

旅游干扰对祁连山风景区土壤性质的影响^①

马 剑^{1,2}, 刘贤德^{1,2}, 何晓玲³, 金 铭^{1,2}, 牛 赟^{1,2},
敬文茂^{1,2}, 赵维俊^{1,2}, 王荣新^{1,2}

(1 甘肃省祁连山水源涵养林研究院, 甘肃省森林生态与冻土水文水资源重点实验室, 甘肃张掖 734000; 2 甘肃张掖生态科学研究院, 甘肃省祁连山生态科技创新服务平台, 甘肃张掖 734000; 3 四川农业大学资源学院, 成都 611130)

摘 要: 本研究以祁连山大野口风景区为研究对象, 初步探讨了旅游干扰对该区域土壤性质的影响。研究结果表明: 祁连山风景区游客主要集中在 5—8 月, 游客大多选择自驾游方式, 以野炊、烧烤式旅游为主。旅游活动对核心区表层土壤的 pH、体积质量、含水量及有机质影响较大。随着旅游活动干扰程度的降低, 0 ~ 10 cm 土层土壤 pH 逐渐上升, 10 ~ 20 cm 土层 pH 变化不大。土壤体积质量表现出: 核心区>缓冲区>背景区, 而土壤含水量则为: 背景区>缓冲区>核心区。核心区 and 缓冲区土壤表层有机质含量受游客活动影响较大, 显著低于背景区, 分别占背景区的 63.6% 和 60.1%。表层土壤全氮、全磷、全钾含量均表现出: 背景区>缓冲区>核心区, 而 10 ~ 20 cm 土层全量含量差异不大。不同区域土壤速效养分 0 ~ 10 cm 土层含量高于 10 ~ 20 cm 土层含量。核心区表层土壤水解氮、速效磷含量偏高, 而深层土壤速效磷含量较高。各个有效微量元素在 0 ~ 10 cm 土层含量普遍高于 10 ~ 20 cm 土层, 且在核心区含量均较高。

关键词: 旅游干扰; 土壤性质; 祁连山风景区

中图分类号: X53

祁连山风景区 1987 年被批准为国家级自然生态保护区, 是集森林、草原、冰川为一体的自然生态旅游区。其风景秀丽, 气候宜人, 是集观光、休闲、娱乐、度假、避暑为一体的旅游胜地。近年来, 随着经济的迅速发展与旅游业的不断兴旺, 祁连山风景区人为活动越来越频繁, 旅游人数逐年大幅增加, 风景区的压力极度加剧, 造成大气、水体、土壤受到严重污染, 植被遭到破坏, 野生动物数量减少等生态环境问题^[1]。因此, 做好祁连山的环境保护工作已迫在眉睫。

土壤是风景区人类活动直接干扰的主要对象, 土壤状况的优劣对旅游地生态系统的健康与稳定有着重要的作用^[2]。所以, 研究旅游活动对土壤质量的影响具有十分重要的意义。国外关于旅游对土壤性质影响的研究始于 20 世纪 60 年代, 研究内容主要涉及土壤水分、体积质量(容重)、有机质以及土壤环境退化等方面^[3-6]。而我国旅游对土壤性质的影响研究起步较晚, 始于 20 世纪 90 年代, 主要研究集中在土壤压实导致的体积质量、含水量、硬度等物理指标的影响上^[7-11]。

长期以来, 很多学者对祁连山大野口风景区内的土壤进行了大量的研究^[12-16], 但是关于祁连山旅游活动对土壤质量影响的研究还未见报道, 加之近年来游客与日俱增, 旅游活动加剧, 前期调查已经发现旅游活动核心区大量植被被破坏, 表层土壤损失严重, 整个生态环境遭到威胁。因此, 研究该区旅游活动对土壤的影响意义重大、刻不容缓。本文以祁连山大野口旅游区为研究对象, 在野外调查、采样和室内分析的基础上, 研究在不同旅游干扰强度下土壤酸碱度、体积质量、含水量、有机质和养分特征, 探讨旅游干扰对土壤性质的影响, 提出相关建议意见, 不仅为后续在该区开展更深入的研究奠定坚实的基础, 同时, 也为祁连山旅游区生态环境的保护与管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验区设在祁连山中段西水林区的大野口流域, 流域面积 68.06 km², 海拔 2 650 ~ 4 600 m, 平均海拔为 3 330 m, 低山地带坡度均在 20° ~ 30°, 高山

