

旅游干扰对河南云台山风景区土壤质量的影响

曹丽娟

(洛阳师范学院 国土与旅游学院, 河南 洛阳 471934)

摘要:以河南云台山风景区为研究对象,测定山顶、山腰、山脚在不同旅游干扰强度下的土壤理化性质、土壤养分和重金属含量,探讨旅游干扰对云台山土壤质量的影响。结果表明:土壤含水量、孔隙度、黏粒和土壤养分含量大小均为背景区>缓冲区>核心区,土壤容重、pH值大小均为核心区>缓冲区>背景区,随着旅游干扰强度的增大,土壤含水量和养分含量降低,土壤容重增大,孔隙度和黏粒减小;山顶土壤有机质、全氮、碱解氮、有效磷含量各干扰强度之间差异显著($p<0.05$),山腰背景区的土壤养分含量与缓冲区差异不显著($p>0.05$),两者均显著高于核心区($p<0.05$),山脚背景区的土壤有机质、全氮、全磷、碱解氮、有效磷含量显著高于缓冲区和核心区,缓冲区与核心区差异不显著($p>0.05$);山顶土壤全铬、全钴、全锰、全锌含量及山腰土壤全铬、全钴、全铁、全锰、全铜含量大小均为核心区>缓冲区>背景区,其中核心区显著高于背景区与缓冲区($p<0.05$);山脚核心区土壤中各重金属含量与缓冲区差异不显著($p>0.05$),两者均显著高于背景区($p<0.05$);干扰强度与土壤含水量、孔隙度、黏粒、有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷、速效钾含量呈显著($p<0.05$)或极显著($p<0.01$)负相关,与土壤容重、pH值、全铬、全钴、全铁、全锰、全锌、全铜含量呈显著或极显著正相关。

关键词:旅游活动;土壤理化性质;云台山;重金属

中图分类号:S153.6

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)04-0067-05

Effects of Tourist Disturbance on Soil Quality in Yuntai Mountain Scenic Area, He'nan Province

CAO Lijuan

(College of Territorial Resources and Tourism, Luoyang Normal University, Luoyang, He'nan 471934, China)

Abstract: We took Yuntai Mountain scenic area of He'nan Province as the research site, and determined the soil physico-chemical properties, soil nutrients and heavy metal content under different intensities of tourist disturbance in order to investigate the effects of tourist disturbance on soil quality. The results showed that the soil moisture, porosity, clay and soil nutrients content decreased in the order: background area>buffer area>core area, and the soil bulk density and pH decreased in the sequence: core area>buffer area> background area. The soil moisture and nutrient contents declined, bulk density increased, porosity and clay declined with the increase of the intensity of the tourist disturbance. The soil organic matter (SOM), total nitrogen (TN), available nitrogen (AN) and available phosphorus (AP) contents of mountain top had the significant differences between different disturbance intensities ($p<0.05$). The soil moisture content of mountain side had no significant difference between background area and buffer area ($p>0.05$). Both were significantly higher than those in the core area ($p<0.05$). The SOM, TN, total phosphorus (TP), AN and AP contents in the background area of foot of the mountain were significantly higher than those in the core area and buffer area ($p<0.05$), but those had no significant difference between core area and buffer area ($p>0.05$). The contents of soil total chromium (Cr), cobalt (Co), manganese (Mn) and zinc (Zn) in mountain top and Cr, Co, Mn, iron (Fe) and copper (Cu) in mountain side decreased in the order: core area>buffer area> background area. Those heavy metal contents in the core area were significantly higher than those in background area and buffer area ($p<0.05$). The soil heavy metal contents in foot of the mountain had no significant difference between core area and buffer area ($p>0.05$) and both were significantly higher than those in the background area ($p<0.05$). The tourist disturbance has significantly ($p<0.05$) or much significantly ($p<0.01$) negative correlation with soil moisture, porosity, clay, SOM, TN, TP, total potassium

(TK), AN, AP, available K. The tourist disturbance has significantly ($p < 0.05$) or much significantly ($p < 0.01$) positive correlation with soil bulk density, pH, contents of Cr, Co, Fe, Mn, Zn and Cu.

