漓江风景区土壤生态环境对旅游干扰的响应

杨东伟[1,2]，杨永德[2]，陆丹丹[2]，史慧珂[2]

(1.海南热带海洋学院 旅游学院，海南 三亚 572000；2.广西大学 商学院，广西 南宁 530004)

摘　要：[目的] 探索广西壮族自治区桂林市漓江风景区土壤生态环境因子对旅游干扰的响应规律，为合理开发与保护漓江风景区旅游资源提供科学依据。[方法] 采用野外调查和室内分析方法，对比不同干扰程度下漓江风景区土壤环境指标的差异，分析旅游干扰对漓江风景区土壤生态环境的影响。[结果] 在旅游活动干扰下，土壤硬度明显增加，5 个系列土壤坚实度平均值增加 15.55 倍，土壤颜色的明度和彩度增加，容重平均增幅为 33.43%；枯枝落叶层厚度和土壤自然含水率下降，土壤有机质、土壤全氮、碱解氮、有效磷以及有效钾含量平均降幅分别达到 61.31%，61.58%，32.21%，72.08%和 36.26%。[结论] 在旅游干扰下漓江风景区土壤生态环境发生阶段性变化，供试区土壤出现不同程度退化，土壤综合肥力下降，土壤结构变差，进而将对景区植被和景观带来影响，因而应从管理和技术等方面采取有效措施，以减弱旅游干扰对漓江风景区土壤生态环境的负面影响。

关键词：旅游干扰；漓江风景区；土壤生态环境；景观

文献标识码：A　　**文章编号**：1000-288X(2020)05-0021-06　　**中图分类号**：F592.99，S158

文献参数：杨东伟，杨永德，陆丹丹，等.漓江风景区土壤生态环境对旅游干扰的响应[J].水土保持通报，2020，40(5)：21-26. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2020.05.004；Yang Dongwei，Yang Yongde，Lu Dandan，et al. Response of soil ecological environment to tourist disturbance in Lijiang scenic area [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation，2020，40(5)：21-26.

Response of Soil Ecological Environment to Tourist Disturbance in Lijiang Scenic Area

Yang Dongwei[1,2]，Yang Yongde[2]，Lu Dandan[2]，Shi Huike[2]

(1. *Tourism College of Hainan Tropical Ocean University*，*Sanya*，*Hainan* 572000，*China*；2. *Business College of Guangxi University*，*Nanning*，*Guangxi* 530004，*China*)

Abstract：[Objective] The response of soil ecological environment to interference by tourism was explored in Lijiang scenic area of Guilin City in Guangxi Zhuang Autonomous Region to provide a scientific basis for the rational development and protection of tourism resources. [Methods] A field investigation and laboratory analysis were conducted to analyze the differences of soil environmental indicators in the Lijiang scenic area under different interference levels，and the impact of interference due to tourism on the soil ecological environment in the study area. [Results] The average soil firmness increased by a factor of 15.55. The brightness and chromaticity of the soil color also increased，as did the bulk density (by 33.43%). The thickness of the litter layer and soil moisture content both decreased. The contents of soil organic matter，total nitrogen，alkali-hydrolyzed nitrogen，available phosphorus，and available potassium decreased by 61.31%，61.58%，32.21%，72.08%，and 36.26%，respectively. [Conclusion] The soil ecological environment of the Lijiang scenic area shifted periodically under the disturbance caused by tourism. Selected soils were degraded to different degrees，the comprehensive fertility of the soil reduced，and the soil structure deteriorated，which can be expected to affect vegetation and the landscape. Therefore，effective management measures and

收稿日期：2020-02-10　　**修回日期**：2020-06-20

资助项目：国家自然科学基金项目“过氧化氢与一氧化氮互作对桉树耐铝性的调控作用及其机理”(31800530)；广西博士后专项(Y201002050)；2020 年度海南热带海洋学院科研启动资助项目

第一作者：杨东伟(1980—)，男(汉族)，河南省商丘市人，博士，讲师，硕士生导师，主要从事旅游环境与土壤生态环境方面研究。Email：dwyang6@126.com。

通讯作者：杨永德(1956—)，男(汉族)，广西壮族自治区桂林市人，博士，教授，博士生导师，主要从事旅游生态方面研究。Email：yyd5608@163.com。

relevant technology should be introduced to weaken the negative effects of tourism on the ecological environment of the Lijiang scenic area.

