

娘子关泉域大型藻类 群落结构特征的研究

*NIANGZIGUAN QUANYU DAXING ZAOLEI
QUNLUO JIEGOU TEZHENG DE YANJIU*

石 瑛 著



海洋出版社

Q 949.2
20124

阅 览

娘子关泉域大型藻类 群落结构特征的研究

石 瑛 著



海洋出版社

2011 年 · 北京

图书在版编目(CIP)数据

娘子关泉域大型藻类群落结构特征的研究/石瑛著. —北京:海洋出版社,2011.12
ISBN 978-7-5027-8184-2

I. ①娘… II. ①石… III. ①岩溶水-藻类-群落生态学-研究-阳泉市
IV. ①Q949.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 278099 号

责任编辑:赵娟

责任印制:赵麟苏

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路8号 邮编:100081

北京华正印刷有限公司印刷 新华书店发行所经销

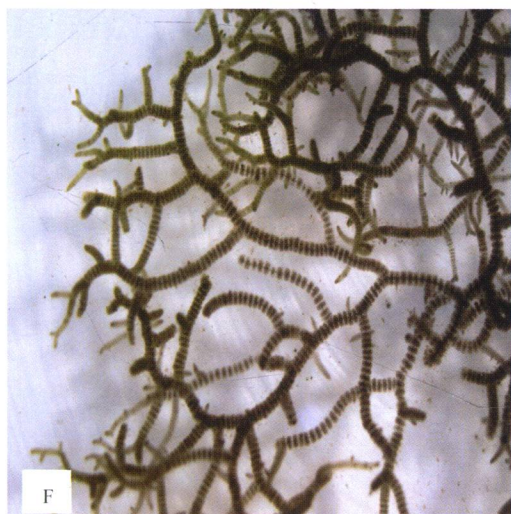
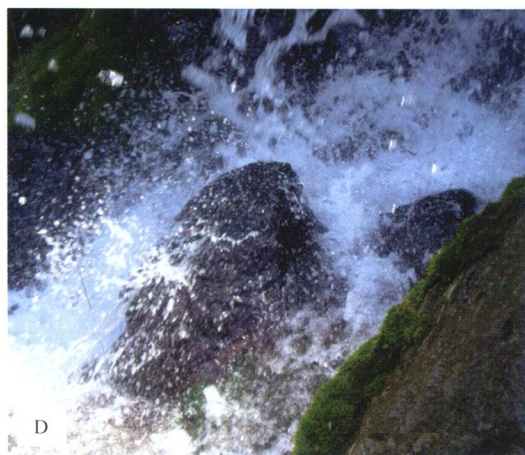
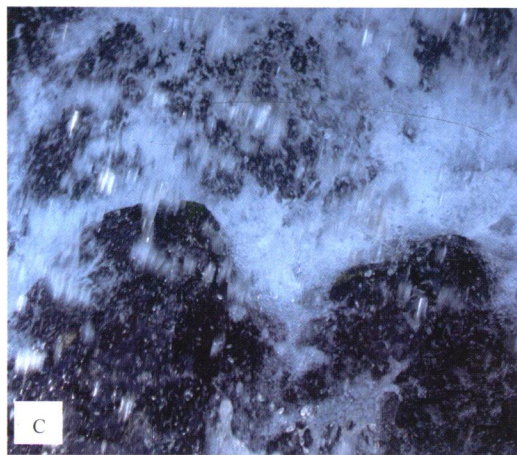
2011年12月第1版 2011年12月北京第1次印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:11.25 彩页:2

字数:220千字 定价:58.00元

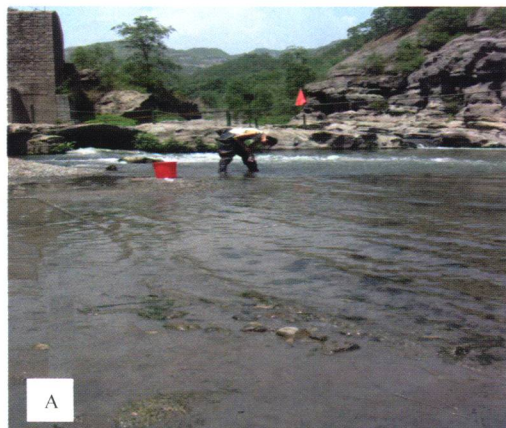
发行部:62132549 邮购部:68038093 总编室:62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换