①基金项目: 甘肃省科技计划项目(144JTCG254; 145RJIG337)和国家自然科学基金项目(41461004)资助。

作者简介: 马剑(1986—), 男, 甘肃张掖人, 硕士, 工程师, 主要从事森林生态方面的研究。E-mail: 405153416@qq.com

地带坡度在 40° 左右。该区属大陆性高寒半湿润山地森林草原气候, 据祁连山生态系统定位研究站长期定位观测结果, 该区年平均气温 0.5°C , 极端最高气温 28.0°C , 极端最低气温 -36.0°C ; 年均降水量 359.2 mm , 5 至 9 月降水占全年的 83.11% , 年均空气相对湿度 60% , 年蒸发量 $1\ 052\text{ mm}$, 年均日照时数 $2\ 130\text{ h}$ 。试验区土壤和植被随山地地形和气候的差异而形成明显的垂直分布带, 土壤主要类型为山地森林灰褐土、山地栗钙土以及亚高山灌丛草甸土 3 个类型, 总的特征是土层薄、质地粗, 以粉沙块为主; 成土母质主要是泥炭岩、砾岩、紫红色沙页岩等。试验区森林类型单一, 主要是以青海云杉林为主的寒温性针叶林与草地成犬牙状交错, 条块状分布在阴坡、半阴坡; 阳坡以草地为主, 零星分布祁连圆柏和灌木, 灌木主要有鬼箭锦鸡儿(*Caragana jubata*)、高山柳(*Salix cupularis*)、金露梅(*Dasiphora fruticosa*)、鲜黄小檗(*Berberis diaphana*)和甘青锦鸡儿(*Caragana tangutica*)等。

1.2 试验设计

通过在旅游区的走访、踏查和景区相关人员的介绍, 选择祁连山大野口流域观台旅游区为研究对象, 依据游客在旅游区内涉足范围和活动频率的差异, 将旅游活动区域划分为: 核心区(旅游活动主要使用空间有明显的活动足迹, 污染物较多, 水土流失严重)、缓冲区(旅游活动相对较少, 污染物较少)和背景区(旅游活动干扰不明显, 无污染物倾泻, 植被生长旺盛)。由于该区游客旅游活动比较复杂, 活动范围集中于道路一侧, 考虑到山地地形的特殊性以及植被、土壤空间异质性, 因此在同一区域内选择群落类型、海拔、坡度等相同, 立地条件相似的地区设立样地。根据旅游活动情况在核心区、缓冲区和背景区分别设置 $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ 标准样地 3 块, 如图 1 所示。

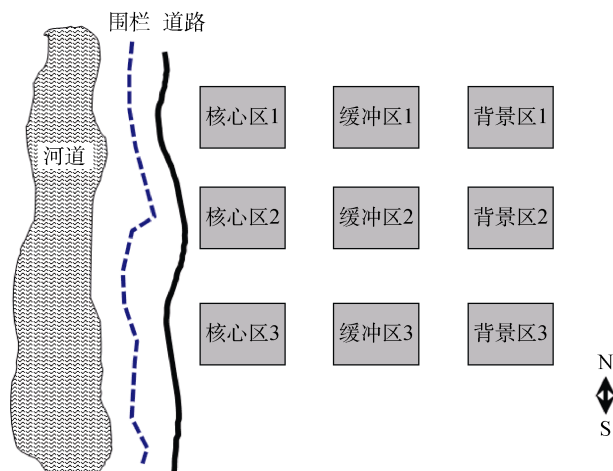


图 1 样地布设简图

Fig. 1 Diagram of sample plots

1.3 游客调查

根据实际旅游情况, 选择从 2015 年 4 月至 10 月进行游客人数统计(每日统计进入景区的游客数, 并登记游客的来源地)。同时采用问卷调查的方法, 对游客展开全面调查, 共发放问卷 500 份, 有效问卷 462 份。为了确保调查质量, 采取分时期随机调查, 包括高峰期和低峰期, 以高峰期为主。

1.4 土壤样品采集

土壤采集时采用多点采样法, 记录每个样地的土壤枯枝落叶层厚度和腐殖质层厚度; 去掉土壤枯枝落叶层和腐殖质层, 在每个样地内随机布设 5 个点, 分别取 500 g 左右 $0 \sim 10\text{ cm}$ 和 $10 \sim 20\text{ cm}$ 土层土样, 将同土层土样混合均匀后用四分法取 1 kg 左右装入密封袋。采集的土样带回实验室分拣石块、枯枝烂叶等杂质, 自然风干, 待测。