Keywords: tourist activities; soil physico-chemical properties; Yuntai Mountain; heavy metal

随着旅游活动的迅速发展,其对旅游地自然环境产生一定的负面影响,加剧了环境保护与资源利用的矛盾,使旅游干扰成为环境与旅游研究的热点之一^[1-7]。土壤是风景区人类活动直接干扰的主要对象,因此风景区土壤质量问题成为目前旅游业与土壤学研究的重点。国外关于旅游活动对土壤影响的研究始于 20 世纪 60 年代,内容主要涉及不同践踏强度和类型、游径建设和使用、露营地等对土壤环境的影响^[8-10]。有研究表明^[11-13],旅游活动可使地面径流增加,引起水土流失,可导致景区土壤含水量下降、土壤硬度增大及有机质含量减少。国内关于旅游活动对景区土壤影响的研究始于 20 世纪 90 年代,研究内容主要集中在旅游活动对景区土壤的理化性质、肥力及重金属的影响^[14-19],并且研究结论不甚一致。旅游干扰对土壤的影响效应与干扰类型、强度、处理环境状况及土壤本身特性等多种因素有关。近年来,云台山风景区旅游产业规模不断扩大,经济效益日渐明显,但旅游开发对风景区的干扰也不断增大,对旅游资源、环境质量、生物多样性等构成了严重威胁^[20]。本文选取河南云台山景区为研究对象,在野外调查、采样和室内分析的基础上,研究不同旅游干扰强度对山顶、山腰、山脚的土壤理化性质、养分和重金属含量的影响,探讨旅游干扰对土壤的影响效应与机制,旨在为云台山风景区旅游资源的开发、保护与管理提供科学依据。

1 研究区概况

云台山风景区地处太行山南麓,位于河南省焦作市修武县境内,是一处以地质地貌景观和峡谷溪流为主的生态旅游风景区,被联合国教科文组织命名为“世界地质公园”。景区面积 190 km²,地理坐标为东经 113°11′—113°23′,北纬 35°25′—35°28′,最高海拔 1 359 m,最低海拔 90 m,从北至南呈明显的阶梯状变化,地形复杂,峰谷交错。云台山属暖温带大陆性季风气候,年平均气温 11.4℃,极端最低气温 -19.9℃,极端最高气温 43.5℃。年降水量为 711~794 mm。6—8 月份平均降水量 435 mm,占全年降水量的 58%,无霜期 200 d。云台山主要由石灰岩和砂岩地层构成了典型的北方喀斯特地貌景观,景区内存在多种构造形迹,存在大量不稳定斜坡。土壤有棕壤、褐土两大土类,质地为轻壤,多呈微酸性至中性,土层较厚。

2 研究方法

2.1 试验设计和采样

土壤样品采自云台山主峰茱萸峰,沿着旅游登山的道路将茱萸峰景区划分为山顶(海拔约 1 300 m)、山腰(海拔约 900 m)和山脚(海拔约 400 m)3 个地点。每个地点按照距离旅游道路的远近,划分为不同旅游干扰强度的核心区、缓冲区和背景区 3 个处理。其中:核心区距离游道边缘 1~5 m,旅游干扰最严重,地表光滑,杂草与灌木较少,设干扰强度等级为 3;缓冲区距离游道边缘 10~20 m,人类活动较少,地表覆盖枯枝落叶,有少量灌木及杂草,设干扰强度等级为 2;背景区距离游道边缘 50~100 m,人极少踏及,地表深覆枯枝败叶,有较大乔木,布满杂草及灌木等植物,设干扰强度等级为 1。每个试验处理取 0—20 cm 表层土壤,各处理采用混合土样采集方法分别取 5 个样品,每个样品按“四分法”进行缩分,最后保留 1 kg 左右的混合样品,用硬质铝盒带回实验室。

2.2 测量项目及方法

土壤含水量采用烘干法测定;土壤容重用环刀法实地测定;土壤 pH 值的测定采用电位计测定法;土壤黏粒(粒径 < 0.002 mm)的测定采用比重计法^[21];土壤有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷和速效钾分别采用重铬酸钾外加热法、半微量凯氏定氮法、氢氧化钠熔融—钼锑抗比色法、氢氟酸—高氯酸消煮法、碱解扩散法、碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法和醋酸铵—火焰光度法进行测定^[21]。土壤全铬、全钴、全铁、全锰、全锌、全铜含量用原子吸收分光光度法^[21]。

2.3 数据处理

用 Excel 软件进行数据整理;用 SPSS 18.0 软件进行方差分析,用 Duncan 法对各测定数据进行多重比较;利用 Pearson 相关系数评价干扰强度等级与土壤质量各指标间的相关性。

