

文章编号:1001-4810(2009)03-0324-05

贵阳天河潭旱洞硅藻生物多样性与环境初步研究

刘明¹, 王倩¹, 马健荣¹, 詹金星², 尹伟荣¹, 支崇远^{1,2}

(1. 贵州师范大学生命科学学院, 贵州 贵阳 550001;

2. 贵州省山地环境信息系统与生态环境保护重点实验室, 贵州 贵阳 550001)

摘要:为了研究喀斯特洞穴硅藻的分布和生物多样性,丰富和积累硅藻研究的基础理论数据,2008年12月对贵阳天河潭旱洞进行了野外考察。经实验室鉴定共发现硅藻7属27种(含变种),其中包括优势种7种。硅藻商为0,属和种的平均优势度分别为0.113和0.023,香浓维纳多样性指数值分别为2.60和4.43,均匀度均近似等于0.93,硅藻细胞平均密度为1609.36个/cm²。相对地表河流、湖泊(水库)、海洋等环境的硅藻生物多样性来说,天河潭旱洞硅藻生物多样性较高,但硅藻个体较小。硅藻与喀斯特洞穴环境具有很好的相关性,将硅藻作为喀斯特洞穴环境评价与监测的指示生物,具有重要的科学研究价值和理论现实意义。

关键词:硅藻;生物多样性;喀斯特洞穴;环境;天河潭旱洞;贵阳

中图分类号:Q949.27

文献标识码:A

中国喀斯特地貌分布广泛,贵州、云南、广西、湖南、湖北、四川、西藏等省区均以喀斯特地貌类型为主^[1]。天河潭旱洞位于世界上喀斯特分布最广泛、类型最复杂的中国西南地区腹心地带的贵州省^[2],是一个已被开发的旅游洞穴。喀斯特洞穴是一种非常重要的旅游资源,但旅游活动对洞内环境有很大的影响,比如洞穴温度、CO₂含量与客流量呈正相关关系;灯光植物滋生主要源自洞穴灯光照明、游客带进的孢子及细菌^[3]。

关于其它喀斯特洞穴植物的研究已有报道,如苔藓^[4-6]、蓝藻^[7]、靖西细筒芭苔^[8]等,但是,关于喀斯特洞穴硅藻与环境的研究还十分少见。硅藻是一种低等的单细胞藻类植物,个体微小,体长一般在1~200 μm之间^[9]。硅藻对环境的变化非常敏感,并且种类繁多(16 000多种),分布广泛,所以在古环境、地质及现代环境研究中具有重要的指示价值^[10]。因此,研究洞穴硅藻的分布及生物多样性,对旅游洞穴的保护与合理开发利用,对运用硅藻作为喀斯特旅游洞穴环境评价的生物指标等都具有重要意义。

1 环境概况

天河潭旱洞位于贵阳市南郊花溪河上游车田河段的石板镇芦荻村旁天河潭景区内,距市中心24 km,为景区一旅游开发溶洞。景点于1990年开发,1992年正式对外开发。旱洞长约2 000 m,共分三层,每层风光各异,结构复杂,具有典型的喀斯特溶洞特征——次生化学沉积物非常发育,石笋、石柱密集,钟乳石丰富,有多处岩溶滴水潭,洞壁潮湿,洞内天生桥下还有一深不可测的阴潭。洞内灯光闪烁,色彩和亮度变化多端,游客穿梭,原始平静的自然状态已被打破。

2 研究方法

在2008年12月对天河潭旱洞进行了野外实地考察,调查对象是洞内环境因子、环境现状、溶洞结构和

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30560011)、贵州省国际科技合作重点项目(黔科合外字(2007)400105号)

第一作者简介:刘明(1983—),男,硕士研究生,研究方向:硅藻与环境。

通讯作者:支崇远(1956—),男,博士,教授,研究方向:硅藻、地质、生态。

收稿日期:2009-01-16

人类活动情况,并在洞内岩溶积水潭里面采样(石块),带回实验室进行鉴定分析。在室内,先测定所要刷取硅藻的石块表面面积,再将硅藻刷下,先后加过量的盐酸、硫酸处理,然后离心弃酸至pH为中性(上海安亭科技公司产的多管大容量离心机,3 000 r/min,25分钟/次)、定容、取样并用橡胶制成永久装片,在Nikon相差显微镜下(放大:10×100)观察鉴定硅藻并计数和拍照。最后,将所得数据进行分析处理,计算出各生物多样性指数和每平方厘米的硅藻细胞密度。硅藻商采用中心纲硅藻种数与羽纹纲硅藻种数之比来表示^[11],群落特征指数计算公式^[12]如下:

$$\text{硅藻商} = \frac{\text{中心纲硅藻种数}}{\text{羽纹纲硅藻种数}}$$

Shannon-Wiener 多样性指数(H'):