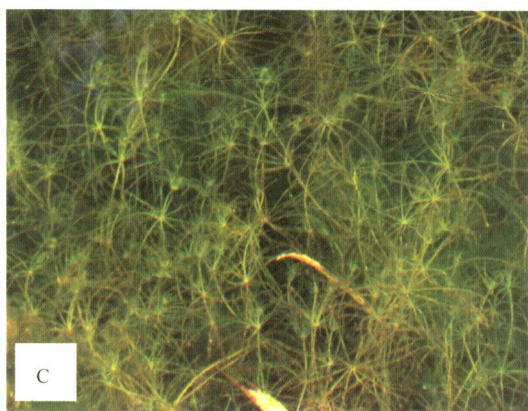
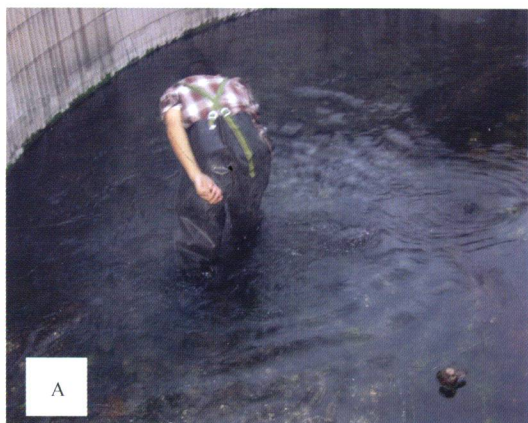
彩图 1 刚毛藻 + 红毛菜群落和串珠藻群落的生境

A - D: 刚毛藻 + 红毛菜群落; E - F: 串珠藻群落



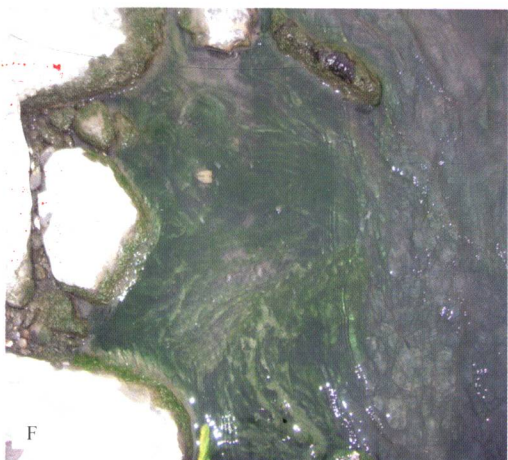
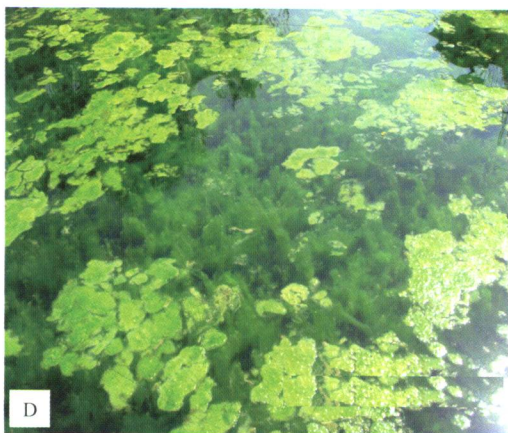
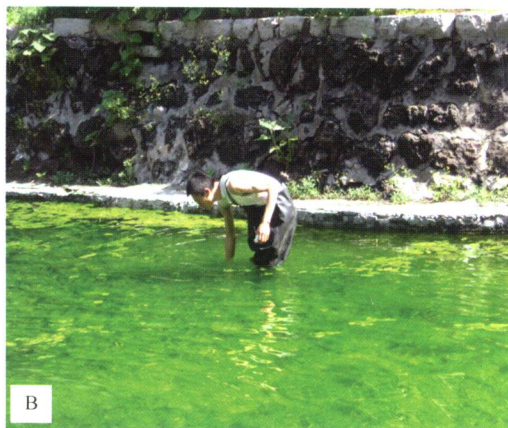
彩图 2 刚毛藻 + 弯枝藻群落和毛枝藻 + 羽枝藻群落生境