3 结果与分析

3.1 旅游干扰对土壤理化性质的影响

从表 1 可看出,山顶土壤含水量、孔隙度和黏粒大小均为背景区 > 缓冲区 > 核心区,其中土壤含水量、黏粒各干扰强度之间差异显著($p < 0.05$),背景区的土壤孔隙度与缓冲区差异不显著($p > 0.05$),与核心区差异显著($p < 0.05$)。山顶容重、pH 值大小均为核心区 >

缓冲区>背景区,其中核心区与背景区差异显著($p<0.05$),与缓冲区差异不显著($p>0.05$)。

山腰土壤含水量、孔隙度和黏粒大小均为背景区>缓冲区>核心区,其中背景区的土壤含水量、黏粒与缓冲区差异不显著,两者与核心区差异显著($p<0.05$)。背景区的土壤孔隙度与缓冲区差异不显著,显著高于核心区($p<0.05$)。山腰土壤容重、pH 值大小均为核心区>缓冲区>背景区,其中核心区的土壤容重、pH 值与缓冲区差异不显著,与背景区差异显著($p<0.05$)。

山脚土壤含水量、黏粒大小为背景区>缓冲区>核心区,背景区显著高于缓冲区和核心区($p<0.05$),缓冲区与核心区差异不显著($p>0.05$)。土壤容重、pH 值大小均为核心区>缓冲区>背景区,其中核心区与缓冲区差异不显著($p>0.05$),与背景区差异显著($p<0.05$)。土壤孔隙度大小为背景区>缓冲区>核心区,背景区与缓冲区差异不显著($p>0.05$),与核心区差异显著($p<0.05$)。

表 1 不同处理的土壤理化性状

地点	处理	含水量/ 量/%	容重/ ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	孔隙 度/%	黏粒/ %	pH 值
山顶	核心区	7.62c	1.16a	56.22b	11.06c	7.28a
	缓冲区	8.96b	1.11ab	58.11ab	13.85b	6.81ab
	背景区	10.21a	1.04b	60.75a	15.57a	6.63b
山腰	核心区	5.72b	1.30a	50.94b	11.61b	7.76a
	缓冲区	7.26a	1.23ab	53.58ab	13.28a	7.32ab
	背景区	7.56a	1.18b	55.47a	14.16a	7.10b
山脚	核心区	4.12b	1.35a	49.06b	13.20b	8.67a
	缓冲区	4.37b	1.28ab	51.70ab	14.12b	8.38ab
	背景区	5.22a	1.22b	53.96a	16.31a	7.98b

注:表中同列不同小写字母表示同一地点不同处理间差异显著($p<0.05$),下同。

3.2 旅游干扰对土壤养分的影响

土壤有机质是生态系统健康与否和土壤肥力的

重要指标之一,当可降解的垃圾进入土壤后,会使微生物活动减少,土壤有机质含量降低,土壤肥力下降^[18,22]。从表 2 可看出,山顶土壤有机质、全氮、碱解氮、有效磷含量大小均为背景区>缓冲区>核心区,各处理之间差异显著($p<0.05$)。山顶土壤全磷、全钾含量大小均为背景区>缓冲区>核心区,其中背景区与缓冲区差异不显著,两者均显著高于核心区($p<0.05$)。山顶土壤速效钾含量大小为背景区>缓冲区>核心区,其中背景区与缓冲区差异不显著,与核心区差异显著($p<0.05$)。

山腰土壤有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷、速效钾含量大小顺序均为背景区>缓冲区>核心区,其中背景区与缓冲区差异不显著($p>0.05$),两者均显著高于核心区($p<0.05$)。山脚土壤有机质、全氮、全磷、碱解氮、有效磷含量大小顺序均为背景区>缓冲区>核心区,其中核心区与缓冲区差异不显著($p>0.05$),两者均与背景区差异显著($p<0.05$)。山脚土壤全钾、速效钾含量大小为背景区>缓冲区>核心区,其中背景区与缓冲区差异不显著($p>0.05$),与核心区差异显著($p<0.05$)。

3.3 旅游干扰对土壤重金属含量的影响

从表 3 可看出,山顶土壤全铬、全钴、全锰、全锌含量大小顺序均为核心区>缓冲区>背景区,其中核心区显著高于背景区与缓冲区($p<0.05$),背景区与缓冲区差异不显著($p>0.05$)。山顶土壤全铁含量大小为核心区>缓冲区>背景区,各处理之间差异不显著($p>0.05$)。山顶土壤全铜含量大小为核心区>缓冲区>背景区,各处理之间差异显著($p<0.05$)。山腰土壤全铬、全钴、全铁、全锰、全铜含量大小顺序均为核心区>缓冲区>背景区,其中核心区显著高于背景区与缓冲区($p<0.05$),背景区与缓冲区差异不显著($p>0.05$);土壤全锌含量大小均为核心区>缓冲区>背景区,各处理之间差异显著($p<0.05$)。

