

## 武汉东湖浮游藻类物种多样性的研究

雷安平 施之新 魏印心

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

**摘要:** 从1994年1月至1996年12月, 每月定期从东湖四个常规采样站采集浮游藻类标本进行研究。经鉴定共发现260个分类单位, 隶属于7个门的99个属, 其中有2种为中国新记录。以1995年浮游藻类的群落结构进行分析的结果是: 浮游藻类的种类数以绿藻门最多, 硅藻门次之; 各站基本上均以夏季种类最多, 其次为秋季和春季, 冬季最低; 四个站中分布的种类差异不明显, 各站都出现的种类数占全部种类数的39.6%; 不同的站或同一个站在不同的季节其优势类群亦不同。计算了与水体营养类型有关的浮游藻类群落的两种指标—多样性指数和硅藻商。对东湖浮游藻类群落结构的特征及变化与水质的关系进行了探讨, 从浮游藻类群落的演替指出东湖的富营养化程度自20世纪50年代以来一直在加剧。

**关键词:** 浮游藻类; 群落结构; 富营养化; 东湖

中图分类号: Q179.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2003)02-0179-06

东湖的浮游藻类从20世纪50年代到90年代中期的四十余年的演替中, 大致经历了三个阶段: 在50年代, 优势藻类是甲藻和硅藻, 藻类数量的季节变动曲线是典型的“马鞍形”, 具春秋两个高峰; 20世纪60和70年代初, 蓝藻和绿藻的数量大为提高, 接近或超过了甲藻和硅藻大量生长时的数量。从70年代开始由于微囊藻、鱼腥藻等蓝藻的大量生长而发生“水华”, 且藻类数量的季节变动曲线变为单峰形, 仅一个夏季高峰; 自20世纪80年代以来, 水质继续恶化, 浮游藻类从蓝藻水华的突然消失(1985年以后)而向小型化发展, 特别是细胞体积更小的蓝藻和硅藻数量急增<sup>[1,2]</sup>, 其群落结构进一步发生重大变化。随着全球生物多样性的日益被重视, 对物种多样性的调查也显得极其重要和紧迫。以往对东湖浮游藻类的物种多样性研究尚欠深入, 因此本文对1994—1996年间的浮游藻类物种多样性及其变动规律进行了较详细的研究, 旨在为东湖富营养化治理和持续利用提供必要的资料和科学依据。

### 1 研究方法

#### 1.1 研究地点描述

东湖(30°33'N, 114°23'E)位于武汉市东北郊, 是长

江中下游的一个中型浅水湖泊(总面积32km<sup>2</sup>, 总汇水面积187km<sup>2</sup>), 由人工堤坝隔成几个相对独立的湖区。本研究在东湖设立四个站: I站设在湖湾水果湖区, 周围人口密集, 受人为的影响最大, 且湖面窄小; II站设在郭郑湖中心, 湖水与I站相通, 人口也较密, 但湖水最深, 湖面宽阔; III站和IV站分别位于接纳污水较少、营养水平较低的汤林湖和后湖中心(图1)。

