草原天路沿线生态环境对游客踩踏干扰的响应

魏红磊[1,2]，贾巨才[1,2]，李继峰[3]，李陇堂[4]，薛晨浩[5]，贾贺男[1]

（1.河北北方学院 法政学院，河北 张家口 075000；2.河北北方学院 生态建设与产业发展研究中心，河北 张家口 075000；3.河北师范大学 资源与环境科学学院，河北 石家庄 050024；4.宁夏大学 资源环境学院，宁夏 银川 750021；5.西北民族大学 管理学院，甘肃 兰州 730030）

摘　要：[目的] 研究沿线生态环境对游客踩踏干扰的响应，为其可持续发展和生态环境保护提供理论依据。[方法] 以河北省张家口市草原天路为例，采用既成事实法在草原天路沿线选取 3 条样带，分析其植被覆盖度减少率、植被高度降低率、土壤硬度、地表覆盖度响应指数的变化所反映的生态环境对踩踏干扰的响应。[结果] ①游客踩踏干扰范围遵循由游步道边缘向两侧递减的规律，但受自然风光和最佳拍照位置的影响，在山顶环形游憩带表现出不同强度的游客活动，反映在植被高度上差异较明显。②植被覆盖度呈现出由游步道边缘向两侧逐渐递增的关系。③土壤硬度整体上呈现出从游步道边缘向两侧递减的规律。④地表覆盖度响应指数整体上处于中等程度干扰。[结论] 未来草原天路旅游开发要从紧抓机遇创新绿色发展之路，加强管理构建生态文明景区和分流管控完善景区交通系统方面入手，切实做到旅游开发和生态保护协调发展。

关键词：草原天路；生态环境；踩踏干扰；植被；土壤硬度

文献标识码：A　　**文章编号**：1000-288X(2020)04-0053-07　　**中图分类号**：F590.3

文献参数：魏红磊，贾巨才，李继峰，等.草原天路沿线生态环境对游客踩踏干扰的响应[J].水土保持通报，2020，40(4)：53-59. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2020.04.008；Wei Honglei，Jia Jucai，Li Jifeng，et al. Response of ecological environment along grassland travel route to tourists' trampling disturbance [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation，2020，40(4)：53-59.

Response of Ecological Environment Along Grassland Travel Route to Tourists' Trampling Disturbance

Wei Honglei[1,2], Jia Jucai[1,2], Li Jifeng[3], Li Longtang[4], Xue Chenhao[5], Jia Henan[1]

(1. *School of Law and Politics, Hebei North University, Zhangjiakou, Hebei* 075000, *China*; 2. *Research Center for Ecological Construction and Industrial Development, Hebei North University, Zhangjiakou, Hebei* 075000, *China*; 3. *College of Resource and Environment Sciences, Hebei Normal University, Shijiazhuang, Hebei* 050024, *China*; 4. *School of Resources and Environment, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia* 750021, *China*; 5. *School of Administration, Northwest University for Nationalities, Lanzhou, Gansu* 730030, *China*)

Abstract: [Objective] The response of ecological environment to trampling disturbance by tourists was studied in order to provide theoretical support for sustainable tourism development and ecological environment protection. [Methods] Taking grassland travel route in Zhangjiakou, Hebei Province, as an example, three transects were selected along the grassland travel route , and the vegetation cover , vegetation height, soil hardness and surface coverage were analyzed to reflect the response of the ecological environment to the trampling disturbance. [Results] ① The disturbance decreased from the edge of the travel route to both sides. However, due to the natural scenery of scenic spots and the observation deck development, tourists' activities of different

收稿日期：2020-03-18　　**修回日期**：2020-05-04

资助项目：国家自然科学基金项目"宁夏沙漠型旅游景区旅游环境容量与预警系统研究"(41261026)；国家社会科学基金项目"人地耦合视角下京津冀生态涵养区生态环境适应性评价与社会力量参与治理研究"(19BSH077)；河北省高等学校人文社会科学研究项目"首都'两区'建设背景下冀西北生态旅游视觉景观质量评价与保护机制研究"(SQ201026)；张家口市科技局软科学项目"张家口地区旅游资源数量特征分析"(1711062I)；河北省创新能力提升计划项目(20557679D)

第一作者：魏红磊(1986—)，男(汉族)，河北省滦南县人，硕士，讲师，研究方向为生态旅游规划与区域经济开发。Email：530294108@qq.com。

通讯作者：贾巨才(1972—)，男(汉族)，河北省尚义县人，硕士，硕士生导师，教授，主要从事生态保护与思想政治教育研究。Email：275361530@qq.com。

intensities were found on the recreational belt around the top of the mountain, which were reflected in the differences in vegetation height. ② The vegetation coverage increased gradually from the edge of the footpath to both sides. ③ The soil hardness decreased from the edge of travel route to both sides. ④ The overall surface coverage was at a moderate level of disturbance. [Conclusion] In the future, the development of tourism in grassland travel route should be strengthened by grasping the opportunity to innovate the road of green development and to construct ecological civilized scenic spots, and divert and control the traffic system to improve the traffic of scenic spots, so as to achieve the coordinated development of tourism development and ecological protection.

