

旅游干扰对贺兰山典型草原生物多样性及土壤性质的影响

赵建昌

(宝鸡文理学院 历史文化与旅游系, 陕西 宝鸡 721013)

摘要: [目的] 探讨旅游干扰对贺兰山典型草原生物多样性及土壤性质的影响, 进一步理解旅游干扰的生态影响效应与机制, 为风景区资源与环境的保护管理提供参考。[方法] 采用样方法对贺兰山景区主要游览线路两侧植物群落及其土壤进行了调查, 分析了不同强度旅游干扰(低度旅游干扰, 中度旅游干扰, 重度旅游干扰)对植物群落及其土壤性质的影响。[结果] (1) 旅游干扰显著降低了植被覆盖度、枯落物含量、丰富度指数、均匀度指数和多样性指数 ($p < 0.05$); (2) 旅游干扰对土壤理化性质具有较大影响, 土壤容重随着干扰强度的增加而增加, 含水量和电导率随着干扰强度的增加而降低; (3) 在旅游干扰条件下, 土壤微生物量碳和氮变化幅度较大, 对旅游干扰表现最为敏感; (4) 随着旅游干扰强度的增加, 土壤有机碳、全氮、碱解氮和微生物量碳、氮均明显降低, 全钾和有效钾随干扰强度的增加而增加; (5) 旅游干扰区域土壤养分指标相关性基本与对照区域相一致, 土壤全量养分均与其对应的有效养分呈极显著正相关 ($p < 0.01$)。[结论] 中度旅游干扰并没有影响植被属性; 旅游干扰对土壤性质有一定影响, 而此影响并没有改变土壤养分因子之间的相互作用效应。

关键词: 旅游干扰; 贺兰山; 典型草原; 生物多样性; 土壤性质

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)03-0293-06

中图分类号: Q145; Q149

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.03.060

Impacts of Tourism Disturbance on Biological Diversity and Soil Properties of Typical Steppe in Helan Mountain Scenic Area

ZHAO Jianchang

(History Culture and Tourism Department, Baoji University of Arts and Sciences, Baoji, Shaanxi 721013, China)

Abstract: [Objective] To explore impacts of tourism disturbance on biological diversity and soil properties of typical steppe in Helan Mountain scenic area in order to further understand the ecological effect and mechanism of tourism disturbance, and to provide the reference for the protection of scenic resources and environment management. [Methods] Sample investigation was conducted to different intensity of tourism disturbance (LD, lower tourism disturbance; MD, middle tourism disturbance; HD, high tourism disturbance) on biological diversity and soil properties in Helan Mountain scenic areas. [Results] (1) Tourism disturbance significantly reduced the vegetation coverage, litters, and the index of diversity, richness and evenness ($p < 0.05$). (2) Tourism disturbance had a large influence on soil physical and chemical properties, as the interference intensity increasing, soil bulk density increased, and water content, electrical conductivity decreased. (3) Soil microbial biomass carbon and nitrogen had a larger range ability which was the most sensitive to tourism disturbance. (4) There was a marked effect on soil nutrients, soil organic carbon, total nitrogen, alkali-hydrolyzale nitrogen, microbial biomass carbon and nitrogen were significantly reduced with the interference intensity increasing, potassium and available potassium increased; (5) The basic correlation of soil nutrients factors of tourism disturbance was consistent with CK, on the whole, the total soil nutrient was

收稿日期: 2014-11-10

修回日期: 2014-12-01

资助项目: 陕西省高校哲学社会科学重点研究基地项目“旅游伦理建设与旅游业可持续发展”(14 JZ004); 宝鸡文理学院校级重点项目“关天经济区旅游合作发展路径分析”(ZK11037)

第一作者: 赵建昌(1974—), 男(汉族), 甘肃省静宁县人, 硕士, 讲师, 主要从事旅游影响及旅游业可持续发展研究。E-mail: zhaojianchang1974@163.com。

significantly positive correlation to the soil available nutrients ($p < 0.01$). [Conclusion] Moderate tourism disturbance had no effect on vegetation properties. Tourism disturbance had effects on soil properties, and the effects did not change the interactions of soil nutrient factors.