1.5 土壤理化性质分析

土壤含水量采用烘干法测定; 土壤体积质量采用环刀法测定^[17]; 土壤有机质采用重铬酸钾氧化外加热法测定; 土壤全氮采用半微量凯氏定氮法测定; 土壤全磷采用氢氧化钠熔融-钼锑抗比色法测定; 土壤全钾采用氢氟酸-高氯酸消煮-火焰光度法测定; 土壤 pH 采用电位法(土水比 $5:1$)测定; 水解氮采用碱解-扩散法测定; 铁、锰、铜和锌采用火焰原子吸收分光光度法测定, 硼采用姜黄色法测定; 土壤速效磷采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定; 土壤速效钾采用醋酸铵浸提-火焰光度法测定^[18]。

1.6 数据处理

试验数据统计分析采用 DPS11.0 软件, 其中方差分析采用两因素完全随机设计, 多重比较选择 LSD 法; 图表制作采用 Excel 2003。

2 结果与讨论

2.1 游客特征分析

由表 1 可见, 祁连山大野口森林公园大多数游客主要集中在 5 至 8 月, 7 月旅游人次达到峰值, 占整个旅游季人次的 41.6% 。通过对游客客源地进行整理发现: 客源高度聚集于省内, 占游客总数的 96.78% ; 而来自外省的游客仅占游客总人数的 3.22% (表 2)。同时对省内客源地进行排序发现, 排在前三位的城市分别是张掖、酒泉和兰州, 游客比重分别为 87.29% 、 3.60% 、 2.86% (表 3)。

通过问卷调查分析得出, 祁连山风景区游客主要以受过高等教育的中青年游客 ($18 \sim 45$ 岁, 占 68.62% ; 大专以上学历, 占 68.23%), 其中游客男女

表 1 2015 年祁连山游客人数统计
Table 1 Number of tourists to Qilian Mountains in 2015

月份	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
人次	256	1 727	3 362	6 280	3 044	381	42

表 2 祁连山风景区客源市场结构
Table 2 Market structure of tourists in Qilian Mountains scenery district

客源地	甘肃	新疆	浙江	河南	河北	江西	山西	山东	四川	福建	湖北	北京	上海	陕西	宁夏	青海
样本数	14 606	39	23	13	15	6	9	27	37	34	45	24	24	25	80	85
比重(%)	96.78	0.26	0.15	0.09	0.10	0.04	0.06	0.18	0.25	0.23	0.30	0.16	0.16	0.17	0.53	0.56

表 3 祁连山风景区省内旅游客源市场结构
Table 3 Market structure of tourists from Gansu in Qilian Mountains scenery district

客源地	张掖	酒泉	兰州	天水	武威	嘉峪关	白银
比重(%)	87.29	3.60	2.86	0.99	0.99	0.83	0.20
排名	1	2	3	4	4	5	6

性别比例为 1.22 : 1 ; 游客中以野餐野营为目的的人数最多, 占游客总人数的 42.8%, 其次为欣赏风景和科研, 分别占 31.20% 和 19.10%, 这主要与祁连山暑夏舒适的气候、优美的森林景观以及独特的自然环境和植物体系有关。而对于交通工具的选择, 排在首位的是自驾车, 占 66.4%, 这可能与祁连山交通路况息息相关, 同时以野餐野营为目的游客以自带锅灶进行野炊、烧烤为主。