Keywords: grassland travel route; ecological environment; trampling disturbance; vegetation; soil hardness

美好的环境是开展生态旅游的前提和基础。近年来随着生态旅游活动范围的扩大、内涵的拓展和强度的增加,对生态环境产生了深刻而强烈的影响。尤其是以欣赏和体验大自然为主要内容的生态旅游持续升温,越来越多的生态旅游形式在全国各地广泛开发,其所带来的生态环境保护、资源可持续发展和当地社区居民被社会性程度等问题日益显现。

旅游活动对生态环境的影响研究始于 20 世纪 20 年代末,美国学者 Meinecke[1] 研究了旅游活动对美国加利福尼亚州红杉树国家公园的影响。Bates[2] 的相关研究确定了旅游活动对土壤和植被研究理论和方法,为后续研究奠定了基础。从 20 世纪 60—70 年代开始,有关旅游踩踏对植被影响的研究逐渐增多,研究内容也逐渐深入,20 世纪 70 年代末,Cole[3-4] 建立了践踏试验的标准方法,构建了关于旅游活动和野外露营对山地型旅游区环境影响知识体系。Sun 和 Liddle[5-6] 以实地试验为基础发展和完善了旅游环境影响理论。Cole 和 Bayfield[7] 采用践踏试验(控制人类旅游活动行为)对比不同试验结果的差异。Waston[8] 在美国加利福尼亚对 the Sierra 和 Inyo 国家森林公园针对徒步旅行和骑马旅游活动环境影响进行集中试验研究,以此为基础提出了能够管理和预测旅游活动环境影响的动态计量模型。Liddle[9] 提出了旅游环境影响理论,认为生态系统对于人类活动的影响存在一定抗干扰能力,并具有一定恢复机制。我国有关旅游活动对植被的影响研究始于 20 世纪 80 年代初,刘儒渊、曾家琳[10] 对塔山国家公园的观测试验研究,形成了较为系统的研究成果。程占红、张金屯等[11] 对芦芽山自然保护区旅游活动对生态环境影响进行全面研究。席建超、胡传东等[12] 从生态系统响应和游客主观认知的双重视角,对六盘山旅游区旅游步道对人类旅游践踏干扰的响应进行了研究。武国柱[13] 基于既成事实法研究了六盘山生态旅游区旅游步道对践踏干扰的响应,以及基于模拟试验法研究了不同类型植被对践踏干扰的响应和典型植被对践踏干扰的敏感性。黄晓霞、张勇等[14] 以香格里拉高寒草甸为研究对象,结合野外踩踏模拟试验,分析了植物群落对踩踏干扰的响应规律及其耐踩踏能力和恢复力。李陇堂、薛晨浩等[15-16] 研究了旅游活动对沙漠生态环境的影响,沙漠型景区游步道沿线生态环境对踩踏干扰的响应以及基于模拟试验沙漠景区沙丘植被对游客踩踏干扰的响应研究。史坤博、王文瑞等[17] 通过样方调查法,采用因子比较、回归分析等方法分析了旅游活动对甘南桑科草原旅游点植被的影响程度。金亚征、郑志新等[18] 总结和分析了旅游活动对草原植被及土壤的影响。刘海、黄跃飞等[19] 运用空间信息技术方法研究了旅游活动对庐山景区植被变化的影响。丁翊羽[20] 研究了旅游活动对额济纳胡杨林保护区植物群落的影响。范宝祥、周忠发等以绥阳大风洞为例研究了短时间高强度旅游活动下洞穴空气环境变化特征及其影响因素分析[21]。

综上,目前的相关研究主要集中于自然型旅游景区,对于长线型自驾游旅游区的研究不多。本文研究区域选择在河北省张家口市草原天路东线,通过既成事实研究法,对草原天路游步道沿线植被的高度、覆盖度和土壤硬度等指标进行观测,并结合位置微博数据分析,评价目前旅游活动对于生态环境的干扰程度,根据分析结果提出适合草原天路旅游发展的建议,促进旅游开发与生态环境保护协调发展。

1 研究区概况及研究方法

2022 年冬奥会的举办地、可再生能源应用综合创新示范特区和首都“两区”的功能定位三大历史机遇齐聚张家口市,使之成为了区域重要的旅游目的地。张家口草原旅游资源丰富而典型,以草原天路、张北中都草原度假区、蔚县空中草原和沽源五花草甸为代表的草原型旅游区是京津冀乃至全国重要的旅游目的地。