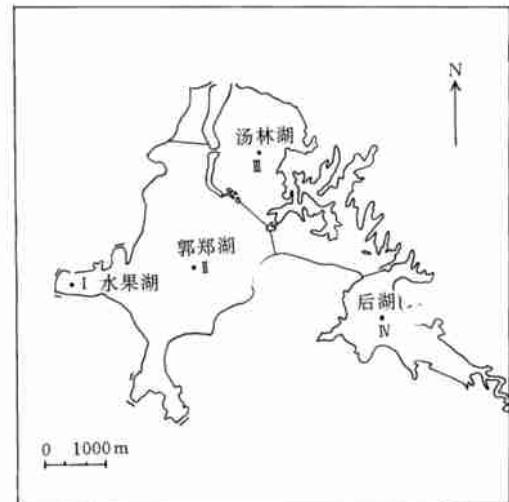


图1 东湖采样站分布图

Fig. 1 Map of the sampling stations in Donghu Lake

## 1.2 样品的采集和处理

从 1994 年 1 月至 1996 年 12 月 3 年中, 每月上旬上午 8:30—11:30 从上述四个站进行采集, 用采水器取水面以下 0.5m 至离湖底 0.5m 的混合水样 10L, 取其 1L 用 Lugol's 碘液固定并沉淀浓缩至 50mL, 作定量计数用; 定性样品用孔径为 6μm 或 10μm 的浮游生物网过滤获得。将部分样品经酸处理, 用于在油镜下对硅藻进行鉴定。

## 1.3 种类鉴定及计数

标本的观察在 Olympus-BHS 研究型显微镜下进行。除硅藻是在 15×100 倍油镜下鉴定外, 其他藻类在 15×40 倍下直接观察。硅藻的鉴定主要依据 Cleve Euler<sup>[3]</sup>, Hustedt<sup>[4]</sup>, Patrick<sup>[5]</sup>, Schmidt<sup>[6]</sup> 等有关著作; 蓝藻的鉴定主要根据 Geitler<sup>[7]</sup>, Desikachary<sup>[8]</sup> 及朱浩然等<sup>[9]</sup>的著作; 绿藻则主要依据 Kommarek<sup>[10]</sup> 的著作; 其他藻类则主要依据胡鸿钧等<sup>[11]</sup>的著作。

将定量样品摇匀后取 0.1mL 于一种特定的计数框( Palmer Counting Cell) 内计数, 选取 20—40 个视野, 计算结果以每毫升水中藻类细胞数表示。对于比较难判断细胞数的群体, 则任选 20 个个体在高倍下观察, 测出细胞数, 取平均值。由于硅藻在直接观察时无法定种, 所以计数时先计算总的硅藻细胞数, 然后将部分样品酸处理后在油镜下定种并计算出各种硅藻间细胞数的比例。

## 2 结果

### 2.1 种类组成

3 年来对东湖浮游藻类的鉴定与分析(对硅藻仅进行了 1995 年的研究, 而对其他各门藻类则进行了三年的鉴定), 共发现 99 个属 260 个分类单位(包括种、变种、变型和变种变型, 下同), 隶属于 7 个门。绿藻门的种类数最多, 达 39 个属 106 个分类单位; 硅藻门的种类数次之, 为 26 个属 82 个分类单位; 再其次为蓝藻门, 为 16 个属 32 个分类单位; 其他各门藻类的种类数较少, 有 18 个属 40 个分类单位。结果还表明, 东湖浮游藻类群落的种类组成在三年中类似。以 1995 年为例, 全年共发现 242 分类单位, 其中绿藻门种类 92 个, 占全部种类数的 38.0%, 硅藻门种类 82 个, 占 33.9%, 蓝藻门种类 28 个, 占 11.6%, 其他四门藻类 40 个, 占 16.5%。

绿藻中绿球藻目(Chlorococcales) 的种类数最多, 多达 85 个分类单位, 占绿藻种类数的 80.2%, 其中以栅藻属( *Scenedesmus* )、四角藻属( *Tetraedron* ) 及盘星藻属( *Pediastrum* ) 的种类最多, 分别达 17、14 和 10

个分类单位, 但每个种的优势度均不大。

硅藻中主要为羽纹纲的种类, 占硅藻种类数的 80.5%, 其中尤以双壳缝目( *Biraphidinales* ) 的舟形藻科( *Naviculaceae* ) 及管壳缝目( *Aulonoraphidinales* ) 的菱形藻科( *Nitschiaceae* ) 种类最多, 分别达 21 及 14 个分类单位, 但仅有一种单壳缝目( *Monoraphidinales* ) 的种类( 小型曲壳藻 *Achnanthes minutissima* ) 在 IV 站冬季时为优势种, 绝大多数种的优势度均不大。中心纲的种类数相对较少, 主要为圆筛藻目( *Coscinodiscales* ) 中圆筛藻科( *Coscinodiscaceae* ) 的种类, 但优势度较羽纹纲的种类高, 特别是梅尼小环藻( *Cyclotella meneghiniana* ) 和汉氏冠盘藻( *Stephanodiscus hantzschii* ) 经常形成为优势种。

