山市统计信息网,武夷山市 2007 年国民经济和社会发展统计公报(2008 年 3 月 20 日)http://tjj.wuyishan.gov.cn/typenews.asp?id=107 (2008 年 4 月 7 日下载)

类型,以及游客数量的影响^[19],本次选择具有生活型与生境类型相似、但客流量与活动方式差异性较明显的大红袍、武夷宫、天游峰和龙川瀑布 4 景区的灌木林进行分析。依据旅游活动对植被的影响痕迹区分游客活动区(简称干扰区,下同,一般距游道 1m)和非游客活动区(简称非干扰区,下同,一般距游道 50m)。分别在干扰区与非干扰区典型设置面

积为 5×5m²的对比样方,每景区设置 3 组对比样方。4 景区主要植被类型、开发方式与客流量见表 1。调查并记录各样方内灌木的高度、盖度、物种数和物种个体数等,并在每个样方内典型设置 3 个 20×20cm²,深 40cm 的土壤小样方,挖取根系,装入取样前标记好的塑料袋,带回室内分析根系生物量。每样地重复三次。

表 1 调查景区基本情况
Tab.1 Essential characteristics of the study area

景区	天游峰	大红袍	武夷宫	龙川瀑布
优势种	杜鹃(<i>Rhododendron simsii</i>)、竹(<i>Bambusaceae</i>)	茶树(<i>Camellia sinensis</i>)、赤楠(<i>Syzygium buxifolium</i>)	桂花(<i>Osmanthi Fragrantis</i>)、杜鹃(<i>Rhododendron simsii</i>)、玫瑰(<i>Rosa rugosa</i>)	竹柏(<i>Podocarpus nagi</i>)、白马骨(<i>serissa serssoide</i>)、乌饭(<i>Vaccinium bracteatum</i>)
开发方式	地方政府开发	地方政府开发	地方政府开发	私人承包开发
旅游客流量	最大	中等	中等	最小

* 注:根据在单位时间内单位面积上的客流量划分。

2.2 计算方法

2.2.1 植物物种多样性指数

利用植物样方调查数据,分景区计算干扰区与非干扰区内灌木林的 Margalef 指数、Simpson 指数、Shannon-weiner 指数、Pielou 均匀度指数与 Shannon-weiner 均匀度指数,分析其干扰变化率。计算公式见式^[(1)~(5)]^[20]。

Margalef 指数(R): $R=(S-1)/\ln(N)$ (1)

Simpson 指数(D'): $D'=1-\sum P_i^2$ (2)

Shannon-weiner 指数(H): $H=-\sum P_i\ln(P_i)$ (3)

Shannon-weiner 均匀度(J_{sw}): $J_{sw}=H/\ln(S)$ (4)

Pielou(1975)均匀度(J_{si}): $J_{si}=(1-\sum P_i^2)/(1-1/S)$ (5)

式中 S 为某样方中物种 i 的数量, N 为样方中所有物种的总个体数; P_i 为样方中第 i 种的个体数量占样方中总个体数量的比例,即 $P_i= n_i / N$ 。

干扰变化率表示受影响程度,其计算公式为:

干扰变化率 (%)=(干扰区指数值-非干扰区指数值)/非干扰区指数值×100 (6)

2.2.2 植被盖度干扰变化率

分景区按(7)式计算干扰区与非干扰区的植被盖度的干扰变化率。

干扰变化率 (%)=(干扰区植被盖度-非干扰区植被盖度)/非干扰区植被盖度×100 (7)

2.2.3 根系生物量

将带回室内的根系洗净,按细根($d<0.2\text{cm}$)、中粗根($d>0.2\text{cm}$)进行分类,分别称其鲜重,在恒温箱内 80℃烘干至恒重(24h),测其恒重(精确到 0.001g);

利用干扰变化率分析其受影响程度,计算公式为:

根系生物量($t\cdot\text{hm}^{-2}$)= $100\times\text{土壤样方内根系干重(g)}/\text{样方面积}(\text{cm}^2)$ (8)

干扰变化率(%)=(干扰区生物量-非干扰区生物量)/非干扰区生物量×100 (9)

2.3 数据分析

利用 SPSS13.0 软件,应用成对样本 T 检验法(Paired Samples T—Test)比较分析干扰区与非干扰区灌木林之间各指标差异的显著性^[21],并用 Excel 软件作图分析。