Keywords: tourist disturbance; Lijiang scenic area; soil ecological environment; land scape

优美健康的生态环境是旅游业赖以生存和发展的基础,生态环境的好坏是决定旅游业能否可持续发展的直接原因。由于旅游业具有资源消耗的产业特点,随着中国旅游业的快速发展,一些景区出现了土壤生态功能退化、土壤侵蚀等土壤生态问题,严重影响了景区可持续发展。土壤生态系统是景区生态系统的重要组成部分,土壤状况的优劣对生态系统的稳定和环境健康状况有重要影响,能够影响植被的生长和演替,进而影响整个景区景观和生态系统的变化[1-2];旅游开发利用等活动对景区生态环境的影响最容易反映在土壤与植被上[3],因而土壤生态环境的研究是旅游生态环境研究中至关重要的一环。

漓江流域拥有发育完美的湿润热带亚热带峰林地貌景观,是全球分布面积最大、景观美学价值最高、最具典型性的喀斯特地貌景观之一,是极其珍贵的世界自然遗产地。该地区岩石和矿物易被溶蚀和侵蚀,地形破碎、成土速率慢,生态环境脆弱,因而岩溶地区地貌和土壤更易受到人类活动的影响。近年来漓江风景区一些区域旅游开发的规模和强度都超过了景区生态环境的承载力,旅游活动核心区表层土壤损失严重,自然生态环境遭到严重破坏,阻碍了景区生态的可持续发展,致使一些区域面临丧失旅游价值的风险[4],因而系统研究旅游开发利用对漓江风景区土壤性状的影响效应具有重要意义。

目前关于景区土壤生态环境的研究已成为世界旅游研究的热点,国内外已有研究表明,旅游干扰对土壤水分、容重、孔隙度、土壤有机质、土壤养分、水土流失等方面产生了重要影响[5-14]。然而这些研究主要集中在景区土壤理化性质的一个或几个方面[11,15],研究相对笼统,不同环境指标之间关联性研究不足[1,16],特别是在旅游干扰对喀斯特景区土壤生态环境影响方面缺乏系统研究。本研究以广西壮族自治区桂林市漓江风景区(5 A 级)内土壤为研究对象,采用量化的土壤环境指标,系统评价旅游干扰特别是游客行为对漓江风景区土壤性状的影响,探索土壤生态环境对旅游干扰活动的响应规律,并从技术和管理等方面提出保护措施,旨在为实现漓江风景区旅游资源的合理开发与保护提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

漓江风景区位于广西壮族自治区东北部,规划面积 1 159.4 km^2[17]。该景区属于中亚热带季风气候区,年均气温约为 19.1 ℃,气候温和,雨量充沛,多年平均降雨 1 627 mm,年均日照 1 553 h,年均湿度 80%。研究区岩性复杂,有喀斯特山地、丘陵、台地,土壤类型主要以红壤为主,伴随着黄壤、紫色土和少量裸岩。漓江风景区 1982 年被评为国家级风景名胜区,2007 年被评为国家 5 A 级风景区,2014 年桂林喀斯特入选世界自然遗产名录。漓江风景区旅游旺季游客峰值明显,据统计,2018 年春节期间共接待游客 34.35 万人次,同比增长 12%。

1.2 土壤样品采集

在前期调研基础上,于 2018 年 7 月在漓江风景区的观光区、休憩区、服务区等功能区内采集受旅游开发、游览、旅游交通等旅游相关活动影响的表层土壤(0—12 cm)样品。沿垂直游道方向,在每个样地设置样带;在每条样带内,分别设计距离干扰区域 0.1～1.1 m(旅游活动干扰区),2～5 m(缓冲区)和 6～10 m(背景区)的 1 m×1 m 的样方。在每个样方内,按照面积为 20 cm×20 cm 的小样方,采集表层土壤(0—12 cm)。每个样点随机设置 5 个重复,进行调查取样,将 5 个重复样混合而成 1 个土壤样品,最终在风景区采集 5 个系列,15 个混合土壤样品。系列 1 位于七星岩景区核心游览区及周边,代表观光游览区;系列 2 位于七星岩景区休息凳周边,代表休憩区;系列 3 位于象山景区游步道附近,代表观光游览区;系列 4 位于漓江边停车场及周边,代表旅游服务区;系列 5 位于漓江边码头及周边,代表旅游服务区。依据土壤调查手册标准对土壤样品进行鉴定、描述和记载。

1.3 土壤测定和数据分析

自然含水率采用烘干法测定;颜色鉴定采用芒塞尔土壤标准比色卡法(新版标准土色帖,日本)进行比色;土壤 pH 值采用电位法测定(土液比 1∶2.5 水浸提);土壤坚实度指数采用坚实度计测定,查土壤坚实度换算表得到;土壤有机质采用重铬酸钾—硫酸外加热法测定;全氮采用凯氏定氮法测定;碱解氮采用碱解扩散法测定;全磷采用 NaOH 熔融—钼锑抗比色法测定;速效磷采用 0.05 mol/L HCl 和 0.012 5 mol/L H_2SO_4 提取—钼锑抗比色法测定;全钾采用 NaOH 熔融—火焰光度法测定;速效钾采用 NH_4 OAc 浸提—光焰光度计法测定。具体测定步骤参见文献[18-19]。

