

文章编号: 1000-5471(2007)01-0043-04

# 20 余年来缙云山黛湖鼓藻类植物的演变与水质的关系<sup>①</sup>

王明书, 周亚宁

1. 西南大学 生命科学学院, 重庆 400715; 2. 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400715;  
3. 重庆市三峡库区植物生态与资源重点实验室, 重庆 400715

**摘要:** 对黛湖鼓藻类植物进行的调查研究发现, 黛湖鼓藻类植物的种类逐年减少, 1986—1988 年为 108 种, 减少了 24 种, 1990—1992 年为 63 种, 减少了 69 种, 1993—1995 年为 52 种, 减少了 80 种, 1997—2000 年为 48 种, 减少了 84 种, 2002—2004 年为 50 种, 减少了 82 种. 利用 Shannon-Wiever 物种多样性指数分析, 黛湖水质除 1990—1992 年为中度污染外, 其余年份为微污水质, 与 Whittaker 多样性指数、生物多样性指数以及指示藻类反映出的水质状况基本吻合.

**关键词:** 黛湖; 鼓藻; 演变; 水质

**中图分类号:** Q94

**文献标识码:** A

黛湖为重庆市缙云山国家级自然保护区内的一个景点, 水深在 1.2~10.3 m 之间. 1982 年报道湖内有鼓藻类植物 19 属, 105 种(含变种)<sup>[1]</sup>, 1984 年续报有鼓藻类植物 11 属, 27 种(含变种)<sup>[2]</sup>, 两次报道共有鼓藻类植物 132 种(含变种), 隶属 2 科, 30 属, 其中星形角星鼓藻(*Staurastrum asteriodeum* var. *nanum*) 和粘质圆丝鼓藻(*Hyalotheca mucosa*) 是当时我国文献记录尚未列入的种类; 硅藻类植物有 60 种, 13 个变种, 1 个变型<sup>[3]</sup>. 20 余年来黛湖环境发生了较大的变化, 鼓藻类植物大幅度消失.

## 1 种类的演变

1982 年和 1984 年研究发现, 黛湖有鼓藻类植物 132 种(含变种), 以后逐年定点对黛湖鼓藻类植物进行了采集调查, 经鉴定发现黛湖鼓藻类植物的种类逐年减少<sup>[4,5]</sup>. 1986—1988 年, 黛湖的鼓藻类植物种类减少了 18.18%, 1990—1992 年减少了 47.73%, 1993—1995 年减少了 60.60%, 1997—2000 年减少了 63.63%, 2002—2004 年鼓藻类植物在 1997 年至 2000 年的基础上增加了 2 种, 为 50 种, 减少了 62.12%.

在 1981—1983 年的调查中发现, 黛湖有中带鼓藻科(Mesotaeniaceae)植物 6 属, 9 种<sup>[1,2]</sup>, 在 1986—1988 年的调查中发现该科植物仅有 5 属, 6 种, 梭形鼓藻属(*Netrium*)消失, 从 1990 年开始到 2004 年的调查中已经没有发现中带藻科植物了. 而鼓藻科(Desmidiaceae)植物在 1981 年至 1983 年的调查中有 16 属, 123 种(含变种), 以后逐年减少, 1986—1988 年有 15 属, 102 种, 减少了 1 属 21 种; 1990—1992 年有 8 属, 63 种, 减少 8 属 60 种; 1994—1995 年有 6 属, 52 种, 减少了 10 属 71 种; 1997—2000 年有 6 属, 48 种, 属未减少, 但种类减少了 75 种; 到 2002 年至 2004 年的调查中仅有 5 属, 50 种, 减少了 11 属 73 种<sup>[4,5]</sup>(表 1).

