

35-00 Q949.209
西太湖北部夏季藻类种间关系的初步研究

陈宇炜 高锡云 秦伯强

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

提 要 利用1991年至1997年对太湖梅梁湾的定点监测资料和1997年8月对西太湖北部的三次水化学和藻类布点监测资料,初步探讨了西太湖北部夏季藻类分布和种间关系。结果显示,西太湖北部夏季藻类主要由蓝藻、隐藻、硅藻、绿藻、裸藻和甲藻六大门类组成,以微囊藻为优势种的蓝藻水华主要在夏秋季暴发,夏季梅梁湾内藻类光合效率较高是该地区蓝藻暴发的原因之一,自梅梁湾河口湖区向外太湖,藻类总生物量递减,且种类组成也发生变化,藻类种间关系主要体现在同属种类显著正相关。

关键词 太湖, 藻类, 种间关系
分类号 Q949.2

湖泊

太湖是位于长江下游的大型浅水湖泊,其生态环境的变化直接影响着周围地区的经济发展。随着太湖水体富营养化的加剧,国内外湖沼学家越来越重视其生态系统的演化。藻类作为水体生态系统的主要初级生产者,自然受到人们的关注。西太湖北部湖区靠近苏锡常经济发达地区,自八十年代末蓝藻水华频发,严重影响周围地区的工农业供水和湖面景观,蓝藻水华的暴发机理研究逐渐成为热点^[1,2]。

国内外对湖泊藻类的研究可追溯到十九世纪中叶,但真正对它在湖泊中的生态结构功能的研究开始于六、七十年代,至今已有大量文献报道全世界不同类型湖泊中藻类种类时空分布及其与环境的生态关系^[3,4]。但其中有关大型浅水湖泊的藻类种间关系的研究尚少见。中国科学院南京地理与湖泊研究所在1958—1960年对太湖的综合考察,初步了解了太湖藻类的种类数量和分布^[5],1986—1988年的“六五”、“七五”攻关课题研究则进一步积累了太湖藻类季节变化和空间分布的资料^[2]。本文即是在此基础上,利用1991年至1997年每月一次对西太湖北部无锡湾内外的定点藻类种类和生物量动态监测资料和1997年8月9、15和24日的三次连续布点藻类采样和和水化学监测资料,初步研究了西太湖北部夏季藻类的时空分布、种间关系,探讨了大型浅水湖泊藻类动态变化及其生态关系,为揭示蓝藻水华暴发机理作出贡献。

1 方法

在西太湖北部布设15个采样点(0[#]—14[#],图1),其中0[#]—8[#]点是以梅梁湾为重点研究对象而设置,其余7个点为梅梁湾外自西向东均匀分布。从1991年起至1997年夏季(6—9月)每月一次采集藻类定量样品,同时测定pH、电导率、叶绿素a、TP、TN、PO₄³⁻-P、NH₄⁺-N和NO₃⁻-N等相关环境因子,1997年8月9、15和24日在所有15个点采集藻类定量样品和

* 国家自然科学基金项目(编号39500027、39600025)和中国科学院“九五”重大项目(KZ951-B1-205-02)资助。
收稿日期:1998-08-15。陈宇炜,男,1969年生,助理研究员。