A - C: 刚毛藻 + 弯枝藻群落; D - E: 毛枝藻 + 羽枝藻群落



彩图 3 轮藻群落和无隔藻群落的生境

A-D: 轮藻群落; E-F: 无隔藻群落



彩图 4 水绵 + 微孢藻群落和刚毛藻群落的生境

A - D: 水绵 + 微孢藻群落; E - F: 刚毛藻群落

前 言

娘子关泉域是我国北方最大的岩溶泉。其分布跨越海河及黄河两大流域,主要河流为桃河、温河、松溪河、清漳河。娘子关泉域位于山西省东部,娘子关镇附近,出露于桃河与温河汇集地段。地理位置介于北纬 $36^{\circ}55'$ ~ $38^{\circ}15'$, 东经 $112^{\circ}20'$ ~ $113^{\circ}55'$ 之间,全区面积 $7\,436\text{ km}^2$ 。主要泉组分布在自程家至苇泽关约 7 km 长的河漫滩及阶地上,出露高程 $360\sim 392\text{ m}$ 。娘子关泉域岩溶地下水汇水面积 $7\,436\text{ km}^2$,泉群多年平均流量 $10.6\text{ m}^3/\text{s}$ 。娘子关泉域属温带大陆性季风气候,四季分明,年平均气温 $8.6\sim 10.7^{\circ}\text{C}$,年平均降雨量 $538\sim 578\text{ mm}$ 。泉水化学类型一般为 $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ 或 $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3 - \text{Ca}$ 型水,溶解性总固体为 $600\sim 700\text{ mg/L}$,总硬度为 $450\sim 480\text{ mg/L}$,水温稳定,平均为 19°C 。

从2002年4月至2007年1月先后11次在娘子关泉域采集标本,共采得大型藻类标本300余号。经鉴定,娘子关泉域大型藻类植物共计有116种(包括变种),分别隶属于6门,9纲,16目,23科,39属。以绿藻门包含的种类最多,其次是蓝藻门。

娘子关泉域大型藻类植物的主要群落类型有11个,即刚毛藻+红毛茛群落(Comm. *Cladophora* + *Bangia*)、轮藻群落(Comm. *Chara*)、刚毛藻+弯枝藻群落(Comm. *Cladophora* + *Compsopogon*)、无隔藻群落(Comm. *Vaucheria*)、水绵+微孢藻群落(Comm. *Spirogyra* + *Microspora*)、颤藻群落(Comm. *Oscillatoria*)、毛枝藻+羽枝藻群落(Comm. *Stigeoclonium* + *Cloniophora*)、奥杜藻群落(Comm. *Audouinella*)、席藻+鞘丝藻群落(Comm. *Phormidium* + *Lyngbya*)、刚毛藻群落(Comm. *Cladophora*)、串珠藻群落(Comm. *Batrachospermum*)。

从娘子关泉域大型藻类植物总种类数的平面分布来看,五龙泉分布种类最多,有60种;平阳湖次之,有51种;滚泉第三,有49种;苇泽关泉第四,有30种;坡底泉第五,有28种;城西泉第六,有25种;水帘洞泉最少,有21种。从各门类大型藻类植物在各点的分布来看,绿藻门植物的数量都是最多的,蓝藻门和硅藻门种类分布较均匀,在各采集点的分布相差不多。轮藻门和红藻门种类较少。

通过计算索仁森相似指数,发现娘子关泉域与辛安泉的相似指数很高(0.712),与世界其他国家大型藻类差异较大,相似率普遍偏低,在0.028~0.169之间。泉溪大藻的分布具有明显的地域性和生殖隔离现象。

从2006年3月到2007年1月,每两月对7个采集点进行标本采集和水样检测,对泉溪大型藻类的区系组成、生物多样性及其环境因子的影响进行了研究。

从多样性分析的结果来看,在大多数月份,五龙泉的多样性指数和均匀度指数最大,其次是平阳湖;坡底泉和城西泉较小。而优势度指数反映,在大多数时间,五龙泉最小,其次是平阳湖,坡底泉和城西泉最大。从多样性指数的周年变化可以看出,多样性与均度的变化趋势呈正相关;多样性与优势度的变化趋势呈负相关,这三种多样性指标反应的结果基本上一致,都能较好地表达娘子关泉域大型藻类的多样性。