从 1987 年开始, 黛湖的竹筏逐渐增多, 游客大量涌入, 增加了水体的负担, 一些真性浮游鼓藻类植物如多棘鼓藻属(*Xanthidium*)、角星鼓藻属(*Staurastrum*)、微星鼓藻属(*Micrasterias*) 等种类不能适应这种荡漾的水体而逐渐消失. 特别是从上个世纪 90 年代中期开始, 湖内修建水泥板路面和亭阁房屋以及周边宾馆、农家乐的兴起, 加上湖中养鱼供游人垂钓, 造成水体发生了极大的变化, 使一些鼓藻类植物的消失成

① 收稿日期: 2006-03-07

作者简介: 王明书(1952-), 男, 四川邻水人, 副教授, 主要从事植物学研究.

为必然. 对黛湖的开发利用, 客观上破坏了黛湖水体. 湖中的藻类对人类的上述活动非常敏感, 水体环境一旦被破坏, 对水环境变化敏感的藻类便会逐渐消失.

表 1 20 余年来黛湖水域鼓藻类植物的演变

Table 1 The Evolution of the Algae of Cosmarium in Dai Lake over 20 Years

属名(学名)	种 类/种					
	1981—1983	1986—1988	1990—1992	1993—1995	1997—2000	2002—2004
中带鼓藻属( <i>Mesotaenium</i> )	1	1	0	0	0	0
棒形鼓藻属( <i>Gonatozygon</i> )	3	2	0	0	0	1
柱胞鼓藻属( <i>Cylindrocystis</i> )	2	1	0	0	0	0
螺带鼓藻属( <i>Spirotaenia</i> )	1	1	0	0	0	0
梭形鼓藻属( <i>Netrium</i> )	1	0	0	0	0	0
弯柱鼓藻属( <i>Roya</i> )	1	1	0	0	0	0
新月藻属( <i>Closterium</i> )	18	16	13	13	13	13
柱形鼓藻属( <i>Penim</i> )	6	5	2	0	0	0
裂顶鼓藻属( <i>Tetmemorus</i> )	1	1	0	0	0	0
宽带鼓藻属( <i>Pleurotaenium</i> )	6	6	3	3	1	1
角顶鼓藻属( <i>Triploceras</i> )	1	1	0	1	0	0
凹顶鼓藻属( <i>Euastrum</i> )	9	8	6	1	1	3
微星鼓藻属( <i>Micrasterias</i> )	6	5	0	0	2	0
角星鼓藻属( <i>Staurastrum</i> )	31	23	15	12	9	13
鼓藻属( <i>Cosmarium</i> )	28	26	22	22	22	19
多棘鼓藻属( <i>Xanthidium</i> )	4	2	1	0	0	0
四棘鼓藻属( <i>Arthrodesmus</i> )	3	3	0	0	0	0
瘤接鼓藻属( <i>Sphaerosozoma</i> )	1	0	0	0	0	0
顶接鼓藻属( <i>Spondylosium</i> )	3	2	0	0	0	0
圆丝鼓藻属( <i>Hyalotheca</i> )	2	1	0	0	0	0
角丝鼓藻属( <i>Desmidium</i> )	3	2	1	0	0	0
缢丝鼓藻属( <i>Gymnozyga</i> )	1	1	0	0	0	0
合 计	132	108	63	52	48	50

从表 1 可以看出, 底栖的棒形鼓藻属、柱胞鼓藻属和梭形鼓藻属在 1990 年以后的采集中除 2004 年发现 1 种多毛棒形鼓藻(*Gonatozygon pilosum*)外, 其余均未发现. 在空心莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)上附生的乳头顶接鼓藻(*Spondylosium papillosum*)、矮型顶接鼓藻(*S. pygmaeum*)、平顶顶接鼓藻(*S. planum*), 裂开圆丝鼓藻(*Hyalotheca dissiliens*)、粘质圆丝鼓藻(*H. mucosa*), 角丝鼓藻(*Desmidium swartzii*)、矩形角丝鼓藻(*D. baileyi*)和缢丝鼓藻(*G. gymnozyga*) 在 1990 年以后的采集中已不再发现. 浮游的角星鼓藻属、微星鼓藻属、宽带鼓藻属、多棘鼓藻属和四棘鼓藻属的种类呈逐年下降的趋势. 新月藻属和鼓藻属的一些种类, 如项圈新月藻(*C. um moniliferum*)、莱布新月藻(*C. leibleinii*)、锐新月藻(*C. acerosum*)和钝鼓藻(*Co. schmidl*)能在  $\beta$ -中污染(弱污染)的水体中生存, 故变化最小.

