

太平湖水库藻类演替与营养鉴别研究^{*}

况琪军 夏宜璋

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

提要 本文报告了1992~1993年间对安徽省太平湖水库藻类的演变以及库水营养鉴别试验的研究结果。与1985~1986年资料相比,整个水库的藻类种类多样性下降,总种类数由175种降为112种,减少了1/3。藻类种类小型化现象十分明显,相隔6~7年,小型藻类的种类及其数量越来越多,单个藻细胞鲜重的平均值在敞水区和库湾区分别减少了33.6%和75.4%;平均细胞密度则分别增长了3.6和5.6倍;生物量的变化不大,增长不足1倍。营养鉴别试验结果表明,磷仍然是该水库的主要限制因子,库水的藻类生长潜力约为对照培养基的1/4。

关键词 太平湖水库 藻类群落 限制性营养 生长潜力

太平湖水库是一座库龄已有20余年的山区大型水库,始建于1970年,位于117°28'~118°21'E, 30°~30°32'N,座落在旅游胜地九华山与黄山之间,其水源主要来自5条河流及水库的汇水区。流域面积2800km²,全库长80km,水面9400hm²,养殖水面约6600hm²,最大水深达70m,库水自西向东偏北走向,流经陈村大坝入青戈江下游后汇入长江。太平湖水库具有渔业、农田灌溉、航运、旅游等多种功能,也是沿库九乡4万余人口生活的水源地。合理开发和优化太平湖水库的天然渔业资源,适度发展水库渔业,使水库养殖业和水域生态环境保护得以协调和持续发展,对库区的经济发展和旅游事业有着举足轻重的作用,对整个黄山市的经济、社会与生态建设也极为重要。为此,中国科学院水生生物研究所和水库渔业研究所在“七五”(1985~1990年)工作基础上,“八五”期间对该水库的理化环境、天然饵料基础、生产性能、鱼类资源和渔业生产等继续进行研究。本文仅报道该水库藻类群落的演替趋势以及库水营养鉴别试验的研究结果。

1 材料与方 法

为了达到和前期(1985~1990年)结果相比的目的,采样点和前期相同,即在太平湖水库主航道大水面从上游至下游分设4个点,在有代表性的三个较大的库湾各设1个点,共计7个采样点^[1]。

1992年11月至1993年8月,在上述7个采样点按季节定期同步采样,定性定量水样

• 中国科学院“八五”宏观生物学重点项目(KS 85-112)的研究内容之一。

收稿日期:1994年3月28日;接受日期:1994年5月17日。

作者简介:况琪军,女,1952年生,工程师。1978年毕业于武汉大学生物系微生物专业。主要从事污水生物净化和藻类生态毒理学研究。已发表论文30余篇。

的采取、藻细胞计数和生物量的计算均按常规方法进行^[2]。

测定叶绿素 a 含量的水样取自与藻类定量水样相同的层次和深度,经 0.45 μ 醋酸纤维滤膜过滤,将载有藻细胞的滤膜置 4℃、黑暗条件下冷冻干燥 6h 以上,用 90% 丙酮提取^[3],721 型分光光度计比色,按 Fitzgerald 等人的公式^[4]计算藻类叶绿素 a 含量。

用取自敞水区 2 号点(陵山站)的水样作藻类生长潜力(AGP)测定和限制性营养鉴别(Spikes of nutrient)试验,试验前水样经 0.45 μ 滤膜过滤 2 次,以去除水中所含杂质。试验用直径 2.5cm,高 20cm 的立式比色管进行,培养量为 50mL。6 支 40W 日光灯分两侧照光,光强约 6000lx,光暗比 12:12,温度 24~25℃。藻种为人工培养的纯斜生栅藻(*Scenedesmus obliquus*)。用水生 T-5 号(HB T-5)培养基(表 1)作参比对照,根据处理要求按配方浓度施加与对照等量的 N、P 营养,试验设计 3 个平行样品^[5]。

表 1 水生 T-5 号培养基配方
Tab. 1 Formulas of the HB T-5 control medium

营养成分	(NH ₄) ₂ SO ₄	K ₂ HPO ₄ · 3H ₂ O	MgSO ₄ · 7H ₂ O	Ca(NO ₃) ₂	NaHCO ₃	柠檬酸	柠檬酸铁	土壤液(1:1)
含量(g/L)	0.20	0.10	0.08	0.02	0.30	0.005	0.005	5.0mL

