

旅游扰动对草原植被及土壤的影响

王雪超¹,刘艳萍²,高永¹,刘吉德¹,杨锋¹

(1. 内蒙古农业大学沙漠治理学院,内蒙古 呼和浩特 010020; 2. 水利部牧区水利科学研究所,内蒙古 呼和浩特 010020)

摘要:随着国民经济水平的不断提高,草原旅游业得到迅速发展,已经具有普遍性和广泛性。以希拉穆仁草原为例,结合景区开发利用状况,分析不同旅游扰动等级对植物及土壤理化性质的影响。结果表明:旅游干扰会不同程度降低草原植物丰富度和地上生物量,而多样性指数和均匀度指数会提高。随着旅游干扰强度增加,土壤容重、紧实度会逐渐增加,含水量逐渐降低;土壤有机质、全氮、全磷、全钾含量也呈递减趋势。土壤含水量与紧实度呈极显著负相关关系($P>0.01$),与全效钾、全效磷、有机质含量、丰富度呈极显著正相关关系($P<0.01$)。

关键词:草原旅游;希拉穆仁草原;植物多样性;土壤性质

中图分类号:S812 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2021)06-0127-06

DOI: 10.13817/j.cnki.cyyep.2021.05.018



随着国民经济水平的不断提高,草原旅游业得到迅速发展。草原旅游业依赖于草原和草原生态环境,是一种新的旅游类型及草地利用方式^[1]。草原生态系统是陆地生态系统中最重要、分布最广泛的组成部分,占我国国土面积的 $2/5$ ^[2-3]。内蒙古草原总面积近 0.87 亿 hm^2 ,不仅是我国最重要的畜牧业生产基地,还具有独特的人文、自然和社会景观^[4-5],同时对全球气候变化也有一定影响^[6]。草原旅游业的发展对草原生态环境有强烈的依赖性,探究旅游扰动对环境造成的影响,已经成为生态学、环境科学及旅游管理学领域的研究热点。发展旅游业应在资源环境和经济利益中寻找平衡点,保证旅游扰动强度在草原生态系统可调节能力范围内。最早开始研究旅游扰动对环境产生不良

影响的是国外学者,在20世纪20年代对加州红杉公园进行了研究^[7],而我国是在20世纪90年代才开始研究旅游扰动对植被及土壤的影响,但主要的研究内容是土壤的物理性质^[8-10]。还有许多学者以不同的景区为例,研究旅游扰动对植被及土壤造成的影响^[11-14]。希拉穆仁草原旅游旺季为每年的7月到10月初,旅游对草地的主要扰动是以人类踩踏与汽车碾压为主,人类活动基本是沿道路及道路两侧向外辐射。土壤是地球表层重要的组成成分,土壤质量下降会引起草地生产力下降、草地覆盖度下降等一系列生态问题。基于此,本研究以希拉穆仁草原为例,探究旅游扰动对草原旅游区植被及土壤的影响,为旅游区的管理、保护提供理论依据,实现人与自然和谐发展。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

研究区位于内蒙古高原中部地带达尔罕茂明安联合旗东南部希拉穆仁草原旅游区($E 111^{\circ}13'39''$, $N 41^{\circ}21'1''$),该区域为低山丘陵区,地形低缓起伏,平均海拔 1600 m。气候类型为中温带半干旱大陆性气候,平均降水量 279.40 mm,降水主要集中在7~9月。年平均风速 4.50 m/s,年大风日数 63 d,风沙天气主要集中在春冬两季,风向以西北风和北风为主。地带性植

收稿日期:2020-10-14; 修回日期:2020-11-20

基金项目:内蒙古自治区科技重大专项资金项目“重点区域荒漠化过程与生态修复研究示范”(zdzx2018058)