蓝藻门的种类尽管不多, 但优势度最高, 尤其以细胞体积很小的一些种类, 如小平裂藻( *Merismopedia minima* )、湖泊颤藻( *Oscillatoria limnetica* ) 和小席藻( *Phormidium tenue* ) 等最为突出。隐藻门的种类最少, 仅两属 3 种, 但却为优势类群。

在已鉴定的种类中, 不对称盘星藻( *Pediastrum asymmetricum* ) 和湖泊颤藻( *Oscillatiria limnitica* ) 为中国新记录, 其中前者是最近发现的新种<sup>[12]</sup>, 在东湖被第二次发现。

### 2.2 种类组成的季节变化和水平分布

从图 2 可以看出: I、II、III 站的种类数均以夏季最多, 其次为秋季, 冬季最低; IV 站却以秋季最多, 夏季其次, 春季再次, 冬季最少。一般来说, 夏、秋季绿藻和蓝藻门的种类数较多, 硅藻和其他藻类种类数的季节变化则不甚明显。

### 2.3 四个站种类分布的比较

四个站中分布的种类差异较小, 且年变化也不显著。1995 年全年共出现的分类单位数为 242 个, 四个站中都出现的种类数则多达 95 个, 占全部种类数的 39.6%。I、II、III、IV 站所出现的分类单位数分别为 147 个、156 个、167 个和 159 个, 其中 III、IV 站发现的种类数略高于 I、II 站。仅在一个站中出现的分类单位数分别为: I 站 12 个, II 站 17 个, III 站最多, 达 25 个, IV 站 22 个。仅在 I、II 站出现的种类主要为绿藻门种类( I 站 6 个, II 站达 11 个分类单位), 而 II 站则主要为硅藻门种类( 达 17 个分类单位), IV 站则各个门的藻类都有( 仅隐藻门除外)。

### 2.4 优势类群及优势种群的季节变化

由表 1 可看出, 不同的站或同一个站在不同的季节, 其优势种种群和优势类群亦不同。蓝藻和隐藻的种类不多但都是数量上的优势类群, 绿藻的种

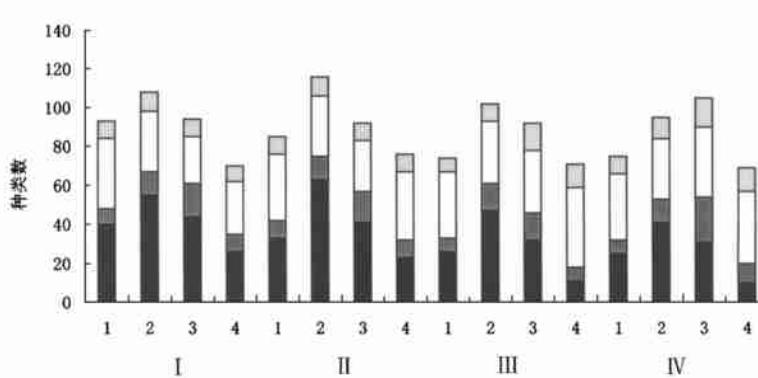


图 2 东湖四个站 1995 年浮游藻类种类数的季节变化

Fig. 2 Seasonal changes of phytoplankton species number in four stations in Donghu Lake in 1995

