

旅游踩踏对五台山东台山地草甸土壤酶活性的影响

段青倩, 樊文华, 吴艳军, 武智晖, 刘霞霞, 王 坤

(山西农业大学 资源环境学院, 山西 太谷 030801)

摘 要: [目的] 研究旅游踩踏对五台山东台山地草甸土壤酶活性的影响, 旨在为五台山旅游资源的开发、保护和管理提供科学依据。[方法] 采用野外采样调查与室内研究分析相结合的方法。[结果] (1) 在不同海拔高度处, 踩踏对土壤脲酶和蔗糖酶活性有显著的抑制作用, 表现为: 无踩踏区酶活性 > 踩踏轻微区酶活性 > 踩踏严重区酶活性; 表层(0—20 cm) 土层酶活性 > 下表层(20—40 cm) 土层酶活性; (2) 在不同海拔高度处, 两个土壤层的踩踏严重区脲酶、蔗糖酶活性与无踩踏区的脲酶、蔗糖酶活性差异显著, 但轻微区蔗糖酶活性与无踩踏区无显著差异; (3) 在不同的海拔处, 表层和下表层的踩踏严重区土壤过氧化氢酶活性、磷酸酶活性显著低于无踩踏区土壤过氧化氢酶活性、磷酸酶活性($p < 0.05$); 表层轻微区的过氧化氢酶活性、磷酸酶活性与无踩踏区的过氧化氢酶活性、磷酸酶活性均无显著差异。[结论] 五台山东台山地草甸土壤酶活性已受到人为踩踏的破坏, 应采取相应措施保护景区健康发展。

关键词: 旅游踩踏; 五台山东台山地草甸土壤; 土壤酶活性

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)04-0097-04

中图分类号: S154.2

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.04.019

Effect of Tourist Trampling on Enzyme Activity of Dongtai Meadow in Wutai Mountain

DUAN Qingqian, FAN Wenhua, WU Yanjun, WU Zhihui, LIU Xiaxia, WANG Kun

(College of Resources and Environment, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801, China)

Abstract: [Objective] The effect of tourist trampling on the enzyme activity of Dongtai meadow in Wutai Mountain was investigated to provide a scientific basis for the development, protection, management of Wutai tourism resources. [Methods] Based on the combination of field sampling investigation and indoor analysis method. [Results] (1) Under the different levels of different altitudes, tourist trampling had the significant inhibitory effect on the soil urease activity and invertase activity, and they showed the sequence of no stampede areas > trampling slight areas > trampling serious areas; soil urease activity and invertase activity in the surface layer(0—20 cm) > soil urease activity and invertase activity in the subsurface layer(20—40 cm); (2) At the different altitudes, the soil urease activity and invertase activity in two layers of the trampling serious areas were different prominently from the no stamped areas, but invertase activity in trampling slight areas showed no significant difference compared with no stamped areas; (3) At different altitudes, catalase activity, phosphatase activity of stampede serious soil surface layer(0—20 cm) and the subsurface layer(20—40 cm) were significantly lower than those without trampling zone($p < 0.05$); soil catalase activity, phosphatase activity of trampling slight soil surface layer(0—20 cm) had no significant difference compared with those in the no stamped areas. [Conclusion] The soil enzyme activity of Dongtai meadow in Wutai Mountain had been destroyed, and it is necessary to take measures to protect Dongtai meadow of Wutai Mountain from being destroyed.

Keywords: tourist trampling; meadow soil in Dongtai meadow of Wutai Mountain; soil enzyme activity

收稿日期: 2014-04-23

修回日期: 2014-05-29

资助项目: 山西省科技攻关项目(环境保护及生态修复技术支撑专项)“旅游活动对五台山自然保护区土壤质量和植物影响的研究”(20120313011-1); 山西农业大学引进人才科研启动项目(XB2011017)

第一作者: 段青倩(1990—), 女(汉族), 山西省临汾市人, 硕士研究生, 研究方向为土壤生态。E-mail: 479650586@qq.com。

通信作者: 樊文华(1962—), 男(汉族), 河北省井陘县人, 博士, 教授, 主要从事土壤生态和土壤质量的研究。E-mail: fwh012@163.com。

