旅游活动对泰山景区土壤质量的影响*

王全辉　董元杰†　刘春生　邱现奎　胡国庆　王艳华　张秀玮
（山东农业大学资源与环境学院，山东泰安　271018）

IMPACTS OF TOURISM ACTIVITIES ON SOIL QUALITY OF MOUNTAIN TAI SCENIC AREA

Wang Quanhui　Dong Yuanjie†　Liu Chunsheng　Qiu Xiankui　Hu Guoqing　Wang Yanhua　Zhang Xiuwei
(*College of Resources and Environment*, *Shandong Agricultural University*, *Tai' an*, *Shandong*　271018, *China*)

关键词　旅游活动；泰山景区；土壤理化性质；重金属；土壤酶活性
中图分类号　X53　　**文献标识码**　A

随着旅游活动在全球范围内的迅速发展，其对自然环境的影响也成为旅游环境研究的热点。国外关于旅游对土壤性质影响的研究始于 20 世纪 60 年代，研究内容主要涉及到践踏、露营等不同类型与不同强度旅游干扰对土壤理化性质的影响等[1]。Douglas[2]指出，旅游活动可使地面径流增加，引起水土流失。Cilimburg[3]发现，旅游可导致景区局部土壤有机质含量减少，病原体增多，微生物活性降低。Eden 等[4]发现，旅游使景区土壤含水量下降，硬度增大，有机质含量减少，植物种类及覆盖度明显降低。在国内，旅游对景区土壤环境的影响研究始于 20 世纪 90 年代。很多学者以我国不同景区为例，研究了旅游活动对景区土壤和植被的影响[5-9]。前人的研究主要集中在旅游活动对景区土壤物理性质和肥力的影响方面，而对环境更为敏感的土壤酶活性和土壤重金属污染的影响研究较少，研究结论也不甚一致。一些研究发现景区土壤 pH 较周围非景区高[5-8]，而冯学钢等发现景区土壤 pH 却较周围非景区低[9]。本文选取泰山景区为研究对象，在野外调查、采样和室内分析的基础上，研究了旅游活动对土壤理化性质、酶活性和重金属含量的影响，得出了土壤质量的综合评价，旨在为泰山旅游资源的开发、保护与管理提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　研究区概况

泰山风景区位于山东省中部，面积为 426 km^2，主峰海拔 1 533 m，素有“五岳之首”的美誉。气候属温带大陆性季风气候，垂直变化明显。海拔 1 100 m 以下属于暖温带，以上属于中温带。近 50 年来，年平均气温 5.6 ℃，年降水量 1 089 mm。泰山土壤有明显的垂直分异现象，主要景区土壤以粗骨棕壤、普通棕壤为主。据统计，2009 年泰山风景名胜区共接待中外游客 225 万人次，据估计 2010 年将突破 300 万人次，随着旅游人次的增多旅游活动对景区土壤环境的影响越来越大。

1.2　土壤样品采集

2010 年 3 月，沿红门旅游登山路线，根据旅游活动状况的不同布设景点土样采集点。景点采样点选择在红门、斗母宫、中天门、南天门、碧霞祠和玉皇顶，其样品分别用 A1 ~ A6 表示（图 1）。采用

* 国家自然科学基金项目（40701094）、山东省优秀中青年科学家奖励基金项目（BS2009NY025）国家“948”项目（2011-G30）、山东省自然科学基金项目（ZR2009 DM043）资助
† 通讯作者，E-mail：yjdong@ sdau. edu. cn
作者简介：王全辉（1985—），男，硕士研究生，主要从事环境土壤学方面的研究。E-mail：wangquanhui2009@ 163. com
收稿日期：2010 - 12 - 22；收到修改稿日期：2011 - 04 - 20

混合土样采集方法[10]随机采集多点土壤表层(0 ~ 15 cm)样品。在每个景点上,采集 30 个左右的土壤样品,将其充分混合,按“四分法”进行缩分,最后保留 1 kg 左右的混合样品,作为 1 个景点样。在每个景点附近旅游活动影响微弱的地方布设相应对照土样采集点,各个对照样均离开景点 200 m 以外,用 B1 ~ B6 表示,分别为 A1 ~ A6 的对照样,采集方法同景点土样采集方法。