3 结果与分析

3.1 旅游活动对灌木林植物物种多样性的影响

将干扰区与非干扰区各灌木林植物样方中的物种多样性指数计算结果列于表 2。从表中可看出,除 Shannon-weiner 均匀度指数(J_{sw})外,干扰区的植物物种个体数量(N)、丰富度指数(R)、物种多样性指数(D' , H)与 Pielou 均匀度指数(J_{si})均显著低于非干扰区,其中对 N 与 H 的影响达极显著状态 ($P<0.01$)。 N 值是反映灌木林群落内的植物个体数的指标,说明旅游活动对景区灌木林单位面积上的植物个体数量造成了极显著的影响,使个体数量明显减少; R 值反映了灌木林群落内的植物物种丰富程度,受物种种类(S)及 N 两因素影响,与 S 呈正相关,与 N 呈负相关,旅游干扰区的 N 与 R 值都显著小于非干扰区,说明干扰区的 S 也明显低于非干扰

表 2 旅游活动对灌木林植物物种多样性的影响^①

Tab.2 Impact of tourist activity on plant species diversity of the shrubs in Wuyi Mountain

项目		N	R	D'	H	Jsw	Jsi
干扰区	最大值	23	6.291	0.814	0.844	0.970	0.960
	最小值	1	1.431	0.480	0.292	0.780	0.794
	均值	15	3.614	0.667	0.580	0.876	0.898
		(1.352)	(1.792)	(0.125)	(0.198)	(0.072)	(0.062)
非干扰区	最大值	43	10.157	0.861	1.038	0.916	0.938
	最小值	6	3.322	0.750	0.640	0.808	0.909
		26	5.666	0.799	0.798	0.879	0.924
	均值	(2.081)	(1.703)	(0.041)	(0.147)	(0.043)	(0.014)
T 值		3.0984**	2.7984*	2.9297*	3.3211**	1.0617	2.8517*

注:N 为 5×5m² 样方内的植物个体数量,“*”、“**”分别表示在 P<0.05 与 P<0.01 时差异显著。

①括号内数值表示标准误(S.E.)。

区; D' 、 H 、 Jsw 与 Jsi 值则反映了群落内不同物种间的个体数量结构比例,在 S 一定时, D' 、 H 、 Jsw 与 Jsi 值越大,则表示单位面积上各物种间的个体数量差异越小,优势度小。由于 Jsw 是 H 与 $\ln(S)$ 之比,武夷山景区灌木林在受到旅游干扰后,其 H 与 S 值都减小,造成 Jsw 值相对稳定,因此,使得干扰区与非干扰区灌木林的 Jsw 值差异不显著($p>0.05$)。各旅游景区灌木林干扰区的 D' 、 H 、 Jsi 与 Jsw 值都小于非干扰区,说明旅游活动干扰后,对一些抗性较弱的敏感性植物物种影响较大,使得其个体数量明显减少,造成单位面积上物种间的个体数量差异的加大。另从 N 与 R 的 T 值可看出,虽然旅游活动使武夷山景区灌木林单位面积内 N 与 S 都减小,但对灌木林个体数(N)的影响要大于对灌木林物种种类(S)的影响。

3.2 不同景区间灌木林受旅游活动影响的差异比较

分别将 4 景区的灌木林物种多样性指数与植被盖度的干扰变化率绘图(图 1、图 2)。从图中可看出,4 景区灌木林物种多样性指数干扰变化率依次为:武夷宫>天游峰>龙川瀑布>大红袍,以武夷宫景区为最大;同一景区灌木林内,干扰区的植被盖度低于非干扰区,4 景区灌木林盖度干扰变化率依次为:大红袍>武夷宫>天游峰>龙川瀑布,以大红袍景区为最大。

3.3 旅游活动对灌木林根系生物量的影响

旅游活动对 4 景区灌木林根系生物量及细根生物量有一定影响,但影响不显著($P>0.05$);干扰区的总根生物量与细根生物量均低于非干扰区,其根系生物量的变动系数也以干扰区为大,且以干扰区的细根生物量的变动系数为最大(表 3),说明旅

