



滇池的水华蓝藻的时空变化

李 原, 张 梅, 王若南

(云南大学 生命科学学院, 云南 昆明 650091)

摘要:于 2001 年 9 月~2002 年 7 月对滇池水华蓝藻进行了为期 1 a 的调查研究. 结果表明, 在滇池中形成水华的是微囊藻属 (*Microcystis* Kutz.) 和束丝藻属 (*Aphanizomenon* Morr.). 水华蓝藻总数为 $3\,445\,000 \sim 1\,080\,800\,000\text{ L}^{-1}$, 年平均为 $130\,866\,603\text{ L}^{-1}$, 占浮游植物细胞总量的 66.44%~90.66%. 微囊藻属的数量为 $3\,445\,000 \sim 1\,030\,800\,000\text{ L}^{-1}$, 年平均为 $125\,174\,582\text{ L}^{-1}$, 占浮游植物总数的 35.69%~87.97%, 是滇池浮游植物群落的单优势属. 束丝藻属的数量为 $0 \sim 50\,950\,000\text{ L}^{-1}$, 年平均为 $5\,692\,021\text{ L}^{-1}$, 占浮游植物细胞总数的 0.46%~30.75%. 水华蓝藻数量的时空分布与微囊藻属一致, 7 月最高, 1 月最低; 近岸带高于湖心, 湖北部高于湖中部高于南部. 束丝藻属的数量 3 月最高, 1 月最低; 湖北部高于南部高于中部. 微囊藻水华全年可见, 束丝藻属仅在 3 月形成零星的小面积水华.

关键词:滇池; 水华蓝藻; 细胞数量; 时空变化

中图分类号:Q 178.51 **文献标识码:**A **文章编号:**0258-7971(2005)03-0272-05

滇池是云南高原面积最大的淡水湖泊, 素有“高原明珠”之称^[1]. 但自 20 世纪 80 年代以来, 入湖污染物不断增加, 富营养化日趋严重, 导致湖内蓝藻大量繁殖^[2], 1992 年蓝藻水华首次大面积暴发, 造成鱼类死亡, 从此, 滇池蓝藻水华问题日益严重. 今年来, 滇池湖水水质已降至劣五类, 严重影响城市供水和湖泊生态环境. 为此, 国家从“九五”期间开始就一直将滇池的污染治理列为全国重点治理的“三河三湖”之一.

为调查滇池浮游植物现状, 研究蓝藻水华发生机理, 为生物治理滇池蓝藻水华污染提供科学依据, 从 2001 年 9 月至 2002 年 7 月, 我们对滇池外海浮游植物进行了为期 1 a 的连续定点调查与研究. 本文报道滇池水华蓝藻的组成以及现存量时空变化方面的结果.

1 材料与方法

分别于 2001 年 9 月、11 月, 2002 年 1 月、3 月、5 月、7 月, 采集滇池外海 20 个站点(见图 1)的浮游植物样品, 定量样品为水下 0.5 m 和 1.0 m 2 层水样等体积混合. 样品的采集、固定、鉴定及细胞计数参照《水和废水监测分析方法(第四版)》中“水生生物群落的测定”^[3]的方法进行. 浮游植物种类

鉴定参考文献[4~13]进行.

2 结 果

滇池中现存蓝藻 19 种及变种, 形成水华的主要是微囊藻属 (*Microcystis* Kutz.) 的铜绿微囊藻 (*M. aeruginosa* Kutz.), 惠氏微囊藻 (*M. weissenbergii* (Kom.) Kom. in Kondr.), 绿色微囊藻 (*M. viridis* (A. Br.) Lemm.) 以及束丝藻属 (*Aphanizomenon* Morr.) 的水华束丝藻 (*A. flos-aquae* (L.) Ralfs.). 全湖 20 个样点中, 水华蓝藻数量为 $3\,445\,000 \sim 1\,080\,800\,000\text{ L}^{-1}$, 年平均 $130\,866\,603\text{ L}^{-1}$. 其中, 微囊藻属 (*Microcystis* Kutz.) 数量为 $3\,445\,000 \sim 1\,030\,800\,000\text{ L}^{-1}$, 年平均为 $125\,174\,582\text{ L}^{-1}$, 占绝对优势. 束丝藻属 (*Aphanizomenon* Morr.) 的数量为 $0 \sim 50\,950\,000\text{ L}^{-1}$, 年平均为 $5\,692\,021\text{ L}^{-1}$, 明显少于微囊藻属.