## 2 藻类植物的演变与水质的关系

根据 1981 年 10 月 30 日测定分析, 黛湖的 DC 为 8.70 mg/L, COD 为 19 mg/L, 而未测出 Ca、Pb、Ni 等<sup>[1]</sup>, 说明当时黛湖人为污染轻, 水质清洁. 1986 年报道的黛湖硅藻研究发现, 有指示硅藻 19 种<sup>[3]</sup>, 而极常出现在  $\beta$ -中污带(弱中污带)的指示硅藻就有 13 种, 占指示硅藻(19 种)的 68.42%, 指示的水质为  $\beta$ -中污水质. 在以后各年度的调查中, 除对黛湖鼓藻类植物作了定性研究外, 还对其定量与水质的关系作了分析.

### 2.1 Shannon-Wiever 物种多样性指数与 Whittaker 多样性指数分析

在正常水体中, 藻类群落结构是相对稳定的, 当水体受到人为或其它方面干扰后, 群落中物种以及种群密度等都会发生变化. Shannon-Wiever 物种多样性指数是根据藻类物种和每一个物种的不同个体数来计算不同采样点中的指数值, 这样就可以了解种类个体的差异, 群落结构的组成和物种的分布格局, 同时还可反映采样点水质状况<sup>[6,7]</sup>.

$$D = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$

式中,  $s$  为样品中藻类的种类数,  $n_i$  为样品中  $i$  种藻类个体数,  $N$  为样品中藻类总个体数. 从 1986—2004 年, Shannon-Wiener 多样性指数值逐年下降(表 2), 表明各观察年藻类植物群落结构的复杂性、物种的丰富度、群落结构的稳定性和水质自动调节能力在逐年下降. Shannon-Wiener 多样性指数值与水体受污染程度有一定的关系, 即当  $D=0$  时为重污染,  $D$  为 1~2 属中度污染,  $D$  为 2~3 属轻度污染;  $D>3$  属清洁水体. 从表 2 可以看出, 1990—1992 年 Shannon-Wiener 物种多样性指数小于 2, 水质属中度污染, 鼓藻类植物与 1981—1983 年的最初调查的种类相比消失了 69 种, 占 52.29%. 其余各年份黛湖的 Shannon-Wiener 物种多样性指数都大于 2, 小于 3, 反映出水质为轻度污染.

Whittaker 多样性指数也称  $\beta$ -多样性指数, 通过这种指数值可以了解不同采样时间物种的组成状况.  $\beta$  值越大, 不同采样时间内的共有种就越少. 另外, 这种指数值还可对不同采样的生境进行评价, 从而比较生境的多样性<sup>[6,7]</sup>.

$$\beta = S/ma - 1$$

式中,  $S$  为样品(定量)的物种数,  $ma$  为样品(定量)平均数种数. 从表 2 可以看出, 1986—1992 年的 6 年中,  $\beta$  值的差异仅为 0.1, 说明它们之间生境环境差异性较小, 共同种多. 而以后的 10 年与前 6 年比较,  $\beta$  值有相当大的差异, 说明它们之间的同共种少, 其生态环境存在一定的差异, 水质有一定的变化.