作者简介:王雪超(1997-),男,内蒙古通辽市人,硕士研究生。

E-mail:369372196@qq.com

高永为通信作者。

E-mail:13948815709@163.com

被建群种植物为克氏针茅(*Stipa krylovii*),其他植物种有阿尔泰狗娃花(*Heteropappus altaicus*)、蒙古韭(*Allium mongolicum*)、银灰旋花(*Convolvulus ammannii*)、糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa*)、冷蒿(*Artemisia frigida*)、羊草(*Leymus chinensis*)、扁蓿豆(*Medicago ruthenica*)、黄芪(*Astragalus mongholicus*)等多年生旱生草本植物。

1.2 研究方法

通过现场走访及踏查,依据游客在旅游区内涉足范围和活动频率,根据距离旅游道路的远近,以旅游景点为中心,以 100 m 为内径、200 m 为外径向外辐射成圆环,在圆环内选择一条旅游主道路,在内环和外环内沿旅游道路垂直方向将旅游干扰划分为以下几个等级:重度干扰区(High disturbance),紧挨旅游道路,距离道路 0~20 m,有明显的活动足迹,污染物较多;中度干扰区(Moderate disturbance),距离旅游道路较近,距离线路 30~50 m,有少量旅游活动足迹,污染物较少;轻度干扰区(Light disturbance),远离旅游线路,距离线路 60~80 m,偶有游人进入,污染物极少。对照区(Non-disturbance, CK),设置在超出道路 200 m 半径、超过旅游线路 80 m,几乎没有游人活动的区域。在不同旅游干扰等级划分区内设置 5 m×5 m 的标准样地,每个标准样地设置 3 个重复样地,在每个样地内随机布设 5 个点,用环刀法取表层土测定土壤容重及含水量,再分别取 500 g 0~10 cm 土层土样,将土样混合均匀后,用四分法取 1 kg 装入密封袋,带回实验室测定养分指标。在 5 m×5 m 的标准样地内按照“S”型设定 3 个 1 m×1 m 的样方,3 次重复,调查植物群落组成、植物高度、频度以及盖度。采用“收获法”齐地面刈割地上植物,测定生物量。称得植物鲜重后放置于烘箱,将烘箱调至 75 °C 烘干,计算植物多样性指数和均匀度指数^[13]。

Patrick 丰富度指数:

$$Pa = S$$

Shannon-Wiener 多样性指数:

$$H = - \sum P_i \ln P_i$$

Pielou 均匀度指数:

$$Jp = - \sum P_i \ln P_i / \ln S$$

式中:Pa 为丰富度指数;S 为样方内物种数目;H 为多样性指数;P_i 为样方内物种的相对重要值(相对盖度+相对高度+相对多度)/3。

土壤含水量采用烘干法;土壤容重采用环刀法;土壤全氮采用半微量凯氏定氮法;土壤全磷采用酸溶—钼锑抗比色法;土壤全钾采用氢氟酸—高氯酸消煮法;土壤有机质采用重铬酸钾氧化法测定。



图 1 研究样地取样示意图

Fig. 1 The schematic diagram showing the sampling plots

注:该图像来自于谷歌地图。蓝色圆环为取样边界,蓝色线段为取样路径,红色柱头为旅游区中心。将 100m 半径内样地名称简称为 1 重、1 中、1 轻;200 m 半径内样地名称简称为 2 重、2 中、2 轻;对照区域称为 CK

1.3 数据处理

所有数据使用 Excel 2010 与 SPSS 22.0 进行统计及分析,对数据进行差异显著性检验及相关性分析,并使用 Origin 2017 绘图。

2 结果与分析

2.1 旅游干扰对旅游区植物物种多样性的影响

7 个样地中植物优势种变化不显著,优势植物以克氏针茅为主。通过对 7 个样地各样方植被的丰富度、均匀度、多样性及地上生物量进行比较发现,7 个样地间的丰富度差异不显著($P > 0.05$)。样地 2 重及 CK 的均匀度与其他样地间存在显著差异($P < 0.05$)。样地 2 中、2 重及 CK 的多样性与其他样地间存在显著差异($P < 0.05$)。样地 1 中与 1 轻,2 轻与 2 重的地上生物量之间差异不显著($P > 0.05$)。旅游干扰对草地上生物量影响较大,表现为 200 m > 100 m, CK > 轻度 > 中度 > 重度的趋势(表 1)。