2 结果与讨论

2.1 主要理化特征

表 2 比较了太平湖水主航道敞水区和三个较大库湾区的一般理化特征。从表 2 可以看出,库水 pH 值比较稳定,属中至弱碱性,且 7 年前后无明显变化,表层和底层 pH 值略有差异。溶解氧有分层现象,表、底层相差 2~3mg/L 左右。总氮年均水平有轻度降低,较前期减少 0.1~0.3mg/L;总磷年均值增加明显,为 1985~1986 年(0.012~0.014mg/L)的 8 倍左右,说明磷的污染有上升趋势。我国河流、湖泊,尤其是人口密集地区的水体,磷的污染日益加重,主要来自生活污水中的洗涤剂,这是当前应引起重视的普遍现象。

表 2 太平湖水库的理化状况(年均值)

Tab. 2 Status of physio-chemical parameters (annually meaned) in 1985~1986 and 1992~1993

测定项目	水温 (表/底)	透明度 (m)	电导率 (μ S/cm ²)	pH (表/底)	DO(表/底) (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TN (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	TP (mg/L)
1985~1986 年	敞水区	18.5/15.8	3.33	74.0	7.40	8.9/6.5	0.217	0.123	1.480	0.003
	库湾区	18.8/16.3	2.04	71.3	7.41	8.8/6.3	0.342	0.085	1.527	0.004
1992~1993 年	敞水区	19.1/16.4	2.90	93.0	7.6/7.2	10.0/7.7	0.046	0.288	1.384	0.012
	库湾区	19.2/16.0	1.95	75.0	7.3/7.7	10.3/7.3	0.050	0.303	1.210	0.005

2.2 藻类的群落结构与数量变化

表 3 列举了太平湖水库 1992~1993 年藻类的概况及其与前期结果^[1]的比较。综观先后两次周年调查结果,1992~1993 年藻类的种类数较 7 年前有一定程度的下降,总种类数由 175 种减少为 112 种,少了 36%,指示水质清洁的黄藻门的种类由前期的 5 种减少到只剩下 1 种,其下降率达 80%。而具有污水指示意义的裸藻和小型绿藻的个体数却有所增加。各门藻类在种类总数中所占的比例和 7 年前相比变化不大,绿藻仍居主要地位,在种类多样性上

处明显优势(55.4%),硅藻和蓝藻次之(合计 33%),其他几门藻类所占比例较少,合计只占总种数的 11.6%。这种特点在种类的季节分布上同样十分明显,在春、夏、秋、冬季出现的 65、73、65 和 57 种藻类中,绿藻分别有 36、46、35 和 25 种,各占 55.4%、63.0%、53.8%和 43.9%,始终是各个季节中构成太平湖水藻类的最主要类群。前期数量频多的藻类,如:鱼腥藻(*Anabaena*)、颤藻(*Oscillatoria*)、微囊藻(*Microcystis*)、盘星藻(*Pediastrum*)、顶接鼓藻(*Spondylosium*)、脆杆藻(*Fragilaria*)、针杆藻(*Synedra*)、羽纹藻(*Pinnularia*)等有所减少,而平裂藻(*Merismopedia*)、小球藻(*Chlorella*)、栅藻(*Scenedesmus*)、星杆藻(*Asterionella*)等则相对增加了,导致这种变化的原因尚不清楚。在整个太平湖水藻类的种类下降的同时,细胞体积较小的种类明显增多,根据样品中藻类细胞体积的测算结果,单个藻细胞鲜重的平均值由 6、7 年前的 $9 \times 10^{-4} \sim 13 \times 10^{-4} \mu\text{g}/\text{个}$ 减少到目前仅 $3.3 \times 10^{-4} \mu\text{g}/\text{个}$ 左右,相差 2~3 倍(表 4)。藻类种类组成小型化的现象反映出太平湖水生态环境演替的趋势。