对环境因子主成分分析表明,全年影响各采集点分布的最主要的因子是流速,其次是水宽和水深,还受控于其他理化因子。

对娘子关泉域10个主要的群落的生物量与环境因子进行了典型对应分析(CCA),结果显示,流速是影响各个群落的一个主要因素,刚毛藻+红毛茛群落、刚毛藻+弯枝藻群落、无隔藻群落、奥杜藻群落、颤藻群落、毛枝藻+羽枝藻群落、席藻+鞘丝藻群落、水绵+微孢藻群落都与流速呈正相关,串珠藻群落和轮藻群落与流速呈负相关。温度也是影响群落生长的主要因素,与温度呈正相关的有毛枝藻+羽枝藻群落、颤藻群落、席藻+鞘丝藻群落、水绵+微孢藻群落,与温度呈负相关的有刚毛藻+红毛茛群落、刚毛藻+弯枝藻群落、轮藻群落及串珠藻群落。电导也是影响群落的重要因素,与电导呈正相关的有奥杜藻群落,刚毛藻+弯枝藻群落和席藻+鞘丝藻群落,负相关的有无隔藻群落。从化学因子来看,受化学因子影响较大的群落是毛枝藻+羽枝藻群落、无隔藻群落,与大多数化学因子的关系都比较密切。而颤藻群落和串珠藻群落与pH值呈现负相关性。颤藻群落、毛枝藻+羽枝藻群落适宜在氮、磷浓度较高的水体中生活,串珠藻群落却相反。分布于不同采集点的类群,影响群落生长的主要环境因子有一定的差异性。分布于同一个采集点的群落类型,环境因子对它们的影响是相似的。

娘子关泉域大型藻类的附生藻类共计148种,隶属于4门,6纲,12目,19科,36属。其中硅藻门占绝对优势,有118种,约占总种数的79.7%。从分布上来看,平阳湖的附生藻种类最多,有89种,最少的是坡底泉,仅22种。附生藻类在春季最多,其次是秋季,冬季最少。研究结果还显示附生藻类和大型藻类种类表现出相

似的季节性变化,两者存在正相关($r=0.963, p<0.05$)。

本文还分析了娘子关泉域大型藻类生存危机的原因并提出了相应的保护对策。

本书中所记载的藻类标本保存于山西大学生命科学与技术学院和太原师范学院标本室,标本采集得到了山西大学藻类植物进化与资源利用课题组谢树莲教授、冯佳博士、张猛博士、樊兰英博士、胡变芳博士、王芳博士、李强硕士等的帮助和支持。感谢山西大学孢子植物课题组所有同志。特别感谢谢树莲教授和张峰教授在书稿撰写和数据结果分析过程中给予的指导与无私帮助和支持!

由于水平和时间所限,本书中难免有疏忽遗漏之处,望不吝指正。

本书得到了国家自然科学基金项目(31100264),山西省高校高新技术产业化项目(2010019)和山西省基础研究项目(青年基金)(NO.2010021027-1)的支持。

作 者

2011 年 10 月

目 次

第一章 绪论	(1)
1 大型藻类在淡水生态系统中的作用	(1)
2 泉溪大型藻类研究现状	(2)
2.1 国外泉溪大型藻类研究现状	(3)
2.2 国内泉溪大型藻类研究现状	(5)
3 我国泉溪大型藻类研究的目的和意义	(5)
3.1 我国泉溪大型藻类研究的意义	(5)
3.2 娘子关泉域大型藻类研究现状及研究意义	(6)
第二章 娘子关泉域自然概况及研究区域和方法	(7)
1 娘子关泉域自然地理概况	(7)
1.1 地理位置	(8)
1.2 气象	(8)
1.3 水质	(8)
2 研究方法	(8)
2.1 采集点概况	(8)
2.2 采集方法	(9)
2.3 标本的保存	(9)
2.4 硅藻的制片	(10)
2.5 标本的鉴定	(10)
2.6 生物量测定	(10)
2.7 水体理化因子的检测	(10)
3 标本采集记录	(11)
第三章 娘子关泉域大型藻类植物的组成	(19)
1 娘子关泉域大型藻类植物的种类组成	(19)
2 娘子关泉域大型藻类植物的分布区域	(20)
2.1 蓝藻门 Cyanophyta	(20)

