

旅游活动对香山公园草地生态环境的影响

陈婷

(云南经济管理学院, 昆明 650106)

摘要:为探明旅游活动对香山公园生态环境的影响,采用样方法和室内分析相结合,对香山景区主要游览步道附近土壤及植被进行了调查分析。结果表明:(1) 旅游活动降低了香山公园草地丰富度指数和多样性指数($p < 0.05$),但并没有影响均匀度指数和优势度指数($p > 0.05$);(2) 旅游活动显著降低了草地枯落物厚度、土壤含水量($p < 0.05$),而显著增加了土壤容重和 pH($p < 0.05$);(3) 旅游活动下草地土壤有机碳、全氮和全钾均显著低于对照($p < 0.05$),而土壤全磷与对照没有显著差异($p > 0.05$),这说明旅游活动对土壤全磷并无显著影响;(4) 旅游活动区和对照区土壤养分随土层深度的增加呈下降趋势,以 0—5 cm 土层(表层)最高,呈现出明显的"表聚性",10—15 cm 土层内土壤养分含量最低,5 cm 土层以下旅游活动和对照区域土壤养分急剧下降,相同土层内均表现为旅游活动区域>对照区,旅游活动并没影响土壤养分垂直分布;(5) 相关性分析表明旅游活动区域和对照区域土壤养分之间均呈极显著线性正相关($p < 0.01$),说明了香山公园草地土壤系统内部因子处于动态变化和平衡中,同时也表明旅游活动对土壤生态系统有一定影响,而此影响并没有改变土壤养分因子之间的互作效应。

关键词:旅游活动; 香山公园; 草地; 生态环境

中图分类号:F590.31

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)03-0280-06

Effects of Tourist Activities on Grassland Ecological Environment in Xiangshan Park

CHEN Ting

(Yunnan University of Business Management, Kunming 650106, China)

Abstract: In order to understand the impacts of tourist activities on ecological environment, sampling and lab analyses were conducted to survey the soil and plant near the Xiangshan Park. The results were as follows: (1) the richness index and diversity index in the grassland had significantly reduced ($p < 0.05$) under tourist activities, and tourist activities had no effect on dominance index and evenness index ($p > 0.05$); (2) the litter thickness and soil moisture content had significantly decreased ($p < 0.05$) and soil bulk density and pH had significantly increased ($p < 0.05$); (3) soil organic carbon, total nitrogen and total potassium had significantly decreased ($p < 0.05$) and tourist activities had no effect on soil total phosphorus ($p > 0.05$); (4) soil nutrients of tourist activity areas and control areas declined with the increase of soil depth which were mainly concentrated in the 0—5 cm soil layer and showed the surface accumulation, while soil nutrients decreased sharply below 5 cm depth. In the same soil layer, soil nutrients of tourist activities area were richer than those of the control area, we could concluded that tourist activities had no effect on profile distribution patterns of soil nutrients; (5) correlation analysis showed that soil nutrients of tourism activities area were significantly positive linear correlation with those in the control areas ($p < 0.01$), which suggested that tourism activities had the effects on soil ecological system and the soil factors were in dynamic balance, respectively, however, this effect had not changed interaction effect of the soil nutrients.

Keywords: tourist activity; Xiangshan Park; grassland; ecological environment

旅游生态学是生态学和旅游发展应用的新领域^[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。香山公园是北京近郊重要的风景游览区,作为皇家园林特

色的大型山林公园吸引着来自世界各地的游客。经过几十年的发展和扩建,现已成为踏青赏花、消夏避暑、秋赏红叶、冬观雪景的绝佳去处^[1-2]。作为中外知名的旅游胜地,香山公园旅游活动也出现人次多、强度大、范围广的特点。游客有意无意的践踏对草地生态环境造成了恶劣破坏,而生态环境在生态系统功能的运行和维持中起着重要作用^[4]。由此,旅游活动引起的生态环境效应也逐渐受到广泛重视^[3,5-6]。由于游客在香山公园游览时间上(月变化、日变化)和空间上具有集中性,香山草地多样性遭受的旅游干扰十分严重,为了探明旅游活动对香山公园景区生态环境的影响程度,本研究以旅游活动较为强烈的草地为研究对象,探讨旅游活动与香山公园草地多样性和土壤性质之间的关系,揭示香山景区旅游活动对生态环境影响的规律,为香山景区环境保护、规划管理等提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