表 3 太平湖水藻类的种类组成与变化

Tab. 3 Species composition and variations of algae in Taipinghu Reservoir

藻 类 门 别		绿藻门	蓝藻门	硅藻门	裸藻门	黄藻门	金藻门	隐藻门	甲藻门	总 数
1985~1986 年	种类数	87	33	34	6	5	4	4	2	175
	比例(%)	49.71	18.86	19.43	3.33	2.86	2.28	2.28	1.14	
1992~1993 年	种类数	62	20	17	4	1	2	3	3	112
	比例(%)	55.36	17.86	15.18	3.57	0.89	1.78	2.68	2.68	
种类增减百分数(%)		-28.7	-39.4	-50.0	-33.3	-80.0	-50.0	-25.0	+33.3	-36.0

* 指占总数的比例。

表 4 太平湖水藻类主要参数年均值及其与前期结果的比较

Tab. 4 Comparisons of main algae parameters between 1985~1986 and 1992~1993

参 数	主航道散水区			库 湾 区		
	1985~1986 年	1992~1993 年	前后变化	1985~1986 年	1992~1993 年	前后变化
细胞密度(10^4 个/L)	150.0	698.5	增加了 3.6 倍	169.0	1112.0	增加了 5.6 倍
生物量(mg/L)	1.35	2.29	增加了 69.6%	2.19	3.55	增加了 62.1%
平均细胞鲜重($10^{-4} \mu\text{g}/\text{个}$)	9.0	3.28	减少了 63.6%	12.96	3.19	减少了 75.4%
叶绿素 a(mg/m ³)	未测	3.76		未测	6.63	

另外,7 年前在定性定量标本中时常可见的团藻(*Volvox*),目前仅在散水区观察到,但在镜检中的出现率明显下降,这种藻类是清洁水质的指示生物,在许多遭受污染的水体中已不复存在,说明太平湖水散水区的水质目前仍比较洁净。

2.3 藻类的细胞密度、生物量和叶绿素 a 含量

藻类的多少取决于营养盐等众多环境因素,一般而言,污染少,水质清洁,营养贫乏的水体中藻类数量少,反之亦然。表 4 是太平湖水藻类的定量数据及其与前期结果的比较。从各项测定值看,太平湖水藻类的数量变化基本符合这一规律,在主航道散水区,水深面广,水质感观性好、透明度高,年均藻类细胞密度、生物量和叶绿素 a 含量均较库湾区低,分别只及后者的 62.8%、64.5%和 56.7%,这说明库湾区的营养状况和天然饵料条件均优于散水区,对鱼种繁殖和网箱养殖十分有利。但从水域环境的角度来看,库湾区由于养殖的干扰,水色略呈褐黄,透明度较低。因此,如何保持库湾区水质不继续恶化而影响全库的生态环境,是适度发展水库渔业中应该注意的问题。

比较表中所列藻类的消长情况可见,无论是敞水区还是库湾区,相隔 6~7 年,藻类细胞密度的增长十分明显,达 4~6 倍之多,而生物量的增长不足 1 倍。这进一步体现了藻类个体小型化的趋势,一些在个体数量上占优势的藻类尽管其密度大体积却特别小,因而对生物量的贡献不大。

2.4 藻类生长潜力与限制性营养

表 5 列举了太平湖水库藻类的生长潜力测定和限制性营养鉴别试验的处理情况及试验结果。试验共进行 7 天,逐日测定藻类的生长情况。结果表明,不添加任何营养的库水(6 号处理),藻类的生长量始终最低,24h 时仅为对照的一半,72h 后不足对照的 30%;而库水加 T-5 全营养的 5 号处理,除 24h 的藻类生长量略低于对照外,48h 后一直居各处理之首,其 OD 值大致等于 1 号(T-5 培养基对照)和 6 号之和。相差分析表明,5 号和 6 号的藻类生长量差异显著($P < 0.05$),24h 与对照相比的生长百分率两者相差近 1 倍,且随培养时间的延长差距逐渐拉大,说明太平湖水库原库水中藻类生长所需的营养十分有限,目前尚不足引起藻类的过度繁殖。

表 5 太平湖水库藻类生长潜力与限制性营养 OD₆₅₀测定结果*

Tab. 5 Experimental results of algal growth potential and restrictive nutrient OD₆₅₀