采用 Microsoft Excel 2007 进行数据统计与作

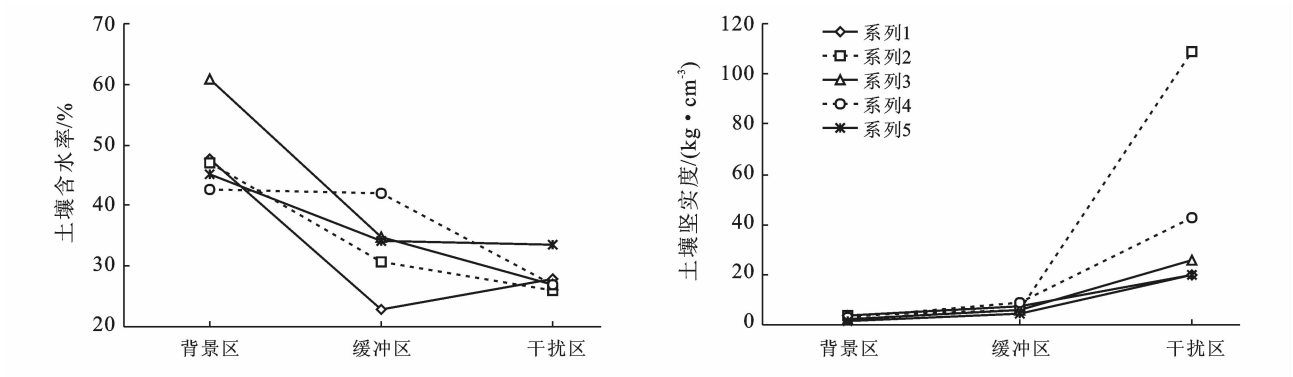
图,运用 SPSS 19.0 进行主成分分析,依据处理结果对比干扰区与背景区的土壤环境因子的差异。

2　结果与分析

2.1　旅游干扰对土壤物理性质影响

在漓江风景区的背景区域,植被保护较好,地表一般有 1～4 cm 厚度不等的枯枝落叶层,部分样地有 2 cm 左右的腐殖质层;而在旅游活动干扰较严重区域地表裸露,出现石漠化现象,基本看不到植被和枯枝落叶,根系较背景区明显减少。在旅游活动干扰区,植被和枯枝落叶减少,引起土壤有机质含量下降,致使土壤明度和彩度增加。样点系列 1 背景区表层土壤润态时颜色为黑色(7.5 YR2/1),在旅游活动的干扰下表层土壤颜色转变为黑褐色(7.5 YR3/1)和暗褐色(7.5 YR3/3)。

由于游客踩踏等因素的影响,旅游干扰区较背景区土壤容重明显增加,增幅在 12.2 %～51.1%之间(见表 1);土壤坚实度明显增大,其平均值在背景区为 2.63 kg/cm^3,在缓冲区增加到 6.49 kg/cm^3,在干扰区则高达 43.53 kg/cm^3,较背景区增加了 15.55 倍(见图 1)。对比分析表明,土壤系列 2(休憩区)土壤坚实度的变化最明显,这与休憩过程中游客反复踩踏等因素有关(见图 1)。由于枯枝落叶层和腐殖质减少,土壤容重增多,土壤蓄水能力减弱,土壤自然含水率明显降低(图 1)。在背景区土壤结构多为团块状和块状结构,直径主要集中在 10—40 mm 之间;在干扰区多呈现大楞块结构,直径多分布在 60—160 mm 之间(见表 1)。