香山公园(39°59'24"N,116°10'23"E)位于北京西郊,地势险峻,占地 188 hm² 左右,植物种类丰富,约 391 余种,其中野生种类占多数,主要有黄栌(香山红叶)、侧柏等。海拔 557 m,温带大陆性气候或者季风气候,四季分明,春季干旱,夏季炎热多雨,秋季天高气爽,冬季寒冷干燥。风向有明显的季节变化,冬季盛行西北风,夏季盛行东南风。年降水量 1 000 mm 左右,约有 75% 集中于夏季,年均气温 11.6℃,最高温度 38.9℃,最低温度 -27.4℃,无霜期 180~200 d,全年日照数 2 700 h 左右,集中在 4—5 月。

1.2 研究方法

壤和植物采用样方调查法,于 2013 年 10 月中旬(秋季)进行。以往研究表明,旅游活动对生态环境的影响具有高度集中性,大部分局限于几条游道及游客集中休息点。因此选择香山公园游客高度集中的步道,所选位置均分布在香山公园东西走向的中垂线两侧,具有一定的代表性。在步道附近的草地选取较为平坦的典型草地(样地面积为 10 m×10 m)和附近未干扰的自然草地(CK),所选样地均为香山公园内遗留下来的原始景观草地,干扰区内的草地主要位于游道及游客集中休息点(对原始草地破坏较为严重),干扰区部分围栏已被严重破坏,周边草地甚至出现裸露状态,部分杂草疯狂生长。主要干扰方式为游人的活动,其他干扰方式(如采伐、采摘等)很少或几乎没有,所选样地保持生境基本一致,样地之间微地形环境没有明显差别。在每个典型样地中,不同方向各取 1 个

1 m×1 m 样方(共 4 个),沿着步道重复取样 5 次。每个样方内按五点法分别取 0—5,5—10,10—15 cm 层土样,并用环刀法在样方对角线中心取土测定容重和含水量^[7],同时记录各样方的枯落物厚度。

1.3 测定方法

通过实测数据的比较验证,选用 Shannon-Wiener 多样性指数、Simpson 优势度指数和 Pielou 均匀度指数,计算公式^[8]:

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

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

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

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

$$P_i = (\text{相对覆盖度} + \text{相对高度} + \text{相对多度}) / 3 \quad (5)$$

式中: P_a ——丰富度指数(Patrick); S ——样方内物种数目; H ——多样性指数; P_i ——样方内物种的相对重要值; D ——优势度指数; J_p ——均匀度指数。

土壤养分含量的测定:土壤有机碳(g/kg)采用重铬酸钾氧化外加热法;土壤全氮采用半微量凯氏定氮法;土壤全磷(g/kg)采用 NaOH 熔融—钼锑抗比色法;全钾(g/kg)采用火焰分光光度计^[7]。