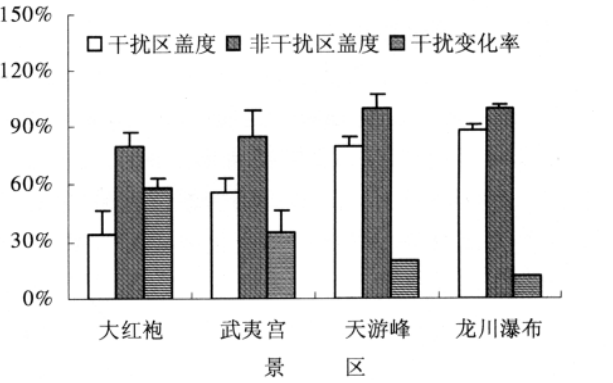
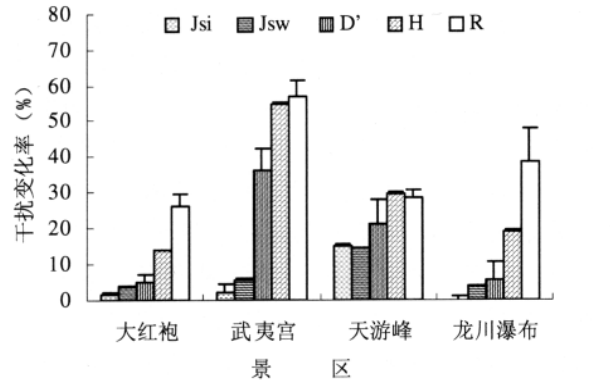


图 1 各景区灌木林物种多样性的干扰率比较
Fig.1 Comparison of the disturbance rate of the shrubs species diversity in different scenic spots
注:柱形图表示均值±标准误(Mean±S.E.),下同。

图 2 武夷山四景区灌木林盖度及其干扰变化率
Fig.2 Cover degree and its disturbance rate of shrubs in the four scenic spots in Wuyi Mountain

表 3 各景区灌木林根系生物量的比较
Tab.3 Comparison of the root system biomass of shrubs in different scenic spots

项目	均值/ t/hm ²		变动系数	
	细根生物量	总根生物量	细根生物量	总根生物量
干扰区	0.4157(0.3584)	4.6043(3.1292)	0.8620	0.6796
非干扰区	0.5871(0.2746)	5.3043(2.7253)	0.4676	0.5138

游活动在影响植被地上部分的同时,也影响着植被的地下部分根系的生长发育。4 景区灌木林细根根系生物量的干扰变化率依次为:天游峰>龙川瀑布>武夷宫>大红袍,总根系生物量的干扰变化率依次为:天游峰>大红袍>龙川瀑布>武夷宫(图 3)。客流量大且旅客较集中的天游峰景区,无论是细根生物量,还是总根生物量,受到的影响都要大于其他 3 个景区。

4 讨论

从旅游活动对武夷山大红袍、武夷宫、天游峰和龙川瀑布 4 景区灌木林物种多样性及其根系生物量的影响结果可看出,利用物种多样性指数、植被盖度、总根系生物量与细根生物量等不同指标评价旅游活动对灌木林环境的影响,虽然计算的数值结果都表现为干扰区小于非干扰区,但不同指标在 4 景区灌木林干扰区与非干扰区之间所表现的影响差异大小次序却各不相同。分析原因主要是景区灌木林除受游客数量、滞留时间与观景方式影响外,还受灌木林本身的物种数量与物种对游客的吸引程度、灌木林盖度及游道的建设状况等因素影响,不同指标的评价结果所反映的影响角度不同。如武夷宫景区灌木林主要为桂花(*Osmanthi Fragrantis*)、杜鹃(*Rhododendron simsii*)、玫瑰(*Rosa rugosa*.)等对游客吸引度较强的观赏树种所形成的人工植被类型,其本身树种较少,且易受到少数游客采摘,在受到干扰后其物种多样性指数变化率表现为最大;大红袍景区因其位于山涧,游客不易靠近,只能另立一固定位置观看,使得观看点及其周边位置的植被盖度受影响较大,其盖度干扰变化率最大;天游峰景区位于山顶峰,游客比较集中,且滞留时间相对较长,对其根系生物量影响较大,相对其他景区而言,其根系生物量干扰变化率较大。因此,在定量评

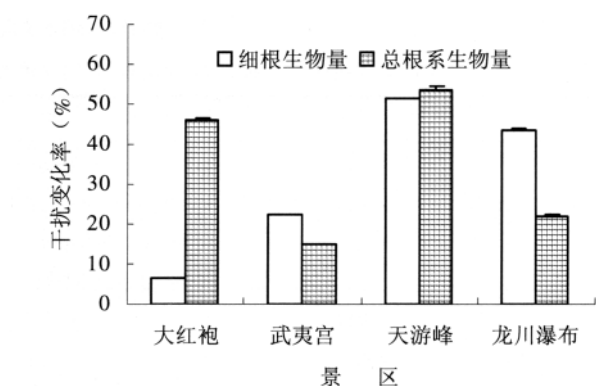


图 3 武夷山四景区灌木林总根与细根生物量干扰变化率
Fig.3 Disturbance rate of the total root and fine root system biomass of shrubs in four scenic spots