1.1 研究区概况

本研究以张家口市草原天路东线为研究区。草原天路东线西起张北的野狐岭,东至崇礼的桦皮岭,

沿线分布着古长城遗址、桦皮岭、野狐岭、张北草原等众多人文、生态和地质旅游资源,是京津冀地区乃至全国知名的自驾游旅游目的地。草原天路地处蒙古高原与华北平原的过渡地带,受区域地理位置和地形的影响,气候类型表现为温带大陆性季风气候和寒温带大陆性季风气候。草原天路张北段地势平坦,草原广阔,海拔在 1 300～1 600 m,夏季平均气温 18 ℃,空气中负氧离子浓度达 3 000～6 000 个/cm^3,是消夏避暑、草原自驾的理想之地。草原天路的旅游热吸引了大量的客流,仅 2016 年张北中都草原音乐节期间(3 d)接待人数达 35 万人次,自驾车超 10 万辆。如此巨大的游客量持续涌入给景区生态环境、草原保护以及游客旅游的心理体验都带来了极大的影响,随着旅游活动强度的持续加深,也必将会对草原环境产生严重的破坏。

1.2　研究方法

根据张家口草原天路旅游资源的特性以及近年来游客量的分布情况,张家口草原旅游旺季为 7—9 月份,进入 9 月下旬以后,由于植被和气候的变化,游客量大量减少,主要集中为当地游客的随机出行。道路调查研究选在 2017 年 8 月,此时正处于学生放暑假期间,以家庭出行为主的自驾游市场火热,此时也是张家口草原旅游的黄金时期,旅游活动对环境的瞬时压力也正处在一个高值段。

1.2.1　*调查点选择*　依据草原生物调查样地选择的代表性、典型性、均匀性和机制稳定性等原则[15-16],本研究的调查选在草原天路沿线游客活动强度大的区域。综合考虑数据的可获取性、旅游活动的强度和实地情况,研究选取了 3 个调查点,设计了 3 条样带。样带 1 位于 41.03°N,114.8°E,海拔 1 595 m,是游客经常停留的地点,道路西北侧是停车场、跑马场、摩托车场和纪念品售卖场地等组成的一个混合功能区域,距离公路 10 m 之内植被全被破坏。路的东南侧 2 m 处有铁丝网把沿线生态环境和游客隔开,但是因为紧邻古长城遗址,很多游客越过铁丝网站在古长城遗址上拍照,使得铁丝网栅栏形同虚设。样带 2 和样带 3 位于经度 115°E,纬度 41.13°N,样带 2 位于坡脚,坡度 9°,样带 3 在临近坡顶,坡度 12°,可以俯瞰梯田景观、地貌景观,游客经常驻足于此观赏自然美景、拍照留念,旅游活动的强度较高。样带的具体位置如图 1 所示。

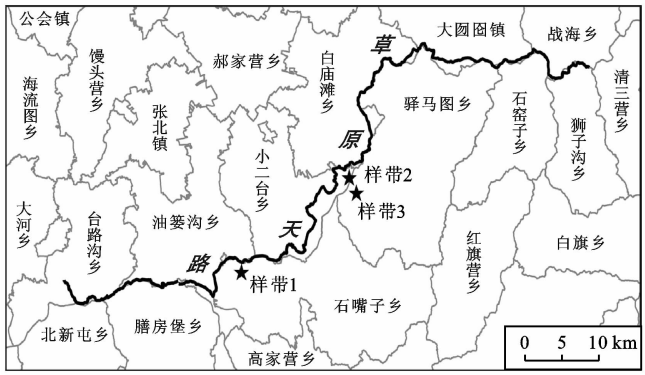


图 1　草原天路调查样带位置

样带 1 由于西北侧 10 m 以内植被全被破坏,形成了裸露的地表用于旅游经营活动,所以样带 1 只做了 1 侧的数据采集,以道路为中心,从距离道路 2 m 的铁丝栅栏为始,向东南侧延伸,设立 5 个 0.5 m×0.5 m 的样方,在样区 5 m 外游客未影响或影响极小的区域设置 1 个 0.5 m×0.5 m 的对照样方(如图 2 所示)。

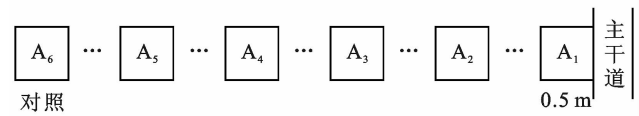


图 2　调查样区样带 1 设计

样带 2 和 3 位于同一个斜坡的坡脚和坡中。在调查样区以游步道为中心,以游步道边缘为始,向两侧分别设置 5 处 0.5 m×0.5 m 对照样方,每个样方间隔 1 m,分别沿着等高线在每条样带边缘 6.5 m 外没有受游客影响或极少影响的同质区域设置 1 个 0.5 m×0.5 m的对照样方(如图 3 所示)。

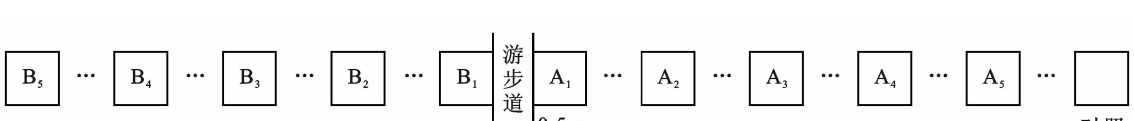


图 3　调查样区样带 2,3 设计

1.2.2　*评价指标选择及评价方法*　采用既成事实分析法,分别记录样区内的植物种类、植被高度等观测结果,使用微型贯入仪测量土壤硬度值。通过受干扰样区和未受干扰样区的对比,分析各样区内植被—土