1.4 数据处理

Excel 2003 数据统计,采用 SPSS 18.0 进行方差分析、相关分析和回归分析,Origin 8.0 作图。

2 结果与分析

2.1 旅游活动对草地多样性的影响

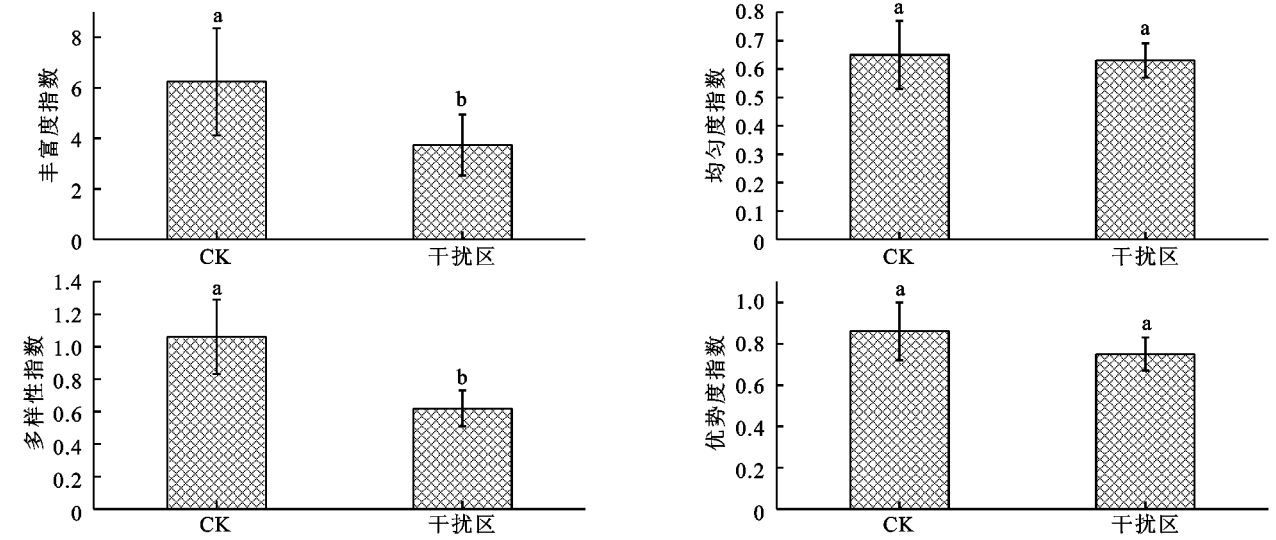
由图 1 可知,旅游活动对香山公园草地多样性具有较大的影响,旅游活动下草地丰富度指数和多样性指数均显著低于对照($p < 0.05$),而优势度指数和均匀度指数与对照没有显著差异($p > 0.05$),由此表明,旅游活动没有影响香山公园草地优势度指数和均匀度指数。与对照相比,旅游活动下草地丰富度指数、均匀度指数、多样性指数和优势度指数分别降低了 40.16%,3.08%,41.51%,12.79%。

2.1 旅游活动对土壤性质的影响

由图 2 可知,旅游活动对土壤性质的影响效应明显,旅游活动下草地枯落物厚度、土壤含水量均显著低于对照($p < 0.05$),而土壤容重和 pH 均显著高于对照($p < 0.05$)。旅游活动下草地枯落物厚度、土壤含水量分别为 0.8 cm 和 4.53%,对照区枯落物厚度、土壤含水量分别为 3.8 cm 和 8.56%,与对照相比,旅游活动下草地枯落物厚度和土壤含水量分别降