I - spring, II - summer, III - autumn, IV - winter

■ 绿藻 ■ 蓝藻 □ 硅藻 □ 其他

表 1 1995 年东湖各站优势类群及优势种群的季节变化

Tab. 1 The dominant species in the four stations in 1995

		I 站和 II 站	III 站	IV 站
春	硅藻类	汉氏冠盘藻 ( <i>S. hantzschii</i> ) 梅尼小环藻 ( <i>C. meneghiniana</i> ) 湖泊颤藻 ( <i>O. limnetica</i> )	湖泊颤藻 ( <i>O. limnetica</i> )	湖泊颤藻 ( <i>O. limnetica</i> )
	蓝藻类	水生集胞 ( <i>S. ynedocystis aquatilis</i> ) 小席藻 ( <i>P. tenuis</i> )	藻	藻
	隐藻类	反曲隐藻 ( <i>C. reflexa</i> ) 尖尾蓝隐藻 ( <i>C. acuta</i> )	类	类
	绿藻类	整体占较大比例, 但无突出优势种		
夏	蓝藻类	小平裂藻 ( <i>M. minima</i> ) 小席藻 ( <i>P. tenuis</i> )	同 I 、 II 站	蓝藻类 小席藻 ( <i>P. tenuis</i> )
秋	同夏季		同夏季	同春季
冬	除绿藻类所占比例很小外, 其他的优势类群和优势种群与春季基本一致。		无明显优势类群和优势种, 有时以尖尾蓝隐藻 ( <i>C. acuta</i> ) 为优势。	硅藻类 小曲壳藻 ( <i>A. minutissima</i> )
				金藻类 小金色藻 ( <i>C. parva</i> )

类最多但无优势种群。I 站和 II 站的优势类群和优势种群基本一致: 在春季时硅藻、蓝藻、绿藻和隐藻都占较大比例, 在冬季除绿藻类所占比例很小外, 其他的优势类群和优势种群与春季基本一样; 在夏、秋季两个站都以蓝藻为绝对优势类群。III、IV 站的优势种和 I、II 站差别较大。III、IV 站在春、夏、秋三季均以蓝藻为优势。II 站在冬季有时无明显优势类群, 有时以尖尾蓝隐藻 (*Chroomonas acuta*) 为优势。IV 站在冬季有时以硅藻, 有时以金藻为优势。在相邻的年份, 优势类群和优势种群出现的先后和所占的比例有所不同, 但优势类群和优势种群基本一致, 变化较小。

## 2.5 多样性指数

作者计算了 1995 年全年各个站的三种多样性指数——Margalef 多样性指数、Simpson 多样性指数和 Shannon Weaner 多样性指数<sup>[13]</sup>, 在表 2 中, 三种多样性指数都是 I、II 站较 III、IV 站大。

## 2.6 硅藻商

Thunmark 和 Nygaard 以藻类种类数作为指标, 根据不同藻类类群与有机污染和营养物的大致关系, 求出商值, 划分水体营养类型<sup>[13]</sup>。本文根据东湖的藻类组成特点(鼓藻类的种类数太少), 仅选用硅藻商作为评价水体营养类型的依据。根据 Giorgio<sup>[14]</sup>等以中心纲的总个体数的羽纹纲的总个体数的比值