注:图中系列 1—5 指不同采样点,详见表 1。下同。

图 1　漓江风景区旅游干扰下土壤含水率和坚实度的变化

表 1　漓江风景区土壤理化性质

样点系列	经度	纬度	样品号	采样区	枯枝落叶厚度/cm	土壤结构	土壤颜色(润)	容重/(g·cm^{-3})
	110°18′20″	25°16′20″	S_1	干扰区	0	棱块状(40～80 mm 为主)	暗褐色(7.5 YR3/3)	133.6
系列 1	110°18′16″	25°16′20″	S_2	缓冲区	1	块状(20～50 mm 为主)	黑褐色(7.5 YR3/1)	109.4
	110°18′17″	25°16′19″	S_3	背景区	4	团块状(10～30 mm 为主)	黑色(7.5 YR2/1)	103.4
	110°18′44″	25°16′10″	S_4	干扰区	0	大棱块状(80～150 mm 为主)	褐色(7.5 YR4/3)	135.31
系列 2	110°18′37″	25°16′18″	S_5	缓冲区	1	大块状(>50 mm 为主)	暗褐色(7.5 YR3/3)	112.15
	110°18′42″	25°16′10″	S_6	背景区	3	块状(30～60 mm 为主)	黑褐色(7.5 YR2/2)	87.94
	110°17′29″	25°16′56″	S_7	干扰区	0	大棱块状(80～160 mm 为主)	赤褐色(2.5 YR4/8)	151.6
系列 3	110°17′13″	25°16′9″	S_8	缓冲区	1	大块状(40～80 mm 为主)	暗赤褐色(2.5 YR3/4)	123.5
	110°17′30″	25°16′54″	S_9	背景区	4	团块状(10～30 mm 为主)	极暗赤褐色(2.5 YR2/2)	100.3
	110°25′14″	25°6′7″	S_{10}	干扰区	0	棱块状(40～90 mm 为主)	赤褐色(5 YR4/4)	136.2
系列 4	110°25′13″	25°6′8″	S_{11}	缓冲区	1	块状(20～50 mm 为主)	暗赤褐色(5 YR3/3)	117.9
	110°25′9″	25°6′19″	S_{12}	背景区	3	团块状(12～30 mm 为主)	黑褐色(5 YR2/1)	109.2
	110°25′51″	25°5′12″	S_{13}	干扰区	0	大棱块状(70～150 mm 为主)	暗赤褐色(5 YR3/4)	115.3
系列 5	110°25′36″	25°5′0″	S_{14}	缓冲区	2	大块状(50～90 mm 为主)	暗赤褐色(5 YR3/3)	105.7
	110°25′43″	25°5′6″	S_{15}	背景区	4	团块状(15～40 mm 为主)	黑褐色(5 YR2/2)	102.8

2.2　旅游干扰对土壤化学性质的影响

在旅游活动干扰下,地表植被和枯枝落叶层明显减少,土壤无法得到地表动植物残体等有机物的补给,致使土壤有机质明显下降,干扰区与背景区相比

土壤有机质含量降幅在 41.0%～76.3%之间(见图 2)。在旅游活动干扰下,土壤 pH 值呈现两种变化趋势:背景区偏中性的土壤 pH 值略微升高;而背景区偏碱性的土壤 pH 值略微下降。

背景区土壤全氮平均含量为 1.77 g/kg,在旅游干扰区下降到 0.68 g/kg,平均下降 61.58 个百分点。背景区土壤碱解氮、有效磷和有效钾平均含量分别为 69.98,64.54,175.82 mg/kg,在旅游干扰区分别下降到 47.44,18.02,112.07 mg/kg,降幅分别为为 32.21%,72.08%和 36.26%。在旅游活动干扰下,土壤全磷含量略微降低,全钾含量变化规律不明显(见图 3—5)。