2.1 微囊藻属数量的变化

2.1.1 微囊藻属数量的时间变化 2001 年 9 月至 2002 年 7 月, 微囊藻属数量的年变化趋势为: 从 2001 年 9 月份(平均为 $160\,780\,000\text{ L}^{-1}$) 开始, 数量开始下降, 到 2002 年 1 月份降至最低, 平均为 $7\,557\,075\text{ L}^{-1}$, 以后逐渐升高, 7 月份达到最高值, 平均为 $164\,432\,300\text{ L}^{-1}$, 见图 2.

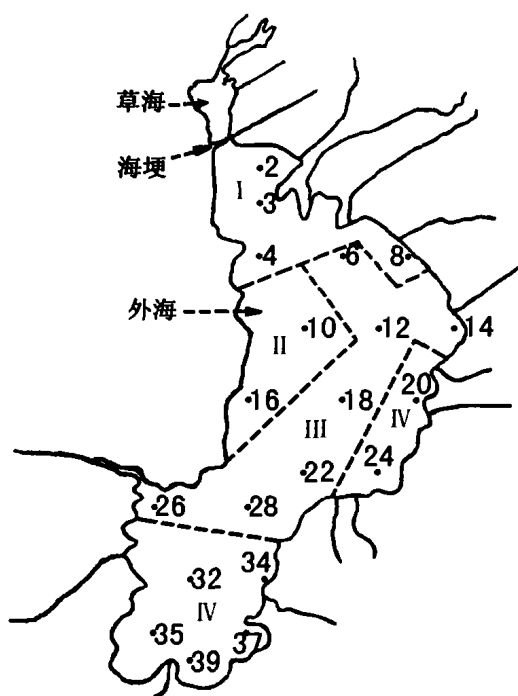


图1 采样点位置
Fig.1 Sampling location

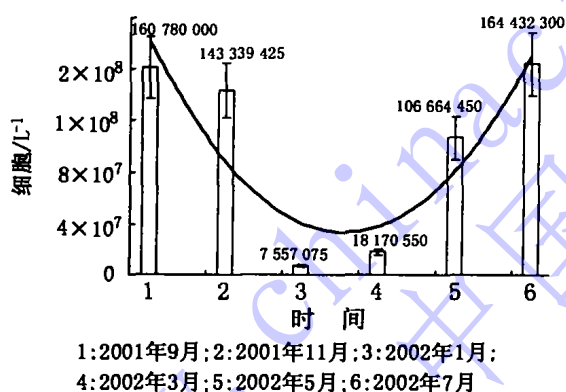


图2 微囊藻属数量的时间变化

Fig.2 Temporal variation of the numbers of *Microcystis*

2.1.2 微囊藻属数量的空间变化 根据微囊藻属数量的年平均值,将20个样点划分为4个区,Ⅰ区(2[#]、3[#]、4[#]、8[#]样点)是湖的北部区域,微囊藻属的数量为8 421 125~438 675 000 L⁻¹,年平均为240 993 271 L⁻¹.数量在2001年11月最高,其次是2002年7月,为364 305 875 L⁻¹,1月份最低.Ⅱ区(10[#]、16[#]样点)为湖的中西部,微囊藻属数量为5 941 000~286 500 250 L⁻¹,年平均为115 999 583 L⁻¹.2002年7月最高,1月份最低.Ⅲ区(6[#]、12[#]、14[#]、18[#]、22[#]、26[#]、28[#]样点)为中部湖区,微囊藻属的数量为9 102 857~168 014 286 L⁻¹,年平均为72 592 952 L⁻¹.最高值出现在2001

