

拉斯科洞穴史前壁画微生物 生态学研究进展

马旭¹ 毛琳¹ 马燕天¹ 武发思² 汪万福² 马晓军¹ 安黎哲¹ 冯虎元¹

(1. 兰州大学生命科学学院, 兰州 730000; 2. 敦煌研究院 保护研究所, 甘肃 敦煌 736200)

内容摘要: 本文主要综述拉斯科洞窟内壁画微生物群落的多样性及微生物对壁画影响的研究进展, 以及由此产生的对世界各地洞穴保护的借鉴意义。

关键词: 拉斯科洞窟; 壁画微生物; 文化遗产; 文物保护

中图分类号: K854.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4106(2010)06-0116-05

A review on microbial community ecology in prehistoric Lascaux Cave paintings

MA Xu¹ MAO Lin¹ MA Yantian¹ WU Fasi² WANG Wanfu² MA Xiaojun¹
AN Lizhe¹ FENG Huyuan¹

(1. School of Life Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000;

2. Conservation Institute of Dunhuang Academy, Dunhuang 736200)

Abstract: This article focuses on Lascaux cave paintings in the diversity of microbial communities and microbial influence on the murals, and the resulting protection of the caves around the world for reference.

Keywords: Lascaux Cave; Mural microbial community; Cultural heritage; Heritage

1 引言

拉斯科洞穴(Lascaux cave), 位于法国韦泽

尔峡谷。1940年9月, 4名少年在法国多尔多涅的拉斯科山坡嬉戏时发现。洞穴的入口处仅有80多厘米宽, 当时洞口被一些落叶遮盖起来。沿洞口往下是几乎与地面垂直的山洞, 最后可以看到一些历

收稿日期: 2010-10-05

基金项目: 中国博士后科学基金项目“敦煌壁画损害的微生物学机制及防护研究”(20080430109); 古代壁画保护国家文物局重点科研基地开放课题“敦煌莫高窟区空气微生物生态学研究”(200801); 国家文物局文物保护科学与技术研究课题“昆虫对石窟壁画的损坏机理与防治研究”(200701)

作者简介: 马旭(1986—), 男, 吉林省白城市人, 兰州大学生命科学学院硕士研究生, 从事微生物生态学研究。

史遗迹及一些乱石堆。在随后的几周内开展了大规模的发掘活动,洞的入口及山洞内被拓宽到了几米宽,终于发现了一个原始人的画廊。

拉斯科洞窟因石灰岩缝隙水流的浸透,在地质年代的第三纪形成大型岩洞,它是一条长长的、宽狭不等的通道。洞窟墙壁上会有距今大约15000年的岩画作品,约有1500个岩刻和600个绘画,有红、黄、棕和黑等多种颜色。厅顶画有65头大型动物形象(马匹、红鹿、5m多长的巨大野牛等)及一些意义不明的圆点和几何图形。这些壁画线条粗犷、气势磅礴、动态强烈,反映了旧石器时代人类的文明,对现代人追溯远古人类生活和艺术创造活动的历史具有重要的科研价值。拉斯科岩洞堪称一处极其珍贵的艺术圣地,被誉为“史前西斯廷教堂”、“世界十大迷人洞穴”,是法国列入世界文化遗产名录的著名遗址之一。

近年来洞窟管理保护不当,使得洞窟壁画两次遭遇微生物的威胁。科学家们细致、详实地研究,希望能够找到适当的措施保护这个史前洞穴。

本文主要综述拉斯科洞窟内壁画微生物群落的多样性及微生物对壁画的影响,以及对世界各地洞穴保护的借鉴意义。

2 洞窟微生物多样性研究

2.1 藻类

拉斯科洞窟被发现后不久,当地政府就将其对公众开放。大量的游客涌入给洞窟带来了大量的有机物质和光,并提高了洞窟内的CO₂浓度和空气湿度,使得洞窟墙壁上出现了一层绿色的生物膜,经研究认为这是一种藻类,为绿藻门的Bracteacoccus minor^[1-2]。这种绿色生物膜也被称为la maladie verte,它的大规模爆发导致洞窟于1963年被迫关闭。

2.2 细菌

由于土壤中和洞穴内的微生物有些可能是可培养的,有些是不可培养的,所以依赖现代分子生物学技术探测到的微生物多样性比传统纯培养方法得到的要多得多。

采用传统微生物学方法分离拉斯科洞窟内的微生物已经有过报道,鉴定出微生物种类主要是Fusarium solani和Pseudomonas fluorescens。也

有人利用纯培养产物或者洞窟沉积物采集样品,采用扩增16S rRNA和18S rRNA片段建立克隆库的分子生物学方法探测拉斯科洞窟内的细菌和真菌^[3-7]。结果显示在相同湿度的情况下,即使样品采集于不同基质,群落结构也相似;而即使在相同基质,不同湿度下,微生物群落结构也可能不同(附表)。