低了 78.95%,47.08%;旅游活动下草地土壤容重和 pH 分别为 1.386 g/cm³ 和 7.96,对照区土壤容重和

pH 分别为 0.835 g/cm³ 和 6.23,与对照相比,土壤容重和 pH 分别增加了 65.99%,27.77%。



注:同列不同小写字母表示差异显著($p<0.05$),下同。

图 1 旅游活动对草地多样性的影响

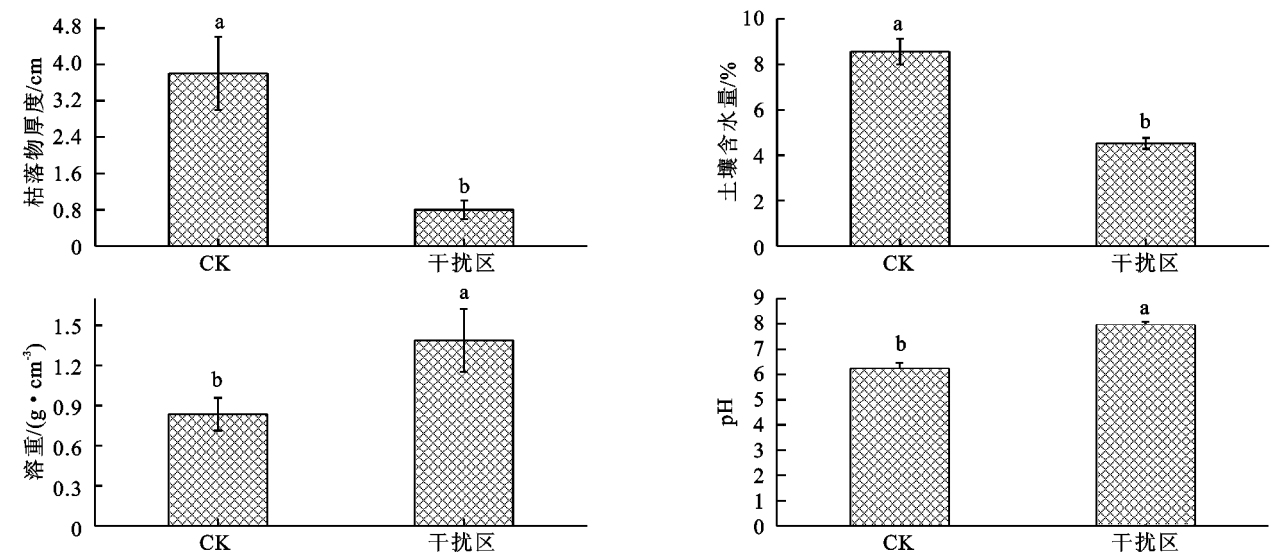


图 2 旅游活动对土壤性质的影响

2.3 旅游活动对土壤养分的影响

由图 3 可知,旅游活动对土壤养分的影响效应明显(除土壤全磷),旅游活动下草地土壤有机碳、全氮和全钾均显著低于对照($p<0.05$),而土壤全磷与对照没有显著差异($p>0.05$),这说明旅游活动对土壤全磷并无显著影响。旅游活动下草地土壤有机碳、全氮、全磷和全钾分别为 11.7,0.523,0.302,2.18 g/kg,对照区土壤有机碳、全氮、全磷和全钾分别为 19.2,0.865,0.356,3.56 g/kg,与对照相比,旅游活动下草地土壤有机碳、全氮、全磷和全钾分别降低了 39.06%,39.54%,15.17%,38.76%。

2.4 旅游活动对土壤养分垂直分布的影响

由图 4 可知,土壤有机碳、全氮、全磷和全钾随土层深度的增加呈下降趋势,土壤养分均以 0—5 cm 土

层(表层)最高,呈现出明显的“表聚性”,10—15 cm 土层内土壤养分含量最低,5 cm 土层以下旅游活动区和对照区土壤养分急剧下降;相同土层内均表现为旅游活动区>对照区。

2.5 旅游干扰区和对照区土壤养分之间相关性

由原始数据拟合得到的回归关系经统计学检验得到拟合度参数 R^2 , Adjust R^2 , 显著值(p 值)和 F 值,并在 $p<0.05$ 和 $p<0.01$ 水平检验相关系数的显著性(* 和 **)。统计学检验结果表明:线性回归均达到极显著水平($p<0.01$),各线性回归关系成立(表 1)。干扰区和对照区土壤有机碳、全氮、全磷和全钾之间均存在极显著的正线性相关关系($p<0.01$),由此表明,旅游活动并没有影响土壤养分之间的相关性。

