

旅游踩踏对张家界国家森林公园土壤微生物区系及活性的影响*

谭周进¹ 肖启明^{2†} 祖智波¹

(1 湖南农业大学资源与环境微生物研究所, 长沙 410128)

(2 湖南农业大学生物安全科技学院, 长沙 410128)

EFFECT OF RECREATION ACTIVITIES ON SOIL MICROFLORA AND ACTIVITIES IN ZHANGJIAJIE NATIONAL FOREST PARK

Tan Zhoujin¹ Xiao Qiming^{2†} Zu Zhibo¹

(1 Institute of Resources and Environment Microbiology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

(2 College of Biosafety Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

关键词 旅游活动; 张家界国家森林公园; 土壤微生物; 微生物活性

中图分类号 S154.3 文献标识码 A

随着旅游业成为世界第一大产业, 由其对环境所造成的破坏就越来越严重, 也引起了人们的高度重视, 有关旅游对生态环境的影响研究已成为当今环境与旅游的重点之一。微生物是生物圈的三大成员之一, 也是土壤圈、水圈的活跃成员。土壤微生物是土壤的重要组成部分, 是土壤物质转化的重要参与者, 同时又是一个重要而丰富的基因库, 是生物多样性与生态平衡的一个重要方面, 土壤微生物的平衡发展也是预防植物病害发生的基础^[1, 2]。由于有机质转化所需能量的90%以上来自微生物的分解作用, 因此, 土壤微生物活度总量是土壤—植物体系中有有机质转化的较好指标^[3]。土壤质地、肥力及植被等都直接影响着土壤微生物的活性及其多样性^[4, 5]。国内外研究表明, 旅游活动对土壤有机质、土壤水分、土壤物理性状、植物多样性、景观、土壤流失及动物多样性等方面都产生了严重的影响^[6~9], 但是还没有关于旅游活动对土壤微生物影响的报道。旅游活动已经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^[10, 11]。为了探明旅游活动对张家界国家森林公园土壤微生物的影响程度, 为尽快制定合理的措施保护国家森林公园生态

平衡与生物多样性提供科学依据, 我们以土壤类型、海拔高度、经纬度、主要植被等因素基本一致的地点为研究区, 开展了旅游活动对张家界国家森林公园土壤微生物活性及多样性的影响研究, 本文报道旅游活动对土壤微生物区系及活性的影响。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

张家界国家森林公园面积为4 810 hm², 境内森林茂密, 植被覆盖率高。海拔800 m以下地段, 分布着人工杉木林、针阔叶混交林和阔叶混交林。1958年建立国营张家界林场, 1982年批准建立国家森林公园, 1982年接待旅游者83 000人次, 5年后形成第一个高峰, 1987年接待游人512 389人次, 1989年至1994年间一直低落徘徊在20万~30万人次左右, 以后每年约100万左右。张家界林场1978年开始发展森林旅游业, 第一批游人进入林场; 1980年制订开发张家界旅游方案; 1982年实现从林业生产型向旅游经营型的转变; 1988年国务院批准新建武陵源区, 统一管理张家界、索溪峪、天子山三地。本研

* 湖南省自然科学基金项目(05JJ30152)、湖南农业大学人才基金项目(05WD01)资助

† 通讯作者, Tel: 0731-4618169; E-mail: tanzhijin@sohu.com

作者简介: 谭周进(1969~), 湖南涟源人, 博士, 研究方向为微生物生态学

收稿日期: 2005-09-29; 收到修改稿日期: 2005-12-24

究地点黄石寨位于张家界国家森林公园内, 海拔 1 100 m, 顶部面积 20 hm²。

1.2 供试材料

1.2.1 土壤 土壤采自湖南省张家界国家森林公园黄石寨景区, 主要植被为松柏树, 海拔为 1 092 m。试验设 3 个区: (1) 活动区: 离游道 1.5~2.5 m 处, 游人践踏特别厉害, 地表无落叶杂草与其他灌木; (2) 缓冲区: 离游道边 50~80 m 处, 游人活动较少, 地面覆盖枯枝败叶, 有少量灌木及杂草; (3) 背景区: 游人未踏及, 地表深覆枯枝败叶, 布满杂草、蕨类植物。每个试验区分别取 0~5 cm、5~15 cm、15~25 cm 处土壤, 采用五点取样法, 每隔 50 m 左右为一个点取土并混匀, 用自封袋当日带回置于 4℃ 冰箱备用, 次日进行微生物区系分析和微生物活性测定, 同时取土壤在 105~110℃ 烘干至恒重测土壤水分含量。