价旅游活动对不同景区灌木林植被环境影响差异时,必须从地上、地表及地下不同的空间层次采用物种种类与数量、植被盖度、根系生物量等多指标的干扰变化率的均值或加权均值对其进行综合评价,用综合平均干扰变化率大小判断其受旅游活动干扰的综合影响程度。

四景区若直接将各指标的干扰变化率平均,则其综合干扰变化率依次为:天游峰(29.13%)>武夷宫(28.54%)>大红袍(20.07%)>龙川瀑布(18.02%);若依据各指标干扰变化率所反映的灌木林环境影响重要性差异,采用加权均值计算,以植物物种多样性指数、植被盖度及根系生物量各按 0.4、0.3 与 0.3 权重计算,其中物种多样性指数中的 R 、 D' 、 H 、 J_{si} 与 J_{sw} 各指数权重相等,即取值 0.2,根系生物量指标中的细根与粗根权重各按 2/3 与 1/3 计算,则综合干扰变化率依次为:天游峰 (30.29%)>武夷宫 (29.03%)>大红袍(27.20%)>龙川瀑布(19.84%)。两者结果具一致性,说明旅游活动对武夷山四景区灌木林的综合影响,以客流量大且集中、观景场地小的天游峰受旅游活动影响最大,而客流量相对较少、开发历史短且观景场地大的龙川瀑布景区受影响最小。

旅游活动通过机械性直接干扰和间接胁迫影响着植被物种组成和物种多样性^[22],它对植被的影响是一个复杂的生理生态过程。从武夷山 4 景区灌木林的调查与分析结果可以看出,一方面,游客活动行为(如采摘、刻划、践踏等)的影响,使植物种类与数量发生了变化;另一方面旅游活动对林地的践踏行为也间接影响到土壤的质地,进而影响到土壤中根系的生长发育与地上林木的生长。其具体影响机理可用影响机理模型流程图表示(图 4)。

旅游活动对森林的生态环境影响包括多方面,是一个复杂的影响过程。本文仅从物种组成及物种多样性、植被盖度与根系生物量方面分析旅游活动对灌木林的生态环境的影响,而对林内哺乳动物与昆虫的活动与繁殖的影响内容则未进行调查研究;另外,尚需从旅游活动对灌木林生理功能的影响机理及主要灌木物种对旅游干扰的敏感性差异等方面作更深入的探讨。

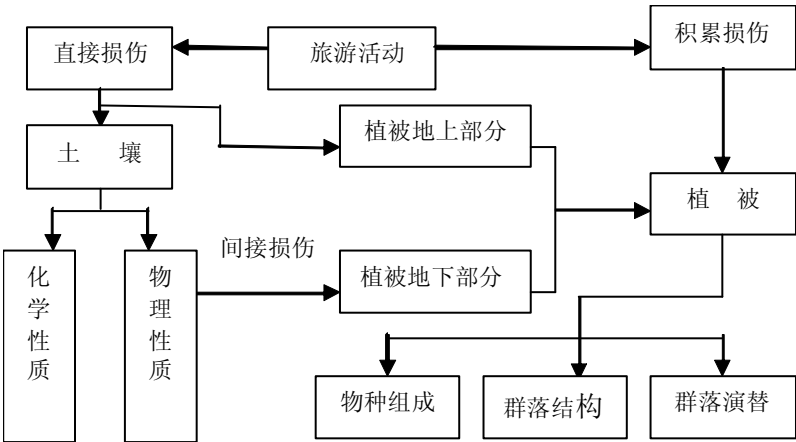


图4 旅游活动对灌木植被的影响机理模型流程图

Fig.4 Mechanism model of the impact of tourist activity on shrubs vegetation

参考文献

[1] Kuvan Y. The use of forests for the purpose of tourism: The case of Belek Tourism Center in Turkey. *Journal of Environmental Management*,2005,75(3):263~274.

[2] Briassoulis H. Sustainable tourism and the question of the commons. *Annals of Tourism Research*,2002,29(4):1065~1085.

[3] 石强,钟林生,汪晓菲. 旅游活动对张家界国家森林公园植物的影响. *植物生态学报*,2004,28(1):107~113.

[4] Wall G, Wright C. *The Environmental Impact of Outdoor Recreation*. University of Waterloo,1997.