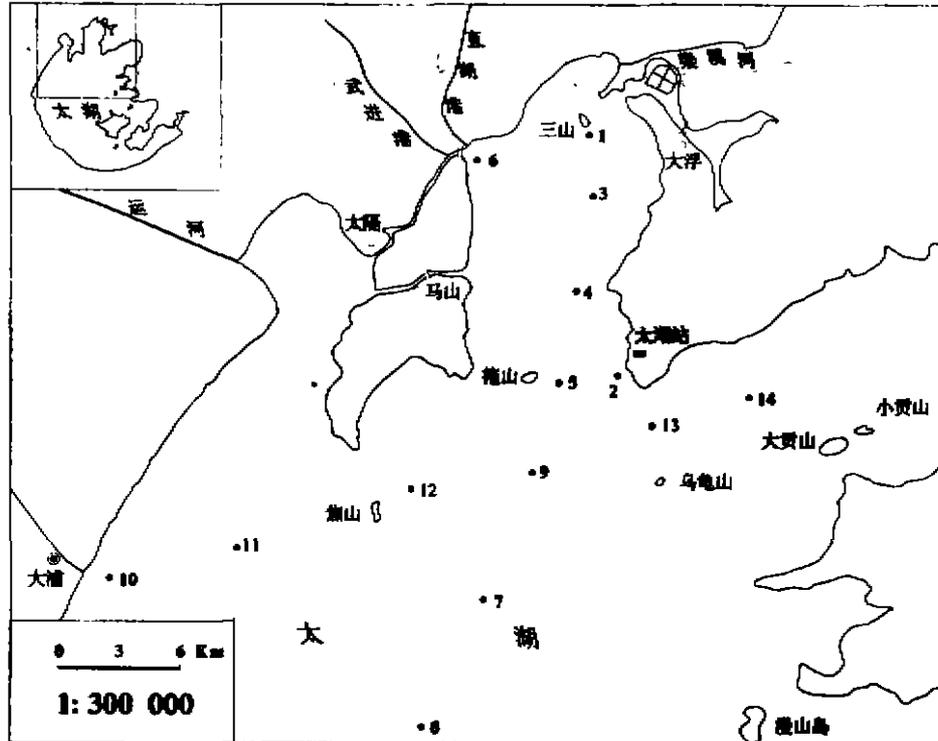


图1 西太湖北部采样点设置

Fig. 1 Location of sampling points in northern part of west Taihu Lake

测定上述环境因子。

取 1L 水样经鲁戈氏液固定, 沉淀 48h 浓缩至 30mL, 显微镜视野计数法计藻类各种类细胞数, 并用显微测微尺测量细胞大小, 计算细胞体积并换算为藻类生物量 ($109\mu\text{m}^3$ 细胞体积相当于 1 mg 生物量)。藻类叶绿素 a 含量用 90% 热乙醇萃取, 分光光度法测定, Lorenzen 公式计算。各种环境因子用标准分析方法测定。

将夏季西太湖北部较常出现的藻类种类进行种间相关统计分析, 得到藻类种间关系。

2 结果和讨论

2.1 西太湖北部夏季藻类种类组成及分布

西太湖北部夏季藻类由 6 大门类组成, 即蓝藻、隐藻、硅藻、绿藻、裸藻和甲藻。从图 2 可见蓝藻为最优势门类, 占 39%, 其中微囊藻属 *Microcystis* 的水华微囊藻 *M. flos-aquae*、铜绿微囊藻 *M. aeruginosa* 和惠氏微囊藻 *M. wesenbergii* 为优势种, 占蓝藻总数量的 90% 以上, 三种微囊藻受风浪影响在局部湖区暴发蓝藻水华, 成为西太湖北部夏季藻类分布的突出特征。但近年来水华束丝藻 *Aphanizomenon flos-aquae* 的出现和生物量的逐步增加, 据国外报道, 水华束丝藻在富营养化加剧后取代微囊藻成为优势种, 可形成有毒水华而危害环境^[6], 为此应予以关注。以颗粒直链硅藻 *Melosira granulata* 和小环藻 *Cyclotella* sp. 为优势种的硅藻占总平均生物量的 25%, 在局部湖区甚至超过蓝藻数量。隐藻占总平均生物量 14%, 主要以卵形隐

藻 *Cryptomonas ovata* 和齿蚀隐藻 *C. erosa* 为优势种。绿藻、裸藻和甲藻占生物量比例较小,分别为 10%、7%和 5%。斜生栅藻 *Scenedesmus obliquus*、双对栅藻 *S. bijugatus*、四尾栅藻 *S. quadrireda*、二角盘星藻 *Pediastrum duplex* 和单角盘星藻 *P. simplex* 为常见绿藻,在各个湖区分布较一致。而梭形裸藻 *Euglena acus* 和飞燕角甲藻 *Ceratium hirundinella* 分别为裸藻和甲藻的常见种,主要在河口湖区(0[#]、6[#]和 10[#]采样点)分布。从优势种的变化情况来看,西太湖北部在 60 年代以蓝藻为主,占总数量的 96.6%,到 80 年代初演变为蓝藻(占总生物量的 33%)和硅藻(占总生物量的 46%)为主,而 80 年代末又演变为蓝藻(占总生物量的 38%)和隐藻(占总生物量的 25%)为主^[2, 5],直至 90 年代中再演变为蓝藻(占总生物量的 39%)、硅藻(占总生物量的 25%)和隐藻(占总生物量的 14%)为主。