随着旅游活动在全球范围内的迅速发展,有关旅游对生态环境的影响研究已成为当今环境和旅游的重点之一^[1]。旅游者的行为对景区内土壤环境的影响主要表现为践踏、旅游垃圾堆放等的干扰和胁迫作用。其最终是影响土壤的外部形态,不同程度地改变了景观面貌,进而影响景观价值^[2]。在旅游风景区,旅游活动对自然生态环境的影响最容易反映在植被与土壤上,也最容易引起游客的注意。土壤作为旅游环境系统中重要的组成要素之一,其变化将会一定程度上影响到生态系统的发展演替。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,石强,雷相东等^[3]的研究表明,旅游活动对张家界国家森林公园的土壤及植被等造成了较为严重的影响;王全辉,董元杰等^[4]研究的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,土壤质量下降;管东生、林卫强、陈玉娟^[5]在研究旅游干扰对白云山土壤和植被的影响中表明,随着旅游干扰强度的增加,土壤容重、pH 值呈递增趋势,土壤有机质,水分, TN, TS, TP 和有效磷的含量呈递减趋势。总的来看,在土壤的影响效应方面,国内研究多集中在土壤容重、含水量、孔隙度、渗透率及有机质的变化等方面^[6-8],对旅游干扰引起的土壤生物化学的改变包括土壤酶活性的研究相对较少,因此,本文分析旅游踩踏对五台山草甸自然保护区东台顶土壤酶活性的影响,以土壤类型、海拔高度及踩踏程度基本一致的地点为研究区,旨在为五台山旅游资源的开发、保护和管理提供科学依据,进而防治山地草甸退化。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

五台山位于中国山西省东北部,隶属忻州市五台县,属太行山系的北端,跨忻州市五台县、繁峙县、代县、原平市、定襄县,周五百余里。地理位置为北纬 $38^{\circ}50' - 39^{\circ}05'$ 、东经 $113^{\circ}29' - 113^{\circ}44'$,五台山气候寒冷,全年平均气温 -4°C ,7—8 月最热,分别为 9.5°C 和 8.5°C ,1 月份最冷,平均气温零下 18.8°C 。该区属暖温带大陆性季风气候,其特点是垂直分异明显,夏短而凉爽,冬长而严寒,降雨量充沛,光照充足。山顶年均气温 -4.5°C ,无霜期 $<70\text{ d}$,年均降水量近 $1\ 000\text{ mm}$,是山西省降水最多的地区。五台山自然植被以山地草甸为主,由草甸、草原、灌丛构成,是优良的夏季牧场。五台山植被覆盖较好,自然植被垂直结构明显。五台山旅游资源丰富,但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^[9]。

1.2 土壤样品及采集

主要研究五台山东台海拔 $2\ 500 \sim 2\ 700\text{ m}$ 的亚高山草甸带,植物种类主要包括蒿草、苔草、珠芽蓼、短颖鹅冠草、零零香、地榆、兰花棘豆、金莲花、高山蒲公英、马先蒿等,形成了密集低矮多年生草本植物群落,受气候寒冷湿润,风大,日照充裕等环境影响,使得草丛矮化,根系密集,草皮坚实并富有弹性,耐践踏。土样于 2013 年 8 月采集于五台山鸿门岩通往东台台顶的小路上,选取具有代表性的地段,分别在 3 个不同的海拔高度($2\ 700, 2\ 650$ 和 $2\ 500\text{ m}$),根据小路两旁草甸的破坏程度将采样的土样分为:(1) 踩踏严重区(人为踩踏作用下,草甸植被严重破坏,地表裸露,水土流失严重);(2) 踩踏轻微区(人为踩踏较轻,草甸植被部分破坏,地表部分裸露);(3) 无踩踏区(地表草甸植被生长旺盛,人未踏及,或者植被自然恢复能力大于人为干扰)作为对照区。随机采取 $0 - 20\text{ cm}$ 和 $20 - 40\text{ cm}$ 的土样,每个样重复 3 次。采取的样品在混匀、磨细、过筛的情况下,选取过 1 mm 筛的风干土样,用于酶活性的测定。

1.3 测定项目与方法^[10]

土壤脲酶采用靛酚比色法测定,土壤过氧化氢酶采用容量法(用高锰酸钾滴定)测定,土壤蔗糖酶采用磷酸二氢钠比色法测定,土壤磷酸酶采用磷酸苯二钠比色法测定。试验数据均采用 Excel 和 DPS 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 旅游踩踏对研究区草甸土脲酶活性的影响