壤遭受干扰后的响应程度。

①植被覆盖度。使用 Colet[22] 提出的植被覆盖度减少率(cover reduction，CR，%)以及植被变异度(floristic dissimilarity，FD，%)参数来计算植被覆盖度及种类干扰指数。

$$CR=(C_2-C_1)\times 100/C_2 \quad (1)$$

式中：C_1 为受干扰样区的植被覆盖度；C_2 为未受干扰对照样区的植被覆盖度。

$$FD=\sum_{i=1}^{n} | P_{i1}-P_{i2} | /2 \quad (2)$$

式中：P_{i1} 为某种植物 i 在受影响区的数量；P_{i2} 为该种植物在未受影响样区的数量。

数据获取方法为使用佳能(Canon)EOS70D 高清相机对样带 1,2,3 的每个样方进行拍照，拍照者始终保持正向下垂直拍照，以便获取最准确的数据，筛选合格的照片，借助于北京师范大学开发的 DPVC 软件(数码照片植被覆盖度测算系统软件)，对样方进行 5 次植被覆盖度的测算，取平均值，最终得出各样方植被覆盖度。

②植被高度降低率。其计算公式为：

$$HR=(H_2-H_1)\times 100/H_2 \quad (3)$$

式中：H_1 为所测样区内植物平均高度；H_2 为未受干扰对照区植被平均高度。

数据获取方法为通过测量选区内四角和中间 5 个位置的植被高度，计算 5 个测点的平均数确定选区的植被高度，通过样带各选区的植被高度分析生态环境对于游客的旅游活动在植被高度上的响应情况。

③土壤硬度值。使用微型贯入仪(mini penetrometer，MPT)测量土壤硬度值。在选区内选择 5 个测点测量土壤硬度，通过取平均值方法计算土壤硬度变化情况。

④地表覆盖度响应指数。综合调查样区 CR，FD 与 HR 三项地表干扰效应指标加以平均，得出各样区综合响应程度：

$$ILCI=| CF+FD+HR | /3 \quad (4)$$

按照地表响应程度，将草原天路沿线游客活动对于地表影响程度的级别进行划分，结果详见表 1。

表 1 地表响应程度划分标准

干扰等级	ILCI 值	干扰程度
1 级	<20%	轻微
2 级	21%～40%	较轻微
3 级	41%～60%	中等
4 级	61%～80%	严重
5 级	>80%	极为严重

2 结果与分析

2.1 踩踏干扰效应

2.1.1 踩踏干扰范围比较 草原天路沿线踩踏干扰范围遵循由步道边缘向两侧递减的规律。从图 4 样区植被高度变化趋势图中可看出，样带 1 的植被平均高度整体呈现出越近游步道，植被平均高度越低的变化规律。样带 2,3 处于同一斜坡的不同高度，受坡度和地形的影响，植被平均高度由对照—A_1、对照—B_1 整体表现出趋同性的递减规律。在 A_1，B_1 点位上植被平均高度最低，是因为紧邻通往山顶的游步道两侧游客量大、活动强度高，踩踏现象比较明显，对生态环境的响应比较强烈。同时，围绕山顶形成了环形的活动路线，但由于山顶南侧有优美的自然地质风光和合影留念的最佳位置，导致了山顶南部游客量活动比较密集，反映出 A_1—A_5 侧植被平均高度要高于 B_1—B_5 侧(表 2)。

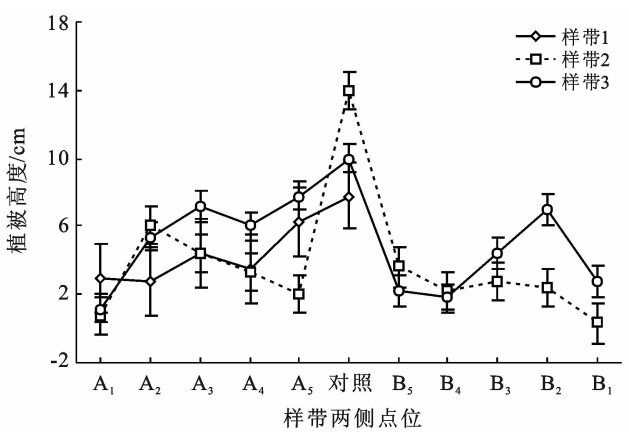


图 4 各样带植被高度变化趋势

表 2 各样带平均植被高度数据 cm

样带	样带两侧点位										
	B_5	B_4	B_3	B_2	B_1	对照	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
样带 1	—	—	—	—	—	7.8	3	2.7	4.4	3.5	6.2
样带 2	3.6	2.2	2.8	2.4	0.3	14.0	0.8	6.1	4.4	3.3	2.0
样带 3	2.8	7.0	4.4	1.8	2.0	10.0	1.2	5.4	7.2	6.0	7.8