2.2 旅游活动对土壤性质的影响

2.2.1 对土壤 pH 的影响 土壤酸碱度是土壤各种化学性质的综合反应, 它可以直接影响土壤养分的存在状态、转化及有效性, 从而影响植物的生长发育。由图 2 可见, 随着旅游活动干扰程度的降低, 0 ~ 10 cm 土层土壤 pH 逐渐上升, 旅游核心区土壤 pH 明显低于缓冲区和背景区, 而缓冲区 pH 较接近于背景区土壤 pH, 二者相差不大, 说明旅游活动明显地影响到了土壤酸碱度。这与曹丽娟^[8]、王全辉等^[10]、陆林等^[19]的研究结果相反, 这可能是由于研究区域不同, 游客活动行为有所区别。例如, 其他研究区域游客停留时间较短, 更新率快, 大部分都只是走走看看, 所产生的垃圾也大多为一些生活固体垃圾, 而本研究所涉及到的研究区域游客主要以携带锅灶野炊为主, 绝大多数游客都会在核心区架锅起灶, 煮肉烧烤, 其产生的垃圾不仅仅是固体垃圾, 大量洗刷蔬菜及碗具的废水和喝剩的汤、啤酒饮料撒倒在核心区, 致使核心区表层土壤 pH 明显低于缓冲区和背景区。3 个区域 10 ~ 20 cm 土层的 pH 变化不大, 说明旅游活动对深层次土壤 pH 影响不大。祁连山游客大多集中在夏季 8—10 月, 而此时也正是祁连山植被生长的中后期, 大量的游客所产生的垃圾堆积于山坡、草地及林下, 大量喝剩的啤酒饮料随处乱倒, 严重影响了

核心区植被的生长及地被枯落物的分解, 从而影响了表层土壤的酸碱度。

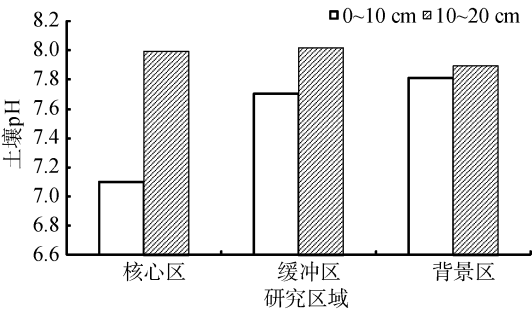
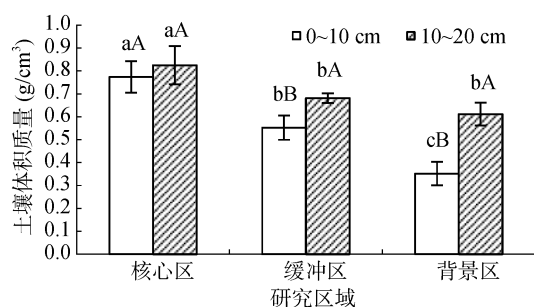


图 2 旅游对土壤 pH 影响
Fig. 2 Effects of tourism activities on soil pH value

2.2.2 对土壤体积质量的影响 旅游活动对土壤最直接的影响就是, 通过游客的践踏及车辆的碾压而影响土壤的体积质量。通过调查发现, 祁连山大野口风景区游客中 66% 选择自驾游, 所以车辆碾压对土壤体积质量的影响不容忽视。由从图 3 可看出, 同土层土壤体积质量均表现出: 核心区 > 缓冲区 > 背景区, 随着土层加深体积质量增大。0 ~ 10 cm 土层土壤体积质量核心区显著高于缓冲区和背景区, 其体积质量是未受人为干扰的背景区的 2.2 倍。10 ~ 20 cm 土层土壤体积质量也是随人为干扰强度的降低而减小, 核心区显著高于其他两个区, 而缓冲区和背景区差异并不显著。主要是由于核心区踩踏严重, 土壤孔隙度下降, 大量地被物被压实, 土壤体积质量增大。缓冲区和背景区 10 ~ 20 cm 土层土壤体积质量显著高于 0 ~ 10 cm 土层, 主要是由于距核心区距离越远地带受游客践踏强度越弱, 植被覆盖度增加, 上层土体较为疏松, 下层土体相对紧实。



(图中不同小写字母表示同一土层不同区域土壤体积质量差异显著($P<0.05$)；不同大写字母表示同一区域不同土层土壤体积质量差异显著($P<0.05$)。下同)