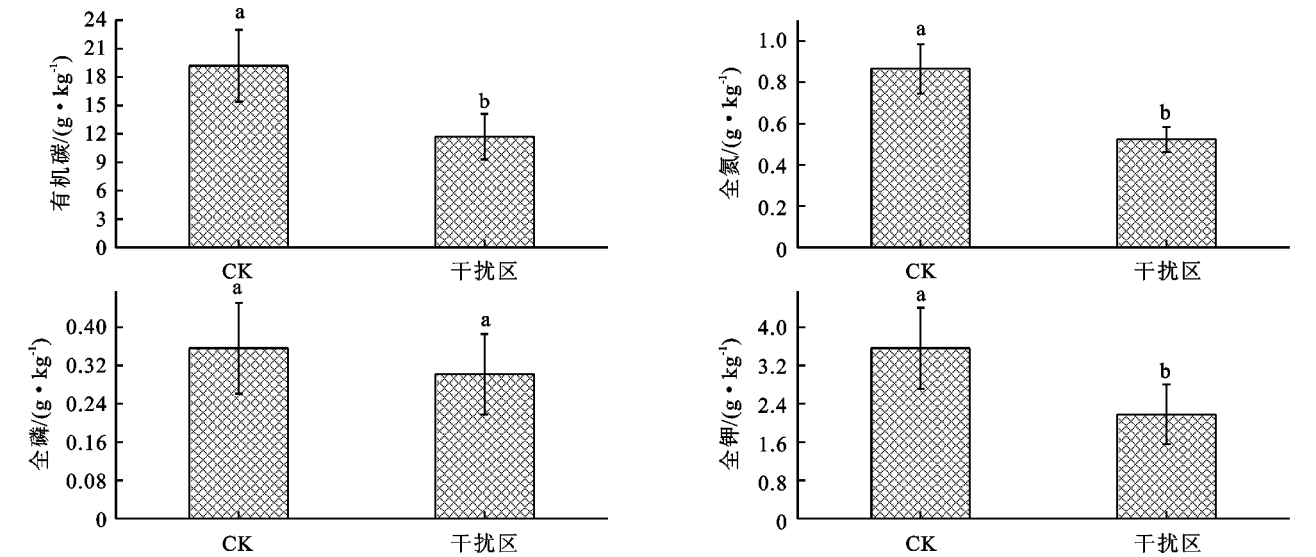


图 3 旅游活动对土壤养分的影响

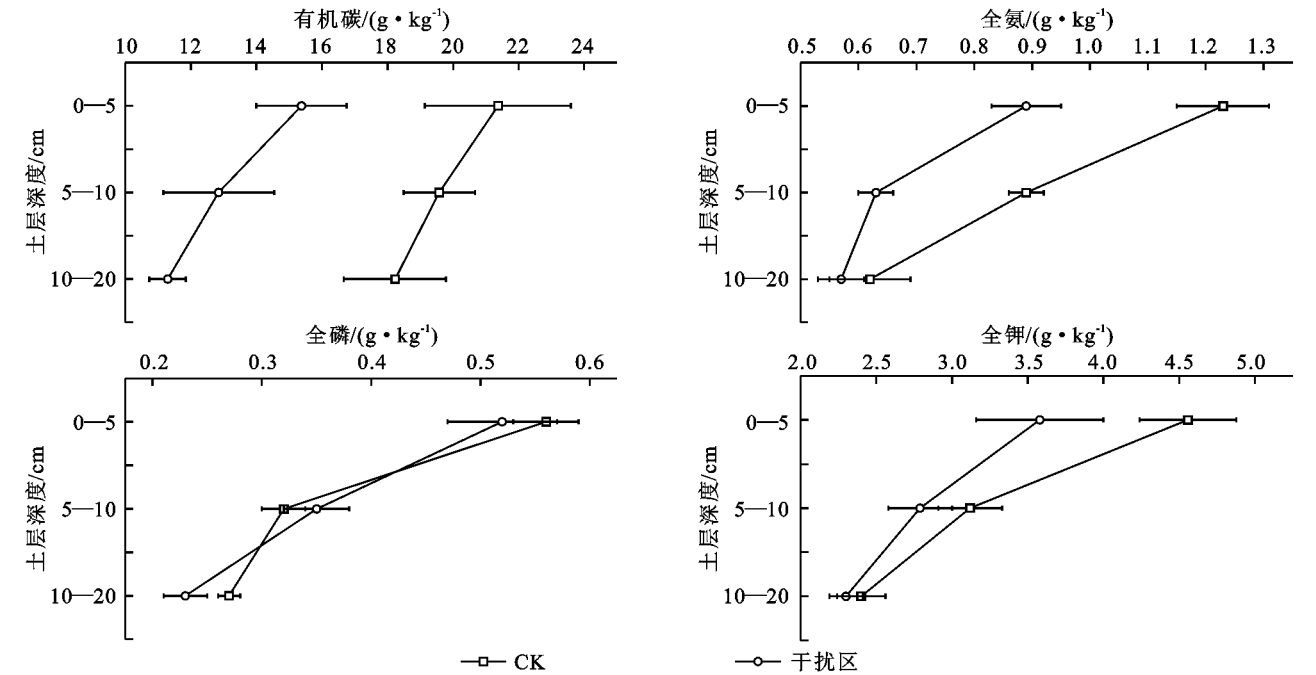


图 4 旅游活动对土壤养分垂直分布的影响

表 1 旅游干扰区和对照区土壤养分之间相关性

项目	<i>x</i>	<i>y</i>	拟合直线方程	<i>R</i> ²	Adjust <i>R</i> ²	<i>N</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
CK	有机碳	全氮	<i>y</i> =0.1940 <i>x</i> -2.9144	0.9998	0.8765	60	74.640	0.000**
	有机碳	全磷	<i>y</i> =0.0946 <i>x</i> -1.4821	0.9231	0.9013	60	99.189	0.000**
	有机碳	全钾	<i>y</i> =0.6941 <i>x</i> -10.332	0.9881	0.8245	60	74.640	0.002**
	全氮	全磷	<i>y</i> =0.4852 <i>x</i> -0.0598	0.9152	0.7367	60	86.663	0.000**
	全氮	全钾	<i>y</i> =3.5705 <i>x</i> +0.0990	0.9874	0.8015	60	62.325	0.000**
	全磷	全钾	<i>y</i> =6.9903 <i>x</i> +0.6840	0.9709	0.8231	60	92.456	0.000**
干扰区	有机碳	全氮	<i>y</i> =0.0808 <i>x</i> -0.3673	0.9560	0.7029	60	75.378	0.001**
	有机碳	全磷	<i>y</i> =0.0707 <i>x</i> -0.5649	0.9987	0.9043	60	68.562	0.000**