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

$$\text{均匀度}(J'), J' = \frac{H'}{\log_2 S}$$

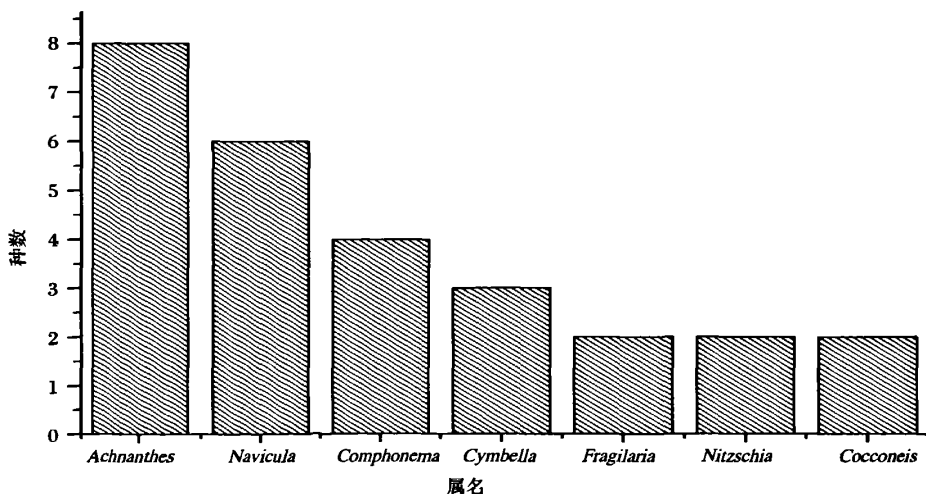


图1 天河潭旱洞硅藻属种数量图

Fig. 1 Diatom species scale in each genus of Tianhetan dry cave

从各个属的种类组成来看,曲壳藻属 *Achnanthes* 占据绝对优势,丰富度最高,为优势属,其次是舟形藻属 *Navicula*,为亚优势属。几个主要硅藻属包含种数从高到低的顺序依次为:曲壳藻属 *Achnanthes* > 舟形藻属 *Navicula* > 异极藻属 *Gomphonema*,而脆杆藻属 *Fragilaria*、菱形藻属 *Nitzschia*、卵形藻属 *Cocconeis* 这3个属包含种数最低,各属中均只发现2个种。

3.2 种类组成及细胞密度

通过对天河潭旱洞采样样品的实验室鉴定分析,共发现27个硅藻种及亚种,分属于7个属,各硅藻种

$$\text{优势度}(Y): Y' = \frac{n_i}{N} f_i$$

式中, N 为采集样品中所有物种的总个体数, S 为采集样品中的物种数, n_i 为第*i*种的总个体数, $P_i = n_i/N$ 为第*i*种(属)在样品中的数量比率, f_i 为该种在各样品中出现的频率, Y 值大于0.02的种类为优势种。

3 结果与分析

3.1 各属种类组成及数量

经实验室鉴定分析共发现硅藻7个属,各属硅藻种数分别是曲壳藻属 *Achnanthes* 8种、舟形藻属 *Navicula* 6种、异极藻属 *Gomphonema* 4种、桥弯藻属 *Cymbella* 3种、脆杆藻属 *Fragilaria* 2种、菱形藻属 *Nitzschia* 2种、卵形藻属 *Cocconeis* 2种,共27个种(图1)。

名录、优势度和细胞密度详见下表(表1)。平均优势度为0.023,其中,曲壳藻 *A. aonensis* Lange-Bertalot (0.097), *A. hungarica* Grunow (0.042), *A. helvetica* (Hustedt) Lange-Bertalot (0.034),舟形藻 *N. viridula* var. *germainii* (Wallace) Lange-Bertalot (0.106), *N. wiesneri* Lange-Bertalot (0.026),异极藻 *G. clavatum* Ehrenberg (0.062), *G. minutum* f. *syriacum* Lange-Bertalot & Reichardt (0.037)为优势种(优势度大于0.02)。平均细胞密度为1 609.36