1.3　样品分析

土壤容重用环刀法实地测定;土壤机械组成用吸管法;土壤比重用比重瓶法;pH 用电位计法;磁化率用磁化率仪法;土壤全氮用开氏消煮法;碱解氮用碱解扩散吸收法;有机质用重铬酸钾外加热法;土壤全磷用硫酸-高氯酸溶-钼锑抗比色法;有效磷用$NaHCO_3$浸提-钼锑抗比色法;土壤全钾用氢氟酸-高氯酸消煮法;速效钾用 NH_4OAc 浸提-火焰光度法;土壤 Fe、Mn、Cu、Zn、Cr 含量用原子吸收分光光度法;Pb 和 Cd 含量用石墨炉原子吸收法[10]。脲酶的测定采用奈氏比色法;过氧化氢酶活性的测定采用高锰酸钾滴定法;磷酸酶的测定采用磷酸苯二钠比色法[11]。

1.4　数据处理

试验数据采用 EXCEL2003、DPS2005 和 SPSS13.0 软件处理。显著性分析采用 t 检验;土壤质量采用模糊综合评价法[12]。其中,pH、土壤比重采用抛物线形隶属函数;重金属采用降半梯形隶属函数,评价模型中各指标转折点的取值见土壤环境质量标准[13];脲酶、过氧化氢酶、磷酸酶活性的转折点采用所有土样中同种酶的最大、最小值;其他指标采用 S 形隶属度函数。土壤全氮、全磷、碱解氮、有效磷、速效钾和有机质的转折点的取值见土壤肥力标准[10]。经模糊综合评价后,各项指标的数值划分为 0 ~ 1 区间的评价指数,以 0.2 为级差,将各项指标值划分为 5 个等级:0.8 ~ 1 为 Ⅰ 级(优);0.6 ~ 0.8 为 Ⅱ 级(良);0.4 ~ 0.6 为 Ⅲ 级(中);0.2 ~ 0.4 为 Ⅳ 级(差);0 ~ 0.2 为 Ⅴ 级(较差)。

2　结果与讨论

2.1　旅游活动对土壤物理性质的影响

由表 1 可知,景点样和对照样的物理性状差异明显。景点样的平均水分含量较对照样减少 41.1%,其原因在于游客长期踩踏,造成植被覆盖度低,土壤蒸发增强,水分下渗减少等。景点样的平均比重、容重、磁化率均明显高于对照样,分别较对照样高出了 43.9%、12.4% 和 27.7%。