Keywords: tourism disturbance; Helan Mountain; typical steppe; biological diversity; soil properties

生物多样性是生物与生物之间、生物与环境之间复杂关系的体现,也是生物资源丰富多彩的标志和人类赖以生存的基础,具有重要的生态价值^[1-2]。随着人类活动范围和强度的不断扩大,迅猛发展的旅游业势必会对生态环境产生一定的影响,在此活动下生物多样性正遭受前所未有的破坏和威胁^[3-5]。旅游的快速发展和不可避免地给旅游地生态环境及多样性带来一定负面影响,并且加剧了生物与环境之间的矛盾,因此,在保证旅游发展的同时必须在资源的保护与利用之间寻求新的平衡点,即探究旅游地生态系统所能承受的最大干扰限度,这是旅游地制定生态管理策略的重要依据^[3-5]。由此可见,加强人为干扰下生物多样性动态变化及生态环境演变规律的研究具有极为重要的理论和现实意义^[3-5]。

近年来,随着旅游干扰的不断加剧,加之管理措施尚未完善,贺兰山生物多样性和生态环境受到了严重影响,部分景区已表现为裸地出现、生境破碎、物种多样性下降等情况,适当控制旅游开发力度,保护该景区的生物多样性,在指导旅游干扰的建设、植被和土壤肥力恢复、改善生态环境等方面具有重要的理论基础和实践意义^[6-11]。

当前大量学者研究了旅游干扰对中国各景区生态环境的影响^[6-9,12-15],尚未见关于不同人为干扰下生物多样性及土壤性质变化的研究报道。

鉴于此,笔者着重分析不同强度旅游干扰对贺兰山典型草原生物多样性及土壤性质的影响,探讨不同强度人为干扰下生物多样性变化规律以及人类活动对生物多样性的影响,旨在进一步理解旅游干扰的生态影响效应与机制,为风景区资源与环境的保护管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区贺兰山典型草原位于亚洲荒漠东部的阿拉善左旗(37°41′—41°52′N,103°21′—106°51′E),总面积约为 $8.04 \times 10^4 \text{ km}^2$,温带大陆气候,年均温 8.3℃,≥10℃年积温 3 000~3 500℃,无霜期 120~180 d,年降水量 60~200 mm,主要集中在 5—9 月。由于阿拉善左旗山体相对高差大,使大气降水、植被及土壤类型具有明显的垂直分布规律,随海拔的降低,

植被类型的分布依次为高寒草甸(2 500 m,高山蒿草群落,草甸土,山地类型)、典型草原(2 000 m,长芒草(*Stipa bungeana*) + 针茅(*Stipa capillata*) + 冷蒿群落(*Artemisia frigida*),棕钙土,冲积扇)、荒漠化草原(1 720 m,红砂(*Reaumuria songarica*) + 针茅群落(*S. grandis*),浅棕钙土,冲积平原)和草原化荒漠(1 400 m,小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla*)群落,棕钙土,冲积平原),本研究选取海拔 2 000 m 的典型草原,分布于阿拉善左旗低山部位,能够代表贺兰山的主要地貌类型,并且旅游季游客人数明显高于其他区域,旅游旺季大量游客在此区域留足和憩息,对典型草原的破坏较为严重,部分长芒草和针茅群落逐级退化为小叶锦鸡儿和猫头刺(*Oxytropis aciphylla*)等群落。

1.2 研究方法

1.2.1 样地设置及植物采集 采用野外调查和室内化验分析相结合的方法。于 2013 年 7 月沿贺兰山中段(西坡)在海拔 2 000 m 左右选取典型草原,旅游干扰的强度根据距离旅游线路的远近划分,距离能够反映出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)。

在充分考察的基础上,旅游干扰主要范围在 0~80 m,超过 80 m 范围几乎没有游人活动,将旅游干扰划分为 3 级:轻度干扰(LD)远离旅游线路,样地距旅游线路在 60~80 m,几乎没有游人到达,样地内没有或很少有人活动的痕迹;中度干扰(MD)靠近旅游线路样地距旅游线路在 30~50 m,有少量游人到达,样地内有少量的旅游垃圾及游人踏痕;高度干扰(HD)紧挨旅游线路,样地距旅游线路在 0~20 m,游人很多、人为活动痕迹明显,样地内有大量的旅游垃圾、到处是游人踩踏的痕迹;对照区域(CK)选择超过 80 m 范围几乎游人活动区域。