处理	参比对照 (HB T-5)	库 水				100%库水
		+N	+P	+N+P	+全 T-5	
24h	0.150(100.0) ²⁾	0.106(70.7)	0.156(104.0)	0.113(75.3)	0.145(96.7)	0.083(55.3)
72h	0.394(100.0)	0.136(34.6)	0.192(48.7)	0.161(40.9)	0.524(133.0)	0.112(28.4)
120h	0.486(100.0)	0.166(34.2)	0.207(42.6)	0.194(39.9)	0.701(144.2)	0.128(26.3)
168h	0.559(100.0)	0.187(33.5)	0.221(39.5)	0.224(40.1)	0.768(137.4)	0.146(26.1)

* 表内 OD 值为 2 批试验 6 个平行样的均值,初始 OD 值为 0.05,括号内的数据为与对照相比的藻类生长百分率。

库水分别添加 N、P、和 N+P 的 2、3、4 号处理,藻类生长量明显高于不添加任何营养的 6 号处理,其中 P 的添加对藻类生长的促进作用最明显,N+P 的效果次之,单加 N 的作用更弱,看来太平湖水库中可给态磷仍然在一定程度上对该库藻类的生长起着调节和控制作用,这与作者前期的研究结果完全一致^[1,6]。

3 小 结

通过对太平湖水库藻类的周年调查及其与前期结果的比较发现,整个太平湖水库的藻类群落结构仍以绿藻为主,蓝藻和硅藻次之,其他藻类所占比例很小。与 7 年前不同之处是,藻类的种类数下降,种类组成小型化现象明显。前期数量丰富的一些大型藻类目前数量减少,而小型种类的数量急剧上升,使单个藻细胞鲜重的平均值减少达 60%以上。太平湖水库除 P 含量有所增加外,水质并未受到工业和城市污水的污染,藻类群落结构的这种演替很可能是水库生物由河流相逐渐向湖泊相过渡的一种趋势,值得深入研究。所有的藻类定量参数,库湾区均高于敞水区,表明库湾区的营养状况和渔业环境条件均优于敞水区,对库湾渔业的发展和优质水产品的网箱养殖有利。从整体看,太平湖水库水质目前情况尚好,尤其是敞水区,水质清洁,营养和 AGP 水平适中,水体自净能力强,人为污染较少,是库周人们较

为理想的饮用水源。但应注意渔业的适度、合理开发和环境保护, 随着旅游业发展, 防止水质恶化尤为重要。

致谢 工作中始终得到太平湖工作站站长朱志荣先生和课题组全体同志的热情帮助, 李植生先生提供化学分析原始数据, 水库渔业研究所吴志文和赵斌同志参加野外采样和室内部分工作, 谨此一并致射。

参 考 文 献

- 1 况琪军, 夏宜璋. 太平湖水庫的藻类与营养型评价. 应用生态学报, 1992, 3(2): 165~198
- 2 饶钦止等著. 湖泊调查基本知识. 北京: 科学出版社, 1956. 292~297
- 3 American Public Health Association (APHA)-AWWA-WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 15th ed. Washington DC: APHA, 1980. 950~954
- 4 Fitzgerald G P *et al.* A spectrophotometric method for the estimation of percentage degradation of chlorophylls to pheopigments in extracts of algae. *Limnol Oceanogr*, 1976, 12: 335
- 5 Environmental Protection Agency. Algal assay procedure bottle test. National Eutrophication Research Program. USA: EPA, 1971. 27~28
- 6 Xia Yicheng and Kuang Qijun. Study on the phytoplankton in a large reservoir. *Chin J Oceanol Limnol*, 1992, 10(4): 359~370

COMMUNITY DYNAMICS OF ALGAE AND LIMITING NUTRIENT IN TAIPINGHU RESERVOIR

Kuang Qijun Xia Yicheng

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

Abstract

The paper represents the results of a successive study on the succession of algal community and the changes of algae number as well as the limiting nutrient for algae growth in Taipinghu Reservoir during 1992~1993. As compared with the previous data (1985~1986) by the author, it is decreased in the species diversity of algae with more than 30% reduced in the total species number, and the species of micro algae is increased notably. The mean wet weight per algae cell is reduced by 63.6% in pelagic zone and 75.4% in bay area after an interval of about 7 years. However, the mean annual cell densities in pelagic zone and bay area are increased by 3.6 and 5.6 times respectively. According to the results of nutrient spikes, it is possible that phosphorus is still a limiting factor to algae growth. The AGP of the reservoir is only equal to 25% of the HB T-5 control medium.

Key Words Taipinghu Reservoir, algal community, limiting nutrient, algae growth potential