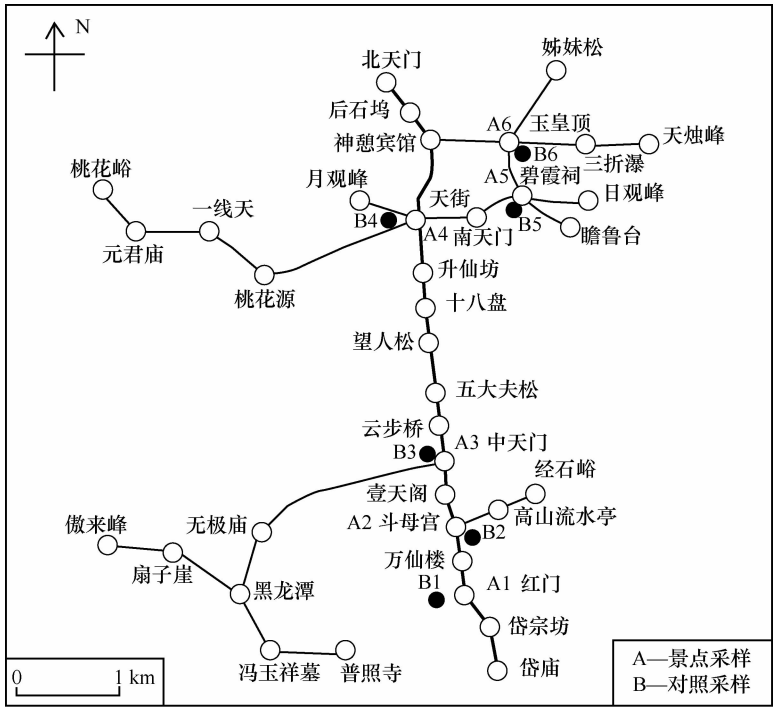

图 1　泰山景区位置及采样点分布图

表 1 泰山景区景点样与对照样土壤性质的比较

土壤性质		景点样测定值[1)]	对照样测定值[1)]	p [2)]
物理性质	水分含量(%)	1.65 ±0.37	2.81 ±0.76	0.022
	比重(g cm^{-3})	2.63 ±0.07	2.54 ±0.10	0.037
	容重(g cm^{-3})	1.10 ±0.06	0.96 ±0.08	0.014
	孔隙度(%)	58.07 ±1.61	61.5 ±3.49	0.018
	磁化率(×10^{-5}SI)	599.6 ±436.6	404.4 ±299.1	0.099
	砂粒(%)	65.73 ±5.51	63.04 ±4.52	0.062
	粉粒(%)	29.39 ±5.48	32.80 ±4.09	0.045
	黏粒(%)	4.91 ±0.22	4.16 ±1.47	0.033
化学性质	有机质(g kg^{-1})	25.66 ±7.39	65.93 ±24.58	0.010
	电导率(μS cm^{-1})	252.0 ±58.10	156.1 ±43.1	0.027
	pH(H_2O)	7.38 ±0.44	6.30 ±0.93	0.029
养分性质	全氮(g kg^{-1})	1.66 ±0.84	2.36 ±0.84	0.039
	全磷(g kg^{-1})	1.14 ±0.65	1.91 ±0.82	0.031
	全钾(g kg^{-1})	8.84 ±0.89	9.36 ±1.58	0.160
	碱解氮(mg kg^{-1})	22.32 ±3.58	76.60 ±16.3	0.001
	有效磷(mg kg^{-1})	8.34 ±4.91	20.07 ±6.41	0.005
	速效钾(mg kg^{-1})	279.8 ±76.6	286.5 ±75.5	0.917
重金属含量	Fe(mg kg^{-1})	1908 ±109	1800 ±88	0.058
	Mn(mg kg^{-1})	539.8 ±97.1	435.1 ±63.8	0.047
	Cu(mg kg^{-1})	25.74 ±7.52	18.39 ±4.43	0.008
	Zn(mg kg^{-1})	227.0 ±73.28	157.3 ±54.77	0.018
	Pb(mg kg^{-1})	83.92 ±46.45	24.22 ±13.29	0.009
	Cd(mg kg^{-1})	0.65 ±0.06	0.47 ±0.04	0.002
	Cr(mg kg^{-1})	79.46 ±19.98	55.86 ±22.83	0.005
酶活性	脲酶(NH_3-N, mg g^{-1} 24 h^{-1})	11.5 ±5.08	20.2 ±9.39	0.024
	过氧化氢酶(ml g^{-1} 20 min^{-1})	2.03 ±1.19	3.23 ±1.30	0.012
	碱性磷酸酶(酚, mg g^{-1} 24 h^{-1})	2.29 ±0.74	3.35 ±0.33	0.003

注:1)均值±标准差,2) $p>0.05$ 时表示差异不显著,$0.01<p\leqslant0.05$ 时表示差异显著,$p\leqslant0.01$ 时表示差异极显著。

土壤受到踩踏后的容重变化较为复杂。一方面,土壤受践踏后其紧实度增加,这将导致容重的增大;另一方面,土壤受践踏后其含水率一般会下降,结果导致土壤容重减小。土壤受践踏后容重的增减取决于上述两种变化的程度。研究表明:泰山景区土壤受践踏后,其容重因紧实度增大所导致的增大量超过因含水率降低所导致的减少量,这样土壤容重总体而言是增大的(表 1)。引起磁化率增大的原因主要有以下两个方面:(1)宾馆、餐厅生活垃圾(如炉灰等)的排放,散落的香灰中含有引起磁化率增大的元素,在实地测量中大量含有香灰的土壤磁化率远高于周围土壤的磁化率。(2)游客丢弃的带有磁性垃圾(易拉罐、同心锁钥匙等)的长期积累。从土壤颗粒组成和土壤质地来看,对照样土壤物理性质优于景点样。