个/cm²,其中曲壳藻 *A. daonensis* Lange-Bertalot 的细胞密度最大,为 195.68 个/cm²,其它几个主要种按照细胞密度大小依次为曲壳藻 *A. hungarica* Grunow (141.70 个/cm²),舟形藻 *N. viridula* var. *germainii* (Wallace) Lange-Bertalot (168.69 个/cm²) 和异极藻 *G. clavatum* Ehrenberg (101.21 个/cm²)。

表1 天河潭旱洞硅藻种名、优势度和细胞密度表

Tab.1 The diatom species name, dominance and cell density in Tianhetan dry cave

属名	种名	优势度	细胞密度 个/cm ²
曲壳藻 <i>Achnanthes</i>	<i>Achnanthes daonensis</i> Lange-Bertalot	0.097	195.68
	<i>A. hungarica</i> Grunow	0.042	141.70
	<i>A. helvetica</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	0.034	80.95
	<i>A. ingratiiformis</i> Lange-Bertalot	0.018	74.22
	<i>A. minutissima</i> var. <Sippe mit rhombisch-lanzettlidren Schalen>	0.014	74.22
	<i>A. flexella</i> var. <i>alpestris</i> Brun	0.007	47.23
	<i>A. petersenii</i> Hustedt	0.011	47.23
	<i>A. lacunarum</i> Hustedt	0.003	6.75
舟形藻 <i>Navicula</i>	<i>Navicula viridula</i> var. <i>germainii</i> (Wallace) Lange-Bertalot	0.106	168.69
	<i>N. wiesneri</i> Lange-Bertalot	0.026	53.98
	<i>N. declivis</i> Hustedt	0.016	47.23
	<i>N. microcari</i> Lange-Bertalot	0.018	40.49
	<i>N. clementioides</i> Hustedt	0.006	26.99
	<i>N. subtilissima</i> Cleve	0.003	20.24
异极藻 <i>Gomphonema</i>	<i>Gomphonema clavatum</i> Ehrenberg	0.062	101.21
	<i>G. minutum</i> f. <i>syriacum</i> Lange-Bertalot & Reichardt	0.037	87.72
	<i>G. angustatum</i> var. <i>obtusatum</i> (Kützing) Grunow	0.019	87.72
	<i>G. bavaricum</i> Reichardt & Lange-Bertalot	0.004	40.49
桥弯藻 <i>Cymbella</i>	<i>C. naviculiformis</i> (Auerswald) Cleve	0.019	94.47
	<i>C. bebridica</i> (Grunow) Cleve	0.013	26.99
	<i>C. turgidula</i> Grunow	0.002	20.24
脆杆藻 <i>Fragilaria</i>	<i>F. incognita</i> Reichardt	0.017	60.73
	<i>Fragilaria virescens</i> Ralfs	0.014	53.98
菱形藻 <i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia distans</i> var. <i>tumescens</i> Grunow in Cleve & Möller	0.003	33.72
	<i>N. bergii</i> Cleve-Euler	0.002	13.50
卵形藻 <i>Cocconeis</i>	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Grunow RL-Schale	0.014	53.98
	<i>C. placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehrenberg) van Heurck RL-Schale	0.002	13.50
平均	Average	0.023	1609.36

3.3 硅藻多样性指数分析

对样品数据进行统计分析,并计算其生物多样性指数,结果得出天河潭旱洞硅藻的各个生物多样性指数如下表(表2)。

表2 天河潭旱洞硅藻多样性指数表

Tab.2 The diatom biodiversity index in Tianhetan dry cave

多样性指数	硅藻商	优势度	均匀度	香浓维纳多样性指数 <i>H'</i>
属	—	0.113	0.93	2.60
种	0	0.023	0.93	4.43

数据显示,种的 Shannon-Weiner index (*H'*) 值 (4.43) 远高于属的 Shannon-Weiner index (*H'*) 值 (2.60),优势度逐渐降低(0.113 和 0.023),均匀度相差不大(近似值均为 0.93),而硅藻商为 0。*H'* 值的变化表明天河潭旱洞硅藻属的多样性稍低而种的多样性比较高,即相对属来说,较多的硅藻种更适应天河潭旱洞的生存环境;种的平均优势度为 0.023,优势种地位比较显著,优势种占物种总数的 25.93%,而属的优势度也较高,其中,曲壳藻属 *Achnanthes* 在各属硅藻中所占地位最显著,优势度最高,其次为舟形藻属