表 2 不同处理的土壤养分含量

地点	处理	有机质/ ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	全氮/ ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	全磷/ ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	全钾/ ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	碱解氮/ ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	有效磷/ ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	速效钾/ ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
山顶	核心区	39.52c	1.63c	1.51b	8.17b	39.86c	14.89c	256.71b
	缓冲区	50.35b	2.05b	1.72a	8.95a	58.15b	17.53b	271.25ab
	背景区	55.58a	2.20a	1.86a	9.12a	64.26a	19.25a	282.18a
山腰	核心区	27.54b	1.37b	1.21b	7.13b	24.16b	10.42b	239.85b
	缓冲区	34.26a	1.62a	1.40a	8.76a	33.21a	12.95a	261.15a
	背景区	36.26a	1.73a	1.42a	8.91a	34.97a	13.10a	267.82a
山脚	核心区	11.65b	0.53b	0.51b	7.26b	8.86b	5.21b	228.52b
	缓冲区	12.16b	0.58b	0.54b	7.62ab	9.48b	6.42b	235.31ab
	背景区	19.02a	0.89a	0.72a	8.53a	15.05a	8.08a	250.13a

山脚土壤全铬、全铁、全锌、全铜含量大小顺序均为核心区>缓冲区>背景区,其中核心区与缓冲区差异不显著($p>0.05$),两者均显著高于背景区($p<0.05$)。山脚土壤全钴、全锰含量大小顺序均为缓冲区>核心区>背景区,核心区与缓冲区差异不显著($p>0.05$),两者均显著高于背景区($p<0.05$)。

表 3 不同处理的土壤重金属含量

地点	处理	全铬/ (mg·kg ⁻¹)	全钴/ (mg·kg ⁻¹)	全铁/ (g·kg ⁻¹)	全锰/ (mg·kg ⁻¹)	全锌/ (mg·kg ⁻¹)	全铜/ (mg·kg ⁻¹)
山顶	核心区	26.87a	23.85a	2.60a	511.54a	68.89a	20.75a
	缓冲区	15.12b	17.08b	2.51a	442.58b	56.87b	13.81b
	背景区	13.88b	15.91b	2.46a	436.61b	53.43b	12.37c
山腰	核心区	36.89a	24.96a	3.79a	588.52a	80.16a	26.42a
	缓冲区	27.57b	18.56b	3.21b	528.77b	67.21b	17.69b
	背景区	26.79b	17.15b	3.19b	516.77b	58.81c	16.69b
山脚	核心区	42.12a	27.49a	4.69a	585.58a	86.59a	32.42a
	缓冲区	41.16a	28.67a	4.46a	596.21a	82.58a	30.49a
	背景区	31.05b	19.62b	3.12b	495.24b	64.65b	20.52b

3.4 干扰强度与土壤质量参数的相关性

从表 4 可看出,干扰强度与山顶、山腰、山脚的土壤含水量、孔隙度、黏粒、有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷、速效钾含量呈极显著($p<0.01$)或显著($p<0.05$)负相关,与山顶、山腰、山脚的土壤容重、pH 值、全铬、全钴、全铁、全锰、全锌、全铜含量呈极显著

($p<0.01$)或显著($p<0.05$)正相关。同时可看出,干扰强度与山顶土壤含水量、容重、pH 值、有机质、全氮、碱解氮、有效磷、全铜的相关系数大于山腰和山脚;干扰强度与山腰全钾、速效钾、全铬、全钴、全铁、全锰、全锌的相关系数大于山顶和山脚;干扰强度与山脚土壤黏粒、孔隙度、全磷的相关系数大于山腰和山顶。