从梅梁湾内向外太湖,藻类总生物量明显呈递减趋势,且主要种类也由入河湖区的隐藻、硅藻和蓝藻演变为湾外湖区的蓝藻和硅藻(图 3)。河口区的藻类生物量明显高于其他湖区,隐藻、裸藻、甲藻主要分布在这一湖区,隐藻的平均生物量达 4.68mg/L,是蓝藻生物量的两倍以上。梁溪河(0[#])、直湖港(6[#])和大浦河(10[#])输入太湖的大量营养盐是导致河口区的藻类种群明显不同于其他湖区的主要原因之一。隐藻、裸藻和甲藻都是适合在营养盐浓度较高的水体中生长^[4],以上结果同时又预示着西太湖北部今后藻类种群可能有以下变化趋势,即营养盐浓度加大,隐藻等种群可能取代微囊藻和其它蓝藻成为主要藻类种类。蓝藻的空间分布有其独特的规律,梅梁湾内区(1[#]、2[#]、3[#]、4[#]和 5[#]采样点)高于河口区和湾外大湖区(7[#]、8[#]、9[#]、11[#]、12[#]、13[#]和 14[#]采样点),湾内平均蓝藻生物量 2.51mg/L,湾外平均蓝藻生物量 1.02mg/L,而河口平均蓝藻生物量 2.25mg/L,说明西太湖北部的蓝藻主要分布在梅梁湾内湖区。从图 4 可见梅梁湾内湖区(6[#]、2[#]和 3[#]采样点)的藻类光合效率明显高于湾外湖区(8[#]、14[#]和 13[#]采样点),在相同的营养盐环境条件下,可以预料湾内藻类生长明显快于湾外,而夏季蓝藻为优势种类,也就是说蓝藻在湾内湖区可能生长较快,以此推断梅梁湾蓝藻水华暴发与湾内藻

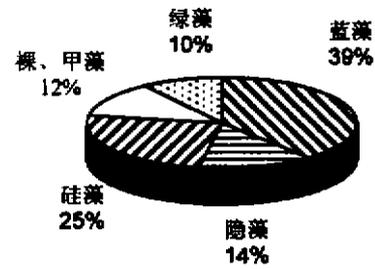


图 2 西太湖北部夏季藻类门类比例
Fig. 2 The percentage of different summer algae in northern part of west Taihu Lake

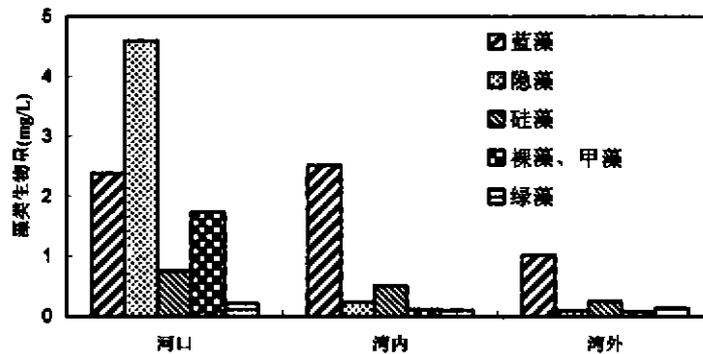


图 3 西太湖北部夏季藻类空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of phytoplankton in summer in northern part of west Taihu Lake

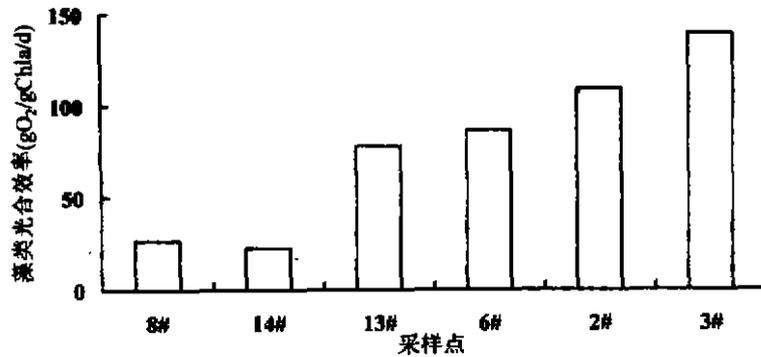


图4 西太湖北部1997年夏初藻类光合效率比较

Fig. 4 Phytoplankton P/B ratio in early summer 1997 in northern part of west Taihu Lake