2.2 旅游干扰对保护区土壤性质的影响

2.2.1 对土壤物理性质的影响 样地间的土壤含水量均表现出不同程度上的差异,每个样地的含水量均随干扰强度的加重而降低(图 2)。样地 CK 含水量最高,

样地 1 重含水量最低,且样地 1 重含水量与其他样地相比差异显著($P < 0.05$);样地 1 轻、2 轻、2 中、CK 间差异

不显著($P > 0.05$),含水量变化整体趋势为 CK>重度干扰>中度干扰>轻度干扰,200 m>100 m(图 2)。

表 1 不同旅游干扰草地植物物种多样性特征

Table 1 Characteristics of plant species diversity in the grasslands with tourism disturbance

样地	优势种	丰富度	均匀度指数	多样性指数	地上生物量/ ($g \cdot m^{-2}$)
1 轻	克氏针茅+糙隐子草+阿尔泰狗娃花	8.33 ± 0.58^a	0.28 ± 0.01^{ab}	1.31 ± 0.06^{bc}	155.55 ± 2.94^c
1 中	克氏针茅+糙隐子草+阿尔泰狗娃花	7.67 ± 0.58^{ab}	0.27 ± 0.03^c	1.20 ± 0.15^c	92.90 ± 2.66^{bc}
1 重	克氏针茅+糙隐子草+羊草	7.67 ± 1.15^{ab}	0.28 ± 0.01^{ab}	1.32 ± 0.04^{bc}	51.64 ± 3.95^{bc}
2 轻	克氏针茅+糙隐子草+银灰旋花	8.67 ± 1.15^a	0.29 ± 0^{ab}	1.44 ± 0.02^{ab}	168.74 ± 3.96^{abc}
2 中	克氏针茅+糙隐子草+阿尔泰狗娃花	7.67 ± 0.58^{ab}	0.30 ± 0.02^b	1.46 ± 0.08^a	124.07 ± 1.65^{ab}
2 重	克氏针茅+糙隐子草+阿尔泰狗娃花	6.67 ± 0.58^b	0.34 ± 0.01^a	1.71 ± 0.04^a	114.42 ± 11.07^{abc}
CK	克氏针茅+糙隐子草+冷蒿	8.67 ± 0.58^a	0.35 ± 0^a	1.64 ± 0.02^a	183.71 ± 3.12^a

注:同列不同小写字母表示不同旅游干扰处理间差异显著($P < 0.05$)。下同

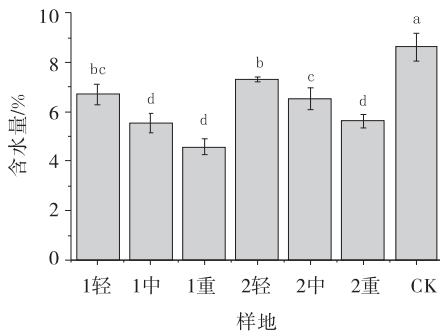


图 2 不同等级旅游扰动下土壤含水量

Fig. 2 Soil water content under different levels of tourism disturbance

两样地间的土壤容重变化不显著(图 3),但基本上呈现为 CK<轻度干扰区<中度干扰区<重度干扰区的趋势。样地 1 重土壤容重最大,为 $1.62 g/cm^3$,样地 CK 土壤容重最低,为 $1.46 g/cm^3$ 。且样地 CK 与其他样地间存在显著差异($P < 0.05$),而样地 1 中与 1 重、2 中与 2 重间差异不显著($P > 0.05$)(图 3)。