2.2	黄藻门 Xanthophyta	(28)
2.3	绿藻门 Chlorophyta	(29)
2.4	轮藻门 Charophyta	(47)
2.5	红藻门 Rhodophyta	(49)
2.6	硅藻门 Bacillariophyta	(53)
3	娘子关泉域大型藻类植物与世界其他地区的比较	(55)
第四章 娘子关泉域大型藻类植物的主要群落类型和分布特点		(57)
1	娘子关泉域大型藻类植物的主要群落类型	(57)
1.1	刚毛藻 + 红毛菜群落 (Comm. <i>Cladophora</i> + <i>Bangia</i>)	(57)
1.2	串珠藻群落 (Comm. <i>Batrachospermum</i>)	(57)
1.3	刚毛藻 + 弯枝藻群落 (Comm. <i>Cladophora</i> + <i>Compsopogons</i>)	(57)
1.4	毛枝藻 + 羽枝藻群落 (Comm. <i>Stigeoclonium</i> + <i>Cloniophora</i>)	(57)
1.5	轮藻群落 (Comm. <i>Chara</i>)	(58)
1.6	无隔藻群落 (Comm. <i>Vaucheria</i>)	(58)
1.7	水绵 + 微孢藻群落 (Comm. <i>Spirogyra</i> + <i>Microspora</i>)	(58)
1.8	刚毛藻群落 (Comm. <i>Cladophora</i>)	(58)
1.9	颤藻群落 (Comm. <i>Oscillatoria</i>)	(58)
1.10	奥杜藻群落 (Comm. <i>Audouinella</i>)	(58)
1.11	席藻 + 鞘丝藻群落 (Comm. <i>Phormidium</i> + <i>Lyngbya</i>)	(58)
2	娘子关泉域大型藻类的平面分布特点	(59)
2.1	娘子关泉域不同采集点大型藻类的组成	(59)
2.2	娘子关泉域不同采集点大型藻类的分布特点	(59)
3	讨论	(77)
3.1	不同小生境的差异造成种类数分布的不平衡	(77)
3.2	物种适应性的差异造成其分布范围的差异	(77)
第五章 娘子关泉域大型藻类植物多样性的研究		(78)
1	调查区域和方法	(78)
1.1	研究区域概况	(78)
1.2	研究方法	(79)
1.3	数据分析	(79)
2	结果与分析	(79)
2.1	娘子关泉域大型藻类组成和分布	(79)

2.2 娘子关泉域大型藻类的生物多样性	(95)
3 讨论	(99)
3.1 生物多样性分析方法的比较	(99)
3.2 不同采集点多样性指数的比较	(99)
3.3 不同月份多样性指数的比较	(100)
第六章 环境因子对娘子关泉域大型藻类植物生长的影响	(101)
1 调查区域和方法	(101)
1.1 研究方法	(101)
1.2 数据分析	(101)
2 结果与分析	(102)
2.1 环境因子的特征	(102)
2.2 环境因子主成分分析	(109)
2.3 娘子关泉域大型藻类主要群落的 CCA 分析	(120)
3 讨论	(136)
3.1 环境因子主成分分析讨论	(136)
3.2 娘子关泉域大型藻类主要群落的 CCA 分析讨论	(137)
第七章 娘子关泉域大型藻类附生藻的研究	(139)
1 材料和方法	(139)
1.1 研究区域概况	(139)
1.2 附生藻类的采集和处理	(139)
1.3 统计分析	(139)
2 研究结果	(139)
2.1 附生藻类的组成	(139)
2.2 附生藻类的季节性变化	(141)
3 讨论	(141)
第八章 娘子关泉域大型藻类的生存危机及保护对策	(153)
1 娘子关泉域大型藻类的生存危机	(153)
1.1 娘子关泉域大型藻类植物不同年度的比较	(153)
1.2 娘子关泉域大型藻类植物减少的主要原因	(154)
2 娘子关泉域大型藻类的保护对策	(156)
2.1 加强泉溪大型藻类的基础性研究	(156)

2.2	模拟自然环境,进行人工培养的研究.....	(156)
2.3	限制地下水的开采,保证生存环境中足够的水源.....	(156)
2.4	限制污水的排放,保证生存环境的水质.....	(157)
2.5	建立自然保护区,严格管理和保护.....	(157)
3	今后的研究发展方向	(158)
参考文献.....		(159)