[5] 刘晓冰, 保继刚. 旅游开发的环境影响研究进展. *地理研究*,1996,15(4):92~100.

[6] Font A R. Mass tourism and the demand for protected natural areas: A travel coast approach. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2000,39:97~116.

[7] Witzum E R, Stow D A. Analysing direct impacts of recreation activity on coastal sage scrub habitat with very high resolution multi -spectral imagery. *Int J Remote Sens.*, 2004, 25(17):3477~3497.

[8] 项卫东, 薛建辉. 旅游干扰对森林景观与环境的影响. *南京林业大学学报*,2000,24(S1):87~90.

[9] 钟永德,王怀采,黄家兰. 游憩活动对活地被物层植物生物量和群落结构的影响. *浙江林学院学报*,2007 ,24(5): 593~598.

[10] 程占红,张金屯. 天龙山旅游开发对植被的影响. *地理科学*,2000,20(2):144~147.

[11] 冯学钢,包浩生. 旅游活动对风景区地被植物-土壤环境影响的初步研究. *自然资源学报*,1999,14(1):75~78.

[12] 陈飙, 杨桂华. 旅游者践踏对生态旅游景区土壤影响定量研究——以香格里拉碧塔海生态旅游景区为例. *地理科学*,2004,24(3):371~375.

[13] Caroline K L, Catherine M. Impacts of tourism Oil threatened plant taxa and communities in Australia. *Ecol Man- age. Restor.*,2003,4(1):37~45.

[14] 管东生,林卫强,陈玉娟. 旅游干扰对白云山土壤和植被的影响. *环境科学*,1999,20(6):6~9.

[15] Coledn T S J. Quantifying vegetation response to recreational disturbance in the north Cascades, Washington. *Northw. Sci.*, 1992 , 66(4):229~236.

[16] 陈遐林,马钦彦,康峰峰. 山西太乐山典型灌木林生物量及生产力研究. *林业科学研究*,2002,15(3):304~309.

[17] 何东进,洪伟,胡海清 等. 武夷山风景名胜区景观生态特征. *东北林业大学学报*,2003,31(5):24~26.

[18] 曾从盛,郑达贤 等. *福建典型区生态环境研究*. 北京:中国环境科学出版社, 2005,76~85.

[19] 朱珠,包维楷,庞学勇 等. 旅游干扰对九寨沟冷杉林下植物种类组成及多样性的影响. *生物多样性*,2006,14(4):284~291.

[20] 马克平,黄建辉,于顺利 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究——丰富度、均匀度和物种多样性指数. *生态学报*,1995,15(3):268~277.

[21] 贾乃光. *数理统计*. 北京:中国林业出版社,1993.

[22] Kerbirou C, Leviol I, Jiguet F, Julliard R. The impact of human frequentation on coastal vegetation in a biosphere reserve. *Journal of Environmental Management*,2008, 88(4):715~728.

The Effects of Tourist Activity on Plant Species Diversity and Root System Biomass of Shrubs in Scenic Spots of Wuyi Mountain

WEN Yaxiang, ZHONG Quanlin, XIA Jinlin, XIAO Haiyan, ZHANG Xiaofang

(College of Geographical Sciences, Fujian Normal University, Fuzhou, 350007, China)

Abstract: By means of research method of the comparative sample investigations, the indexes of plant species diversity, species evenness, species richness, cover degree and root system biomass of shrubs in the four typical scenic spots (Wuyi palace, Dahongpao, Longchuan falls and Tianyou peak) of Wuyi Mountain were investigated and analyzed, and the effect mechanism of tourist activity on shrubs is also researched. The results showed that tourist activity has a significant effect on the plant species diversity index of the shrubs except Shannon-Weiner evenness index, while on the roots system the effect of biomass is insignificant. Moreover, the indexes of the plant species diversity, cover degree, total root and fine root system biomass in disturbed districts are all below non-disturbed ones. Furthermore, the disturbance rate of the shrubs in the four scenic spots is in the following orders. The order of the plant species diversity index is: Wuyi palace > Tianyou peak > Longchuan falls > Dahongpao; the cover degree is: Dahongpao > Wuyi palace > Tianyou peak > Longchuan falls; the total root system biomass is: Tianyou peak > Dahongpao > Longchuan falls > Wuyi palace; and the fine root system is: Tianyou peak > Longchuan falls > Wuyi palace > Dahongpao.

Key words: tourist activity; shrubs; plant species diversity; root system biomass; Wuyi Mountain scenic spot