在每个样地中按“S”型曲线选定 10 个 1 m×1 m 样方,共完成样方 40 个,并收集枯落物含量,调差各样地中物种数的盖度、高度和密度并计算其重要值和多样性指数,计算公式如下^[16]:

(1) Patrick 丰富度指数:

$$P_a = S \quad (1)$$

(2) Shannon—Wiener 多样性指数(H):

$$H = -\sum P_i \ln P_i \quad (2)$$

(3) Simpson 优势度指数(D):

$$D=1-\sum(P_i)^2 \quad (3)$$

(4) Pielou 均匀度指数(J_p):

$$J_p=-\sum P_i \ln P_i / \ln S \quad (4)$$

$$J_p=H/\ln S$$

式中: S ——样方内物种数目; P_i ——样方内种的相对重要值;重要值 $P_i=($ 相对覆盖度+相对高度+相对多度) $/3$

1.2.2 土壤采集及样品的测定 取植物样的同时,五点取样法采集 0—20 cm 土样混合,所取土样分为 3 份,一份装自封袋中,测定土壤含水量(烘干法,%);一份自然风干(20 d)去除碎片和部分根后过 2 mm 筛,测定土壤养分及理化性质;一份放入 4℃ 冰箱中测定土壤微生物量,在取样点附近挖取剖面测定土壤容重(环刀法, g/cm^3),并计算土壤总孔隙度(%).

土壤性质的测定:pH 采用电极电位法测定(1:2.5 土水比);电导率采用 P4 多功能测定仪测定;全盐(%)采用电导法;土壤有机碳含量(g/kg)测定采用重铬酸钾氧化外加加热法;全氮(g/kg)用凯氏定氮法;碱解氮采用 NaOH— H_3BO_3 法测定;土壤全磷(g/kg)用 NaOH 熔融—钼锑抗比色法;有效磷(mg/kg)采用 $NaHCO_3$ 浸提—钼锑抗比色法测定;全钾(g/kg)采用火焰分光光度法;有效钾(mg/kg)采用乙酸铵浸提—原子吸收分光光度计法^[17];氯仿熏蒸— K_2SO_4 浸提法测定土壤微生物量碳和氮(mg/kg)^[18]。

1.3 数据处理

利用 Excel 2003.0 和 SPSS 18.0 对数据统计,统计学检验采用单因素方差分析(One-way ANOVA)和最小显著法(LSD),Pearson 相关性系数检验土壤养分指标的相关性,作图采用 Origin 8.6。

2 结果与分析

2.1 旅游干扰对植被的影响

由表 1 可知,旅游干扰对贺兰山典型草原植被具有较大的影响,在旅游干扰条件下,植被覆盖度变化范围在 15~93,枯落物含量变化范围在 9.3~56.3 g/m^2 ,丰富度指数变化范围在 1.9~5.6,均匀度指数变化范围在 0.21~0.82,多样性指数变化范围在 1.02~2.37,优势度指数变化范围在 0.69~0.82;随着干扰强度的增加,植被覆盖度、枯落物含量、丰富度指数、均匀度指数和多样性指数均明显降低,从植被覆盖度、枯落物含量、丰富度指数、均匀度指数和多样性指数来看,MD 与 CK 均没有显著差异($p>0.05$),而显著高于 LD 和 HD($p<0.05$),其中 LD 与 HD 没有显著差异($p>0.05$),表明了旅游干扰显著降低了植被覆盖度、枯落物含量、丰富度指数、均匀度指数和多样性指数($p<0.05$),而 MD 并没有影响到植被属性;CK 与 LD,MD 和 HD 优势度指数并没有显著差异($p>0.05$),由此表明,旅游干扰并没有影响植被优势度指数。

表 1 旅游干扰对贺兰山典型草原植被的影响

项目	覆盖度/%	枯落物含量/($g \cdot m^{-2}$)	丰富度指数	均匀度指数	多样性指数	优势度指数
CK	85±8 ^a	56.3±6.4 ^a	5.6±0.6 ^a	0.73±0.13 ^a	2.14±0.15 ^a	0.78±0.05 ^a
LD	64±9 ^b	41.2±7.9 ^b	3.4±0.3 ^b	0.52±0.07 ^b	1.87±0.19 ^b	0.71±0.14 ^a
MD	93±5 ^a	52.7±5.8 ^a	4.9±0.4 ^a	0.82±0.15 ^a	2.37±0.09 ^a	0.82±0.06 ^a
HD	15±2 ^c	9.3±2.3 ^c	1.9±0.2 ^c	0.21±0.09 ^c	1.02±0.13 ^c	0.69±0.03 ^a