Navicula; 均匀度值(0.93)说明无论是硅藻属还是种,其均匀度都比较高;硅藻商为0,说明天河潭旱洞环境营养为极度贫营养型^[11]。从总体而言,天河潭旱洞硅藻的物种多样性(4.43和0.93)均较地表河流、湖泊(水库)、海洋等地表环境的多样性高^[13~15](表3)。但相对一般的硅藻体细胞大小(1~200 μm)来说^[9],天河潭旱洞硅藻体细胞比较小,约1~3 μm。

表3 几种环境的硅藻生物多样性表

Tab. 3 The diatom biodiversity in several environment		
环境类型	香浓维纳多样性指数 H'	均匀度
嘉陵江南充段	2.44	0.47
河南南湾水库	2.52	0.49
象山港潮间带	3.16	0.63
天河潭旱洞	4.43	0.93

4 结论与讨论

(1)硅藻的分布范围非常广泛,在喀斯特溶洞这种特殊的地下环境也有分布。在天河潭旱洞中,共发现硅藻7属27种(含变种),平均细胞密度为1 609.36个/cm²,其中曲壳藻 *Achnanthes* 和舟形藻 *Navicula* 两个属为优势属,曲壳藻 *A. aonensis* Lange-Bertalot, *A. hungarica* Grunow, 舟形藻 *N. viridula* var. *germainii* (Wallace) Lange-Bertalot 等为优势种,可能是因为这些优势属、种的硅藻更适应在喀斯特溶洞环境生长。

(2)天河潭旱洞的硅藻生物多样性指数比较高($H'=4.43$;均匀度=0.93),洞穴水体环境清洁^[16]($H'>3$)。相对污染较大的地表河流、湖泊(水库)、海洋等水体环境来说,可能是景点保护和管理较好,以致溶洞内环境污染轻微或无污染。

(3)可能由于溶洞内灯光光线不如地表自然光充足和稳定,环境营养为极度贫营养型(硅藻商为0),导致硅藻光合作用受到限制,生长发育不良,所以发现的天河潭旱洞内硅藻体细胞较地表硅藻(1~200 μm)短小(约1~3 μm)。

(4)我国喀斯特洞穴繁多,具有很大的开发价值和科学研究价值。喀斯特洞穴是人类宝贵的自然遗产,但是随着第三产业的兴起,喀斯特洞穴旅游的迅速开发,人类对喀斯特洞穴的影响和破坏达到了前所未有的程度。为此,我们以保护为绝对优先原则,尤其

强调保护的完整性^[17]。在生态环境破坏形势十分严峻的今天,以硅藻作为洞穴环境评价与监测的指示生物,对研究洞穴地质发育形成过程等,具有不可替代的优越性和重要的理论与现实意义。

致 谢:本项研究工作得到了天河潭风景名胜区的领导和相关工作人员的大力支持和帮助,作者在此一并致谢。

参考文献

[1] 曾宪东. 植物碳酸酐酶对石灰岩岩溶的驱动作用研究[D]. 武汉:华中科技大学,2004.

[2] Hah G L, Liu C Q. Water geochemistry controlled by carbonate dissolution; a study of the river waters draining karst dominated terrain, Guizhou Province, China[J]. Chemical Geology, 2004, 204: 1-21.

[3] 杨晓霞,向旭,袁道先,等. 喀斯特洞穴旅游研究综述[J]. 中国岩溶,2007,26(4):369-377.

[4] 张朝晖,赵传海,李晓娜,等. 中国桂林岩溶洞穴苔藓植物研究[J]. 广西植物,2005, 25(2): 107-111.

[5] 张朝晖,艾伦·培特客斯. 英格兰洞穴苔藓植物区系特征及其岩溶沉积研究[J]. 西北植物学报,2002, 22(2): 35-367.

[6] 张朝晖,艾伦·培特客斯. 法国阿尔卑斯-罗纳(Rhone-Alps)岩溶洞穴弱光苔藓植物群落研究[J]. 中国岩溶,2001, 20(3): 236-240.

[7] 戎昆方,安裕国. 喀斯特洞穴堆积物生物成因研究:以贵州织金洞为例[J]. 贵州地质,1996, 13(2): 177-180.

[8] 许为斌,高海山,刘演. 靖西细筒苣苔——中国广西苦苣苔科——新种[J]. 热带亚热带植物学报,2008, 16(3): 274-276.

[9] 郑治纯,茅绍智. 微生物学教程[M]. 北京:中国地质大学出版社,1998.