表 2 东湖各站 1995 年的多样性指数  
Tab. 2 The diversity index in the four stations in 1995

月份	I			II			III			IV		
	Mar.	Sim.	Shan.									
1	2.21	5.88	2.81	2.48	4.46	2.52	3.11	4.05	2.27	1.15	1.66	1.10
2	2.13	3.43	2.12	3.14	4.59	2.72	1.17	2.28	1.32	2.82	3.21	2.18
3	2.63	4.76	2.97	0.98	4.10	2.32	1.02	1.99	1.14	0.60	1.54	1.00
4	2.52	7.90	3.30	1.95	7.88	3.28	2.34	3.37	2.28	1.67	3.10	2.03
5	3.65	5.34	3.47	3.24	4.82	3.10	1.35	4.74	2.36	1.13	2.29	1.52
6	3.75	5.69	3.30	3.43	4.90	2.97	2.03	4.80	2.69	2.97	6.56	3.09
7	4.09	1.42	1.24	3.82	1.60	1.48	2.86	2.33	2.04	3.62	5.13	3.01
8	3.05	2.02	1.66	3.85	1.65	1.35	3.02	1.96	1.63	2.48	3.11	2.32
9	3.36	3.06	2.39	3.45	2.13	1.79	2.40	2.64	2.05	3.26	2.42	1.94
10	3.90	3.33	2.54	3.80	2.88	2.15	2.50	2.80	2.08	2.75	2.09	1.90
11	2.53	5.63	2.94	2.26	4.70	2.53	1.56	1.98	1.48	2.89	5.58	2.88
12	1.66	3.73	2.30	1.87	5.13	2.58	2.73	1.66	1.33	1.52	1.56	1.05
平均值	2.96	4.35	2.59	2.86	4.07	2.39	2.17	2.88	1.89	2.24	3.19	2.00
春	6.17	7.68	3.76	4.64	5.73	3.43	2.92	1.47	0.98	3.83	4.53	2.85
夏	6.03	1.89	1.89	6.59	1.85	1.82	5.94	3.50	2.8	5.06	6.03	3.47
秋	6.29	5.05	3.28	5.56	2.74	2.28	4.12	2.65	2.24	5.55	2.59	2.32
冬	2.96	6.08	3.02	3.53	6.46	3.10	3.78	2.45	2.14	3.02	2.45	2.02
平均值	5.36	5.18	2.99	5.08	4.20	2.66	4.19	2.52	2.04	4.37	3.90	2.67

以季节为单位时的多样性指数

注: 表中 Mar. 表示 Margalef 多样性指数, Sim. 表示 Simpson 多样性指数, Shan. 表示 Shannon Weaver 多样性指数

计算方法算出的硅藻商, I、II、III、IV 站的平均值依次为: 76.1、31.7、4.9 和 0.6, 从 I 站到 IV 站都依次递减。硅藻商越大表示水体的营养程度越高, 与水体的其他环境因子指标评价结果一致, 也与作者<sup>[15]</sup>在 1993 年计算东湖的硅藻商时评价的结果吻合。

### 3 讨论

#### 3.1 从浮游藻类群落结构的变化看东湖富营养化进程

饶钦止等归纳了 I 站和 II 站从 1956 年到 1975 年 20 年间浮游植物的主要演变。浮游藻类不仅在数量上成倍增长, 在群落结构上也发生了很明显的变化。在 1956—1957 年, 甲藻和硅藻分别占第一位和第二位, 而蓝藻和绿藻远少于甲藻和硅藻。20 世纪 60 和 70 年代, 蓝藻和绿藻的比例上升, 甲藻和硅藻的比例相应下降, 尤其蓝藻越来越突出, 并发生蓝藻水华, 硅藻也降至很次要的地位。1985 年以后, 蓝藻水华突然消失了, 代之为细胞体积更小的蓝藻

为优势<sup>[1,2]</sup>。到了 90 年代, 浮游藻类的数量仍成倍增长, 在 II 站, 70 年代的年平均数量为每毫升一千余个, 而至 1996 年则为每毫升 68842 个<sup>[1]</sup>。

从 20 世纪 50 至 70 年代, 隐藻一直不是一个重要类群, 到 80 年代初隐藻在冬季为 I、II 站的优势类群, 在 90 年代它仍为重要的类群, 在四个站中经常出现, 尤其在 I、II 站大量出现。作者认为: 反曲隐藻和啮蚀隐藻(*C. erosa*)一样, 为好污水性种, 在多污及  $\alpha$  中污水体中能大量生长, 在  $\beta$  中污及寡污染水体中也出现, 但不能大量生长<sup>[16]</sup>。

甲藻和硅藻在 50 年代分别为第一、第二优势类群, 而在 70 年代都降至很次要的地位, 到 90 年代, 硅藻所占比例上升, 在春季和冬季时形成 I、II 站的优势, 且在其他季节也占较大比例, 但优势种几乎都为中心纲中耐污染性的种类(汉氏冠盘藻和模糊直链藻)和广普性的种类(梅尼小环藻)或  $\beta$  中污的种类(颗粒直链藻), 但在 50 年代为优势的羽纹纲的硅藻(窗纹藻属 *Epithemia*、异极藻属 *Comphonema* 和桥