从图 5 植被覆盖度变化趋势图中可看出，植被覆盖度在同一条样带中呈现出由游步道边缘向两侧逐渐递增的关系。样带 1 由游步道边缘向 A_1—A_5 方向逐渐递增，表现出旅游活动在游步道两侧表现剧烈，

越深入,旅游活动的响应越小,植被覆盖度越大。样带 2,3 植被覆盖度整体表现出由游步道向两侧递增趋势,但局部样带 3 在 B_1—B_4 呈现出下降趋势,是因为样带 3 位于坡中,邻近坡顶,游客从游步道向山顶游览过程中倾向于向南侧景观好的地方移动,B_1—B_5 侧位于反方向,故在坡中位置游客对 B_1—B_5 侧影响较小(表 3)。

表 3　样区平均植被覆盖度数据　　%

样 带	样带两侧点位										
	B_5	B_4	B_3	B_2	B_1	对照	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
样带 1	—	—	—	—	—	51.94	42.64	37.62	45.80	51.49	50.67
样带 2	46.04	57.33	44.38	34.71	41.47	54.54	36.54	58.05	53.38	43.63	52.08
样带 3	62.94	55.86	52.15	45.15	48.32	61.46	47.09	52.77	56.81	44.79	53.79

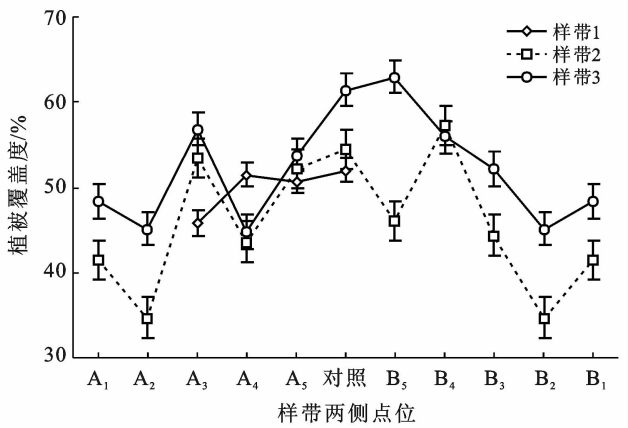


图 5　各样带植被覆盖度趋势变化

2.1.2　*踩踏干扰土壤硬度变化效应*　样带 1(古长城遗址附近):在草原天路主干道的东侧,西侧为停车场、纪念品售卖场地、跑马场和摩托车场,是景区自驾游客经常停留游憩观光的场地,又因紧邻古长城遗址,游客经常翻越低矮的围栏,走近古长城遗址观光拍照,踩踏了植被,表现在土壤硬度变化上呈现出由 A_1—A_5 方向逐渐递减的规律,说明游客活动对于土壤硬度有较强的影响(见图 6)。

样带 2,3 位于同一斜坡的不同位置,土壤硬度值呈现出从游步道边缘向两侧递减规律,样带 2,3 的 B_2 样区由于土壤性质呈现出特殊性。样带 2 中 A_1 样区较对照样区土壤硬度值相差不多,样带 3 中 A_1,B_1 样区较对照样区高了近 2 倍,是因为样带二位于坡脚位置,游客活动强度较小,活动的影响范围小,样带 3 位于临近坡顶位置,坡顶是游客俯瞰自然风光、拍照留念的绝佳场所,游客在坡顶位置的活动强度大,范围广,人流量密集,导致了土壤硬度值较大。同时,在样带 3 位置的 A_1—A_5 侧比 B_1—B_5 侧土壤硬度变化程度剧烈,说明 A_1—A_5 侧由于自然景观好吸引游客量大,旅游活动强烈(表 4)。