图3 旅游活动对土壤体积质量的影响

Fig. 3 Effects of tourism activities on soil bulk density

2.2.3 对土壤含水量的影响 由图4可知,土壤含水量变化范围在435.0~921.3 g/kg,不同土层土壤含水量均为:背景区>缓冲区>核心区,但不同区域及各土层间显著性差异不同,0~10 cm土层核心区显著低于背景区,其土壤含水量仅占背景区的52.2%,而缓冲区为一个过渡区,与其他两个区差异不显著,10~20 cm土层由于受到表层土壤的保护差异不显著。核心区 and 缓冲区受人为影响,各土层间水分含量差异不显著,加之游客活动及车辆碾压致使地表植被受到一定程度的破坏,表层土壤裸露面积和板结面积增大,土壤体积质量增大,土层水分含量明显较少^[20]。结合图3,对各个处理下土壤含水量及体积质量数据统计发现,它们之间具有显著的线性相关性($y = -0.0097x + 1.2214$, $R^2 = 0.9775$, 其中 y 代表土壤体积质量(g/cm^3), x 代表土壤含水量 g/kg)。背景区由于处于自然的原始的植被状况,地表苔藓覆盖度高保水性好,所以0~10 cm土层含水量显著高于10~20 cm土层,是10~20 cm土层含水量的1.46倍。

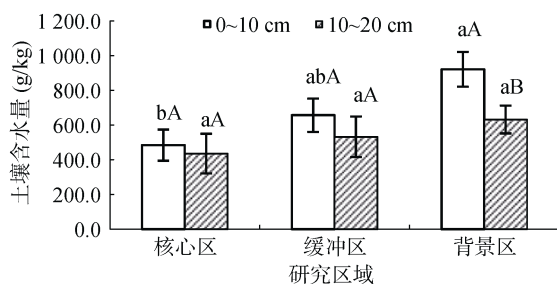


图4 旅游活动对土壤含水量的影响

Fig. 4 Effects of tourism activities on soil moisture

2.2.4 对土壤有机质的影响 旅游活动对土壤有机质的影响主要从以下几个方面进行:践踏对地被物的破坏,固体垃圾的随意堆放,废水(包括喝剩的啤酒饮料、煮肉汤、清洗水果碗具废水等等)洒倒,搭炉起灶活动等。从图5可以看出,核心区和缓冲区

土壤0~10 cm土层有机质含量受游客活动影响较大,显著低于背景区,分别为背景区的63.6%和60.1%,10~20 cm土层有机质含量差异不显著,说明此土层受游客活动影响较小。表层土壤有机质含量整体高于10~20 cm土层,核心区和缓冲区差异不明显,而背景区差异明显,表层含量是下层含量的1.8倍。这主要是因为核心区受人为影响最大,缓冲区次之,表层植被受到破坏,影响枯落物分解,有机质主要自然来源枯竭;而背景区基本上没有游客到达,原始状态保持很好,枯枝落叶层较厚,分解量大,使表层有机质含量很高。

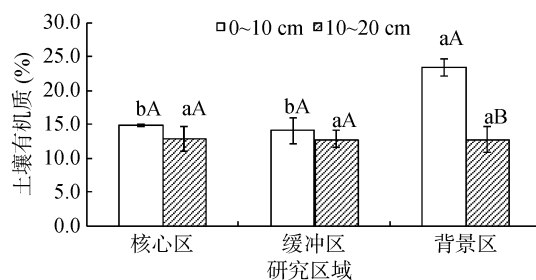


图5 不同区域土壤有机质特征

Fig. 5 Effects of tourism activities on soil organic matter

2.2.5 对土壤大量养分元素的影响 通常土壤全钾有92%~98%是矿物钾,这部分虽然为无效钾,但在一定条件下可转化为能被植物吸收利用的形态,一定程度的土壤扰动或流失易造成全钾含量的变化;土壤中有50%~90%的磷以无机磷形态存在,而绝大部分无机磷以吸附态和固体矿物态存在于土壤中;土壤中氮有90%以上是以有机形态存在,其含量受有机质含量的影响较大^[21]。因此,随着人为干扰强度逐渐增大,地表植被遭受破坏,表层土壤裸露面积增大,水土流失程度增加,带走一部分养分,致使表层土壤全氮、全磷、全钾含量均表现出(表4):背景区>缓冲区>核心区,而10~20 cm土层受人为影响相对较小,全氮、全磷、全钾含量差异不大。核心区0~10 cm土层含量普遍低于10~20 cm土层含量,说明踩踏、碾压等人为活动因素的影响可以降低土壤表层的全氮、全磷、全钾含量。不同区域土壤速效养分表层含量均高于10~20 cm土层,0~10 cm土层水解氮和速效磷含量表现出:核心区>缓冲区>背景区;速效钾含量则表现为:背景区>缓冲区>核心区。10~20 cm土层水解氮和速效钾含量表现为:背景区>缓冲区>核心区;速效磷含量表现出:核心区>缓冲区>背景区。这可能是由于旅游产生的垃圾分解、表层土壤损失、有机质含量、水分含量以及植物根系分泌物等一系列因素综合作用而成^[22]。