1) 由于计数方法不同(70 年代是计个体数, 而 90 年代是计细胞数)所以比较每年的增长率不够精确。

弯藻属 *Cymbella*) 自 70 年代以来降至次要的地位。尽管硅藻所占比例重新上升, 但它和 50 年代的种类组成显著不同, 以耐污的种类为优势, 且细胞体积趋于小型化。

绿藻的种类组成变化也很大。浮游鼓藻类在 50 年代中期有 122 个分类单位(待发表), 在 80 年代有 3 属 10 个分类单位<sup>[17]</sup>, 而本次对东湖三周年的调查中仅发现 3 属 5 种。不少湖泊学工作者把鼓藻类作为区分湖泊营养类型的指示种类, 大多数种类被认为是贫营养型的代表。鼓藻的种类和数量自 50 年代以来显著减少是与东湖的富营养化密切相关的。喜生长在有机质丰富的水体中的绿球藻目, 其种类数显著增加(尤以 I、II 站为甚), 从 80 年代的 66 个分类单位<sup>[17]</sup>增为 90 年代的 85 个分类单位。

从水化学资料来看, 东湖的富营养化程度自 50 年代以来一直在加剧<sup>[15, 18]</sup>。浮游藻类的小型化也是富营养化加剧的标志<sup>[19]</sup>。从东湖 I、II 站浮游藻类群落结构的演替可看出, 东湖 I、II 站的富营养化程度自 50 年代以来一直在加剧, 并且还在继续, 和水化学指标评价的结果吻合。

虽然 II 站和 IV 站没有以前的资料可作比较, 但是金藻门的圆筒锥囊藻 (*Dinobryon cylindricum*) 和小金色藻 (*Chroochromulina parva*) 有时会在两个站形成优势, 但在 I、II 站则出现频率很少。大多数金藻被认为是对环境变化较敏感, 喜水温低、透明度大、有机质含量低的环境, 但小金色藻是属富营养指示种类。IV 站在冬季经常以  $\beta$ -中污的指示种类小曲壳藻为优势。蓝藻在 III、IV 站所占比例也很大, 尤以 IV 站为甚, 在秋季形成高峰。结合各门藻类的情况, 可认为 III、IV 站在 90 年代时的水质有时较好, 有时较差, 但比 I、II 站富营养化程度低得多。

### 3.2 关于多样性指数及硅藻商与水体营养类型关系

一般认为, 在清水中群落的多样性指数高, 而在污染水体中多样性指数则低<sup>[20, 21]</sup>, 但也有不同的观点, Archibald<sup>[22]</sup>在比较不同的多样性指数后, 认为多样性指数指示水质是值得怀疑的有时甚至会导致错误的结论, Rawson<sup>[23]</sup>认为优势种的个体数量较种类数具有更大的意义。国内也有学者在计算多样性指数时, 得到在一些重污染的点多样性指数较高以及和其他指标相关性很差的结果<sup>[24, 25]</sup>。作者<sup>[15]</sup>在计算 1993 年 2 月至 1994 年 1 月硅藻群落的多样性指数时, 得出在相同生态条件下, 用多样性指数来指示水质是可行的结论, 而在此次三周年对东湖浮游藻

类群落结构进行详细研究时发现其与水质的相关性较差。因为 I、II 站绿藻的种类数(特别是绿球藻目的种类数)很多, 富营养化程度更严重的 I、II 站的多样性指数反而高于富营养化程度较弱的 III、IV 站。作者认为多样性指数和水质的关系是复杂的, 和水体类型、计数的方法及鉴定种类的详细程度等诸多因素都有关系。因此在评价水体营养类型时仍需结合其他指标。