注:同列不同小写字母表示差异显著($p<0.05$);LD 表示轻度干扰,MD 表示中度干扰,HD 表示高度干扰。下同。

2.2 旅游干扰对土壤理化性质的影响

由表 2 可知,旅游干扰对贺兰山典型草原土壤理化性质具有较大的影响,在旅游干扰条件下,土壤容重范围在 0.823~1.536 g/cm^3 ,pH 值变化范围在 7.51~8.75,含水量指数变化范围在 6.51%~9.37%,电导率变化范围在 63.78~92.78 $\mu s/cm^2$;随着干扰强度的增加,土壤含水量和电导率明显降低,LD 和 CK 土壤含水量显著高于 MD 和 HD($p<0.05$),MD 和 HD 土壤含水量达到显著差异($p<0.05$),CK 土壤电导率显著高于旅游干扰,LD,MD 和 HD 土壤电导率差异并不显著($p>0.05$);土壤容

重随着干扰强度的增加而增加,其中 LD 土壤容重与 CK 差异并不显著($p>0.05$),但均与 MD 和 HD 达到显著差异($p<0.05$);CK 与 LD,MD 和 HD pH 值并没有显著差异($p>0.05$),由此表明,旅游干扰并没有影响 pH 值。

2.3 旅游干扰对土壤养分的影响

由表 3 可知,旅游干扰对贺兰山典型草原土壤养分具有较大的影响,在旅游干扰条件下,土壤有机碳范围在 6.12~10.36 g/kg ,全氮变化范围在 0.52~0.98 g/kg ,碱解氮变化范围在 5.12~11.36 mg/kg ,全磷变化范围在 0.92~1.03 g/kg ,有效磷变化范

围在 1.23~1.62 mg/kg, 全钾变化范围在 19.25~30.45 g/kg, 有效钾变化范围在 23.58~32.78 mg/kg, 微生物量碳变化范围在 51.36~120.35 mg/kg, 微生物量氮变化范围在 21.39~53.78 mg/kg, 其中微生物量碳和氮变化幅度较大, 对旅游干扰表现的最为敏感; 随着干扰强度的增加, 土壤有机碳、氮素和微生物量碳、氮均明显降低, MD 和 CK 土壤有机碳、全氮、碱解氮和微生物量碳差异并不显著 ($p>0.05$), 但显著高于 LD 和 HD ($p<0.05$), 其中 LD 和 HD 土壤有机碳、氮素和微生物量碳、氮均达到差异显著 ($p<0.05$), CK 微生物量氮则显著高于 LD, MD 和 HD ($p<0.05$), 表明了旅游干扰降低了土壤碳素和氮素含量, 但 MD 并没有影响土壤碳素和氮素含量; 全钾和有效钾随干扰强度的增加而增加, 不同强度干扰下

全钾和有效钾均达到差异显著 ($p<0.05$), 其中 MD 与 CK 有效钾之间差异并不显著 ($p>0.05$), 表明了旅游干扰增加了土壤钾素含量; CK 与 LD, MD 和 HD 土壤磷素(全磷和有效磷)并没有显著差异 ($p>0.05$), 由此表明, 旅游干扰并没有影响土壤磷素的变化。

表 2 旅游干扰对土壤理化性质的影响

项目	土壤容重/ ($g \cdot cm^{-3}$)	pH 值	含水量/ %	电导率/ ($\mu s \cdot cm^{-2}$)
CK	0.823±0.09 ^c	8.75±0.61 ^a	9.37±1.14 ^a	92.8±5.8 ^a
LD	0.912±0.13 ^c	8.23±0.32 ^a	9.14±0.34 ^a	72.4±6.9 ^b
MD	1.245±0.06 ^b	8.56±0.74 ^a	8.26±0.87 ^b	63.8±9.2 ^b
HD	1.536±0.17 ^a	7.51±0.80 ^a	6.51±1.23 ^c	69.5±5.1 ^b