## 2.2 生物多样性指数对水质的评价

多样性是群落的主要特征, 在水质清洁的条件下, 浮游藻类的种类多, 个体数相对稳定. 当环境条件发生变化时, 不同种类对新因素的敏感性和耐受能力是不同的, 敏感种类在不利条件下逐渐死亡, 抗性强的种类则大量发展. 也就是说, 污染过的水体, 浮游藻类种类将减少, 抗性强的种群数量则增加. 利用生物多样性指数可反映水质污染状况以及浮游藻类物种和数量的关系<sup>[6,7]</sup>.

$$\alpha = \frac{S-1}{\ln N}$$

式中,  $S$  为样品中藻类种类数,  $N$  为样品中藻类个体数.

从评价标准来看, 当  $\alpha$  值大于 3 时为清洁水质, 1~3 时为轻度污染,  $0<\alpha<1$  时为污染水质. 从表 2 的生物多样性指数来看, 1990—1992 年  $\alpha$  值最小, 其余年份的  $\alpha$  值在 2.21~2.47 之间, 反映的水质为轻度污染, 与 Shannon-Wiener 物种多样性指数结果一致.

表 2 黛湖 Shannon-Wiener、Whittaker 和生物多样性指数值

Table 2 The Shannon-Wiener, Whittaker and Biological Diversity Index

年 份	1981—1983	1986—1988	1990—1992	1993—1995	1997—2000	2002—2004
$D$ 值	—	2.52	1.89	2.21	2.13	2.03
$\beta$ 值	—	2.20	2.10	1.63	1.32	1.44
$\alpha$ 值	—	3.03	2.21	2.47	2.39	2.43

## 2.3 利用指示藻类进行评价

某些藻类对水体的环境变化能产生各种反应信息, 对水质具有指示作用, 为此可利用它们来监测和评价水体的污染状况. 水体中的理化性质和藻类群落的组成与水体本身的自净力、污染源远近、污染物的性质等会发生相应变化. 另一方面, 污染物的种类和性质差别很大, 水生藻类对它们的反应也各不相同. 根据这些现象 Kolkwitz 对自净作用过程的理解, 将水体的洁净程度分为多污带(重污带)、 $\alpha$ -中污带(强中污带)、 $\beta$ -中污带(弱中污带)、寡污带(微污带)和清洁带, 并指出每一带水体中都生存有不同的藻类, 形成污水生物系统, 并运用这一系统来评价水质的污染程度<sup>[8]</sup>. 清洁带指山溪水, 它们开始于泉水, 并且在很有限的范围, 随后根据流水不断进入新的环境而成为不洁的污水带. 所以一般就把水体划分为前 4 个带.

在 1981—1983 年进行的最初研究中, 寡污带(微污带)中出现的指示藻类为许多新月藻的种类, 如喙新月藻(*Closterium. rostratum*)、库津新月藻(*C. kutzingii*)等, 宽带鼓藻属、凹顶鼓藻属、鼓藻属、角星鼓藻属、微星鼓藻属、角丝鼓藻属、裂丝鼓藻属的许多种类. 而在  $\beta$ -中污带(弱中污带)水体中出现的指示藻类极少, 有项圈新月藻、莱布新月藻、锐新月藻和钝鼓藻. 在以后各年的调查中, 极常出现在多污带水体的指示藻有巨颤藻(*Oscillatoria margaritifera*)出现(也是  $\alpha$ -中污带水体中出现的指示藻类), 这是应该引起注意的. 极常出现在  $\beta$ -中污带水体和微污带水体中出现的种类没有变化, 还是  $\beta$ -中污带和微污带指示藻类最多, 表明黛湖水质状况总体是良好的, 为轻度污染. 水生藻类对水质的指示作用表明结果与 Shannon-