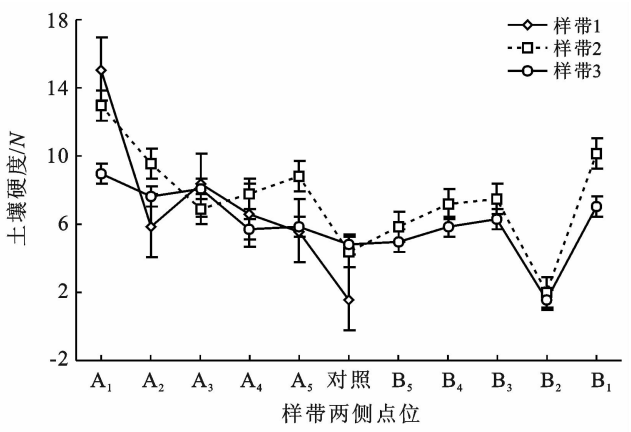


图 6　各样带土壤硬度变化趋势

表 4　各样带土壤硬度值数据

样带 1	测头规格	硬度值/N	样带 2	测头规格	硬度值/N	样带 3	测头规格	硬度值/N
A_1	30°锥尖	15.08	A_1	30°锥尖	13.01	A_1	30°锥尖	9.02
A_2	30°锥尖	5.91	A_2	30°锥尖	9.55	A_2	30°锥尖	7.69
A_3	30°锥尖	8.30	A_3	30°锥尖	6.84	A_3	30°锥尖	8.06
A_4	30°锥尖	6.52	A_4	30°锥尖	7.82	A_4	30°锥尖	5.72
A_5	30°锥尖	5.59	A_5	30°锥尖	8.8	A_5	30°锥尖	5.83
A_6	1.5 m^2 圆柱	1.60	A_6	30°锥尖	4.39	A_6	30°锥尖	4.87
			B_1	30°锥尖	10.21	B_1	30°锥尖	7.10
			B_2	1.5 m^2 圆柱	2.06	B_2	1.5 m^2 圆柱	1.54
			B_3	30°锥尖	7.55	B_3	30°锥尖	6.33
			B_4	30°锥尖	7.13	B_4	30°锥尖	5.85
			B_5	30°锥尖	5.85	B_5	30°锥尖	5.03

2.1.3 踩踏干扰效应程度分析 由表 5 可以看出，草原天路沿线各样带 1—6.5 m 范围内干扰变量 HR，CR 和 FD 的梯度变化情况。结合表 6 可以得出，各样带地表覆盖度响应指数(ILCI)整体趋势差异不大，样带 1 地表覆盖度响应指数平均值为 42.17%，属于中等程度干扰，而且呈现出了由游步道向一侧递减的规律。

样带 2，3 游步道 1 m 范围内影响较大，属于中等程度干扰，整体呈现出由游步道向两侧递减的规律，变化的趋势表现出了趋同性。

表 5 各样带 1～6.5 m 范围内干扰变量的梯度变化 %

指标	样带	样带两侧点位									
		B_5	B_4	B_3	B_2	B_1	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
植被高度降低率(HR)	样带 1	—	—	—	—	—	61.5	65.3	43.5	55.1	20.5
	样带 2	74.3	84.3	79.9	83.1	97.9	94	56.4	68.6	76.4	85.7
	样带 3	72	30	56	82	80	88	46	28	40	22
植被覆盖度减少率(CR)	样带 1	—	—	—	—	—	17.9	27.6	11.8	0.9	2.4
	样带 2	15.6	−2.79	18.6	36.4	24.0	33.0	−3.51	2.1	20.0	4.5
	样带 3	−1.48	9.1	15.1	26.5	20.3	23.4	14.1	7.6	27.1	12.5
植被变异度(FD)	样带 1	—	—	—	—	—	54	74	71	67	60
	样带 2	21	32	23	47.5	22	30.5	31	50.5	27	45
	样带 3	25	18.5	25	24	31.5	38	30	24.5	24	19.5

表 6 各样带地表覆盖度响应指数(ILCI) %

样带	样带两侧点位									
	B_5	B_4	B_3	B_2	B_1	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
样带 1	—	—	—	—	—	44.47^c	55.63^c	42.10^c	41.00^c	27.63^b
样带 2	36.97^b	37.84^b	40.50^c	55.67^c	47.97^c	52.50^c	27.96^b	40.40^c	41.13^c	45.07^c
样带 3	31.84^b	19.20^a	32.03^b	44.17^c	43.93^c	49.80^c	30.03^b	20.03^b	30.37^b	18.00^a

注：a 代表 1 级；b 代表 2 级；c 代表 3 级；d 代表 4 级；e 代表 5 级。

2.2 位置微博数据分析和试验分析的相关性

编写程序通过新浪微博接口(购买的商业接口)获取 2012—2017 年草原天路游览线路及两侧的新浪微博位置数据(见图 7)，经分析可知在草原天路东线的起点路段和终点路段，游客发送的位置微博数量较多，不仅集中在草原天路游览线路上，而且在草原天路两侧分布范围较广；从草原天路东线起点及终点到中间路段，位置微博数量逐渐减小，且多集中在草原天路游览线路上。

游客对草原天路东线的游览多从京石高速野狐岭入口进入景区，从桦皮岭出口离开，在刚进入草原天路景区时，游客对于草原天路景观感知较为强烈，游客不仅关注于线路上的景观，同时较多游客对于线路两侧的景观也有较强的关注度，游客的游览行为不仅局限在线路之上，线路两侧也是游客经常停留的地点，游客在这一路段线路两侧的活动空间较广，对线路两侧生态环境的影响较为剧烈。随着游览行为在线性单元上的进行，线路两侧的景观对游客的刺激降低，游客则对线路两侧景观感知减弱，减少了在线路两侧的停留。