一般认为, 硅藻商越大表示水体的营养程度越高, 用本次算出的硅藻商评价水质的结果和作者<sup>[15]</sup>在 1993 年计算东湖的硅藻商时评价的结果吻合。作者初步认为, 在相同生态条件下, 硅藻商是作为水质评价的一个较好的指标。

### 参考文献:

- [1] Rao X Z, Zhang Z S, The evolvement( 1956—1975) of phytoplankton and eutrophication in Donghu lake, Wuhan [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1980, 7(1): 1—17. [饶钦止, 章宗涉. 武汉东湖浮游植物的演变(1956—1975年)和富营养化问题. 水生生物学集刊, 1980, 7(1): 1—17]
- [2] Liu J K. Annual Report of State Key Laboratory for Freshwater Ecology and Biotechnology of China (FEBL) for 1992 [R]. Beijing: International Academic Publishers 1993
- [3] Clever Euler A. Die Kieselalgen des Takemsees in Schweden Kungliga Svenska Vetenskaps Akademiens Handlinge [M], 1932
- [4] Hustedt F. Bacillariophyta( Diatomae) In Pascher A. ed. Die Süsswasser Flora Mitteleuropas. Heft. 10 [M]. Jena: Gustav Fischer, 1930
- [5] Patrick R, Reimer C W. The diatoms of the United States (exclusive of Alaska and Hawaii), Monographic series 13 of Academy of Natural Sciences of Philadelphia [M], Philadelphia, Pennsylvania: Sutter House Lititz, 1975
- [6] Schmidt A. Atlas der Diatomaceen Kunde [M], Serie F X, Tafeln 1—480, Leipzig: R. Reisland, 1874—1959
- [7] Geitler L. Cyanophyceae. In Raberhorst ed.: Kryptogamer Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Band XIV [M], Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft, 1932
- [8] Desikachary T V. Cyanophyta [M], Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, 1959
- [9] Zhu H R, Freshwater algae in China, vol 2, *Chroococcales*, [M]. Beijing: Science Press, 1991. [朱浩然. 中国淡水藻类, 第二卷, 色球藻纲. 北京: 科学出版社, 1991]
- [10] Huber Pestalozzi, G. Das Phytoplankton des Süßwassers 7/1: 1—1044 [M]. 1983
- [11] Hu H J, Li Y Y, Wei Y X, et al. Freshwater algae in China [M]. Shanghai Science Technology Press, 1979. [胡鸿钧, 李尧英, 魏印心, 等. 中国淡水藻类. 上海: 科学技术出版社, 1979]
- [12] Hegewald E, Yamagishi T. *Pediastrum asymmetricum* Yamagishi et Hegewald a new species from Japan and some notes on accompanying *Pediastrum* taxa [J]. *Nova Hedwigia*, 1994, 59: 77—95
- [13] Shen Y F, Zhang Z S, Gong X J. The new detection technique on microbiology [M]. Beijing: China architecture industry press, 1990. [沈韫芬, 章宗涉, 龚循矩. 微型生物监测新技术. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990]
- [14] Giorgio P A. Progressive changes in the structure and dynamics of the