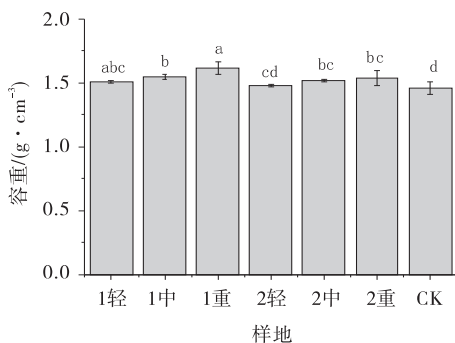


图 3 不同等级旅游扰动下土壤容重

Fig. 3 Variation in soil bulk density under different levels of tourism disturbance

样地间的土壤紧实度均表现出不同程度上的差异,每个样地紧实度均随着干扰强度的加大而升高(图 4)。样地 CK 紧实度最低,为 254.73 kPa;样地 1 重紧实度最高,为 418.47 kPa。且样地 CK、1 轻、1 中差异不显著($P > 0.05$)。

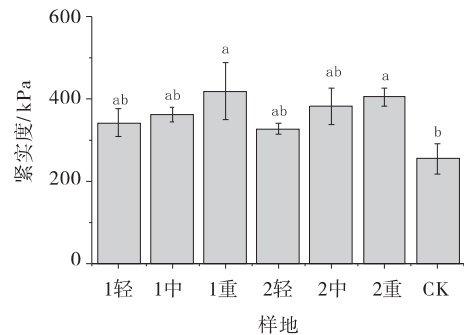


图 4 不同等级旅游扰动下土壤紧实度

Fig. 4 Variation in soil compactness under different levels of tourism disturbance

2.2.2 对土壤养分的影响 全效氮含量在 0.146%~0.094%,样地 1 轻最高,为 0.146%,样地 1 重最低,为 0.094%,且与其他样地表现为差异显著($P < 0.05$)(表 2);全效钾在 2.467%~1.867%,样地 CK 最高,为 2.467%,样地 1 重最低为 1.867%。且样地 1 重与 2 重间差异不显著($P > 0.05$),与其他样地间表现为差异显著($P < 0.05$);全效磷在 0.124%~0.075%,样地 CK 最高,为 0.124%,样地 1 重最低,为 0.075%,且样地 1 重与其他样地相比表现为差异显著($P < 0.05$);有机质含量在 25.933~13.873 g/kg,样地 CK 最高为 25.933 g/kg,样地 1 重最低,为 13.873 g/kg,且样地 1 重与其他样地相比表现为差异显著

表 2 不同样地土壤化学性质比较

Table 2 Soil chemical properties under different levels of tourism disturbance

样地	全效氮%	全效钾%	全效磷%	有机质/(g·kg ⁻¹)
1 轻	0.166±0.003 ^{bc}	2.067±0.076 ^{ab}	0.117±0.015 ^{ab}	22.967±2.936 ^{bc}
1 中	0.146±0.013 ^{abc}	2.000±0 ^{ab}	0.093±0.005 ^{ab}	21.900±1.411 ^{bc}
1 重	0.094±0.043 ^a	1.867±0.039 ^a	0.075±0.019 ^a	13.873±6.362 ^a
2 轻	0.146±0.003 ^{abc}	2.367±0.333 ^c	0.123±0.014 ^b	23.033±1.35 ^{bc}
2 中	0.140±0.015 ^{abc}	2.200±0.132 ^{bc}	0.116±0.043 ^{ab}	22.267±1.644 ^{bc}
2 重	0.125±0.009 ^{ab}	1.883±0.176 ^a	0.092±0.008 ^{ab}	20.267±1.358 ^b
CK	0.160±0.018 ^{bc}	2.467±0.076 ^c	0.124±0.033 ^b	25.933±0.777 ^c