	有机碳	全钾	<i>y</i> =0.3137 <i>x</i> -1.2415	0.9161	0.8357	60	85.332	0.000**
	全氮	全磷	<i>y</i> =0.8306 <i>x</i> -0.2120	0.9402	0.7596	60	74.446	0.001**
	全氮	全钾	<i>y</i> =3.7120 <i>x</i> +0.3040	0.9558	0.8058	60	91.547	0.000**
	全磷	全钾	<i>y</i> =4.4294 <i>x</i> +1.2659	0.9988	0.8630	60	85.878	0.000**

注:*,** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上差异显著。

3 讨论与结论

物种多样性变化与生境紧密相关^[9-11],多样性是植物结构和功能复杂性度量的定量指标,表征着生态系统结构复杂性^[12-14]。通过比较旅游活动下植物多样性可知,旅游活动对香山公园草地生态环境影响显著,其中,游客活动降低了香山公园草地丰富度指数和多样性指数($p < 0.05$),但并没有影响均匀度指数和优势度指数($p < 0.05$)。旅游践踏导致土壤紧实,容重增大,影响到土壤微生物的活动和有机物分解。水分和一些营养物质难以从地表渗透到土壤深层,进而影响植物对养分的吸收,导致旅游活动区植被多样性指数降低。此外,旅游活动破坏了土壤胶体状况,降低了土壤的吸附作用,土壤保水功能减弱,含水量显著降低。旅游活动显著降低了土壤含水量($p < 0.05$),枯落物对土壤持水能力具有一定的影响,旅游活动严重降低了枯落物保水功能,显著降低了土壤含水量。由于香山公园未干扰区草地郁闭度较大,因此枯落物厚度较大,干扰区受游客踩踏等影响,枯落物厚度显著低于对照区。而土壤 pH 值在旅游活动下变化的主要原因,一是游客踩踏改变土壤理化性质;另一方面是由于土壤中垃圾成分侵入,干扰类型对土壤 pH 值的影响机制与影响效应均有所不同^[15-16]。