拉斯科洞穴内最丰富的细菌种类是青枯杆菌(Ralstonia spp.)和假单胞菌(Pseudomonas spp.)(附表)都属于变形菌门(Proteobacteria)。其中青枯杆菌为致病菌,可以在寡营养的条件下生活,并可以降解那些难生物降解物质;而假单胞菌可以形成生物膜并在多种环境下生长^{[8][9]}。拉斯科洞穴内的细菌群落组成与其他洞穴内的是不同的。Zhou et al., (2007)的研究表明在中国贵州的卡斯特洞穴内的细菌群落中变形菌门(Proteobacteria)42.6%,酸杆菌门(Acidobacteria)占18.6%^[10];而在另一世界著名史前壁画岩洞阿尔塔米拉洞穴中优势菌属为变形菌门(52%)和酸杆菌门(24%)^[11-13];而敦煌莫高窟内的优势菌属为芽孢杆菌属(Bacillus)和产碱杆菌属(Alcaligenes)^[14-17]。这些研究表明一般洞穴内主要为变形菌和酸杆菌,而拉斯科洞穴占优势的是变形菌,占到了所有细菌的90%以上,这说明变形菌在拉斯科洞穴内的生物化学循环中占有重要作用^[18]。科学家给出的解释是,常年使用生物杀菌剂杀藻胺(benzalkonium chloride)导致的,绝大多数细菌被杀菌剂杀死了,但是对杀菌剂有着一定抗性的Ralstonia spp.和Pseudomonas spp.却被选择存活下来。

2.3 真菌

Dupont et al. (2007)首次报道了Fusarium solani于2001年9月开始出现在Lascaux洞穴,随后在洞穴的地板和野牛大厅的墙壁上开始大面积出现白色菌落。F. solani被认为是洞窟内本来就存在的真菌,只是在适当的条件下才会大量爆发,因为科学家们在其他洞窟,如Slovakia的洞穴沉积物^[19]中,以及英国^[20]、美国^[21]、印度^[22]等地区的洞穴内都曾发现过它。

Dupont et al. (2007)在Lascaux洞穴内还发现了其他6个属的真菌,他们是:Chrysosporium, Gliocladium, Gliomastix, Paecilomyces, Trichoderma和Verticillium。但是这些真菌都是昆

2007年7月,一种黑色霉斑开始威胁岩洞右部的一些标志性壁画(中殿的黑牛和半圆形后殿的鹿角),迫使岩洞管理者不得不采取措施控制黑色霉斑的蔓延。研究发现黑色霉斑中含有的主要真

上述主要微生物见附表。

[illegible]

3 洞窟壁画生物损伤研究

对公众开放60年来,拉斯科岩洞经受了各种危险的考验,包括最近出现的黑色霉斑。1940年9月拉斯科洞窟被偶然发现后,当年年底即被法国政府列为国家级历史遗迹,随后不久对其进行了装修,将洞口清理开并安装了一扇青铜大门,将附近的溪流排干,于1948年7月13日向公众开放。大量游客被精美的史前壁画所吸引,参观人数最多达每年10万人,日客流量最高达1800人,对于狭小的拉斯科洞窟(总面积不过3000m²,长度仅100m出头。最大的洞窟最长处19m,最宽处7m)来说,接待量超过了所能承受的范围,被迫于1963年关闭。

大量游客涌入带来了尘埃、外来微生物,有助于藻类生长的光线、湿度和CO₂,改变了洞窟原有的生态系统,很快洞窟内就爆发了所谓的“绿化病”,即洞穴表面生成一层藻类,形成绿化膜。人们采取喷洒杀菌剂和甲醛杀灭藻类,并于1969年对参观规定:每周开放5天参观不得超过35分钟,如此才得到遏制。

为了控制洞窟内的温湿度,人们于1982年在洞窟内安装了一套空气调节系统。然而洞穴内的固有生态系统一旦被打破之后是很难稳定下来的。2001年洞窟遭遇镰刀菌和假单胞菌侵袭,白色菌落遍及洞穴,人们采用杀菌剂的同时还应用机械方法手动清除,如此反复多次,最后动用4吨生石灰才遏制住了真菌的生长。

虽然采取如此可怕的措施并没有对洞窟造成严重后果,但是洞穴内的生态系统并没有因此而稳定。2007年一些对杀菌剂拮抗的真菌再次侵袭了拉斯科洞穴。这次真菌爆发后果更严重,以至于科学家们差点将拉斯科列入濒危世界文化遗产名录,最后依然只能采用老办法慢慢清除^[26-27]。

综上所述,微生物对拉斯科洞窟壁画造成严重破坏,具体来说主要有:

藻类,游客带来了光和CO₂,提高了洞窟内的空气湿度,使藻类丛生,在洞穴内形成绿化膜,覆盖壁画。

细菌,洞窟内发现的很多细菌都会分泌代谢产物,如有机酸、色素等,侵蚀壁画,并与颜料发生作用,造成壁画脱色。

真菌,丝状真菌通过发达的菌丝体覆盖壁

画,并向壁画内部渗透吸收营养,对壁画造成机械破坏,有些壁画也能分泌代谢物,使壁画褪色。

节肢动物,通过吸收颜料上的有机物及真菌菌丝体在洞窟内生存,同时通过身体及排泄物将真菌传播扩散到洞窟各个角落^[28-29]。

4 展 望

虽然洞窟保护工作者和科学家们进行了大量的工作,但是洞窟内的微生物群落状况仍旧没有十分清楚。比如洞窟内目前有多少种微生物以及动植物,这些生物的分布情况,这些生物是否对壁画有伤害以及对壁画损害的机理是什么等都需要进一步研究;并且研究技术手段简单,研究理论不成熟。拉斯科洞窟保护与研究的过程中也给了我们很多的启示:

(1) 生态学思想在文物保护工作中的作用和价值

为了达到真正保护拉斯科洞窟的目的,必须从整个洞穴的生态学功能方面考虑,而不是“头疼医头,脚疼医脚”,应用生态学原理才能制定出控制微生物生长及扩散行的有效措施。其中需要搞清楚以下几种关系: 各种微生物之间的关系; 微生物和动植物之间的关系; 气候因子、岩洞表层特征与微生物生长之间的关系; 正确处理杀菌剂的利用与微生物生长之间的平衡,以判断杀菌剂的利用是否对控制洞穴内微生物有杀灭作用。

(2) 多学科科学家共同协作以便更好地保护拉斯科洞窟

在生态系统如此复杂的洞穴内控制微生物的生长,需要多学科的学者共同努力(如微生物学、生态学、生理学、分子生物学、地理学),他们结合各自领域的先进的设备和技术共同研究保护洞窟,保护壁画,其研究成果可以作为洞穴是否为清洁状态的指标,并作为如何保护洞穴的依据。

(3) 开发与保护共存

为了更好地保护人类文化遗产,同时又要满足游客了解文化遗产的需求,从1963年起,法国政府已基本将洞穴关闭,并在附近仿造了一个拉斯科洞穴壁画2号,以接待来自全球各地的游客。最近当地政府运用高科技手段对洞中的部分壁画进行仿制,以建造能巡回展出的“可移动”拉斯科洞穴及其壁画。

参考文献:

- [1] Lefèvre, M. La maladie verte de Lascaux [J]. *Studies in Conservation*, 1974, 19: 126-156.
- [2] Bastian, F. & Alabouvette, C. Lights and shadows on the conservation of a rock art cave: the case of Lascaux Cave [J]. *Int J Speleol*, 2009, 38: 55-60.
- [3] Dupont, J., Jacquet, C., Dennetière, B., Lacoste, S., Boust, F., Orial, G., Cruaud, C., Couloux, A. & Roquebert, M.-F. Invasion of the French Paleolithic painted cave of Lascaux by members of the *Fusarium solani* species complex [J]. *Mycologia*, 2007, 99: 526-533.
- [4] Bastian, F., Alabouvette, C. & Saiz-Jimenez, C. Bacteria and free-living amoeba in Lascaux Cave [J]. *Res Microbiol*, 2009, 160: 38-40.
- [5] Bastian, F., Alabouvette, C. & Saiz-Jimenez, C. The impact of arthropods on fungal community structure in Lascaux Cave [J]. *J Appl Microbiol*, 2009, 106: 1456-1462.
- [6] Bastian, F., Alabouvette, C. & Saiz-Jimenez, C. Impact of biocide treatments on the bacterial communities of the Lascaux Cave [J]. *Naturwissenschaften*, 2009, 96: 863-868.
- [7] Bastian, F., Jurado, V., Nováková, A., Alabouvette C., & Saiz-Jimenez, C. The microbiology of Lascaux Cave [J]. *Microbiology*, 2010, 156: 644-652.
- [8] Daxboeck, F., Stadler, M., Assadian, O., Marko, E., Hirschl, A. M. & Koller, W. Characterization of clinically isolated *Ralstonia mannitolilytica* strains using random amplification of polymorphic DNA (RAPD) typing and antimicrobial sensitivity, and comparison of the classification efficacy of phenotypic and genotypic assays [J]. *J Med Microbiol*, 2005, 54: 55-61.
- [9] Stelzmueller, I., Biebl, M., Wiesmayr, S., Eller, M., Hoeller, E., Fille, M., Weiss, G., Lass-Floerl, C. & Bonatti, H. *Ralstonia pickettii* - innocent bystander or a potential threat [J]. *Clin Microbiol Infect*, 2006, 12: 99-101.
- [10] Zhou J.P., Gu Y.Q., Zou C.S. & Mo M.H. Phylogenetic diversity of bacteria in an earth cave in Guizhou Province, Southwest of China [J]. *J Microb*, 2007, 45: 105-112.
- [11] Schabereiter-Gurtner C., Saiz-Jimenez C., Pifar G., Lubitz W. & Rolleke S. Altamira Cave Paleolithic paintings harbour partly unknown bacterial communities [J]. *FEMS Microb Letters*, 2002, 211: 7-11.
- [12] Schabereiter-Gurtner C., Saiz-Jimenez C., Pifar G., Lubitz W. & Rolleke S. Phylogenetic 16S rRNA analysis reveals the presence of complex, and partly unknown bacterial communities in Tito Bustillo Cave, Spain, and on its Paleolithic paintings [J]. *Environ Microb*, 2002, 4: 392-400.
- [13] Schabereiter-Gurtner C., Saiz-Jimenez C., Pifar G., Lubitz W. & Rolleke S. Phylogenetic diversity of bacteria associated with Paleolithic paintings and surrounding rock walls in two Spanish caves (Llonin and La Garma) [J]. *FEMS Microb Ecol*, 2004, 47: 1-13.
- [14] 冯清平, 杨玲, 张晓君, 马晓军. 使敦煌壁画红色铅丹变色菌株生理特性的研究 [J]. *微生物报*, 1998, 38(6): 454-460.
- [15] 冯清平, 马晓军, 张晓君, 李最雄, 李实. 敦煌壁画色变中微生物因素的研究. 色变壁画的微生物类群及优势菌的检测 [J]. *微生物学报*, 1998, 38(1).
- [16] 冯清平, 张晓军, 马清林, 马晓军. 敦煌壁画色变中微生物因素的研究. 微生物对模拟石窟壁画颜料的影响 [J]. *微生物学报*, 1998, 38(2): 131-136.
- [17] 冯清平, 张晓君, 马晓军, 杨玲. 敦煌壁画色变中微生物因素的研究 III. 在石窟壁画铅丹变色中的作用 [J]. *微生物学报*, 1998, 38(5): 365-370.
- [18] Barton H.A., Taylor N.M., Krete M.P., Springer A.C., Oehle S.A. & Bertog J.L. The impact of host rock geochemistry on bacterial community structure in oligotrophic cave environments [J]. *Int J Speleol*, 2007, 36: 93-104.
- [19] Nováková, A. Microscopic fungi isolated from the Domica Cave system (Slovak Karst National Park, Slovakia). A review [J]. *Int J Speleol*, 2009, 38: 71-82.
- [20] Mason-Williams, A. & Holland, L. Investigations into the "wall-fungus" found in caves [J]. *Trans Cave Res Group Great Britain*, 1967, 9: 137-139.
- [21] Cunningham, K. I., Northup, D. E., Pollastro, R. M., Wright, W. G. & LaRock, E. J. Bacteria, fungi and biokarst in Lechuguilla Cave, Carlsbad Caverns National Park, New Mexico [J]. *Environ Geol*, 1995, 25: 2-8.

- [22]Kolar? í k, M., Kubá tová , A., Hulcr, J. & Pazoutová , S. Geosmithia fungi are highly diverse and consistent bark beetle associates: evidence from their community structure in temperate [J].Europe. Microb Ecol ,2008,55, 65- 80.
- [23]Saiz-Jimenez, C., Ortega-Calvo, J. J. & de Leeuw, J. W. The chemical structure of fungal melanins and their possible contribution to black stains in stone monuments[J]. Sci Total Environ,1995, 167, 305-314.
- [24]Dromph, K. M. Collembolans as vectors of entomopathogenic fungi [J]. Pedobiologia (Jena). 2003,47: 245- 256.
- [25]Greif, M. D. & Currah, R. S. Patterns in the occurrence of saprophytic fungi carried by arthropods caught in traps baited with rotted wood and dung [J]. Mycologia,2007,99: 7- 19.
- [26]Graff, J. Saving beauty[J]. Time ,2006,15: 36- 42.
- [27]Simons, M. Fungus once again threatens French cave paintings[J]. New York Times, 9 December 2007.
- [28]汪万福,蔺创业,王涛,马赞峰.仿爱夜蛾成虫排泄物对敦煌石窟壁画的损害及其治理 [J]. 昆虫学报, 2005,48(1).
- [29]汪万福,马赞峰,蔺创业,徐淑青,刘复玳.昆虫对石窟壁画的危害与防治研究[J]. 敦煌研究,2002(4).