($P<0.05$)。综上可知,试验区 4 项指标变化趋势为随着扰动等级提高而逐渐降低。

2.3 群落特征与土壤理化性质相关性分析

紧实度与含水量、全效钾呈极显著负相关关系($P>0.01$),含水量和全效钾、全效磷、有机质含量、丰富度呈极显著正相关关系($P<0.01$),全效磷和全效钾、有机质含量、丰富度呈极显著正相关关系($P<0.01$),全效氮和有机质呈极显著正相关关系($P<0.01$),地

上生物量和均匀度呈极显著正相关关系($P<0.01$),紧实度和全效氮、全效磷、有机质含量、丰富度、地上生物量呈显著负相关关系($P<0.05$),含水量和全效氮含量呈显著正相关关系($P<0.05$),紧实度和全效钾含量、丰富度呈显著正相关关系($P<0.05$),全效钾含量和有机质含量、丰富度、地上生物量呈显著正相关关系($P<0.05$)(表 3)。

表 3 草地植物群落特征和土壤因子间相关性分析

Table 3 Correlation analysis between plant community characteristics and soil properties

项目	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
X ₁	1									
X ₂	-0.934**	1								
X ₃	0.775*	-0.772*	1							
X ₄	0.938**	-0.875**	0.639	1						
X ₅	0.918**	-0.782*	0.840*	0.883**	1					
X ₆	0.883**	-0.830*	0.935**	0.777*	0.885**	1				
X ₇	0.951**	-0.847*	0.836*	0.843*	0.946**	0.896**	1			
X ₈	0.721	-0.795*	0.573	0.797*	0.7	0.513	0.657	1		
X ₉	0.426	-0.223	0.024	0.284	0.258	0.288	0.42	-0.198	1	
X ₁₀	0.558	-0.398	0.169	0.401	0.351	0.425	0.508	-0.076	0.971**	1

注:表中 X₁:含水量;X₂:紧实度;X₃:全效氮;X₄:全效钾;X₅:全效磷;X₆:有机质;X₇:丰富度;X₈:地上生物量;X₉:多样性;X₁₀:均匀度。* 和 ** 分别表现为显著相关($P<0.05$)和极显著相关($P<0.01$)

3 讨论

物种多样性是植物功能和结构复杂性度量的定量指标,象征着生态系统结构的复杂性。在呼伦贝尔草原,旅游干扰使得植物丰富度指数、均匀度指数、多样性指数显著降低($P<0.05$)^[16]。在北方草地公园,旅

游干扰使得植物丰富度指数、均匀度指数、多样性指数在不同程度上降低^[17]。本研究对希拉穆仁草原植被群落多样性研究发现,旅游干扰降低了植物丰富度指数,这与上述研究结果一致。而均匀度指数和多样性指数在重度干扰区有不同程度的提升,可能是土壤被人类践踏及车辆碾压使得土壤紧实度和容重增加,土

壤孔隙度减小,含水量显著下降,有机质含量降低^[18-19],使得原生植被受到踩踏或碾压,遭受破坏。新生植物也由于土壤水分、养分等不充足无法生长,只能成活一些低矮的小型草本植物,从而该区域物种多样性得到了提升,而地上生物量却远低于其他区域。

土壤养分含量不仅可以反映土壤中养分的储量,还能使土壤中有效养分的供应能力受到影响^[20]。秦远好等^[21]研究表明旅游干扰仅会降低土壤氮含量,而土壤中钾和磷含量则无明显变化。巩劼等^[22]研究表明随着旅游干扰强度的增加,土壤全磷、全氮含量逐渐减少,而全钾含量逐渐增加。本研究结论与上述结果不同,本研究土壤中全氮、全磷、全钾含量均呈现递减趋势,其原因可能是由于该旅游区人类踩踏及车辆碾压已形成明显的道路,两种情况的道路上基本没有植物生存,使其环境十分不利于养分的积累,且该旅游区存在放牧情况,家畜既有踩踏也有采食和排泄等行为,因此探究草原养分的影响较为复杂。