脲酶存在于大多数细菌、真菌和高等植物中^[11]。脲酶活性与土壤供氮能力有密切的关系,对施入土壤尿素的利用率影响很大,研究脲酶活性将有助于了解土壤氮素的转化进程,脲酶主要受土壤温度和氮源的影响,受水分变化的影响不明显^[12]。由表 1 可知:(1) 在不同海拔高度处,踩踏对土壤脲酶活性有显著的抑制作用,表现为:无踩踏区酶活性 $>$ 踩踏轻微区酶活性 $>$ 踩踏严重区酶活性;表层和下层土壤脲酶活性表现为:表层($0 - 20\text{ cm}$) $>$ 下层($20 - 40\text{ cm}$);(2) 在不同海拔高度处,两个土层的踩踏严重区土壤脲酶活性与无踩踏区土壤脲酶活性差异显著,其中在海拔 $2\ 700\text{ m}$ 处,表层土壤中踩踏严重区对脲酶活性的影响最显著,比无踩踏区脲酶活性减少了 43.8% ,踩踏轻微区的脲酶活性与无踩踏区差异显著,比无踩踏区脲酶活性减少了 31.2% ;在海拔 $2\ 650\text{ m}$ 下,下层踩踏严重区对脲酶活性影响最显著,比无踩踏区脲酶活性减少了 75.6% ,下层踩踏轻微区土壤脲

酶活性与无踩踏区差异显著,比无踩踏区脲酶活性减少了54%。总之,踩踏降低了土壤中的脲酶活性,可能是一方面踩踏破坏了草甸植被的生长,使得土壤有机质减少,土壤供氮能力降低,进而导致脲酶活性降低;另一方面可能与温度有关,一般情况下,温度随海拔的升高而降低,但五台山东台2500 m处为一豁口,风大,温度低,所以在海拔2650 m,不同踩踏程度的脲酶活性均高于海拔2700 m和海拔2500 m的脲酶活性。

表1 旅游踩踏对五台山东台山地草甸土脲酶活性的影响

| 海拔/m | 踩踏程度 | 0—20 cm/ (mg·g ⁻¹) | 20—40 cm/ (mg·g ⁻¹) |
|------|------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 2700 | 严重区 | 0.723 ^b | 0.556 ^b |
| | 轻微区 | 0.885 ^b | 0.685 ^{ab} |
| | 无踩踏区 | 1.287 ^a | 1.054 ^a |
| 2650 | 严重区 | 0.986 ^b | 0.269 ^c |
| | 轻微区 | 1.129 ^b | 0.502 ^b |
| | 无踩踏区 | 1.396 ^a | 1.103 ^a |
| 2500 | 严重区 | 0.442 ^b | 0.412 ^c |
| | 轻微区 | 0.640 ^b | 0.724 ^b |
| | 无踩踏区 | 0.819 ^a | 0.834 ^a |

注:不同的小写字母表示在同一海拔高度下,不同踩踏程度之间差异显著($p < 0.05$),反之,相同的小写字母则表示不同踩踏程度之间差异不显著。下同。

2.2 旅游踩踏对研究区草甸土蔗糖酶活性的影响

蔗糖酶是土壤中参与碳循环的一种重要的酶,可以促进蔗糖水解生成葡萄糖和果糖,增加土壤的可溶性营养具有重要作用^[13],一般情况下,土壤肥力越高,蔗糖酶活性越强。由表2可知:(1)在不同海拔高度处,踩踏对土壤蔗糖酶活性有显著的抑制作用,表现为:无踩踏区酶活性>踩踏轻微区酶活性>踩踏严重区酶活性;土壤蔗糖酶活性大致表现为:表层(0—20 cm)>下表层(20—40 cm),原因可能是草皮耐踩踏,表层土壤结构破坏不明显,根系比较发达,微生物活动比较活跃,土壤肥力相对较高;(2)在不同海拔处,两个土层的踩踏严重区土壤蔗糖酶活性与无踩踏区蔗糖酶活性差异显著,其中在海拔2500 m,表层土壤中踩踏严重区对蔗糖酶活性影响最显著,比无踩踏区蔗糖酶活性减少了61%,轻微区蔗糖酶活性与无踩踏区无显著差异;在海拔2650 m,下表层踩踏严重区、轻微区蔗糖酶活性与无踩踏区差异显著,严重区、轻微区蔗糖酶活性分别比无踩踏区蔗糖酶减少了50.5%和32.1%。