表 4 旅游活动对土壤大量元素的影响
Table 4 Effects of tourism activities on soil macroelements

土层 (cm)	旅游活动影 响区域	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)	水解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
0 ~ 10	核心区	4.90 ± 0.20	0.61 ± 0.00	20.96 ± 0.50	421.55 ± 37.61	22.01 ± 2.00	150.57 ± 15.00
	缓冲区	5.94 ± 0.47	0.63 ± 0.06	21.09 ± 0.00	421.97 ± 20.84	18.31 ± 0.20	177.58 ± 10.00
	背景区	7.13 ± 1.11	0.69 ± 0.03	21.19 ± 0.00	424.88 ± 31.84	14.53 ± 4.80	143.56 ± 11.00
10 ~ 20	核心区	5.55 ± 0.54	0.62 ± 0.03	23.34 ± 0.58	342.41 ± 22.52	20.56 ± 0.55	122.56 ± 6.03
	缓冲区	5.04 ± 0.20	0.65 ± 0.03	23.85 ± 0.88	375.41 ± 7.10	16.64 ± 0.57	131.71 ± 1.50
	背景区	4.56 ± 0.45	0.61 ± 0.03	25.25 ± 1.00	385.46 ± 32.70	10.86 ± 1.15	133.06 ± 22.50

2.2.6 对土壤微量元素的影响 由表 2 可知,有效微量元素在核心区含量均较高,其中有效铁核心区和缓冲区 0 ~ 10 cm 土层含量分别是背景区的 2.2 倍和 2.5 倍,10 ~ 20 cm 土层含量分别是背景区的 1.8 倍和 2.1 倍。各个有效微量元素在 0 ~ 10 cm 土层含量普遍高于 10 ~ 20 cm 土层含量。研究区域旅游核心区由于路况较好车辆可直接到达,在旅游旺季核心区旁边停放大量的机动车,大量的废气和烟尘等颗粒污染物降落量较大,加之游客丢弃的大量塑料、电池等废弃物,致使核心区土壤表层微量

元素整体含量较高。另一方面,铁、锰、铜、锌、硼等阳离子在土壤中主要生成氢氧化物、碳酸盐、硫化物及少量磷酸盐、硅酸盐等难溶解的沉淀。而这些沉淀物均会随pH 降低而趋于溶解,随 pH 升高迅速降低平衡液相中离子的浓度。由图 1 可知,表层土壤随着旅游活动强度降低,pH 逐步升高,这也是致使核心区微量元素含量较高的一个主要原因。廖后林等^[23]在研究中也提出,受人为活动地区土壤微量元素含量相对于自然土壤环境出现了显著人为环境富集。

表 5 旅游活动对土壤微量元素的影响
Table 5 Effects of tourism activities on soil microelements

土层 (cm)	旅游活动影 响区域	有效铁 (mg/kg)	有效锰 (mg/kg)	有效铜 (mg/kg)	有效锌 (mg/kg)	有效硼 (mg/kg)
0 ~ 10	核心区	153.18 ± 20.63	13.56 ± 4.35	3.29 ± 0.40	0.70 ± 0.09	2.95 ± 0.15
	缓冲区	175.33 ± 2.40	12.19 ± 1.00	2.99 ± 0.33	0.73 ± 0.10	2.98 ± 0.80
	背景区	70.15 ± 1.55	10.86 ± 0.62	3.15 ± 0.15	0.52 ± 0.22	2.87 ± 0.16
10 ~ 20	核心区	119.96 ± 18.15	6.32 ± 1.12	2.07 ± 0.08	0.45 ± 0.06	1.85 ± 0.68
	缓冲区	89.66 ± 16.41	5.50 ± 0.35	2.02 ± 0.14	0.39 ± 0.05	1.75 ± 0.54
	背景区	78.16 ± 8.28	5.52 ± 0.50	2.02 ± 0.21	0.47 ± 0.12	2.12 ± 0.29

