第7卷第4期
1995年12月

湖 泊 科 学
JOURNAL OF LAKE SCIENCES

Vol. 7, No. 4
Dec., 1995

武汉东湖主要湖区的藻类与营养型评价*

况琪军　夏宜琤
(中国科学院水生生物研究所,武汉 430072)

提要　对东湖9个湖区藻类的群落结构、生长潜力、初级生产力和营养状况进行了比较研究。结果表明,9个湖区藻类的种类组成无明显差异,绿藻为主,蓝藻和硅藻次之;藻类的生长潜力和初级生产力各湖区差异较大,均以茶港湾重污染区最高和牛巢湖最低。根据各项指标综合分析,9个湖区水质优劣的顺序是:牛巢湖、汤林湖、后湖、郭郑湖、菱角湖、筲箕湖、庙湖、喻家湖和茶港湾重污染区。对东湖的大水面郭郑湖40年来藻类的有关参数进行比较发现,藻类个体数量的峰值40年内增加了百倍以上,而藻类的属数却比50年代减少了一半,藻类多样性下降,种类小型化现象明显;初级生产力也有较明显增长,60年代和90年代的水柱日产氧量分别为1.6和4.60 O_2 g/(m²·d)。到目前为止,东湖的污染在继续发展,富营养化仍在加重。

关键词　藻类　营养水平　退化生态系统　初级生产力　武汉东湖

东湖是长江中下游的一个中型浅水湖泊,位于武汉市武昌东北部。地理位置为114°09′～114°39′27″E、30°22′46″～30°41′50″N。水面面积约32km²,平均水深约2.3m。是武汉市的一个重要水源地和渔业基地。近30年来,由于湖区周围人口密度不断增加,工农业生产、水产养殖以及旅游业的迅猛发展,大量营养物质进入东湖。外源污染源源不断,湖内污染日益加重,导致浮游植物在数量上大幅增长,群落结构上发生明显变化,以致水体浊度增大,透明度降低,水质下降,富营养化日趋突出。水源地的功能受到危害,沿湖数十万居民的饮用水质和人体健康受到不良影响。为控制和治理东湖的污染,中国科学院水生生物研究所和中国市政工程中南设计院等单位在"八五"期间承担了《武汉东湖污染综合防治技术》的攻关研究,本文仅报道该项目有关40年来以郭郑湖为代表的东湖藻类的变化趋势。

今天的东湖由9个子湖(以下统称湖区)组成,依面积大小它们依次为:郭郑湖、汤林湖、后湖、牛巢湖(团湖)、庙湖、小潭湖、菱角湖、喻家湖和筲箕湖。本文涉及除小潭湖(已和其他湖区阻隔)之外的8个湖区。位于郭郑湖西南角的一个大湖湾(茶港湾),虽未隔断成湖区,但由于南面有茶叶港污水注入,西面和污染严重的水果湖相通,水质极度恶化,是郭郑湖的重污染区,其生态环境和郭郑湖大水面有明显差别,故也当作一个湖区进行研究,该湖湾的面积依1、2两站计约0.9km²,依1、2、3站计约1.45km²。

1　材料与方法

从1991年1月至1993年8月对上述9个湖区共计24个采样点进行了4次同步采样,

* "八五"国家科技攻关项目(85-908-01)中03专题的研究内容之一。
收稿日期:1994年4月22日;接受日期:1994年6月27日。

进行藻类定性定量的常规分析和叶绿素 a 含量的测定。为比较不同湖区的藻类初级生产力和藻类的生长潜力，另又作了多次专项研究，被研究的湖区及其采样点的设置详见图 1。