2.3 旅游踩踏对研究区草甸土过氧化氢酶活性的影响

过氧化氢广泛存在于生物体和土壤中,是由生物

呼吸过程和有机物的生物化学氧化反应的结果产生的,在生物体和土壤中存在过氧化氢酶,可促进过氧化氢分解为水和氧的反应,从而降低了过氧化氢的毒害作用,进而防止对植物的毒害作用^[14]。由表3可知:(1)在不同的海拔处,两个土层踩踏严重区土壤过氧化氢酶活性显著低于无踩踏区土壤过氧化氢酶($p < 0.05$),这与谭周进^[13]在研究张家界森林公园的过氧化氢酶活性研究结果相一致;表层轻微区过氧化氢酶活性与无踩踏区无显著差异,可能由于踩踏轻微区草甸植被自身的恢复能力和缓冲能力比严重区的草甸植被好。下表层踩踏严重区过氧化氢酶与无踩踏区过氧化氢酶活性差异显著,而在海拔2650和2500 m处,下表层踩踏轻微区与无踩踏区过氧化氢酶活性的差异没有达到显著水平($p < 0.05$);(2)在海拔2650 m,表层过氧化氢酶活性比下表层过氧化氢酶活性低,可能是由于表层土壤中更有利于过氧化氢酶催化的条件不如下表层,过氧化氢的毒害作用增强,形成了有害的土壤环境条件。

表2 旅游踩踏对五台山东台山地草甸土蔗糖酶活性的影响

| 海拔/m | 踩踏程度 | 0—20 cm/ (mg·g ⁻¹) | 20—40 cm/ (mg·g ⁻¹) |
|------|------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 2700 | 严重区 | 60.42 ^b | 50.33 ^c |
| | 轻微区 | 81.52 ^a | 69.20 ^b |
| | 无踩踏区 | 82.43 ^a | 70.30 ^a |
| 2650 | 严重区 | 63.16 ^b | 55.76 ^b |
| | 轻微区 | 120.71 ^a | 76.48 ^b |
| | 无踩踏区 | 123.40 ^a | 112.56 ^a |
| 2500 | 严重区 | 69.67 ^b | 65.62 ^b |
| | 轻微区 | 175.44 ^a | 102.49 ^a |
| | 无踩踏区 | 177.84 ^a | 116.63 ^a |

表3 旅游踩踏对五台山东台山地草甸土过氧化氢酶活性的影响

| 海拔/m | 踩踏程度 | 0—20 cm/ (mg·g ⁻¹) | 20—40 cm/ (mg·g ⁻¹) |
|------|------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 2700 | 严重区 | 0.0039 ^b | 0.0037 ^b |
| | 轻微区 | 0.0069 ^a | 0.0035 ^b |
| | 无踩踏区 | 0.0064 ^a | 0.0068 ^a |
| 2650 | 严重区 | 0.0042 ^b | 0.0049 ^b |
| | 轻微区 | 0.0061 ^a | 0.0068 ^{ab} |
| | 无踩踏区 | 0.0062 ^a | 0.0080 ^a |
| 2500 | 严重区 | 0.0059 ^b | 0.0072 ^b |
| | 轻微区 | 0.0095 ^a | 0.0076 ^{ab} |
| | 无踩踏区 | 0.0104 ^a | 0.0083 ^a |

2.4 旅游踩踏对研究区草甸土磷酸酶活性的影响

土壤磷酸酶是植物根系与微生物的分泌产物,直接影响土壤中有有机磷的分解转化和生物有效性^[15],它可作为指示土壤肥力的重要指标。由表 4 可知:(1)在不同的海拔处,表层和下表层的踩踏严重区土壤磷酸酶与无踩踏区土壤磷酸酶差异显著,且严重区土壤磷酸酶显著低于无踩踏区土壤磷酸酶($p < 0.05$)。在海拔 2 500 m,表层踩踏严重区土壤的磷酸酶活性与无踩踏区差异最显著,比无踩踏区磷酸酶活性减少了 51.1%;(2)在不同海拔高度处,表层轻微区磷酸酶活性与无踩踏区磷酸酶无显著差异,在海拔 2 650 m,下表层轻微区与无踩踏区磷酸酶活性的差异达到显著水平($p < 0.05$)。