土壤养分能影响有效养分的供应能力^[17-18]。旅游引起的土壤压实及践踏等加剧了养分流失,最终将导致土壤结构性质的改变及土壤肥力的下降,并且也可能对植物的生长发育产生一定的负面影响,对旅游区的生态环境质量产生一定影响^[15-16]。本研究结果显示,干扰区土壤养分含量(除了全磷)均显著低于未干扰区($p < 0.05$),土壤全磷含量与对照区并没有达到显著差异水平($p > 0.05$),干扰区土壤有机碳、全氮、全磷和全钾较对照区分别下降了 39.06%, 39.54%, 15.17%, 38.76%;由此可知,旅游活动严重降低了香山公园草地土壤养分,但并没影响土壤全磷含量,主要是由于磷素是一种沉积性元素,由母质类型和成土条件决定,在土壤中的存在形式较稳定、不易流失^[19-20]。自然条件下地面草地残落物和根系是土壤养分的主要来源,旅游活动使枯枝落叶层和腐殖质层遭到破坏、植物根系和养分归还减少是造成土壤养分减少的重要原因^[21-22]。此外,不同干扰类型导致土壤化学性质的变化不同,而不同的土壤化学成分对干扰的响应也不同。从目前的研究成果来看,对旅游活动引起的土壤化学性质的变化尚无一致性的结论,这主要是由于目前对旅游活动下土壤系统的变化机制缺乏深入细致的探讨,而土壤理化性质的改变又与

外界及土壤系统内部多种因素相关联,在不同的干扰类型、干扰强度、不同环境条件及不同的土壤类型下会呈现出不同的变化^[23-24]。

本研究发现干扰区和对照区土壤养分垂直变化规律相一致,均随土层深度的增加而降低,5 cm 土层以下,旅游活动作用下土壤养分急剧下降,同层相比,土壤养分基本呈现出未干扰区 > 干扰区,并且二者的差距随土层深度的增加而降低,15 cm 土层以下,干扰区土壤养分基本与未干扰区达到一致,由此表明,旅游活动对土壤养分的影响主要集中在 0—5 cm 土层。本研究显示土壤有机碳与全氮间具有很强的相关性,由此可知有机碳的降低应该是导致土壤全氮含量下降的主要原因。此外,土壤中氮主要来源于生物固氮,嫌气固氮菌固氮量不到好气固氮菌的一半,旅游践踏引起土壤压实,土壤孔隙减少会导致氧缺乏,会在一定程度上影响好气固氮菌的数量,这也可能是土壤全氮含量变化的原因之一^[25-26]。相关性分析表明旅游活动区域和对照区域土壤养分之间均呈极显著线性正相关,说明了土壤系统内部因子处于动态变化和平衡中,草地多样性改变了土壤养分利用策略,在旅游活动下,他们作为相互作用和影响的有机整体表现出统一性和同步性,同时也表明旅游活动对土壤有一定影响,而此影响并没有改变土壤养分因子之间的互作效应。

就目前旅游生态影响研究结果看,旅游活动主要在较小的时空尺度上表现较为显著,仍然缺乏长期效应,因此这种效应是否能对生态环境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活动对生态环境的影响及其影响机制。依据目前旅游发展的态势,香山公园景区游客量仍持续增长,其资源开发利用强度将进一步加大,旅游活动强度和影响的空间范围也将随之扩大,势必导致生态影响效应进一步增加,而旅游活动对香山公园景区生态环境的影响阈值仍值得探索。

参考文献:

- [1] 王元胜,甘长青,周肖红. 香山公园古树名木地理信息系统的开发技术研究[J]. 北京林业大学学报, 2003, 25(2): 53-57.
- [2] 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.
- [3] Gössling S. Global environmental consequences of tourism[J]. Global environmental change, 2002, 12(4): 283-302.
- [4] Hunter C. Sustainable tourism and the touristic ecological footprint[J]. Environment, Development and Sustainability, 2002, 4(1): 7-20.
- [5] Gössling S, Hansson C B, Hörstmeier O, et al. Ecological