1.2.2 培养基 好气性细菌、放线菌、真菌、好气性纤维分解菌、好气性固氮菌、硝化细菌(只测亚硝酸细菌)、厌气性纤维素分解菌的培养基配方见参考文献[12]。反硝化细菌培养基用葡萄糖 10 g, KNO₃ 1.0 g, CaCl₂·6H₂O 0.5 g, K₂HPO₄ 0.5 g, 蒸馏水 1 000 ml, pH 7.2; 硫化细菌培养基用 Na₂S₂O₃·5H₂O 10 g, NH₄Cl 2 g, K₂HPO₄ 3 g, CaCl₂·6H₂O 0.2 g, MgCl₂ 0.5 g, 蒸馏水 1 000 ml, pH 6.0~6.2。

1.3 研究方法

1.3.1 微生物区系分析 参照文献[12]进行。好气性细菌、放线菌、真菌、好气性固氮菌和好气性纤维分解菌的计数采用稀释平板法。厌气性纤维分解菌、硫化细菌、硝化细菌和反硝化细菌的计数采用稀释液体培养计数法(MPN法), 各做 3 个重复。在 28~30℃ 下, 好气性细菌培养 30 h, 放线菌、真菌培养 4 d, 好气

性固氮菌培养 2 d, 好气性纤维分解菌培养 3 d, 硝化细菌、反硝化细菌培养 13 d, 硫化细菌培养 25 d, 厌气性纤维分解细菌培养 30 d, 分别观察结果。

1.3.2 微生物活性测定 采用改进的 FDA 法^[13]测定, 在无菌 60 mmol L⁻¹ 磷酸缓冲液中 (pH 7.6) 加 FDA 储液至终浓度 10 μg ml⁻¹, 加入新鲜风干土壤, 24℃ 振荡培养 90 min, 加等体积的丙酮终止反应, 滤纸过滤, 然后 6 000 r min⁻¹ 离心 5 min。在 490 nm 波长处进行比色, 记录吸光度(OD)值。各设 3 次重复, 以隔日二次高压湿热灭菌土壤为对照。

2 结果与分析

2.1 旅游活动对土壤三大类微生物数量的影响

由表 1 可知, 旅游活动显著影响了 0~5 cm 土层的细菌、放线菌、真菌以及三者总数, 三类微生物的数量及其总数均表现为背景区明显高于缓冲区和活动区, 缓冲区又明显高于活动区。5~15 cm 土层中, 背景区和缓冲区的细菌总数没有显著差异, 但均显著高于活动区, 而这个层次土壤中的放线菌和真菌基本没有受到旅游活动的影响。在 15~25 cm 土层中, 3 大类微生物均没有受到旅游活动的明显影响。从表 1 还可以看出, 活动区的细菌、放线菌、真菌及三者的总数均是 5~15 cm 土层中最多, 而缓冲区的细菌总数也是 5~15 cm 土层中最多, 放线菌和真菌则是随土壤层深度增加而减少。背景区土壤中 3 类微生物的数量均随土壤深度增加而减少, 与一般耕作熟化土壤中微生物数量的特性相一致^[14]。

表 1 旅游活动对土壤三大类微生物数量的影响¹⁾

土层 (cm)	试验区	细菌 (10 ⁵ cfu g ⁻¹ 干土)	放线菌 (10 ⁴ cfu g ⁻¹ 干土)	真菌 (10 ³ cfu g ⁻¹ 干土)	总数 (10 ⁵ cfu g ⁻¹ 干土)
0~5	活动区	4.57a	4.37a	2.85a	5.04a
	缓冲区	9.42b	5.99b	10.30b	10.12b
	背景区	68.20c	26.72c	17.5c	71.05c
5~15	活动区	7.93a	5.88a	4.22a	8.56a
	缓冲区	19.00b	4.90a	2.53a	19.52b
	背景区	11.60b	4.33a	3.69a	12.07b
15~25	活动区	1.14a	0.90a	2.81a	1.26a
	缓冲区	0.99a	1.45a	4.27a	1.18a
	背景区	4.74a	1.88a	1.12a	4.94a

1): cfu: 菌落形成单位。不同处理间同一显著水平下($p = 0.01$)若字母相同则表示差异不显著, 反之, 则表示差异显著。下表同

2.2 旅游活动对土壤特殊生理群微生物数量的影响

纤维素分解细菌对有机质的分解起着重要的作用,固氮菌的作用能够为森林土壤补充必要的氮素养料,而硝化细菌与反硝化细菌的作用又会造成土壤氮素的损失,硫化细菌产生的硫酸能够溶解土壤的部分矿质养分供植物利用,而这些微生物的数量受土壤通气性的影响是不一样的,这可以作为评价土壤结构的指标。由表2可知,在0~5 cm土层中,旅游活动对活动区土壤中所测的