表 4 旅游踩踏对五台山东台山地草甸土磷酸酶活性的影响

| 海拔/m | 踩踏程度 | 0—20 cm/ (mg · g ⁻¹) | 20—40 cm/ (mg · g ⁻¹) |
|-------|------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 2 700 | 严重区 | 0.000300 ^b | 0.000323 ^b |
| | 轻微区 | 0.000 425 ^a | 0.000 385 ^{ab} |
| | 无踩踏区 | 0.000 430 ^a | 0.000 446 ^a |
| 2 650 | 严重区 | 0.000 363 ^b | 0.000 389 ^b |
| | 轻微区 | 0.000 516 ^a | 0.000 461 ^b |
| | 无踩踏区 | 0.000 543 ^a | 0.000 508 ^a |
| 2 500 | 严重区 | 0.000 503 ^b | 0.000 385 ^b |
| | 轻微区 | 0.001 02 ^a | 0.000 474 ^{ab} |
| | 无踩踏区 | 0.001 03 ^a | 0.000 517 ^a |

3 讨论和结论

研究结果表明,旅游踩踏严重区、轻微区对脲酶活性、蔗糖酶活性有显著的抑制作用,而踩踏严重区过氧化氢酶和磷酸酶的抑制作用较小,轻微区与无踩踏区的过氧化氢酶和磷酸酶活性无显著差异。这主要是由于旅游踩踏不仅破坏了五台山地草甸植被的生长,还使得土壤有机质含量减少,人为踩踏造成了土壤结构的破坏,使得土壤的理化性质发生了改变,导致土壤生物性质(土壤酶活性)的改变;也可能是由于五台山特殊的植被条件即山地草甸植被的草皮坚实并富有弹性,耐践踏,草甸植被的恢复能力和缓冲能力较好。总之旅游踩踏已经对东台山地草甸土壤酶活性造成了严重的影响,影响程度随海拔高度、旅游强度及干扰类型的不同而变化,土壤酶活性均呈现下降的趋势,这与王全辉等^[16]的研究结果相一致。酶活性的降低不仅影响了土壤中的物质循环

和转化强度,给整个生态环境带来了很大的压力,而且还将影响着当地草甸植被的多样性、生态系统的稳定性及其其生产力。这就要求有关部门在考虑方便游客,增加地方财政收入的同时,也应考虑如何能够有效防止大范围的游人活动对景区的生态破坏。

[参 考 文 献]

- [1] 王胜永,孙启龙,王巍巍,等.基于SWOT分析的雪野旅游区乡村景观规划[J].山东建筑大学工程学院学报,2011,26(4):383-386.
- [2] 程占红,牛莉芹.五台南山台山地草甸种群对旅游干扰的生态响应[J].水土保持研究,2008,15(6):222-224.
- [3] 石强,雷相东,谢红政.旅游干扰对张家界国家森林公园土壤的影响研究[J].四川林业科技,2002,23(3):28-33.
- [4] 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.
- [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[J].环境科学,1999,20(6):6-9.
- [6] 马建华,朱玉涛.高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.
- [7] 许宇慧,唐亚,张朝生.四川省九寨沟景区道路灰尘及土壤重金属含量评价[J].山地学报,2010,28(3):288-293.
- [8] 黄文龙.旅游业发展对武夷山国家级风景名胜区内土壤环境的影响研究:对土壤物理性状及理化性质的影响[J].化学工程与装备,2010,3(3):182-186.
- [9] 牛莉芹,程占红.五台山发展生态旅游问题研究[J].山西财经大学学报,2009,12(1):90-92.
- [10] 关松荫.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986:274-340.
- [11] 曾小龙.桉树林地土壤酶特性研究进展[J].广东教育学院学报,2009,25(5):544-549.
- [12] 黄懿梅,安韶山,曲东,等.黄土丘陵区植被恢复过程中土壤酶活性的响应与演变[J].水土保持学报,2007,21(1):152-153.
- [13] 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[J].自然资源学报,2006,21(1):133-138.
- [14] 高扬,毛亮,周培,等.Cd、Pb污染下植物生长对土壤酶活性及微生物群落结构的影响[J].北京大学学报:自然科学版,2010,46(3):339-345.
- [15] 程东祥,王婷婷,包国章,等.长春城市土壤酶活性及其影响因素[J].东北师大学报:自然科学版,2010,42(2):137-142.
- [16] 王全辉,董元杰,邱现奎,等.泰山景区土壤重金属污染及其对土壤酶活性的影响[J].水土保持学报,2011,25(2):181-184.