[10] 支崇远. 硅藻与环境——东海南部陆缘硅藻与古环境[M]. 北京:海洋出版社,2006.

[11] 胡鸿均,魏印心. 中国淡水藻类——系统、分类及生态[M]. 北京:科学出版社,2006: 946-947.

[12] 沈国英,施并章. 海洋生态学[M]. 北京:科学出版社,2002: 158-163.

[13] 邓洪平,陈锋,王明书. 嘉陵江南充段硅藻群落结构及水环境分析[J]. 水生生物学报,2008, 32(4): 586-591.

[14] 辛晓云. 河南南湾水库浮游硅藻的种群结构与水质污染评价初步研究[J]. 生态杂志,2003, 22(5): 125-126.

[15] 吴瑞,蓝东兆,高亚辉,等. 象山港潮间带底栖硅藻的分布及其与环境关系探讨[J]. 2008, 27(4): 445-451.

[16] 隋成鹰. 浮游藻类与水质污染监测[J]. 生物学通报,2002, 37(8): 49.

[17] 刘子琦,熊康宁,陈洪云,等. 贵州世界自然遗产提名地喀斯特洞穴利用研究[J]. 人民长江, 2008, 39(8): 25-28.

Preliminary study on diatom biodiversity and environment in Tianhetan dry cave, Guiyang

LIU Ming¹, WANG Qian¹, MA Jian-rong¹, ZHAN Jin-xing², YIN Wei-rong¹, ZHI Chong-yuan^{1, 2}

(1. School of Life Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550001, China;

2. Key Laboratory for Information System of Mountainous Area and Protection of
Ecological Environment of Guizhou Province, Guiyang, Guizhou 550001, China)

Abstract: In order to study the distribution and biodiversity of karst cave diatom, enrich and accumulate the basic theory date of diatom research, the authors conducted a field investigation in Tianhetan dry cave, Guiyang in December 2008. After identifying and analyzing in laboratory, 7 Genus and 27 species (including variation) were found in Tianhetan dry cave, among which 7 dominance species were included. The diatom quotient is zero, average dominance of biodiversity indexes of genus and species are 0.113 and 0.023, respectively and Shannon-Wiener indexes are 2.60 and 4.43, respectively, evenness degrees of both genus and species are approximately 0.93, average cell density of diatom is 1 609.36 cell/cm². The results also show that diatom biodiversity in Tianhetan dry cave is higher than in the river, lake (or reservoir) and ocean, but the diatom body in Tianhetan dry cave is relatively smaller. There is a good correlation between diatom and karst cave environment, so make use of diatom as an indicator for the evaluation and monitoring of karst cave environment will be of important scientific research value, theoretical and actual significance.

Key words: diatom; biodiversity; karst cave; environment; Tianhetan dry cave; Guiyang

(上接第 312 页)

Changes of soil quality with different multiple crop index in karst hills — A case study in Maodong small basin, Puding County

LIAO Jing-Lin^{1,3}, SU Yue², LI Hang⁴, LIU Fang⁵, FENG Ze-Wei²

(1. The Economic Research Center of Undeveloped Areas of Guizhou College of Finance and Economic, Guiyang, Guizhou 550004, China; 2. Agriculture Government Department of Guizhou Province, Guiyang, Guizhou 550001, China; 3. College of Tourism Management of Guizhou College of Finance and Economics, Guiyang, Guizhou 550004, China; 4. Environment and Resource College of Southwest University, Chongqing 400716, China; 5. Environment and Resource Institute of Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550003, China)

Abstract: Selecting Maodong small basin, Puding county, as a study area, we collected and analyzed the soil sample from different farming area influenced by different and long-term farming method, which include dry-land in low multiple crop index, dry-land in high multiple crop index and composite-land in high multiple crop index. The results show, under the long-term influence of different farming behaviors, the soil, collected from dry-land in low multiple crop index to dry-land in high multiple crop index to composite-land in high multiple crop index, decrease in bulk density, clay content, total P and activities of catalase and increase in organic matter, humic acid contents, nitrogen, available nitrogen, phosphorus, potassium, soil breathe intensity and urease, phosphatase, protease active content. Cluster analysis prove that preserving ability of moisture and fertility and providing ability of fertility of the soil are best in high multiple crop index but worst in low multiple crop index. The above conclusions show that the behavior of the farmer affects the soil quality to some extent.

Key words: karst; small basin; soil quality; farming behaviors