第一章 绪 论

淡水藻类分布广泛,作为水生态系统的一个组成部分在人们的生产实践中有它特有的作用。从水体生产力的角度来看,它们中的很多种类含有丰富的蛋白质和多种维生素,是经济动物,如螺、蚌、虾、鱼等的饵料。在环境保护工作中,用藻类指示水体污染程度已经广泛应用,尤其是着生藻类能较客观地反映该地段的水质。

淡水藻类在不同的水体环境中,区系组成是不同的,对江、河、湖泊的研究报道比较多,但是对泉溪藻类的系统性研究还比较少见。

泉就是地下水在地表的出露,在水文地质上这种出露又称为地下水露头(水文地质手册,1978)。泉溪的主要特点是水质清洁,水体流动,是一类特殊的淡水水体。生长在泉溪水体中的生物也有其特殊的适应性。目前,随着工业化和城市化的发展,许多泉溪水体受到了越来越多的污染,而这些污染也必然会对生活于其中的藻类植物产生影响,其中有些种已经灭绝或处于濒临灭绝的境地。研究泉溪藻类;尤其是大型藻类的区系组成、群落结构、季节变化规律及与水环境因子的关系,对于泉溪水体生物多样性的保护和生态系统的恢复具有重要的理论和现实意义。

泉溪大藻在不同的文献中都有不同的解释。Holmes 和 Whitton(1977)提到大型藻类是一些肉眼可见的丝状、簇状或垫状的,在采集地点就可以大体辨认的藻类。Sheath 等(1986)对大藻是这样解释的,大于 1cm 长的丝状、簇状、垫状或生殖的藻丝体。还有 Entwisle(1989a)和 Whitton 等(1991)也不断对大藻的概念进行了完善。直到 1992 年 Sheath 和 Cole 对泉溪大藻进行了详细且全面的解释,泉溪大藻是在流动的水体中能形成被肉眼所辨别的明显的片状结构的藻丝体。大型藻类在不同文献中的定义略有差别,但不论哪种解释,这些大型藻类几乎都是固着生长的,能够大体辨认的种类。

1 大型藻类在淡水生态系统中的作用

生态系统(ecosystem)是在一定空间内共同栖息着的生物群落与其环境之间由于不断地进行物质循环和能量流动而形成的统一整体。淡水生态系统则是由淡水水体和生活于其中的水生生物组成的整体,这些水生生物和淡水环境之间的相互作用和相互影响,是淡水生物学研究的主要内容。大型藻类作为水生生物的组成

部分在淡水生态系统中具有多方面的作用:

(1) 作为淡水环境监测的指示生物

在一定的水体中,大型藻类群落和其他水生生物与环境构成了一个统一的系统。当水体受到污染时,会导致天然淡水生态系统的剧变,大型藻类群落因受到压迫,引起其自身结构和功能以及种类、数量和群落结构的改变。这种变化常可综合指示环境特征和质量。由于大型藻类是固定生活于一定位置上的,因而在流速较大的河流、水库、湖泊中,它们对水质状况和变化的反映要比浮游植物好。此外,利用大型藻类作为指示生物还具有取材方便、成本低、具代表性等优势(沈蕴芬,章宗涉等,1994)。

(2) 是 N、P 等沉降富余营养的主要利用者

研究者经常发现,湖底的沉积物中总保留有一定量的 N,且在分层湖泊的底部可溶性 P 浓度会发生增加,这种现象表明有相当一部分 N、P 元素会沉积到水体的底部。另外,也有研究表明,大型藻类所处的生境中营养物质要较浮游藻类所处的生境中的营养物质要集中得多,因而大型藻类的代谢活动也强盛得多,是这种沉降富余营养物质的主要利用者(刘建康,2006)。除此之外,它在水环境中还起着“生物滤器”和“氧化塘”的作用(熊邦喜等,1994)。

(3) 作为饵料生物

大型藻类在浅水湖泊和小的河流中沿岸区面积占很大,再加上在沿岸区特殊的理化条件下,常可形成优势,其生物量可远远超过浮游藻类(Round, 1964),这就为刮食性的鲴亚科鱼类提供了丰富的优良饵料。大型藻类因而在渔业生产中起着举足轻重的作用。