表 4 干扰强度与土壤质量参数的相关性

地点	含水量	容重	孔隙度	黏粒	pH	有机质	全氮	全磷	全钾
山顶	-0.970**	0.853**	-0.731*	-0.905**	0.778*	-0.958**	-0.938**	-0.907**	-0.796*
山腰	-0.904**	0.800**	-0.760*	-0.925**	0.762*	-0.924**	-0.932**	-0.836**	-0.863**
山脚	-0.917**	0.814**	-0.797*	-0.926**	0.721*	-0.888**	-0.919**	-0.908**	-0.891**
地点	碱解氮	有效磷	速效钾	全铬	全钴	全铁	全锰	全锌	全铜
山顶	-0.949**	-0.955**	-0.793*	0.902**	0.914**	0.951**	0.835**	0.920**	0.963**
山腰	-0.944**	-0.953**	-0.809**	0.946**	0.979**	0.955**	0.931**	0.967**	0.956**
山脚	-0.897**	-0.914**	-0.773*	0.940**	0.786*	0.933**	0.765*	0.913**	0.920**

4 结论与讨论

旅游干扰对核心区土壤理化性状和养分含量都产生了较大影响,取样时发现,同一地点距离游道越近,土壤中的植物根系越少,土壤坚实度明显增加。山顶、山腰、山脚的土壤含水量、孔隙度和黏粒大小均为背景区>缓冲区>核心区,随着旅游干扰强度的增大土壤含水量降低,孔隙度和黏粒减小。山顶土壤容重、pH 值大小均为核心区>缓冲区>背景区,随着旅游活动的加强,土壤容重和 pH 值增大。多数研究表明^[23-24],旅游干扰强度高的景区土壤 pH 较强度低的景区要高,这与本试验的研究结果一致。原因可能是由于游客的踩踏,使土壤坚实度增加,改变了土壤有机质含量和含水量,pH 值也随之发生改变;另一方面可能是由于景区内土壤中废弃垃圾的侵入,特别是饮料溅洒到土壤,使局部土壤酸碱度发生变化^[25]。

山顶、山腰、山脚的土壤有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷、速效钾含量大小均为背景区>缓冲区

>核心区,其中背景区均显著高于核心区($p<0.05$)。随着旅游干扰强度的增大,土壤养分含量减小。原因可能是旅游活动使地表植被破坏,土壤裸露面积增大,植物凋落物减少,同时植被破坏后造成水土流失,减少了土壤中的有机质、有机酸和无机酸等^[18]。山顶土壤有机质、全氮、碱解氮、有效磷含量大小顺序均为背景区>缓冲区>核心区,各处理之间差异显著($p<0.05$)。吕君等研究表明^[26],随旅游干扰程度的增加,土壤全氮、全磷与全钾含量均降低,这与本研究的结论相一致。但是,山腰背景区的土壤有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷、速效钾含量与缓冲区差异不显著($p>0.05$),两处理均显著高于核心区($p<0.05$)。这可能是由于旅游者在山腰停留的时间较短,山腰道路陡峭,使得缓冲区环境保护地较好,而距离道路很近的核心区受到的影响较大。韦大山和陆林等研究发现^[16-17],旅游活动对旅道土壤的影响主要是在距离旅道两侧 3~4 m 处,这与本研究的结果相似。山脚是旅游开发和游人聚集较多的场所,生态环境承载力较大,

其核心区的土壤有机质、全氮、全磷、碱解氮、有效磷含量与缓冲区差异不显著($p>0.05$),两景区均显著低于背景区($p<0.05$)。陆林等^[17]研究表明,旅游活动对土壤的影响具有高度集中性,大部分局限在游客集中休息点。本试验中山脚是大量游客休息聚集的场所,旅游活动对山脚距离游道边缘 20 m 以内的土壤养分含量都产生了较大影响。与山顶和山腰相比,旅游活动对山脚土壤和植被的破坏较大,造成山脚缓冲区和核心区的土壤养分含量显著下降。

山顶土壤全铬、全钴、全锰、全锌含量及山腰土壤全铬、全钴、全铁、全锰、全铜含量大小顺序均为核心区>缓冲区>背景区,其中核心区显著高于背景区与缓冲区($p<0.05$),背景区与缓冲区差异不显著($p>0.05$)。说明在山顶和山腰旅游干扰对缓冲区土壤重金属含量的影响较小,土壤中多数重金属含量与背景区无明显差异($p<0.05$),而对距离游道 5 m 以内的核心区影响较大。山脚核心区土壤中全铬、全钴、全铁、全锰、全锌、全铜含量与缓冲区差异不显著($p>0.05$),两者均显著高于背景区($p<0.05$)。林跃胜等^[4]研究表明,黄山主景区北海景区较其他景区受游客的旅游活动干扰较大,且土壤中锌含量最高,这与本研究的试验结果相似。说明旅游活动对游客量较大的山脚缓冲区和核心区影响较大,使土壤重金属含量增加。