- footprint analysis as a tool to assess tourism sustainability[J]. *Ecological Economics*, 2002, 43(2):199-211.
- [6] Davenport J, Davenport J L. The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments: A review[J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2006, 67(1):280-292.
- [7] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [8] 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.
- [9] Miller A D, Roxburgh S H, Shea K. How frequency and intensity shape diversity-disturbance relationships[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2011, 108(14):5643-5648.
- [10] Biswas S R, Mallik A U. Disturbance effects on species diversity and functional diversity in riparian and upland plant communities[J]. *Ecology*, 2010, 91(1):28-35.
- [11] Hughes A R, Stachowicz J J. Seagrass genotypic diversity increases disturbance response via complementarity and dominance[J]. *Journal of Ecology*, 2011, 99(2):445-453.
- [12] Goebel N L, Edwards C A, Follows M J, et al. Modeled diversity effects on microbial ecosystem functions of primary production, nutrient uptake, and remineralization[J]. *Ecology*, 2014, 95(1):153-163.
- [13] Cadotte M W, Dinnage R, Tilman D. Phylogenetic diversity promotes ecosystem stability[J]. *Ecology*, 2012, 93(8):223-233.
- [14] Isbell F, Calcagno V, Hector A, et al. High plant diversity is needed to maintain ecosystem services[J]. *Nature*, 2011, 477(7363):199-202.
- [15] Newsome D, Moore S A. *Natural Area Tourism: Ecology, Impacts and Management* [M]. Channel View Publications, 2012.
- [16] Morugán-Coronado A, García-Orenes F, Mataix-Solera J, et al. Short-term effects of treated wastewater irrigation on Mediterranean calcareous soil[J]. *Soil and Tillage Research*, 2011, 112(1):18-26.
- [17] Katabuchi M, Kurokawa H, Davies S J, et al. Soil resource availability shapes community trait structure in a species-rich dipterocarp forest[J]. *Journal of Ecology*, 2012, 100(3):643-651.
- [18] Kroon H D, Hendriks M, Ruijven J V, et al. Root responses to nutrients and soil biota: drivers of species coexistence and ecosystem productivity[J]. *Journal of Ecology*, 2012, 100(1):6-15.
- [19] Childers D L, Corman J, Edwards M, et al. Sustainability challenges of phosphorus and food: Solutions from closing the human phosphorus cycle[J]. *BioScience*, 2011, 61(2):117-124.
- [20] Sattari S Z, Bouwman A F, Giller K E, et al. Residual soil phosphorus as the missing piece in the global phosphorus crisis puzzle[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2012, 109(16):6348-6353.
- [21] Matias L, Castro J, Zamora R. Soil-nutrient availability under a global-change scenario in a Mediterranean mountain ecosystem[J]. *Global Change Biology*, 2011, 17(4):1646-1657.
- [22] Vergutz L, Manzoni S, Porporato A, et al. Global resorption efficiencies and concentrations of carbon and nutrients in leaves of terrestrial plants[J]. *Ecological Monographs*, 2012, 82(2):205-220.
- [23] Jones Jr J B. *Plant Nutrition and Soil Fertility Manual* [M]. London: CRC press, 2012.
- [24] Lindquist J L, Evans S P, Shapiro C A, et al. Effect of nitrogen addition and weed interference on soil nitrogen and corn nitrogen nutrition[J]. *Weed Technology*, 2010, 24(1):50-58.
- [25] Xu X, Thornton P E, Post W M. A global analysis of soil microbial biomass carbon, nitrogen and phosphorus in terrestrial ecosystems[J]. *Global Ecology and Biogeography*, 2013, 22(6):737-749.
- [26] Melillo J M, Butler S, Johnson J, et al. Soil warming, carbon-nitrogen interactions, and forest carbon budgets[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2011, 108(23):9508-9512.