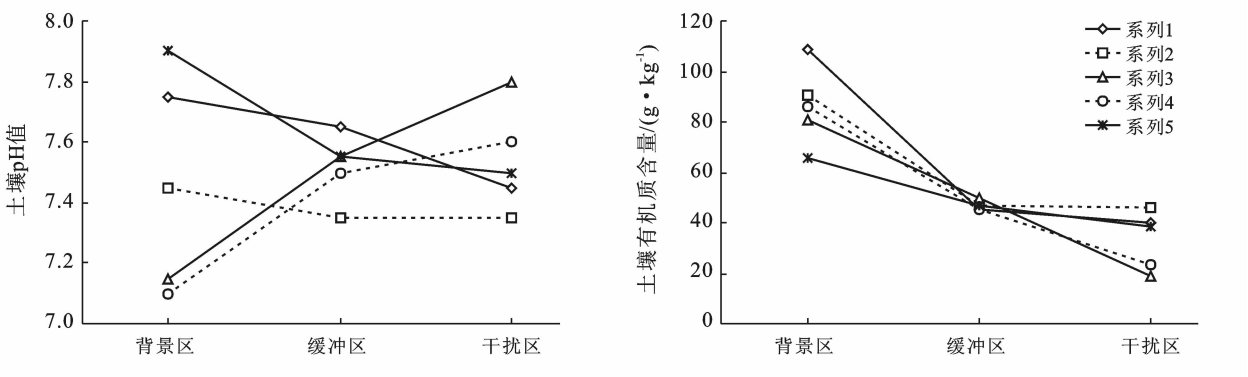


图 2 漓江风景区旅游干扰下土壤 pH 值和有机质的变化

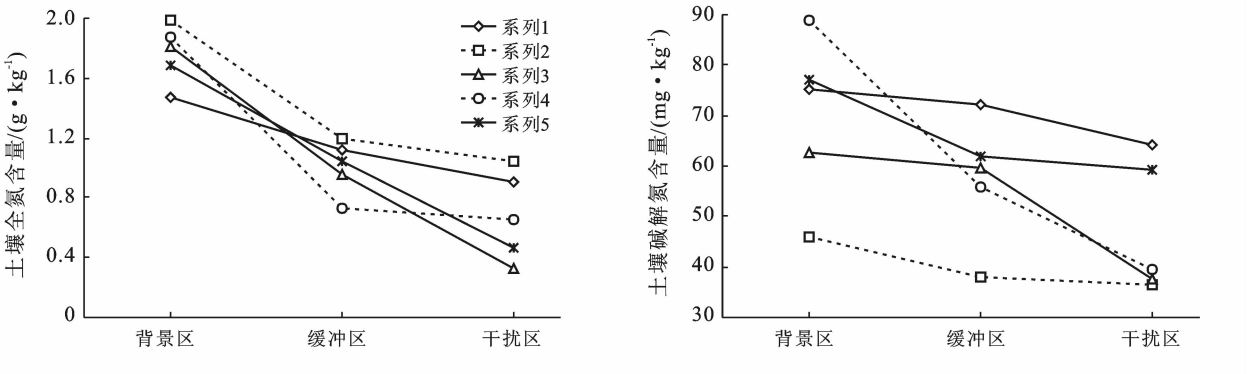


图 3 漓江风景区旅游干扰下土壤全氮和碱解氮的变化

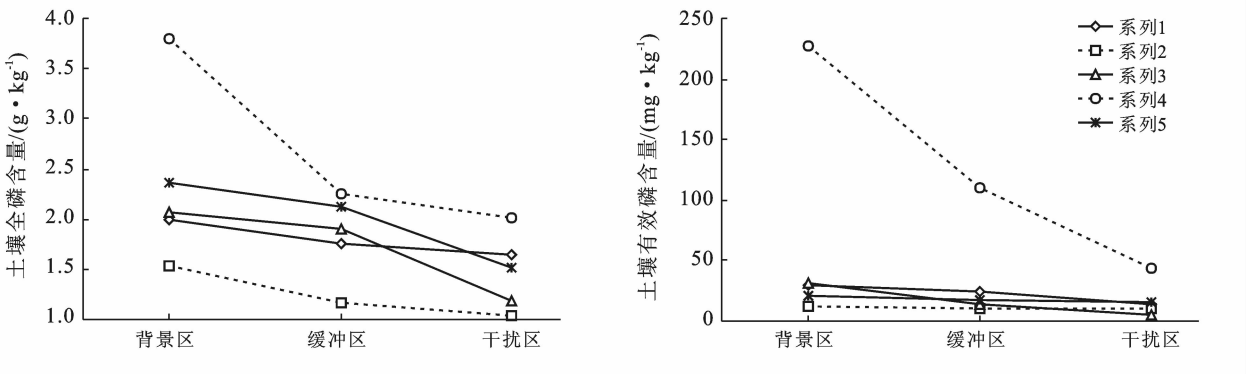


图 4 漓江风景区旅游干扰下土壤全磷和有效磷的变化

2.3 土壤环境指标主成分分析结果

主成分 PC_1,PC_2 和 PC_3 分别解释了旅游干扰下 50.3%,17.5%和 13.8%的土壤环境因子的变异,它们的累积贡献率为 81.6%。第一主成分与枯枝落叶层厚度、自然含水率、坚实度、容重、有机质、全氮、碱解氮、全磷、有效磷、有效钾等因子呈显著($p<0.05$)或极显著($p<0.01$)相关(见表 2);第二主成分与全磷、有效磷、有效钾呈显著($p<0.05$)或极显著($p<0.01$)正相关,第三主成分与 pH 值和全钾呈显著($p<0.05$)或极显著($p<0.01$)相关。由图 6 可知,分布在 A 区域的 5 个土壤样本均为背景区土壤样本,分布在 B 区域的 5 个土壤样本均为旅游干扰缓冲区土壤样本,分布在 C 区域的 5 个土壤样本均为旅游干扰区土壤。