(4) 增加了淡水生态系统的层次,提高了淡水生态系统的平衡能力

生态系统作为生物群落与理化环境的统一体,同其他生命系统一样,具有自我维持和自我调节的能力。在一定时间内,生态系统中各生物成分之间、群落与环境之间以及结构与功能之间的相互关系可以达到相对的稳定和协调,并且在一定强度的外来干扰下能通过自我调节恢复稳定状态,这就是所谓的“生态平衡”(ecological balance)。这种平衡能力随着物种多样性的增加而增强。大型藻类的出现,使得生态系统的层次结构增加,同时也增加了物种多样性。因此,系统的稳定性随之增强,以至抵抗外来干扰的能力不断增强,因而起到了维护生态系统自动平衡的作用。同时,大型藻类还通过光合作用,对改善底层水质具有积极作用。

2 泉溪大型藻类研究现状

泉溪藻类的研究很早就有记载,最早的是 1753 年,瑞典的博物学家林奈所著的“Species Plantarum”,其中记录了几种大型泉溪藻类植物,如 *Conferva gelatinosa*,

C. gluciatilis 等(Linnaeus, 1753)。之后的很长时间内,虽然不断有泉溪藻类种类的零星记载,但一直没有专门的深入研究。

直到 20 世纪 70 年代,随着世界性环境污染的加剧,水体环境的不断恶化,泉溪藻类的保护和恢复成为全球关注热点的同时,有关泉溪藻类的专门研究才逐步兴起,有关的研究受到了许多国家越来越多的重视,大部分的研究报道还只是关于区系组成和分类方面的。随着科学技术的进步,尤其是分子生物学及电子显微镜等先进研究手段不断渗透到生命科学的各个学科,极大地促进了泉溪藻类研究的发展。

2.1 国外泉溪大型藻类研究现状

有关泉溪大型藻类群落研究比较发达的地区集中在以下几个区域:澳大利亚(Biggs & Price, 1987; Entwisle, 1989),欧洲(Holmes & Whitton, 1981; Johansson, 1982; John & Moore, 1985; Kawecka, 1980, 1981; Whitton, 1984),北美洲(Sheath et al., 1986, 1989, 1996; Sheath & Cole, 1992, 1996; Sherwood, 1999),南美洲(Branco & Necchi, 1996, 1998; Necchi et al., 1995, 2000a)以及日本(Kumano, 1977, 1978, 1980, 1982a, 1982b, 1983, 1984a, 1984b, 1986, 1990, 1993)等地区。

在北美洲,Sheath 和他的研究小组从 1979 年开始对泉溪藻类尤其是淡水红藻进行研究报道,迄今,一直在世界淡水藻类研究领域处于领先地位,他们在《Pacific Science》,《Hydrobiologia》,《Arch. Hydrobiol》等杂志上发表有关北美洲泉溪藻类的研究论文数十篇,涉及到的方面除系统分类外,还有生态、生理、细胞及分子生物学等,使他们目前成为北美洲乃至世界淡水藻类研究的中心。在系统分类方面,他们创造了“Image Analysis and Multivariate Morphometrics”新方法应用于分类研究中(Sheath, 1989),得到许多学者认同,实践证明,很有应用价值。在对北美洲泉溪藻类串珠藻目区系进行全面研究的同时,他们还重新观察研究了世界各地许多以前发表的种类的模式标本和其他标本,对一些分类单位的特征进行了修订,对分类特征近似而难以区别开的一些种类进行了归计,澄清了一些存在的问题并发表了一些新种类(Kaczmarczyk & Sheath, 1992; Sheath & Vis, 1995; Sheath, Vis & Cole, 1992, 1993a, 1993b, 1994a, 1994b, 1994c; Vis & Sheath, 1992, 1996; Vis, Sheath & Cole, 1996)。他们在对泉溪水体大型藻类生态分布方面也有独到的研究,发表了许多有影响的论文(Sheath & Burkholder, 1985; Sheath et al., 1986; Sheath & Cole, 1988, 1992; Sheath & Hambrook, 1988; Sherwood & Sheath, 1999; Vis, Carlson & Sheath, 1991)。他们也对一些藻类的植物的细胞超微结构、染色体数目以及光合作用等有过研究报道(Kaczmarczyk, 1991; Kaczmarczyk & Sheath, 1988, 1991, 1992; Sheath & Cole, 1990b, 1993; Sheath, Hellebust & Sawa, 1979; Sheath