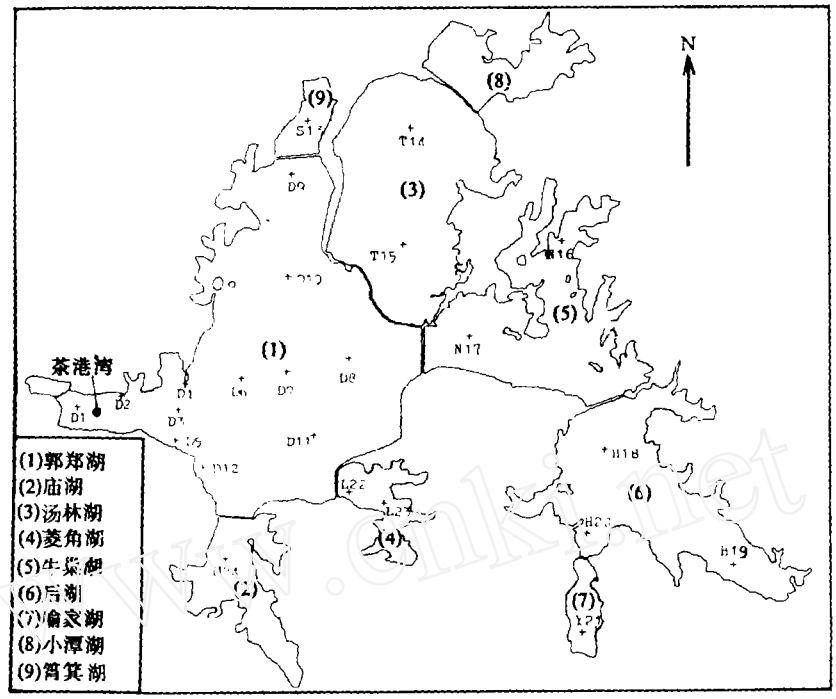


图 1 东湖主要湖区和采样点分布

Fig. 1 Distribution of the major basins and sampling stations in Donghu Lake (Wuhan)

藻类初级生产力的测定采用黑白瓶测氧法，从表层至两倍于透明度的深度以 0.5m 的间距分 3 层采水挂瓶，碘量法滴定，按常规公式分别计算出各湖区的水柱产氧量[1]。

测定藻类生长潜力的水样取自与藻类初级生产力测定相同的层次和深度，各层水样混合均匀后经 0.45μ 滤膜过滤 2 次以去除湖水中所含杂质。试验用 250mL 三角瓶进行，装量 60mL。藻种为人工培养的纯斜生栅藻 (*Scenedesmus obliquus*)，25%的水生 4 号培养基作对照。4 支 40W 日光灯从底部提供光照，光强约 6000lx，光暗比 12∶12。培养温度 25℃左右，每天定时摇动培养瓶以保持藻细胞悬浮。培养时间持续到藻类细胞密度不再增加时为止，其最大增长值即为各湖区的藻类生长潜力。

2 结果与讨论

2.1 东湖主要湖区的理化状况

被调查水体的主要理化数据统计如表 1。从中可以看出，各湖区的 pH 值呈中至弱碱性，波动在 7.10～7.67。氮、磷含量各湖区差异显著，茶港湾重污染区 N(NH_4-N)、P(PO_4-P)

浓度最高,明显居各湖区之首。郭郑湖区的氮、磷含量也达到较高水平,表明东湖的最大敞水区的氮、磷污染已十分严重。

表1　东湖各湖区的理化状况(年均值)*

Tab. 1　Physico-chemical characteristics of Donghu sublakes (annual mean value)

湖区名	水深(m)	透明度(m)	NH_4-N(mg/L)	PO_4-P(mg/L)	pH
茶港湾	2.8	0.57	0.694	0.246	7.10
郭郑湖	3.7	0.65	0.103	0.052	7.55
筲箕湖	1.8	0.61	0.135	0.029	7.64
汤林湖	2.7	0.84	0.040	0.010	7.54
牛巢湖	3.6	1.05	0.055	0.016	7.33
后　湖	2.4	0.89	0.109	0.013	7.67
喻家湖	2.2	0.45	0.324	0.010	7.59
菱角湖	3.2	0.88	0.073	0.010	7.34
庙　湖	3.7	0.47	0.287	0.052	7.56

* 表中N、P数据由李植生先生提供

2.2　东湖主要湖区浮游植物

藻类的细胞密度和种类多样性指数是水体富营养化的重要标志,表2列举了东湖主要湖区浮游植物各参数定量测定的年均值。从所列各项指标综合来看,牛巢湖水质相对最好;另外5个水质较好的湖区依次为:汤林湖、菱角湖、后湖、郭郑湖和筲箕湖;水质最差的是庙湖和喻家湖,藻类多样性指数仅其他湖区的一半左右。茶港湾为重污染区,尽管其多样性指数比庙湖和喻家湖略高,但其特点是藻类密度大,水色黄绿,水样极难过滤,叶绿素a含量特别高,其污水入口处上千亩水面在高温季节散发腥臭气味,显示出重富营养化性状。

表2　东湖浮游植物各参数年均值(1991年2月～1993年8月)

Tab. 2　Annual mean data of algal parameters in Donghu Lake

湖　区　名	种类数	细胞密度(10^6个/L)	生物量(mg/L)	叶绿素a(mg/m³)	多样性指数*(a)
茶港湾	34	127.6	31.4	106.1	3.00
郭郑湖	33	95.4	18.6	71.7	3.38
筲箕湖	28	69.1	20.1	47.9	3.37
汤林湖	23	46.3	9.5	17.9	3.38
牛巢湖	25	26.7	5.8	15.8	4.84
后　湖	24	49.4	6.1	16.2	3.41
喻家湖	23	189.6	21.6	38.9	1.67
菱角湖	20	33.8	8.2	19.1	3.44
庙　湖	23	149.3	31.7	101.9	1.88