几类特殊生理群微生物的数量已造成了显著影响。在5~15 cm土层中,旅游活动已显著影响了好气性固氮菌、反硝化细菌、硫化细菌和厌气性纤维素分解细菌。在15~25 cm土层中,旅游活动也显著影响到了活动区的好气性纤维素分解菌和好气性固氮菌的数量。这一方面说明游人的采踏使土壤板结,通气性降低,另一方面由于土壤有机质的投入减少,造成了土壤养分的改变,从而使土壤中不同生理类群微生物发生变化。

表2 旅游活动对土壤特殊生理群微生物数量的影响

土层 (cm)	试验区	好气性纤维素分解菌 (10^5 cfu g^{-1} 干土)	好气性固氮菌 (10^6 cfu g^{-1} 干土)	反硝化细菌 (10^2 个 g^{-1} 干土)	硝化细菌 (10^3 个 g^{-1} 干土)	硫化细菌 (10^4 个 g^{-1} 干土)	厌气性纤维素分解菌 (个 g^{-1} 干土)
0~5	活动区	3.08a	5.10a	0.49a	13.96a	0.24a	4.9a
	缓冲区	4.29b	8.18b	0.61b	3.03b	11.36b	30.3b
	背景区	6.62c	65.43c	0.69b	0.34c	77.30c	25.8b
5~15	活动区	4.10a	24.68a	31.97a	0.51a	2.56a	19.2a
	缓冲区	4.80a	39.00b	37.15a	0.30a	37.10b	8.9a
	背景区	4.41a	36.63b	67.77b	0.60a	37.70b	2.3a
15~25	活动区	0.48a	12.46a	1.57a	33.67a	2.81a	4.5a
	缓冲区	0.98b	16.17b	1.07a	0.23a	6.86a	9.0a
	背景区	1.06b	19.36c	0.56a	0.15a	6.27a	9.7a

2.3 旅游活动对土壤微生物活性的影响

由表3可知,土壤微生物活性随土壤深度增加而降低。Duncan新复极差法分析表明,0~5 cm和15~25 cm土层中,缓冲区和背景区的微生物活性均明显高于活动区,背景区的微生物活性高于缓冲区,但二者间的微生物活性没有显著差异。5~15 cm土层中,缓冲区、背景区和活动区间的微生物活性均存在显著差异,微生物活性表现为背景区>缓冲区>活动区。这

是由于旅游者的踩踏使土壤板结,同时,活动区的枯枝落叶被人为扫除,从而使土壤有机质的投入量减少,导致了活动区3个层次土壤的微生物活性都受到了严重影响。虽然缓冲区的表层土遭到了踩踏,但是枯枝落叶的投入能够在一定程度上激活土壤微生物的活动,然而5~15 cm土层受人为踩踏,土壤结构遭到破坏,使土壤微生物活性受到影响,15~25 cm土层较深,土壤微生物活性未受到游人踩踏的严重影响。

表3 旅游活动对土壤微生物活性的影响¹⁾

试验区	0~5cm 土层			5~15cm 土层			15~25cm 土层		
	OD _{490nm}	1% 极显著水平	5% 显著水平	OD _{490nm}	1% 极显著水平	5% 显著水平	OD _{490nm}	1% 极显著水平	5% 显著水平
活动区	0.418	A	a	0.328	A	a	0.096	A	a
缓冲区	0.895	B	b	0.688	B	b	0.617	B	b
背景区	0.954	B	b	0.880	C	c	0.720	B	b

1) 不同处理间同一显著水平下若字母相同则表示在该水平下相互间的影响作用无显著差异;反之,则表示差异显著

3 讨 论

1) 微生物是土壤的重要组成部分, 细菌在土壤中的数量和种类最多^[14]。土壤微生物通过相互竞争、协调、驱动养分循环等作用影响着植物多样性、生态系统稳定性及生产力^[15]。同时, 土壤微生物数量与种类的变化又可以作为反映土壤质量的重要生物学指标。从研究结果来看, 旅游活动对土壤细菌、放线菌和真菌造成了显著影响, 但对细菌的影响最为显著, 这证明旅游活动已经对张家界国家森林公园的土壤性状和植被造成了严重影响。从土壤生态平衡以及生物多样性的角度来看, 采取必要有效的措施来防止张家界国家森林公园生态环境的进一步恶化, 是一件刻不容缓的事情。