- phytoplankton community along a pollution gradient in lowland river a multivariate approach [J]. *Hydrobiol.*, 1991, **214**(3): 129—154
- [15] Liu Jiankang. The study on ecology in Donghu lake( II ) [M]. Beijing: Science press, 1995. [ 刘建康. 东湖生态学研究(二). 北京: 科学出版社, 1995]
- [16] The special committee about environmental problem on ecological academy in Japan, Environment and denotative biology, Beijing: China environmental science press[ M]. 1987. [ 日本生态学会环境问题专门委员会. 环境和指示生物. 北京: 中国环境科学出版社, 1987]
- [17] Wei Y X, The *Chlorophyta*, *Pyrophyta* and *Cryptophyta* in Donghu lake, Wuhan[ J]. *Study on botany of Wuhan*, 1985, **3**(3): 243—254. [ 魏印心. 武汉东湖的绿藻、甲藻和隐藻. 武汉植物学研究, 1985, **3**(3): 243—254]
- [18] Liu J K. The study on ecology in Donghu lake( I )[ M]. Beijing: Science press, 1990. [ 刘建康. 东湖生态学研究(一). 北京: 科学出版社, 1990]
- [19] Komeva L G, Mineeva N M. Phytoplankton composition and pigment concentrations as indicators of water quality in the Rybinsk reservoir [ J]. *Hydrobiol.*, 1996, **322**: 255—259
- [20] Odum E P. The foundation of ecology[M]. Beijing: People education press, 1981. [ 奥德姆. 生态学基础(孙儒泳译). 北京: 人民教育出版社, 1981]
- [21] Reynolds C S. The ecology of freshwater phytoplankton[M]. London: Cambridge University Press, 1984
- [22] Archibald R E M. Diversity in some South African diatom associations and its relation to water quality[ J], *Wat. Res.* 1972, **6**: 1229—1238
- [23] Rawson D W. Algae indicators of trophic lake types[ J]. *Limnol. Oceanogr.*, 1956, **1**: 18—25
- [24] Meng R X, Liu Z Q, The evaluation of water pollution and eutrophication in Chaohu with phytoplankton[ J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1988, **12**(1): 14—26. [ 蒙仁宪, 刘贞秋. 以浮游植物评价巢湖水质污染及富营养化. 水生生物学报, 1988, **12**(1): 14—26. ]
- [25] Zhang Z S, Mo Z C, Jie K R, The Detection and evaluation of water pollution in Tumen river with algae[ J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*. 1983, **8**(1): 97—104. [ 章宗涉, 莫珠成, 戎克文. 用藻类监测和评价图们江的水污染. 水生生物学集刊, 1983, **8**(1): 97—104]

## DIVERSITY OF THE PHYTOPLANKTON IN DONGHU LAKE, WUHAN

LEI AiPing, SHI ZhiXin and WEI YinXin

(Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072)

**Abstract:** The composition and diversity of phytoplankton community were analysed in four sample stations in Donghu Lake, Wuhan from Jan. 1994 to Dec. 1996. 260 taxa belonging to 99 genera and 7 phyla were observed, of which 2 taxa were recorded for the first time in China. The composition was similar in the four stations in successive years, and the community structure of the phytoplankton in 1995 were analyzed. The number of the total species was the highest in summer, minimum in winter and the species occurred at the four stations counted for 39.6% of the total species. The species number of Chlorophyta was the highest, with high species number of Chlorococcals found ( counted for 80% of Chlorophyta), but none species was considered to be dominant species. The second highest species number was found to be Bacillariophyta, of which pennate diatoms comprised more than 80% of the diversity, with less than 20% centric diatoms found. However, two centric diatoms (*Cydotella meneghiniana* and *Stephanodiscus hantzschii*) were detected to be dominant species. Though the species number of Cyanophyta was not high, the community was dominated by Cyanophyta in Summer and Autumn in four stations, dominant species included *Merismopedia minima*, *Phormidium tenue* and *Oscillatoria limnetica*. Cryptophyta could be dominant groups in winter or spring though only 3 species were identified. The dominant species in stations I & II are different from those at stations III& IV in Winter and Spring; dominant species in stations I & II are indicators of eutrophication, but some dominant species in stations III& IV were β-mesotrophic indicators, e.g. *Achnanthes minutissima*.

Three kinds of diversity index(Margalef, Simpson and Shannon Weaner) were calculated and results suggested that diversity index might be not good indicators of water quality when the water was at high eutrophication status. However, the Diatom Quotient declined in the order of stations I to IV and was proposed to be highly correlated to water quality. Finally, the relationship between changes of the phytoplankton community structure and the water quality was discussed. It is concluded that the eutrophication had been aggravated since 1950s.

**Key words:** Phytoplankton; Community structure; Eutrophication; Donghu Lake