Wiever 物种多样性指数、Whittaker 多样性指数生物和多样性指数对水质的评价结果相对一致。

### 3 结 论

黛湖的鼓藻类植物经过 20 余年时间发生了很大的变化, 种类消失了 60.61%, 从各种数据分析来看, 从 1990 年开始水质变化较大, 但总体上仍属于轻度污染水体, 不过应该引起重视的是, 有极常出现在多污带水体的指示藻类巨颤藻的出现. 人类活动造成了环境的改变, 物种的变化是必然现象, 黛湖鼓藻类植物的大量消失正是人类活动以及对湖泊周边环境破坏所引起的, 重庆的酸雨也是造成黛湖鼓藻类植物消失的原因之一. 据有关资料报导, 酸雨使斯堪的纳维亚和北美的许多湖泊的生物灭绝, 整个欧洲的森林都受到损害<sup>[9]</sup>. 经媒体的多次曝光, 在有关部门的高度重视下, 目前黛湖中的水泥板路面和亭阁已被拆除, 周边的宾馆和农家乐在生活废水的处理上作了较大的修改, 这对黛湖水体的生息休养有相当大的好处. 虽然消失了的鼓藻类植物种类的恢复几乎不可能, 但保护现成的种类是可能的, 因为物种的分布和丰富性不仅取决于目前的生态特点, 而且取决于生态系统的历史. 对水体进行治理修复, 按照自然界自身规律去恢复水体的本来面貌, 强化自然界自身的自净能力, 这是人与自然和谐相处的合乎逻辑的治污思路.

#### 参考文献:

- [1] 钟肇新, 谭明初, 包少康. 北碚缙云山黛湖水域的鼓藻类植物初报 [J]. 西南师范学院学报(自然科学版), 1982, (1): 66—90.
- [2] 谭明初, 钟肇新, 包少康, 等. 北碚缙云山黛湖水域的鼓藻类植物续报 [J]. 西南师范学院学报(自然科学版), 1984, 23(2): 82—93.
- [3] 钟肇新, 包少康, 谭明初, 等. 北碚缙云山黛湖水域的硅藻类植物续报 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 1986, 33(2): 104—121.
- [4] 胡鸿均, 李尧英, 魏印心, 等. 中国淡水藻类 [M]. 上海: 上海科技出版社, 1980: 403—478.
- [5] 周凤霞, 陈剑虹. 淡水微型生物图谱 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 133—191.
- [6] 林碧琴, 姜彬慧. 藻类与环境保护 [M]. 沈阳: 辽宁民族出版社, 1999: 286—421.
- [7] Reynolds C S. The Ecology of Freshwater Phytoplankton [M]. U. S. A: Cambridge University Press, 1984: 40—156.
- [8] B 福迪. 藻类学 [M]. 罗迪安, 译. 上海: 上海科技出版社, 1980: 422—428.
- [9] 克里斯蒂昂·莱韦克. 生物多样性 [M]. 邱举良, 译. 北京: 科学出版社, 2005: 80—81.

## The Relationship Between the Water Quality and the Evolution of the Algae of Cosmarium in Dai Lake of Jinyun Mountain over 20 Years

WANG Ming-shu, ZHOU Ya-ning

Key Laboratory of Eco-environments in Three Gorges Reservoir Region (MOE), Chongqing Key Laboratory of Plant Ecology and Resources Research in Three Gorges Reservoir Region, School of Life Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China

**Abstract:** According to the reports in the years 1982 and 1984, there are 132 species of cosmarium in Dai Lake (mutants included). But the later research found that the algae of cosmarium in Dai Lake were on the decrease with each passing year: 108 species existed in 1986—1988, 24 species disappeared; 63 in 1990—1992, 69 disappeared; 52 in 1993—1995, 80 disappeared; 48 in 1997—2000, 84 disappeared; 50 in 2002—2004, 82 disappeared. The Shannon-Wiever Species Diversity Index have showed that the water quality of Dai Lake is little-polluted in most years. Except during 1990—1992, it's mid-polluted. These situations are considerably the same comparing with the Whittaker Diversity Index, Species Diversity Index and the water quality indicated by indicative algae.

**Key words:** Dai Lake; cosmarium; evolution; water quality

责任编辑 胡 杨