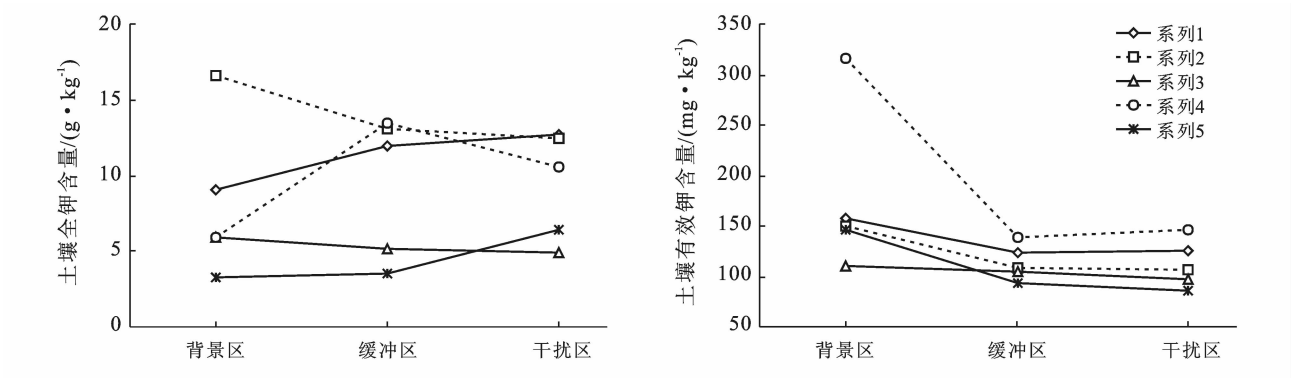
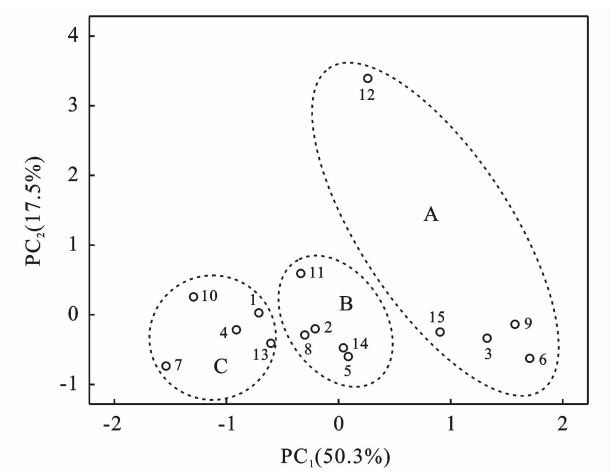


图 5　漓江风景区旅游干扰下土壤全钾和有效钾的变化



注:图中数字 1—15 表示不同的样品号,详见表 1。A,B,C 表示 3 个区域。

图 6　漓江风景区土壤理化性质的 PCA 得分值分布

表 2　漓江风景区土壤理化性质与主成分的相关系数矩阵

指 标	主成分 1	主成分 2	主成分 3
枯枝落叶层厚度	0.89**	−0.38	−0.08
自然含水率	0.79**	−0.35	0.06
坚实度	−0.59*	0.23	0.44
容 重	−0.77**	0.48	−0.12
pH 值	−0.37	−0.33	−0.63*
有机质	0.86**	−0.30	0.22
全 氮	0.85**	−0.25	0.32
碱解氮	0.76**	0.18	−0.41
全 磷	0.78**	0.54*	−0.24
有效磷	0.60*	0.76**	0.09
全 钾	−0.20	−0.09	0.79**
有效钾	0.70**	0.62*	0.15
指标综合	枯枝落叶层厚度、自然含水率、坚实度、容重、有机质、全氮、碱解氮、全磷、有效磷、有效钾	全磷、有效磷、有效钾	pH 值、全钾

注:* $p<0.05$,** $p<0.01$,下同。

3　讨 论

3.1　土壤理化指标的演变

在旅游活动等因素干扰下,干扰区土壤变得紧实,土壤团块状结构逐渐转变为块状或大楞块状结构,土壤水气平衡遭到破坏,土壤坚实度增加,植物扎根困难,导致土壤蓄水和渗透能力减弱,地表径流增加,从而增加了水土流失风险。随着干扰不断增强,土壤生态系统的稳定性变弱,抵御干扰的能力减弱。

地表残落物和地下根系是土壤有机质的重要来源,旅游干扰能够对腐殖质层与枯枝落叶层造成很大影响,使植物根系减少,土壤进一步裸露,致使旅游干扰区土壤有机质含量下降,土壤中储存的有机碳含量随之下降。土壤中氮素主要以有机态形式存在,因而土壤氮素含量也随着有机质含量降低而下降。枯枝落叶为土壤提供了氮磷钾等养分,在旅游干扰区枯枝落叶层消失,导致磷素,特别是有效态的磷素和钾素含量下降,致使土壤综合肥力下降,影响植被的生长与演替,进而影响风景区景观的变化。

3.2　土壤环境因子的主成分分析

在旅游干扰影响下,土壤样品在排序图的不同区域聚集(见图 6),表明旅游活动对土壤环境因子产生不同程度的影响。由图 6 可知,分布在 A 区域的 5 个土壤样本均为背景区土壤样本,而 A 区域土壤样品较分散,说明背景区各样品土壤性质差异性较大。A 区域土壤样本的自然含水率、有机质、全氮、碱解氮、有效磷、有效钾等指标明显高于其他区域土壤,而土壤坚实度和容重则明显低于其他区域土壤。分布在 C 区域的 5 个土壤样本均为旅游干扰区土壤,该区域自然含水率、有机质、全氮、碱解氮等指标明显低于其他土壤。分布在 B 区域的 5 个土壤样本均为旅游干扰缓冲区土壤样本,其土壤理指标的数值大小总体上介于 A 区域和 C 区域土壤样本理化指标的数值之间。区域 B 和 C 内样品相对较集中,说明这两个区域内土壤性质相似度较高,也表明旅游干扰下不同背景区土壤指标逐渐向相同的土壤退化方向演变。区域 B 和 C 之间的距离明显小于区域 B 或 C 与 A 的距离,表明背景区土壤与缓冲区或干扰区土壤性质的差