2.2 旅游活动对土壤化学性质的影响

2.2.1 旅游活动对 pH 及电导率的影响 由表 1 可知,景点样的平均 pH 比对照样高出 17.2%。景点样平均为 7.38,呈中性;对照样平均为 6.30,呈酸性。这一结论与马建华等的研究结论相一致[8]。对照样的电导率变化在 82.2 ~207 μS cm^{-1}之间,而景点样的变化在 201 ~320 μS cm^{-1}。引起 pH 增大的原因主要有:(1)景区建筑的修建,碱性材料(石灰和水泥)的使用及其散落到景区。(2)景区内朝拜者焚烧的香灰以及生活用炉灰扩散和堆放在土壤中,而灰分中含大量的盐基离子,可交换出土壤

中的 H^+ 和 Al^{3+} 并随雨水流失,造成土壤 pH 升高。(3)由于地面植被遭到破坏,土壤板结,水土流失加重,影响到土壤有机质的积累;酸性较强的有机酸含量减少,导致 pH 上升。

2.2.2　旅游活动对土壤养分含量的影响　　景点样的有机质含量均小于其相似高度的对照样,对照样有机质含量为 23.1 ~ 95.2 g kg^{-1},平均含量为 65.9 g kg^{-1};景点样为 14.7 ~ 34.7 g kg^{-1},平均为 25.7 g kg^{-1}。这是因为景区土壤受旅游活动影响强烈,地表植被遭到破坏,枯枝落叶归还量减少,有机质积累下降;另一方面土壤水分减少,土壤硬化板结,有机质矿化过程加速的缘故。

景点样的全量和速效养分含量均低于相似高度的对照样。全量养分和速效养分分别较对照减小了 14.6% 和 18.9%,景点样全量养分和速效养分的氮、磷均小于对照样,但是 A3、A5 的全钾,A2、A5 的速效钾含量要高于对照样,这主要是因为在 A2 和 A5 人为散落的香灰中含有大量的钾元素,造成了速效钾含量的升高,而在 A2 由于游客数量较少并未引起全钾含量的升高;A3 全钾含量略高于 B3,这与常住人口生活炉灰等垃圾的排放有关。引起景区土壤肥力下降的主要原因是:游客的长期踩踏造成景区土壤板结,植被遭到破坏,水分下渗困难,土壤有机质含量降低,土壤养分随水土流失严重。这说明旅游活动已经对泰山景区的土壤产生了很大的影响,面临着土壤退化的风险。

2.3　旅游活动对土壤重金属含量的影响

由表 1 可知,景点样中 Fe、Mn、Cu、Zn、Pb、Cd 和 Cr 平均含量分别超过对照样平均含量 6.0%、24.1%、40.0%、44.3%、246%、36.2% 和 42.2%。由于旅游活动的干扰,已经对泰山景区土壤重金属含量造成了很大影响,与萧月芳等[14]在 20 世纪 90 年代初期的研究结果相比,泰山土壤各重金属含量已大幅提高。实地调查发现土壤重金属的主要来源有:(1)盘山公路上机动车辆排放的废气和烟尘降落到景区。(2)游客鞋底的携带物质及其磨损,游客丢弃的含有重金属的垃圾(塑料、电池等)。(3)泰山上生活垃圾的排放(饭店、旅馆等)。(4)旅游修建活动散落到景区的建筑材料和建筑垃圾等。

2.4　旅游活动对土壤酶活性的影响

土壤酶是土壤中具有生物活性的蛋白质,并对土壤的养分循环具有重要影响[15]。由表 1 可知,对照样脲酶、过氧化氢酶、磷酸酶活性均大于景点样酶的活性。这与谭周进等的研究结果相同,在景点样和对照样之间酶活性变幅最大的是脲酶,其次是过氧化氢酶[16]。脲酶、过氧化氢酶和磷酸酶的平均含量景点样较对照样降低了 43.2%、37.5% 和 31.6%。表明旅游活动已经对土壤中物质的循环与转化强度造成了很大影响,给整个环境系统带来了较大的压力。