2) 土壤特殊生理群微生物在植物养分、土壤净化以及土壤物质循环等方面分别起着重要的作用^[16]。FDA 水解法是一个测定土壤总微生物活性的简单、快速而灵敏的方法, 反映的是微生物在土壤物质循环中的生化过程^[13]。旅游活动已经对张家界国家森林公园土壤的特殊生理群微生物和微生物活性造成了显著影响, 证明旅游活动已经对张家界国家森林公园土壤造成了影响, 这对于土壤有机质的转化等物质循环势将造成影响, 这种影响必定会造成土壤性状发生改变, 从而影响到土壤生态系统的平衡。

3) 土壤微生物多样性指标与生态系统抵御外界干扰的能力密切相关^[17], 从植物病害发生的理论来说, 土壤生态环境的恶化, 土壤微生物区系的破坏, 对植物病害的发生将创造更为有利的条件^[18]。有关部门制定合理的计划来修复和维护旅游活动对土壤生态系统所造成的破坏, 将对预防张家界国家森林公园大面积植物病害的发生起到重要的作用。

4) 功能微生物的投入, 可以改善土壤微生物组成, 增强土壤健康。有关部门在进行张家界国家森林公园土壤修复计划的过程中可以考虑采取必要的微生物接种剂来进行。相关部门在景区进行旅游项目开发的过程中, 除了要考虑方便游客、增加地方财政收入外, 同时还要考虑如何能够有效防止这种大

规模的旅游开发以及随之而来的高强度的游人活动, 造成景区生态的破坏。

参 考 文 献

- [1] 李卓棣. 土壤微生物学. 北京: 中国农业出版社, 1995
- [2] Moony J H, Cushman E, Medina O E, *et al.* eds. Functional Roles of Biodiversity. John Wiley & Sons, Ltd., 1996
- [3] Heal O W, Madean S F. Comparative productivity in ecosystem secondary productivity. *In: van dobden WH, Melonell PH L eds. Unifying Concepts in Ecology.* The Hague Holland, 1975. 89~ 108
- [4] Grierson P F, Adams M A. Plant species affect acid phosphatase, ergosterol and microbial P in a jarrah (*Eucalyptus marginata* Donn ex Sm.) forest in south west Australia. *Soil Biology & Biochemistry*, 2000, 32: 1 817~ 1 827
- [5] Dick R P. A review: Long term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 1992, 40: 25~ 36
- [6] 冯学钢, 包浩生. 旅游活动对风景区地被植物—土壤环境影响的初步研究. *自然资源学报*, 1999, 14(1): 75~ 78
- [7] 张晓兵, 郝文康. 野外旅游活动对土壤的影响. *国外林业*, 1995, 25(1): 1~ 4
- [8] 王忠君, 蔡君, 张启翔. 旅游活动对云蒙山国家森林公园景观及视觉的影响评价. *河北林业科技*, 2004(1): 32~ 35
- [9] Douglas M G. Recreational impacts on erosion and runoff in a central Arizona riparian area. *Journal Soil and Water Conservation*, 1998, 53(1): 38~ 42
- [10] 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. *四川林业科技*, 2002, 23(3): 28~ 33
- [11] 石强, 钟林生, 汪晓菲. 旅游活动对张家界国家森林公园植物的影响. *植物生态学报*, 2004, 48(1): 107~ 113
- [12] 赵斌, 何绍江. 微生物学实验. 北京: 科学出版社, 2002
- [13] Schnurer J, Rosswall T. Fluorescein Diacetate Hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter. *Applied and Environ. Microbiol.*, 1982, 43: 1 256~ 1 261
- [14] 陈华葵, 樊庆笙. 微生物学. 第 4 版. 北京: 中国农业出版社, 1999. 167~ 170
- [15] Clay K. Fungal endophyte symbiosis and plant diversity in successional fields. *Science*, 1999, 285: 1 742~ 1 744
- [16] 谭周进, 冯跃华, 刘芳, 等. 稻作制有机肥对红壤性水稻土微生物区系与酶活性的影响. *中国生态农业学报*, 2004, 12(2): 121~ 123
- [17] Sugden A M. Ecology: Diversity and ecosystem resilience. *Science*, 2000, 290(5 490): 233~ 235
- [18] 杨海君, 谭周进, 肖启明, 等. 假单胞菌的生物防治作用研究. *中国生态农业学报*, 2004, 12(3): 158~ 161