类光合效率较高有密切关系。

2.2 西太湖北部藻类种类相关分析及种群演替规律

从表1基本可以发现,藻类种类之间的显著正相关关系主要存在于同属种类间的相关中,例如卵形隐藻和齿蚀隐藻的相关系数达0.98,说明这两种隐藻所需的生态环境条件基本一致;种类之间无显著负相关关系说明这些种类尚无明显的竞争关系或此消彼长关系,而小环藻与两种裸藻的显著相关关系(相关系数 $r=0.62, 0.50$)则说明它们所需的生态环境基本一致,资料显示小环藻和裸藻主要分布在河口区。以上结果说明西太湖北部主要藻类种类处在相对稳定的状态下,属与属之间尚无明显的演替关系,但从河口区的蓝藻比例的下降和隐藻比例的增加可以看到藻类种群演替的逐渐变化过程。从60年代至80年代末,西太湖藻类生物量的增长与TN浓度增加一致,但90年代起TN的增加而藻类总生物量无显著变化(图5),

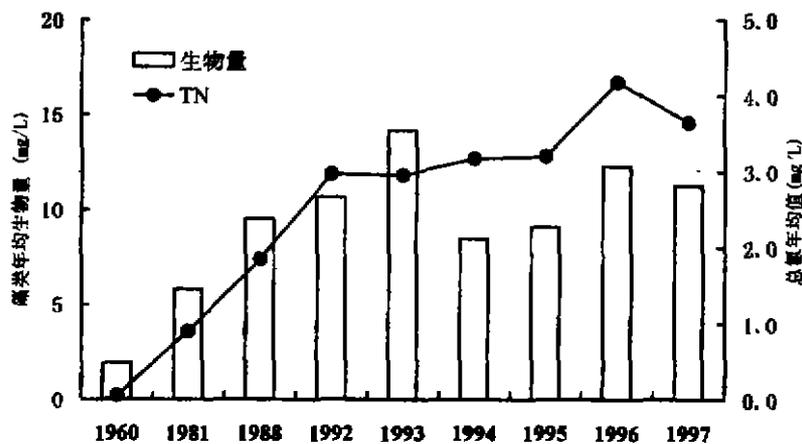


图5 西太湖北部藻类生物量与总氮变化

Fig. 5 Dynamics of algae biomass and TN concentration in northern part of west Taihu Lake

说明90年代起西太湖北部的藻类生物量似乎不再受TN浓度变化影响,这一湖区的富营养化程度已经发展到一个新的阶段,营养盐特别是TN浓度的增加已不能引起藻类总生物量的明显变化,而可能对藻类种群结构和演替有影响,或许在河口区的隐藻生物量超过蓝藻生物量的现象与河口区的营养盐浓度比例有关,至于其中的生态机理有待进一步研究。

3 结论

综上所述,西太湖北部夏季藻类分布有明显的时空差异,自河口湖区至湾外湖区,藻类总生物量递减,且优势种由隐藻、蓝藻和硅藻演变为蓝藻和硅藻。比较各湖区藻类光合效率可知,蓝藻水华可能主要在湾内湖区生长形成。在西太湖北部富营养化达到一定程度后,营养盐特别是 TN 浓度的增加对藻类总生物量无显著影响,其对藻类种群结构演替的影响有待深入研究。

参 考 文 献

- 1 陈宇伟,高锡芸. 西太湖北部微囊藻时空分布及其与水温等环境因子关系的研究. 见:蔡启铭编. 太湖环境生态研究(一). 北京:气象出版社,1998
- 2 孙顺才,黄藻平. 太湖. 北京:海洋出版社,1993
- 3 Wetzel R G. Limnology. New York:Saunders College Publishing, 1983. 342-407
- 4 Reynolds C S. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press, 1984. 1-5, 83-122
- 5 中国科学院南京地理研究所. 太湖综合调查初步报告. 北京:科学出版社,1965
- 6 Bucka H. Ecology of selected planktonic algae causing water blooms. *Acta Hydrobiol*, 1989, 31, 207-258

The Summer Phytoplankton Species Composition in Northern Part of West Taihu Lake

Chen Yuwei Gao Xiyun Qin Boqiang

(Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

Abstract

This study is dealing with the summer phytoplankton species composition in northern part of west Taihu Lake by using the monitoring data from 1991 to 1997 and the three-time monitoring chemistry data and phytoplankton data in August 1997. The results show that there are 6 main phytoplankton groups in northern part of west Taihu Lake, which are *Cyanophyta*, *Cryptophyta*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*, *Euglenophyta* and *Pyrrophyta*. One reason that *Microcystis* spp. forming water bloom occurs every summer might be that the phytoplankton P/B ratio is higher in the Meiliang Bay. From the north part to the south part of the Meiliang Bay, the total phytoplankton biomass reduced clearly. The results also show that there is no big difference among algal species composition except that there are positive liner correlation among species in the same genus.

Key words Taihu Lake, phytoplankton, species composition