异性要大于缓冲区土壤与干扰区土壤性质的差异性，土壤环境因子发生阶段性变化。主成分1,2与土壤环境指标的相关性及趋势，与旅游干扰下土壤环境因子的变化趋势基本一致，因而可以推断出主成分1,2主要与旅游干扰程度有关；而主成分3主要与土壤类型、母质等旅游干扰以外的因素有关。

3.3 消减旅游干扰对土壤负面影响的策略分析

3.3.1 采用生态学方法，科学评价景区环境承载力 当旅游旺季来临之际，景区涌现大量游客，会对景区自然环境带来不可逆转的影响[20]。张广海等[21]在分析旅游环境承载的生态含义时指出，旅游环境承载力反映的是人口与自然环境之间的关系，其核心是维持自然资源的完整性和整体性以及提供高质量的游憩环境。目前景区一般采用面积法和游线法等方法测算环境承载力，而非从环境本身出发评价承载力，定量化研究不足。已有文献研究表明，景区土壤环境、水资源环境、生物环境以及污染物的环境等4部分对一个旅游景点承载力影响较明显[22]。在分析漓江风景区环境承载力时，建议采用生态环境承载力测算方法[22]，依据土壤理化等指标的变化，对环境承载力做出更加科学的判断，为科学管理客流提供依据。

3.3.2 合理规划景区，完善保护设施 在旅游规划中，在旅游景点布局时应充分考虑观光游览区和休憩区等区域环境容量，以及游客集聚和扩散特征，通过分析游客流的空间形式，设计环线，修建网络型游览步道，避免拥堵，达到疏散游客，避免游客对局部区域土壤过度踩踏，造成地表石漠化等不良影响。同时，应在游步道上铺设竹木、石板等材料，以减少旅游活动对周围土壤生态的破坏。

3.3.3 加强环保宣传，科学生态管理 加强对旅游者和当地居民的宣传和教育，提高其保护土壤生态环境的自觉性，减少对景区土壤的干扰与破坏。建立完善环境保护法律体系，倡导文明旅游，提倡生态旅游、绿色旅游，减少旅游干扰对土壤生态环境的破坏。在旅游旺季，应加强旅游者的引导和时空分流，严格控制高峰期游客数量，以避免游客过度干扰，超出景区土壤生态系统的自净化能力，对土壤生态环境造成不可逆转的损害。

3.3.4 完善环境治理体系，维护土壤生态环境 对景区内旅游活动强烈干扰区的土壤，应运用改良技术对土壤进行改良与保护，维护土壤生态平衡。目前对土壤进行改良的措施主要有水利土壤改良、工程土壤改良、生物土壤改良、耕作土壤改良及化学土壤改良等方法[23]。

4 结 论

研究表明，在旅游活动等因素干扰下，漓江风景区土壤含水率、有机质、全氮、碱解氮、有效磷和有效钾等土壤环境指标随着干扰程度的增强而逐渐降低，土壤结构变差，土壤颜色明度和彩度增加，综合肥力下降，从而对景区土壤生态环境带来不利影响。主成分分析表明，在旅游干扰下，漓江风景区土壤环境发生阶段性变化，不同背景区土壤朝着相同方向退化。因而漓江风景区应从管理和技术等多方面采取措施，以促进景区内土壤生态保护与可持续发展。

[参 考 文 献]

[1] 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.

[2] 杨丽. 旅游活动下罗浮山格木种群和土壤性质的变化[J]. 西南农业学报，2016，29(7)：1672-1677.

[3] 李艳，严艳. 旅游活动对庐山风景区土壤的影响[J]. 江西农业学报，2013，25(9)：62-65.

[4] 唐政，李继光，李慧，等. 喀斯特土壤微生物和活性有机碳对生态恢复的快速响应[J]. 生态环境学报，2014，23(7)：1130-1135.

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

[6] Bellot J，Bonet A，Peña J，et al. Human impacts on land cover and water balances in a coastal Mediterranean County [J]. Environmental Management，2007，39(3)：412-422.

[7] Shi Qiang. The impact of tourism on soils in Zhangjiajie World Geopark [J]. Journal of Forestry Research，2006，17(2)：167-170.

[8] Wu Zhongdong. The study on impact of soil physico-chemical properties and vegetation by tourism-the case of Lushan forest park in Shandong Province，Zibo City [C]// Proceedings of 2010 International Symposium on Tourism Resources and Management，2010：250-255.

[9] Yuksek T. Effect of visitor activities on surface soil environmental conditions and aboveground herbaceous biomass in Ayder Natural Park [J]. Clean-soil Air Water，2009，37(2)：170-175.