4 结论

旅游干扰会不同程度降低植物丰富度和地上生物量,而多样性指数和均匀度指数会提高。随着旅游干扰强度增加,土壤容重、紧实度会逐渐增加,含水量逐渐降低;土壤有机质、全氮、全磷、全钾含量也呈递减趋势。土壤含水量与紧实度呈极显著负相关关系($P < 0.01$),与全效钾、全效磷、有机质、丰富度呈极显著正相关关系($P < 0.01$)。

参考文献:

- [1] 朱天龙. 草原旅游发展与生态保护研究[D]. 呼和浩特:内蒙古师范大学,2015.
- [2] 荣浩,何京丽,张欣,等. 荒漠草原不同植被恢复模式地上生物量与土壤水分的关系[J]. 草原与草坪,2018,38(5):71-76.
- [3] 刘艳萍,荣浩,梁占岐. 丘陵草原区小流域水土流失综合治理模式研究[J]. 草原与草坪,2016,36(6):39-44.
- [4] 方精云. 我国草原牧区呼唤新的草业发展模式[J]. 科学通报,2016,61(2):137-138.
- [5] 韩新盛,智颖飙,郭晓川,等. 基于季节适宜性的草原景观旅游资源评价[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版),2015,46(2):162-167.
- [6] 朴世龙,方精云,贺金生,等. 中国草地植被生物量及其空间分布格局[J]. 植物生态学报,2004,28(4):491-498.
- [7] Meinecke E P. Report upon the effect of excessive tourist

travel on the California redwood parks[J]. 1928.

- [8] 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):96-101.
- [9] 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[J]. 环境科学,1999(6):6-9.
- [10] 郑伟,朱进忠,潘存德. 旅游干扰对喀纳斯景区草地土壤—植被系统的影响[J]. 中国草地学报,2009,31(1):109-115.
- [11] 赵红红. 苏州旅游环境容量问题初探[J]. 城市规划,1983(3):46-53.
- [12] 吴楚材,黄艺,刘云国,等. 张家界国家森林公园环境质量评价[J]. 中国园林,1994(3):34-40.
- [13] 宋力夫,杨冠雄,郭来喜. 京津地区旅游环境的演变[J]. 环境科学学报,1985(3):255-265.
- [14] 田昆,贝荣塔,常凤来,等. 香格里拉大峡谷土壤特性及其人为活动影响研究[J]. 土壤,2004(2):203-207.
- [15] 邓强,刘迪,时新荣,等. 黄土高原刺槐人工林林下植物多样性对模拟降水变化的响应[J]. 水土保持研究,2021,28(1):1-10.
- [16] 汪洪旭. 农业旅游开发对内蒙呼伦贝尔草原生态环境的影响[J]. 水土保持研究,2015,22(2):290-294.
- [17] 陈婷,李国华,王燕铭. 旅游活动对香山公园草地生态环境的影响[J]. 水土保持研究,2015,22(3):280-285.
- [18] Feng X G. PRELIMINARY RESEARCH ON TOURIST ACTIVITY INFLUENCE UPON THE SOIL AND COVER PLANT OF SCENIC SPOT[J]. Journal of Natural Resources,1999,14(1):75-78.
- [19] 王忠君,蔡君,张启翔. 旅游活动对云蒙山国家森林公园土壤影响的初步研究[J]. 河北林业科技,2003(5):12-15.
- [20] Richard S. Quilliam, Karina A. Marsden, Christoph Gertler, Johannes Rousk, Thomas H. DeLuca, Davey L. Jones. Nutrient dynamics, microbial growth and weed emergence in biochar amended soil are influenced by time since application and reapplication rate[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment,2012,158:192-199.
- [21] 秦远好,谢德体,魏朝富,等. 土壤生态环境对游憩活动冲击的响应研究[J]. 水土保持学报,2006,20(3):61-65.
- [22] 巩劼,陆林,晋秀龙,等. 黄山风景区旅游干扰对植物群落及其土壤性质的影响[J]. 生态学报,2009,29(5):2239-2251.