表 3 旅游干扰对土壤养分的影响

项目	有机碳/ ($g \cdot kg^{-1}$)	全氮/ ($g \cdot kg^{-1}$)	碱解氮/ ($mg \cdot kg^{-1}$)	全磷/ ($g \cdot kg^{-1}$)	有效磷/ ($mg \cdot kg^{-1}$)	全钾/ ($g \cdot kg^{-1}$)	有效钾/ ($mg \cdot kg^{-1}$)	微生物量碳/ ($mg \cdot kg^{-1}$)	微生物量氮/ ($mg \cdot kg^{-1}$)
CK	9.25±1.54 ^a	0.98±0.11 ^a	11.36±1.23 ^a	0.95±0.08 ^a	1.58±0.15 ^a	19.25±2.56 ^d	23.58±1.37 ^c	120.4±9.3 ^a	45.36±3.45 ^b
LD	7.23±0.78 ^b	0.73±0.06 ^b	8.37±1.09 ^b	0.92±0.06 ^a	1.23±0.09 ^a	21.37±1.38 ^c	28.17±2.56 ^b	80.3±7.3 ^b	29.78±2.98 ^c
MD	10.36±0.56 ^a	0.89±0.07 ^a	10.89±2.38 ^a	1.03±0.13 ^a	1.62±0.13 ^a	26.58±1.95 ^b	31.45±2.01 ^a	115.4±13.6 ^a	53.78±5.38 ^a
HD	6.12±1.23 ^c	0.52±0.13 ^c	5.12±0.98 ^c	0.98±0.07 ^a	1.43±0.21 ^a	30.45±2.01 ^a	32.78±1.13 ^a	51.4±5.8 ^c	21.39±2.01 ^d

2.4 植被与土壤因子相关分析

由表 4 可知, 旅游干扰区域有机碳与全氮、碱解氮、全钾、微生物量碳和氮呈极显著正相关, 与有效钾呈显著正相关; 全氮与碱解氮和微生物量氮呈极显著正相关, 与全钾呈显著正相关; 碱解氮与有效钾和微生物量氮呈显著正相关; 全磷与有效磷呈极显著正相关, 与全钾呈显著正相关; 有效磷与全钾和有效钾呈显著正相关; 全钾与有效钾呈极显著正相关, 与微生物量碳和氮呈显著正相关; 微生物量碳与微生物量氮呈极显著正相关。

由表 5 可知, 对照区域土壤养分指标相关性基本与旅游干扰区域相一致, 有机碳与全氮、碱解氮、全钾、微生物量碳和氮呈极显著正相关, 与有效钾呈显著正相关; 全氮与碱解氮、全钾和微生物量氮呈极显著正相关; 碱解氮与有效磷和微生物量氮呈极显著正相关, 与有效钾和微生物量碳呈显著正相关; 全磷与有效磷呈极显著正相关; 有效磷与全钾呈显著正相关; 全钾与有效钾呈极显著正相关, 与微生物量碳和氮呈显著正相关; 微生物量碳与微生物量氮呈极显著正相关。

表 4 旅游干扰区土壤养分指标相关分析

土壤养分	有机碳	全氮	碱解氮	全磷	有效磷	全钾	有效钾	微生物量碳
全氮	0.923**							
碱解氮	0.756**	0.855**						
全磷	0.295	0.132	0.098					
有效磷	0.384	0.109	0.154	0.756**				
全钾	0.784**	0.655*	0.247	0.432*	0.487*			
有效钾	0.625*	0.205	0.456*	0.078	0.552*	0.756**		
微生物量碳	0.912**	0.326	0.114	0.156	0.141	0.633*	0.209	
微生物量氮	0.821**	0.712**	0.612*	0.278	0.217	0.512*	0.127	0.778**

注: **相关性在 0.01 水平上显著(双尾检验); *相关性在 0.05 水平上显著(双尾检验)。下同。

表 5 对照区域土壤养分指标相关分析

土壤养分	有机碳	全氮	碱解氮	全磷	有效磷	全钾	有效钾	微生物量碳
全氮	0.937**							
碱解氮	0.823**	0.912**						
全磷	0.245	0.087	0.105					
有效磷	0.158	0.204	0.554**	0.726**				
全钾	0.774**	0.764**	0.189	0.305	0.523*			
有效钾	0.536*	0.185	0.541*	0.107	0.207	0.832**		
微生物量碳	0.837**	0.223	0.498*	0.227	0.056	0.559*	0.305	
微生物量氮	0.772**	0.856**	0.752**	0.078	0.117	0.478*	0.144	0.883**