* 种类多样性指标数依公式 $a=\frac{S}{\sqrt{N}}\times 1000$ 计算,式中S表示藻类和种类数,N为细胞密度

从定性结果看,各湖区中藻类的种类组成无明显差异,均以绿藻为主,蓝藻和硅藻次之,卵形隐藻各湖区均可观察到。喜爱清洁水质的金藻锥囊藻(*Dinobryon divergens*)仅在牛巢湖和汤林湖中出现,而50年代常见的团藻(*Volvox*)已经绝迹。

2.3　各湖区湖水的藻类生长潜力

用人工培养基(25%HB-4)作参比,对9个湖区原湖水的藻类生长潜力(AGP)进行了测试,并与2个排污口污水的AGP作了比较(表3)。

表3 各湖区100%原湖水与对照(25%HB-4)相比的AGP百分数和藻类的水柱日产氧量(毛产量)

Tab. 3 AGP of each sublake water compared with that of control (%) and daily oxygen production of water column of algae in each sublakes (gross production, O_2 g/(m^2 · d))

湖区名	与对照相比的AGP的分数(%)	水柱日产氧量(毛产量,O_2 g/(m^2 · d))
重污染区(茶港湾)	63	7.657
庙 湖	60	4.106
喻家湖	59	4.468
郭郑湖	26	4.594
后 湖	25	1.636
筲箕湖	23	2.746
菱角湖	18	2.091
汤林湖	17	1.443
牛巢湖	16	1.046
水果湖排污口	128	—
茶港湾排污口	120	—

依据表3的结果,以茶港湾重污染区的AGP为100%,其他各被测水域的藻类生长潜力大小的排列顺序是:庙湖(95%)>喻家湖(94%)>郭郑湖(41%)>后湖(40%)>筲箕湖(37%)>菱角湖(29%)>汤林湖(27%)>牛巢湖(25%)。这与依据藻类的种类多样性和细胞密度等参数所反映的结果大致相符。两个排污口污水(目前每日入湖水量约8×10^4t)的AGP明显高于各湖区,为其他湖区的2~8倍,外源污染之严重可见一斑。

茶港湾重污染区是郭郑湖西南部的一个湖湾,底质为重粘质腐泥,沿岸人烟稠密,接纳大量生活污水,生源物质相当丰富。加之湖湾地形使污染物不易扩散,导致浮游植物大量繁殖,因而藻类生长潜力大,水体已处于重富营养水平。

庙湖沿岸有大量的生活污水和垃圾排入,加之渔业施肥投药不当(如1993年曾施入氯化氨5t),水质遭受严重破坏,富营养化现象日趋突出,其藻类的生长潜力仅次于茶港湾,而居其他各湖区之首。庙湖的严重污染已经对郭郑湖的水质构成了新的威胁。

相反,位于东湖东北部的汤林湖和牛巢湖均远离排污口,污染较轻,因而水质较好,透明度高,营养水平偏低,藻类生长潜力也较低。

2.4 东湖主要湖区的水柱产氧量

通过测定东湖各湖区的藻类光合放氧效率与水柱产氧量,既能确定水体的初级生产力,又可进一步揭示被测水域的物质循环与能流趋势,对了解水环境的内部规律和水质评价也有十分重要的参考意义。各湖区水柱产氧量的测试结果详见表3。和前面叙述的其他参数相比较,各湖区藻类光合放氧能力(水柱氧的日毛产量)的大小与富营养状况、藻类密度基本一致,呈正相关性。与Winberg的湖泊营养分型标准(表4)相比,牛巢湖、汤林湖、后湖和菱角湖属中营养型,筲箕湖、郭郑湖、喻家湖和庙湖属富营养型,茶港湾重污染区属极富营养型。

表4 Winberg水质分型标准[2]

Tab. 4 Typological standard of water quality (from Winberg[2])

湖泊类型	重富营养型	富营养型	中营养型和次生贫营养型	贫营养型和低产湖
最高日产量(O_2 g/m^2)	7.5~10(到14)	2.5~7.5	1.0~2.5	0.5~1.0

进一步印证了用其他几项指标所评价的结果。如果补充氮、磷营养因素进行评价,整个评价趋势不会改变,但各湖区营养型的划分将更加明晰。

2.5 东湖藻类40年的演变

中国科学院水生生物研究所从50年代起就对东湖的藻类进行了长期的定位监测,获得了数以万计的数据,积累了丰富的资料[3~5]。表5、6以年代为时间尺度,分析整理了40年来以郭郑湖区(Ⅶ站)为代表的藻类种类组成比例的变化以及藻类密度和初级生产力的消长情况。从中可见,50年代,甲藻所占比例最高,硅藻次之;60年代蓝藻种类最多,绿藻居第二位;从70年代起到目前为止,绿藻种类逐步上升,一直是浮游植物中种类最多的门类。