3 结论

祁连山风景区游客主要集中在 5—8 月,客源高度聚集于省内,占游客总数的 96.78%,游客大多选择家庭或者跟朋友结伴自驾游方式,以野炊、烧烤式旅游为主。游客的活动已经对土壤酸碱度、体积质量、含水量、有机质及各类养分造成严重影响。整体来看,旅游核心区表层土壤 pH 明显低于缓冲区和背景区,10 ~ 20 cm 土层的 pH 变化不大,说明旅游活动主要影响表层土壤 pH,对深层次土壤 pH 影响不大。土壤体积质量大小均表现出,核心区>缓冲区>背景区,而含水量则表现出相反的规律:背景区>缓冲区>核心区。随着土层加深土壤体积质量增大,含水量减小。核心区和缓冲区土壤 0 ~ 10 cm 土层有

机质含量受游客活动影响较大,显著低于背景区,而 10 ~ 20 cm 土层有机质含量差异不显著。旅游活动对核心区表层土壤全氮、全磷、全钾影响较大,其含量均低于缓冲区和背景区,且 0 ~ 10 cm 土层含量普遍低于 10 ~ 20 cm 土层含量,说明踩踏、碾压等人为活动因素的影响可以降低土壤表层的全氮、全磷、全钾含量。核心区表层土壤水解氮、速效磷偏高,而深层土壤速效磷含量较高,不同区域土壤速效养分表层含量均高于 10 ~ 20 cm 土层。各个有效微量元素在 0 ~ 10 cm 土层含量普遍高于 10 ~ 20 cm 土层含量,且在核心区含量均较高。旅游活动对土壤养分的影响是较复杂的过程,表层土壤养分受垃圾、废水、废气等影响较大,各区养分的含量大小也有可能取决于垃圾种类。

4 发展建议

生态环境和可持续发展是人类生存和发展的基本条件,是经济社会发展的基础,关系到人类的生活质量和未来的生存与发展。祁连山良好的生态旅游资源和适宜的气候条件,是整个下游区人们观光旅游,休闲度假,避暑游玩的最佳选择地。而近年来,游客增加,大量的生活垃圾、碾压踩踏、废水废气等也给祁连山旅游区生态环境带来了极大的环境压力,原有的森林景观植被遭到破坏,土壤环境受到极大的威胁,特别是旅游活动对土壤体积质量、含水量、pH 等理化性质产生了严重的影响,表层土壤尤为严重。而表层土壤环境的破坏必然会引起植被的退化和演变,严重时极易引发生态环境的逆向演替。近年来,尽管旅游区管理部门采取了一些保护措施来缓解这些问题,例如,2014 年在景区内修建垃圾集中处理区;悬挂各种环境保护相关宣传标语;2015 年 7 月底禁止游客携带锅灶、烧烤炉、打火机等危险工具入区旅游等。但面对与日俱增的客流量,景区大气、水体、土壤三大环境问题越来越严重,亟待加强相关研究,以维护生态环境系统的稳定性,实现可持续发展。为此,根据本研究的研究结果,针对土壤环境问题提出以下几点建议:

1) 大力开展旅游景区环境承载力和资源保护方面的研究,为后续旅游开发活动和管理提供理论依据。目前,关于本研究区旅游活动干扰对环境因子影响的研究较为缺乏,可大量开展关于植被、大气和水体方面的研究。

2) 加强植被保护及恢复,在植被破坏严重区可人工种植灌木、草本,保证生态群落的良性发展。

3) 加大景区环境保护宣传力度,让游客了解景区生态环境、生态特性及群落特征;建立解说牌和环境教育系统,达到自觉保护的教育目的;倡导游客将产生的垃圾废物自觉带出景区,避免乱扔乱倒。

4) 控制游客数量,合理分散客流量,使之与景区承载力相匹配。保证景区旅游活动与管理措施和谐有序发展。

5) 加强景区环境监督管理,加派管理巡视人员,加大监察力度。坚决杜绝在景区内搭锅起灶、烧烤等对森林产生严重风险的活动。

参考文献:

[1] 常学向,刘贤德,金铭.祁连山自然保护区的生态旅游及对环境的影响[J].甘肃林业科技,2000,25(4):45-47

- [2] 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):1097-1104
- [3] Marion J L, Cole D N. Spatial and temporal variation in soil and vegetation impacts on campsites[J]. Ecological Applications, 1996, 6(2): 520-530
- [4] Deluca T H, Patterson IV W A, Freimund W A, et al. Influence of llamas, horses, and hikers on soil erosion from established recreation trails in Western Montana, USA[J]. Environmental Management, 1998, 22(2): 255-262
- [5] 张继平,张林波,王风玉,等.井冈山国家级自然保护区森林土壤养分含量的空间变化[J].土壤,2014,46(2):262-268
- [6] Eden T, Ruchard J R. Impacts of experimentally applied mountain biking and hiking on vegetation and soil of a deciduous forest[J]. Environmental Management, 2001, 27(3): 397-409
- [7] 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):52-527
- [8] 曹丽娟.旅游干扰对河南云台山风景区土壤质量的影响[J].水土保持学报,2015,22(4):67-71
- [9] 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
- [10] 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
- [11] 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
- [12] 刘贤德,赵维俊,张学龙,等.祁连山排露沟流域青海云杉林土壤养分和 pH 变化特征[J].干旱区研究,2013,30(6):1013-1020
- [13] 张学龙,赵维俊,车宗玺.祁连山青海云杉土壤氮的含量特征[J].土壤,2013,45(4):616-622
- [14] 牛赞,刘贤德,敬文茂,等.祁连山北坡土壤特性与植被垂直分布的关系[J].山地学报,2013,31(5):527-533
- [15] 刘晓敏.祁连山青海云杉林土壤理化性质的空间变异性研究[D].兰州:甘肃农业大学,2012
- [16] 赵维俊,刘贤德,金铭,等.祁连山青海云杉林土壤有效微量元素含量特征[J].土壤通报,2015,46(2):386-391
- [17] 张万儒,许本彤.森林土壤分析方法[M].北京:中国标准出版社,1999
- [18] 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,1999
- [19] 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,2011,3(2):209-223
- [20] 吴秋菊,吴佳,王林华,等.黄土区坡耕地土壤结皮对入渗的影响[J].土壤学报,2015,52(2):303-311
- [21] 黄昌勇,徐建明.土壤学[M].北京:中国农业出版社,2012:195-213
- [22] 孙波,廖红,苏彦华,等.土壤-根系-微生物系统中影响氮磷利用的一些关键协同机制的研究进展[J].土壤,2015,47(2):210-219
- [23] 廖启林,刘聪,徐慧珍,等.苏锡常地区城市公园土壤微量元素分布特征及其环境指示意义[J].土壤学报,2014,51(5):1035-1044

Effects of Tourism Disturbance on Soil Properties of Qilian Mountains Scenery District

MA Jian^{1,2}, LIU Xiande^{1,2}, HE Xiaoling³, JIN Ming^{1,2}, NIU Yun^{1,2}, JING Wenmao^{1,2},
ZHAO Weijun^{1,2}, WANG Rongxin^{1,2}

(1 Academy of Water Resource Conservation Forests of Qilian Mountains in Gansu Province, Gansu Province Key Laboratory of Forest Ecology and Frozen-soil Hydrology and Water Resources, Zhangye, Gansu 734000, China; 2 Academy of Ecology Science of Zhangye, Gansu Science and Technology Innovation Service Platform of Ecology in Qilian Mountains, Zhangye, Gansu 734000, China; 3 College of Resources, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

Abstract: This study explored the effects of tourism disturbance on soil properties in Qilian Mountains Dayekou scenic spot. The results indicated that the tourists concentrated from May to August, most of them choose self-driving way and picnic and barbecue. Tourist activity had greater influences on soil pH, bulk density, moisture and organic matter of surface soil in the tourist core area. With the decrease of tourism disturbance, pH of surface soil increased gradually, but pH of 10–20 cm soil layer changed little. Soil bulk density was in an order of Core area > Buffer area > Background, soil moisture in an order of Background > Buffer area > Core area. Tourist activities had great influence on soil organic matter content in the core area and buffer area, which significantly lower than background area by 63.6% and 60.1%, respectively. Total nitrogen, total phosphorus and total potassium of surface soil were in order of Background > Buffer area > Core area, while these contents of 10–20 cm soil layer showed little difference. Soil available nutrients in 0–10 cm soil layer were higher than in 10–20 cm soil layer. The available nitrogen and phosphorus in 0–10 cm soil layer were higher, available phosphorus in 10–20 cm soil layer was higher. All available trace elements were higher in 0–10 cm soil layer than in 10–20 cm soil layer, and were highest in core area.

Key words: Tourist disturbance; Soil properties; Qilian Mountains scenery district