3 讨论与结论

生物多样性变化与生境紧密相关,生物因子尤其是人为干扰对生物多样性的改变影响颇大^[3-5]。大量研究表明中度干扰(如旅游干扰、放牧干扰、水淹干扰等)会导致生物多样性会增加,对生物的发展是健康有利的^[7-9,19-20]。本研究中不同强度旅游干扰对生物多样性造成的影响程度不同(表 1),结果显示了旅游干扰并没有影响贺兰山典型草原植被优势度指数($p>0.05$),旅游的过度开发和游客大面积的踩踏显著降低了植被覆盖度、枯落物含量、丰富度指数、均匀度指数和多样性指数($p<0.05$),而中度旅游干扰下各项物种多样性指数值显著高于 HD 和 LD,表明了旅游干扰在一定程度上提高了生物群落的多样性。由于生境因子及物种的生存策略,旅游干扰并没有改变其优势物种,此外,旅游干扰可能会降低群落的稳定性,对此,未来应侧重于研究旅游干扰条件下生物多样性稳定及维持机制。

土壤养分不仅是土壤“营养库”,而且能显著影响有效养分的供应能力^[21-22]。本研究中不同强度旅游干扰对土壤性质所造成的影响程度不尽一致(表 2 和 3),旅游所引起的土壤压实等加剧了养分的流失,最终导致土壤结构的改变和肥力的下降,并且也可能对植物的生长发育和生态环境质量产生一定影响。Adkinson 认为枯落物的变化和土壤压实可能是对生态环境产生重要的效应^[23],本研究中旅游干扰减少了典型草原枯落物含量,从而加剧了水土流失,减少土壤的养分供给,并且降低了土壤中微生物活动和酶活性,进而对整个土壤—植物系统产生不利影响。大量研究表明旅游干扰会降低土壤养分,也有研究表明干扰会造成土壤养分含量增加,这与干扰效应、类型以及渗入土壤中物质有关^[6-9,13-14]。本研究中旅游干扰增加了典型草原土壤容重,降低了土壤电导率和含水量,对 pH 值无显著的影响($p<0.05$),这主要与土壤中垃圾等外源物质和性质有关。此外,旅游干扰对

土壤养分的影响较为明显(表 2),但 3 种营养元素(碳、氮、磷)的变化趋势不同,旅游干扰对土壤养分的影响具体表现为降低了土壤碳素和氮素的含量,增加了钾素含量,而磷素并没有明显变化趋势,综合来看,土壤微生物量(微生物量碳、氮)的变化幅度最大,对旅游干扰的扰动表现最为敏感。相关性分析表明旅游干扰区域和对照区域土壤碳素、氮素与钾素均呈显著或极显著的正相关,而与磷素并没有显著的相关性(表 4 和 5),主要是由于磷素作为一种沉积性元素,取决于土壤母质类型和成土条件,在土壤中较稳定、不易流失^[24],因此,旅游干扰没有影响土壤全磷含量及其分布特征,而碳素、氮素和钾素的变化趋势与上述研究结果相一致。此外,旅游干扰对土壤性质的影响与特定干扰效应与干扰类型有很大关系,不同干扰类型会造成土壤酸碱度的变化,而旅游干扰影响土壤性质的原因究竟与干扰类型有关还是其它因素起作用还需进一步探讨。

由表 4 和表 5 的结果可知,旅游干扰区域土壤养分指标相关性基本与对照区域相一致,表明旅游干扰对土壤有一定影响,而此影响并没有改变土壤养分因子之间的互作效应,并且土壤全量养分均与其对应的有效养分呈极显著正相关($p<0.01$),说明其有效养分主要依靠于土壤全量养分。

旅游干扰主要受干扰强度和影响空间范围两方面决定,从本次试验结果来看,旅游干扰对生物多样性以及土壤性质有较为明显的影响效应,但由于旅游干扰的影响范围主要在径外 80 m 的范围,与整个景区比较,影响地域范围有限,就目前旅游生态影响研究结果看,旅游干扰主要在较小的时空尺度上表现显著,但仍然缺乏长期监测,而这种短期效应是否能对整个植物—土壤系统乃至整个旅游地生态系统造成明显影响在短期内无法明确,未来我们应在较大时空尺度上长期定点研究旅游干扰对生态环境的影响及其影响机制。