本文的调查点选在了草原天路的前半程。从图 7 中，可看出调查点位于游客活动量较大的区域，调查点具有典型性。

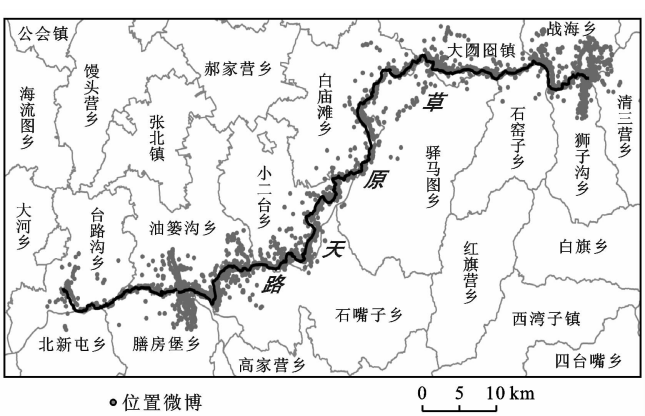


图 7 2012—2017 年草原天路沿线位置微博分布

3 结论与建议

3.1 结 论

(1) 草原天路沿线自然景观对于旅游活动的干扰反映比较强烈，主要集中在植物种群变化及土壤硬

度变化上,尤其是植被高度的变化,对于游客的旅游体验影响较大。

(2) 草原天路沿线游步道两侧旅游活动对于环境的响应也遵循着游步道向两侧逐渐递减的总趋势,但受自然景观的影响,在山体两侧影响程度差异较明显,在自然景观较好的一侧人类活动密集,对环境的影响也较大。

(3) 草原天路旅游活动对于生态环境的响应还处于中等干扰程度,但是在近游步道两侧位置,干扰程度已接近中等程度的极限,随着时间的变化和游客量的增多,影响程度有加剧的趋势。

(4) 结合 2012—2017 年微博位置数据分析显示在草原天路的起点路段和终点路段,游客发送的位置微博数量较多,不仅集中在草原天路游览线路上,而且在草原天路两侧分布范围较广。

3.2　建 议

(1) 抓住机遇,创新绿色发展之路。2018 年 11 月,河北省构建了“一圈、两翼、五带、多点”的全域旅游发展新格局,张家口作为五带之一的坝上草原旅游带,要依托坝上地区独具竞争优势的生态环境和优美的森林草原景观,整合提升“国家一号风景道”和“草原天路”旅游产品体系,大力发展生态旅游。2019 年 7 月,确定了张家口首都水源涵养功能区和生态环境支撑区得功能定位,促使张家口要走生态兴市、生态强市的绿色发展道路。加上 2022 年北京联合张家口举办冬奥会、可再生能源应用综合创新示范特区等历史机遇齐聚张家口,使之成为了区域重要的旅游目的地。面对难得的发展机遇,当地政府应该积极作为,以绿色发展理念为指导,做强做精做好草原天路这张旅游名牌,大力发展生态旅游,促进旅游开发与环境保护协调发展。

(2) 加强管理,构建生态文明景区。近年来由于大量游客纷至沓来,出现了随处停车导致道路拥堵严重、乱扔垃圾、随意踩踏庄稼、随意毁坏树木等不文明现象,严重影响了游客的旅游体验,景区如何有效引导是保护的关键。作为长线型旅游景区,草原天路应该以构建生态旅游景区为目标,凸显生态旅游景区的环境教育功能,做好旅游导引规划,构建游客流量监控体系,加强景区的管理,构建生态文明旅游区。

(3) 分流管控,完善景区交通系统。通过完善景区内交通系统,在草原天路沿线分段合理设置游览区域,搭建生态观景平台,减少游客下车的频次,以此减少旅游活动对生态环境的干扰。此外,积极开发智慧旅游系统,对草原天路高峰时段进行流量实时监测,通过分流管控缓解景区的旅游压力。

[参 考 文 献]

[1] Meinecke E P. A Report on the Effect of Excessive Tourist Travel on the California Redwood Parks [M]. Sacramento, CA: California State Printing Office, 1928.

[2] Bates G H. The Vegetation of Footpaths, Sidewalks, Cart-Tracks and Gateways [J]. Journal of Ecology, 1935,23(2):470-487.

[3] Cole D N. Estimating the susceptibility of wildland vegetation to trailside alteration [J]. Journal of Applied Ecology, 1978,15(1):281.

[4] Cole D N. Disturbance and recovery of trampled montana grassland and forests in Montana [C]. Ogden, Utah: USDA Forest Service, 1988.

[5] Sun D. Trampling resistance, recovery and growth rate of eight plant species [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 1992,38(4):265-273.

[6] Sun D, Liddle M J. Field occurrence, recovery, and simulated trampling resistance and recovery of two grasses [J]. Biological Conservation, 1991,57(2):187-203.

[7] Cole D N, Bayfield N G. Recreational trampling of vegetation standard experimental procedures [J]. Biological Conservation, 1993,63(3):209-215.

[8] Waston A E, Niccolucci M J, Williams D R. Hikers and recreational stock users: Predicting and managing recreation conflicts in three wildernesses [C]. USDA Forest Service Intermountain Research Station, 1993.

[9] Liddle M J. Recreation and the environment: The ecology of recreation impacts(section 2): Vegetation and wear [R]. Australia, Griffith University, Brisbane: School of Australian Environmental Studies, Working Paper, 1988.