表5　40年内东湖大水面(郭郑湖)藻类种类组成变化趋势(年平均,%)

Tab. 5　Changes of algal species composition in Donghu Lake (Guozhenghu area) in the past 40 years(%)

年　代	50	60	70	80	90
绿藻(Chlor.)	13.65	26.30	32.23	47.77	50.00
蓝藻(Cyan.)	11.85	34.55	26.23	16.27	18.75
硅藻(Bac.)	17.85	5.50	8.77	17.26	15.62
裸藻(Eug.)	0.95	0.55	1.13	5.77	3.13
甲藻(Pyr.)	44.45	21.20	28.57	6.48	3.13
其他(Others)	11.25	11.90	3.07	6.47	9.38

*　统计调查资料截止1993年8月,以下同

表6　40年内东湖大水面(郭郑湖)藻类数量与水柱产氧量(毛产量)变化趋势

Tab. 6　Changes of algal quantity in Donghu Lake (Guozhenghu area) in the past 40 years

年　代	50	60	70	80	90
数量范围(10^3个/L)	27~949	158~4662	<1000[1)]~35000	442~24928	6330~126300
年代间峰值增长倍数		5	7	0.7	5
水柱日毛产量(O_2 g/(m²·d))	—[2)]	1.2~1.6	2.4~3.2	3.12~4.45[3)]	3.87~4.60
藻类属数	111	74	68	76	51

1) 70年代(1973~1975)年均值约为1000[4];　2) 缺50年代的资料;
3) 水柱日产量,80年代仅有1981年的数据(年均值)[3],其他年代均取自多年数据

各年代藻类个体数量,因采样时间,计数方法不同等原因,使可比性受到一定影响,但仍能显示出40年来藻类个体数量增长的大趋势。70~80年代,出现一个停滞和衰退期(主要发生在70年代后期),呈负增长。1985年起,肉眼可见的大型蓝藻水华逐渐减弱乃至消失。从80年代至今,东湖的藻类又高速增长,个体数量达到历年来的最高水平。但蓝藻水华尚未重现,小型藻类仍占优势。

从60年代至90年代(缺乏50年代的资料),和藻类数量相比,初级生产力增长幅度较小。若以60年代藻类初级生产力的低值(1.2 O_2 g/(m²·d))为基数,到90年代也只增加约3倍(4.60 O_2 g/(m²·d))。另外藻类的属数却由50年代的111属减少至目前的51属,减少了约一半,其多样性显著下降。

致谢　野外工作得到庄德辉、李植生、刘保元和陈旭东等同志的热情帮助;湖南环保学校实习生童庆元、章晓群和刘恒成参加室内部分实验,谨此一并致谢。

参 考 文 献

1 章宗涉,黄祥飞编著.淡水浮游生物研究方法.北京:科学出版社,1991.345～353
2 王 骥,沈国华.武汉东湖浮游植物的初级生产力及其与若干生态因子的关系.水生生物学集刊,1981,7(3):296～311
3 刘建康主编.东湖生态学研究(一).北京:科学出版社,1990.76～93,167～237
4 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):1～18
5 章宗涉,戎克文,沈国华.武汉东湖湖水的藻类生长潜力(AGP)测试.环境科学学报,1990,10(4):445～452

ALGAE AND TROPHIC STATUS OF DONGHU LAKE (WUHAN) WITH REFERENCE TO THEIR CHANGES DURING THE PAST 40 YEARS

Kuang Qijun Xia Yicheng
(*Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072*)

Abstract

Donghu Lake, located at the northeastern part of Wuhan city, is a shallow lake with an area of 32km^2. It is a hyper-eutrophic lake polluted by domestic sewage and industrial waste. The community structure, growth potential (AGP), cell density, chlorophyll a and primary production of algae in nine areas of the lake were investigated in 1991～1993. Green algae is the most important component and blue-green algae as well as diatoms are subdominant groups in the lake areas. The dense bloom of blue-green algae has vanished since 1985. The maximum AGP and primary production were found in Chagang area and the minimum in Niuchaohu area. According to the parameters concerning trophic level obtained in this study, the descending order of water quality of the nine lake areas is Niuchaohu area, Tanglinghu area, Houhu area, Guozhenghu area, Lingjiaohu area, Shaojihu area, Miaohu area, Yujiahu area and Chagang area. As compared with the algal data from Guozhenghu area (a typical sublake) after the 1950s, the decadal peak value of algal individuals increased over one hundred times in the past 40 years. However, the genera of algae in the sublake were reduced by 54% during the same period. The results clearly demonstrate that the eutrophication of Donghu Lake has not yet been controlled. The features of degenerated lake ecosystem are quite obvious in this lake.

Key Words Algae, trophic level, degenerated ecosystem, primary production, Donghu Lake(Wuhan)