[参 考 文 献]

- [1] Naeem S, Duffy J E, Zavaleta E. The functions of biological diversity in an age of extinction[J]. *Science*, 2012, 336(6087):1401-1406.
- [2] Aronson J, Bodiou J Y, Boeuf G. The Mediterranean Region: Biological Diversity Through Time and Space [M]. Oxford: Oxford University Press, 2010.
- [3] Vörösmarty C J, McIntyre P B, Gessner M O, et al. Global threats to human water security and river biodiversity[J]. *Nature*, 2010, 467(7315):555-561.
- [4] Hiedanpää J, Bromley D W. The harmonization game: reasons and rules in European biodiversity policy[J]. *Environmental Policy and Governance*, 2011, 21(2):99-111.
- [5] Asghar M, Arshad M, Fiaz M, et al. A survey of rice farmers' farming practices posing threats to insect biodiversity of rice crop in the Punjab, Pakistan[J]. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 2013, 5(10):647-654.
- [6] 吴甘霖, 黄敏毅, 段仁燕, 等. 不同强度旅游干扰对黄山松群落物种多样性的影响[J]. *生态学报*, 2006, 26(12):3924-3930.
- [7] 陆林, 巩劫, 晋秀龙. 旅游干扰对黄山风景区土壤的影响[J]. *地理研究*, 2011, 30(2):209-223.
- [8] 张淑花, 赵美微, 张雪萍. 旅游干扰对二龙山风景区土壤和植被的影响[J]. *土壤通报*, 2011, 42(3):523-527.
- [9] 牛莉芹, 程占红, 赵蒙. 五台山旅游干扰下不同植被景观区物种的生态特性[J]. *山地学报*, 2012, 30(3):282-289.
- [10] Gouilletquer P, Gros P, Boeuf G, et al. The Importance of Marine Biodiversity[M]// *Biodiversity in the Marine Environment*. Springer Netherlands, 2014: 1-13.
- [11] Silva I B, Fujii M T, Marinho-Soriano E. Influence of tourist activity on the diversity of seaweed from reefs in Maracajaú, Atlantic Ocean, Northeast Brazil[J]. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 2012, 22(4):889-893.
- [12] 刘鸿雁, 张金海. 旅游干扰对香山黄栌林的影响研究[J]. *植物生态学报*, 1997, 21(2):191-196.
- [13] 巩劫, 陆林, 晋秀龙, 等. 黄山风景区旅游干扰对植物群落及其土壤性质的影响[J]. *生态学报*, 2009, 29(5):2239-2251.
- [14] 李鹏, 濮励杰, 章锦河. 旅游活动对土壤环境影响的国内研究进展[J]. *地理科学进展*, 2012, 31(8):1097-1105.
- [15] 鲁庆彬, 游卫云, 赵昌杰, 等. 旅游干扰对青山湖风景区植物多样性的影响[J]. *应用生态学报*, 2011, 22(2):295-302.
- [16] 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法[J]. *生物多样性*, 1994, 2(4):231-239.
- [17] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 中国农业出版社, 2000.
- [18] 吴金水. 土壤微生物生物量测定方法及其应用[M]. 北京:气象出版社, 2006.
- [19] Baudains T P, Lloyd P. Habituation and habitat changes can moderate the impacts of human disturbance on shorebird breeding performance[J]. *Animal Conservation*, 2007, 10(3):400-407.
- [20] Winfree R, Griswold T, Kremen C. Effect of human disturbance on bee communities in a forested ecosystem[J]. *Conservation Biology*, 2007, 21(1):213-223.
- [21] Melvin A M, Goodale C L. Tree species and earthworm effects on soil nutrient distribution and turnover in a Northeastern United States common garden[J]. *Canadian Journal of Forest Research*, 2013, 43(2):180-187.
- [22] Quilliam R S, Marsden K A, Gertler C, et al. Nutrient dynamics, microbial growth and weed emergence in biochar amended soil are influenced by time since application and reapplication rate[J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2012, 158:192-199.
- [23] Adkison G P. Ecological impacts of trail use in three Indiana nature preserves[D]. Terre Haute: Indiana State University, 1991.
- [24] 鲁如坤. 土壤磷素化学研究进展[J]. *土壤学进展*, 1990, 18(6):1-5.