随着云台山知名度的提高,旅游干扰对土壤环境的负面影响必将越来越大,应引起旅游和环境保护部门的高度重视。今后更要加强对景区环境的管理,探讨修复景区土壤质量的理论和方法,保证云台山景区健康、和谐地发展。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 李灵,张玉,江慧华,等. 旅游干扰对武夷山风景区土壤质量的影响[J]. 水土保持研究, 2009, 16(6): 56-62.
- [3] 陈戈. 旅游活动对水土流失的影响[J]. 水土保持研究, 2001, 8(2): 84-87.
- [4] 林跃胜,方凤满,魏晓飞,等. 黄山景区土壤重金属分布特征及其潜在生态风险评价[J]. 水土保持学报, 2012, 26(2): 256-260.
- [5] 牛莉芹,程占红. 五台山森林群落中物种多样性对旅游干扰的生态响应[J]. 水土保持研究, 2012, 19(4): 106-111.
- [6] 魏遐. 我国自然保护区生态旅游业问题诊断与对策研究[J]. 水土保持研究, 2003, 10(3): 130-133.
- [7] 徐晓伟,雷国平,王元辉,等. 镜泊湖风景名胜旅游用地开发适宜性分区研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(2): 142-147.
- [8] Andres-Abellan M, DELÁLAMO J B, Landete-Castillejos T, et al. Impacts of visitors on soil and vegetation of the recreational area 'Nacimiento del Rio Mundo' (Castilla-La Mancha, Spain)[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2005, 101(1/3): 55-67.
- [9] Talbot L M, Turton S M, Graham A W. Trampling resistance of tropical rainforest soils and vegetation in the wet tropics of north east Australia[J]. Journal of Environmental Management, 2003, 69(1): 63-69.
- [10] Hillery M, Nancarrow B, Griffin G, et al. Tourist perception of environmental impact[J]. Annals of Tourism Research, 2001, 28(4): 853-867.
- [11] Zabinski C A, DeLuca T H, Cole D N, et al. Restoration of highly impacted subalpine campsites in the Eagle Cap Wilderness, Oregon[J]. Restoration Ecology, 2002, 10(2): 275-281.
- [12] Cilimburg A, Monz C, Kehoe S. Wildland recreation and human waste: a review of problems, practices, and concerns[J]. Environmental Management, 2000, 25(6): 587-598.
- [13] Thurston E, Reader R J. Impacts of experimentally applied mountain biking and hiking on vegetation and soil of a deciduous forest[J]. Environmental Management, 2001, 27(3): 397-409.
- [14] 马建华,朱玉涛. 嵩山景区旅游活动对土壤组成和性质的影响[J]. 土壤学报, 2009, 46(1): 164-168.
- [15] 王全辉,董元杰,刘春生,等. 旅游活动对泰山景区土壤质量的影响[J]. 土壤学报, 2012, 49(2): 398-402.
- [16] 韦大山,方凤满,杨仲元. 黄山风景区步道土壤理化性质变化特征分析[J]. 水土保持研究, 2012, 19(2): 175-179.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 王全辉,董元杰,邱现奎,等. 泰山景区土壤重金属污染及其对土壤酶活性的影响[J]. 水土保持学报, 2011, 25(2): 181-184.
- [20] 李若凝,王晶,程柯. 云台山旅游景区生态安全评价与优化对策[J]. 北京林业大学学报: 社会科学版, 2010(1): 71-75.
- [21] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [22] 谭周进,肖启明,杨海君,等. 旅游对张家界国家森林公园土壤酶及微生物作用强度的影响[J]. 自然资源学报, 2006, 21(1): 133-138.
- [23] 马建华,朱玉涛. 嵩山景区旅游活动对土壤组成性质和重金属污染的影响[J]. 生态学报, 2008, 28(3): 955-965.
- [24] 管东生. 旅游和环境污染对广州城市公园森林植物和土壤的影响[J]. 中国环境科学, 2000, 20(3): 277-280.
- [25] 王忠君,蔡君,张启翔. 旅游活动对云蒙山国家森林公园土壤影响的初步研究[J]. 河北林业科技, 2003(5): 12-15.
- [26] 吕君,刘丽梅,陈田. 典型草原地区旅游发展对土壤环境的影响[J]. 资源科学, 2008, 30(6): 837-842.