[10] 刘儒渊,曾家琳. 登山步道游憩冲击之长期监测:以玉山国家公园塔塔加步道为例[J]. 资源科学,2006,28(3):120-127.

[11] 程占红,张金屯,上官铁梁,等. 芦芽山自然保护区旅游开发与植被环境的关系(Ⅰ):植被环境质量分析[J]. 生态学报. 2002,2(10):1765-1773.

[12] 席建超,胡传东,武国柱,等. 六盘山生态旅游区旅游步道对人类践踏干扰的响应研究[J]. 自然资源学报. 2008,23(2):274-284.

[13] 武国柱. 六盘山生态旅游区核心景区对人类旅游践踏干扰的响应研究[D]. 陕西 杨凌:西北农林科技大学,2009.

[14] 黄晓霞,张勇,和克俭,等. 高寒草甸对旅游踩踏的抗干扰响应能力[J]. 草业学报,2014,23(2):333-339.

(下转第 66 页)

报,2014,23(6):938-944.

[13] 孟好军,张宏斌,徐柏林,等.祁连山区造林地封育效果的研究[J].中南林业科技大学学报,2013,33(12):22-26.

[14] 索学民,温源,呼海林.祁连山浅山区不同立地因子对造林成活率和林木生长量的影响[J].防护林科技,2016(5):46-48.

[15] 孟好军,刘贤德,张宏斌,等.祁连山人工林凋落物和土壤水分特性的研究[J].中南林业科技大学学报,2013,33(2):11-15.

[16] 王红义.祁连山浅山区沙棘人工林调节水分作用研究[J].防护林科技,2013(6):10-12.

[17] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2005.

[18] 王英俊.生草对渭北苹果园土壤团聚体及其有机 C∶N 的影响[D].陕西 杨凌:西北农林科技大学,2013.

[19] 王进,刘子琦,鲍恩俣,等.喀斯特石漠化区林草恢复对土壤团聚体及其有机碳含量的影响[J].水土保持学报,2019,33(6):249-256.

[20] 陆琪,马红彬,俞鸿千,等.轮牧方式对荒漠草原土壤团聚体及有机碳特征的影响[J].应用生态学报,2019,30(9):3028-3038.

[21] 徐爽.化学物质对土壤团聚体稳定性及其它物理性状的影响[D].陕西 杨凌:西北农林科技大学,2015.

[22] 赵富王,王宁,苏雪萌,等.黄土丘陵区主要植物根系对土壤有机质和团聚体的影响[J].水土保持学报,2019,33(5):105-113.

[23] 高英志,韩兴国,汪诗平.放牧对草原土壤的影响[J].生态学报,2004,24(4):790-797.

[24] 郑子成,王永东,李廷轩,等.退耕对土壤团聚体稳定性及有机碳分布的影响[J].自然资源学报,2011,26(1):119-127.

[25] 段亚锋,王克林,冯达,等.典型喀斯特小流域土壤有机碳和全氮空间格局变化及其对退耕还林还草的响应[J].生态学报,2018,38(5):1560-1568.

[26] 宋莉群,王义东,李冬初,等.长期退耕对红壤团聚体碳氮磷生态化学计量特征的影响[J].生态学杂志,2019,38(6):1707-1715.

[27] 魏朝富,谢德体,李保国.土壤有机无机复合体的研究进展[J].地球科学进展,2003,18(2):221-227.

[28] 史薪钰,陈梦华,齐国辉,等.片麻岩山地土壤团聚体分布及养分特征[J].水土保持学报,2015,29(5):172-175.

(上接第 59 页)

[15] 李陇堂,薛晨浩,张至楠.沙漠型景区游步道沿线生态环境对踩踏干扰的响应[J].中国沙漠,2015,35(4):1048-1056.

[16] 李陇堂,薛晨浩,魏红磊.基于模拟试验沙漠景区沙丘植被对游客踩踏干扰的响应研究[J].干旱区资源与环境,2015,29(9):113-118.

[17] 史坤博,王文瑞,杨永春,等.旅游活动对甘南草原植被的影响:以桑科草原旅游点为例[J].干旱区研究,2015,32(6):1220-1228.

[18] 金亚征,郑志新,常美花,等.旅游活动对草原植被、土壤环境的影响及控制对策[J].草业科学,2017,34(2):310-320.

[19] 刘海,黄跃飞,朱运海.旅游活动对庐山景区植被变化的影响:基于空间信息技术方法[J].华中师范大学学报(自然科学版),2019,53(3):425-432.

[20] 丁翊羽.旅游活动对额济纳胡杨林保护区植物群落的影响[D].北京:北京林业大学,2019.

[21] 范宝祥,周忠发,薛冰清,等.短时间高强度旅游活动下洞穴空气环境变化特征及其影响因素分析:以绥阳大风洞为例[J].地球与环境,2020,48(1):46-57.

[22] Cole D N. Ecological Impacts of Wilderness Recreation and Their Management [M]// Hendee J C, Stankey G H, Lucas R C. Wilderness Management, 1990.