[10] 廖梅英. 旅游对武当山不同景区土壤性质影响的研究[J]. 安徽农业科学，2011，39(5)：2731-2733.

[11] 陆林，巩劼，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.

[12] 肖艳，林华，陈其兵，等. 游憩活动对王朗自然保护区土壤环境的影响[J]. 成都大学学报(自然科学版)，2016，35(3)：289-295.

(下转第32页)

[6] 庞利,屈兴乐,殷文杰,等.拉萨河下游灌草交错区土壤养分空间分异特征[J].河南农业科学,2015,44(4):77-82.
[7] 吴汉卿,张玉龙,张玉玲,等.土壤有机氮组分研究进展[J].土壤通报,2018,49(5):1240-1246.
[8] 伍从成.连续施用生物有机肥对黄冠梨生长及土壤性状的影响[D].南京:南京农业大学,2016.
[9] 吕瑞珍,黄明,熊瑛,等. 豆麦轮作下耕作方式对土壤理化性状及酶活性的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(1):100-103.
[10] 高超,张月学,陈积山,等.盐碱化草地不同植物群落土壤氮素特征研究[J].黑龙江农业科学,2012(11):139-142.
[11] 朱代文,夏龙飞,蔡苗. 潼关县秦东镇河滩地新增耕地土壤养分和重金属状况分析[J]. 灌溉排水学报,2017,36(S2):129-135.
[12] 张百平,张雪芹,郑度.西北干旱区不宜作为我国耕地后备资源基地[J].干旱区研究,2010,27(1):1-5.
[13] 李娟,韩霁昌,张扬,等.不同覆土厚度对裸岩石砾地土壤理化性状和冬小麦产量的影响[J].安徽农业科学,2013,41(12):5312-5314,5341.
[14] 李娟,张扬,韩霁昌,等.不同覆土厚度对裸岩石砾地土壤化学性状和春玉米产量的影响[J].安徽农业科学,2013,41(5):2037-2039,2060.
[15] 刘会平,严家平,樊雯.不同覆土厚度的煤矸石充填复垦区土壤生产力评价[J].能源环境保护,2010,24(1):52-56.
[16] 王泽宇. 内蒙古霍林河南露天煤矿复垦区土壤理化性质的研究[D]. 内蒙古 呼和浩特:内蒙古农业大学,2015.
[17] 雷建容,莫太相,李孝东,等.川中丘陵区土壤有机质与全氮关系研究[J]. 西南农业学报,2013,26(2):663-666.
[18] 袁子茹,任灵,陈建纲,等.祁连山不同草地类型土壤有机质与全氮分布的关系[J].草原与草坪,2016,36(3):12-16.
[19] 李菊梅,王朝辉,李生秀.有机质、全氮和可矿化氮在反映土壤供氮能力方面的意义[J].土壤学报,2003,40(2):232-238.
[20] 李燕丽,潘贤章,王昌昆,等.广西中南部耕地土壤有机质和全氮变化的遥感监测[J].生态学报,2014,34(18):5283-5291.
[21] 石岩,位东斌,于振文,等.土层厚度对旱地小麦氮素分配利用及产量的影响[J].土壤学报,2001,38(1):128-130.
[22] 朱波,况福虹,高美荣,等.土层厚度对紫色土坡地生产力的影响[J].山地学报,2009,27(6):735-739.
[23] 张扬,李占斌,董起广.裸岩石砾地客土土体结构对水肥渗漏的影响[J].水土保持学报,2018,32(1):162-166,173.

(上接第26页)

[13] Ciarkowska K. Assessment of heavy metal pollution risks and enzyme activity of meadow soils in urban area under tourism load: A case study from Zakopane (Poland)[J]. Environmental Science and Pollution Research,2018,25(14):13709-13718.
[14] 邓雪倩,夏奇.践踏胁迫对低山丘陵地带森林公园土壤环境的影响[J].长春工业大学学报(自然科学版),2019,31(3):228-233.
[15] 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.
[16] 晋秀龙,陆林.旅游生态学研究方法评述[J].生态学报,2008,28(5):2343-2356.
[17] 中国城市规划设计研究院.桂林漓江风景名胜区总体规划[Z].2011.
[18] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科学技术出版社,2000.
[19] 张甘霖,龚子同.土壤调查实验室分析方法[M].北京:科学出版社,2012.
[20] 文红.在森林文化的导引下管理森林旅游生态环境[J].江西农业大学学报(社会科学版),2005(2):147-150.
[21] 张广海,刘佳.旅游环境承载力研究进展[J].生态经济,2008(5):81-83,90.
[22] 刘飞,李柯青,项清,等. 基于大数据分析的旅游景点承载力模型设计[J]. 现代电子技术,2018,41(12):52-55.
[23] 唐昱,邢家仲,赵文清,等.土壤改良技术的措施探析[J].现代园艺,2015(15):66-67.