2.5　土壤质量综合评价

土壤质量评价结果为:对照样土壤质量综合指数变幅为 0.41 ~ 0.51,景区样土壤质量综合指数变幅为 0.13 ~ 0.28(图 2)。对照样土壤质量最好的是南天门(0.51),最差的是斗母宫(0.41),均在 0.4 ~ 0.6 之间属于Ⅲ级中等水平;景区土壤质量最好的是红门(0.28),最差的是中天门(0.13),其中红门、斗母宫、玉皇顶土壤质量属于Ⅳ级差;中天门、南天门、碧霞祠,土壤质量属于Ⅴ级较差。

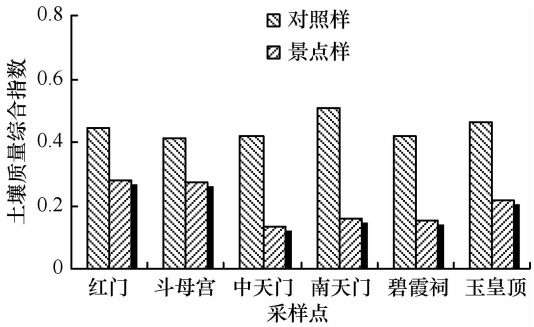

图 2　土壤质量评价结果

3　结　论

研究结果表明:泰山景区旅游活动已经对土壤理化性质、土壤酶活性、重金属含量造成了显著影响,大部分指标达到了 5% 差异显著水平,土壤质量下降明显。与对照样相比,景点土壤具有以下五个特征:

1) 含水量低,比重、容重增大,孔隙度减小,黏粒含量高,质地偏细,相对紧实。

2) 电导率、pH 增大,全量、速效养分减少,有机质含量下降,肥力衰退。

3) 7 种重金属的含量均高于对照样。除 Fe、Mn 这两种元素由于泰山土壤元素丰度较小外,其余重金属均不同程度地超过了我国棕壤元素背景值。

4) 土壤中酶活性降低,物质循环过程变缓。

5) 土壤质量下降,红门、斗母宫、玉皇顶土壤质

量属于Ⅳ级差,中天门、南天门、碧霞祠土壤质量属于Ⅴ级较差。

随着泰山知名度的提高,旅游对土壤环境的负向冲击必将越来越大,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,探讨景区土壤修复的理论与方法,保证泰山这座中华名山健康、和谐地发展。

参 考 文 献

[1] Sun D, Liddle M J A. Survey of trampling effects on vegetation and soil in eight tropical and subtropical sites. Environmental Management, 1993, 17(4): 497—510

[2] Douglas M C. Recreational impacts on erosion and runoff in a central Arizona riparian area. Journal of Soil and Water Conservation, 1998, 53(1): 38—42

[3] Cilimburg A. Wildland recreation and human waste: A review of problems, practices and concerns. Environment Management, 1999, 125(6): 587—592

[4] Eden T, Richard J R. Impacts of experimentally applied mountain biking and hiking on vegetation and soil of a deciduous forest. Environmental Management, 2001, 27(3): 397—409

[5] 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

[6] 田昆, 贝荣塔, 常风来, 等. 香格里拉大峡谷土壤特性及其人为活动影响. 土壤, 2004, 36(2): 203—207

[7] 谭周进, 肖启明, 祖智波. 旅游践踏对张家界国家森林公园土壤微生物区系及活性的影响. 土壤学报, 2007, 44 (1): 184—188

[8] 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. 土壤学报, 2009, 46(1): 164—168

[9] 冯学刚, 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

[10] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 2000

[11] 关松荫. 土壤酶及其研究法. 北京: 农业出版社, 1986

[12] 谢季坚. 模糊数学方法及其应用. 武汉: 华中科技大学出版社, 2005

[13] 国家环境保护总局. 土壤环境质量标准(GB15618—1995). 北京: 中国环境科学出版社, 1995

[14] 萧月芳, 宋国菡. 泰山土壤重金属元素及砷的分布特征. 山东农业大学学报, 1993, 24(2): 224—226

[15] Liu X M, Li Q, Liang W J, et al. Distribution of soil enzyme activities and microbial biomass along a latitudinal gradient in farmlands of Songliao Plain, Northeast China. Pedosphere, 2008, 18 (4): 431—440

[16] 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. 自然资源学报, 2006, 21 (1): 133—138