年9月份,最低值出现在2002年1月份.Ⅳ区(20[#]、24[#]、32[#]、34[#]、35[#]、37[#]、39[#]样点)为南部和东南部湖区,微囊藻属的数量为5 979 286~91 307 143 L⁻¹,年平均为42 717 583 L⁻¹.数量的最高、最低值出现时间与Ⅲ区相似(见图3).按数量排序为Ⅰ区>Ⅲ区>Ⅱ区>Ⅳ区.

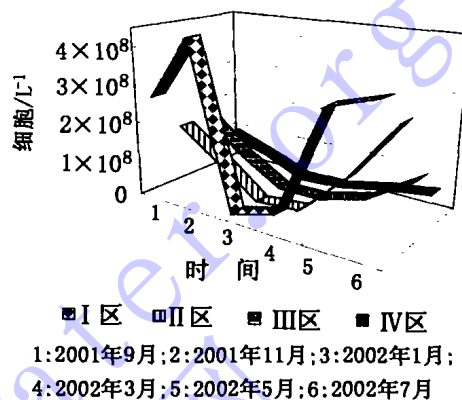


图3 微囊藻属数量的空间变化

Fig.3 Spatial variation of the numbers of *Microcystis*

2.2 束丝藻属数量的年变化

2.2.1 束丝藻属数量的时间变化 2001年9月至2002年7月,束丝藻属的数量的变化趋势为:从2001年9月份(平均为240 000 L⁻¹)开始逐渐升高,到2002年3月数量达最高值,为17 353 800 L⁻¹,随后逐渐下降,7月份达最低值,为766 150 L⁻¹.见图4.

2.2.2 束丝藻属数量的空间变化 Ⅰ区束丝藻数量为0~24 100 000 L⁻¹,年平均为9 118 917 L⁻¹.2001年11月数量最高,2002年1月最低.Ⅱ区的数量为19 500~13 320 750 L⁻¹,年平均为5 365 625 L⁻¹.2002年5月最高,1月最低.Ⅲ区的数量为35 500~9 898 357 L⁻¹,年平均为3 264 70 L⁻¹.最高值出现在2002年3月,最低值出现在1月.Ⅳ区的数量为62 000~26 384 929 L⁻¹,年平均为6 254 369 L⁻¹.数量的最高、最低值出现时间与Ⅲ区类似(见图5).按数量排序为Ⅰ区>Ⅳ区>Ⅱ区>Ⅲ区.

2.3 水华蓝藻在浮游植物总量中所占比例的变化

2.3.1 时间变化 水华蓝藻在浮游植物细胞总量中所占比例为66.44%~90.66%,年平均为83.03%,2001年11月最高,2002年3月份最低.其中,微囊藻属在浮游植物细胞总量中占35.69%~87.97%,平均为75.91%,最高值出现在2002年7月,最低值出现在2002年3月,在浮游植物的数量组成上占绝对优势.束丝藻属在浮游植物细胞总量中占0.46%~30.75%,年平均为7.12%,其

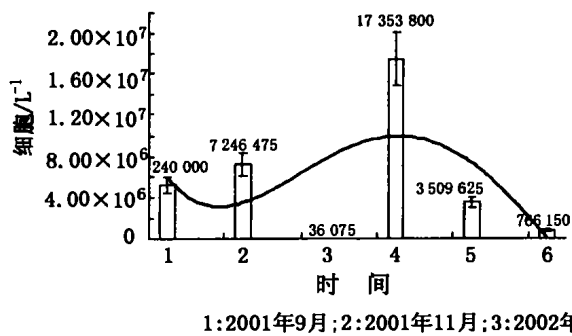


图 4 束丝藻属数量的时间变化
Fig. 4 Temporal variation of the numbers of *Aphanizomenon*

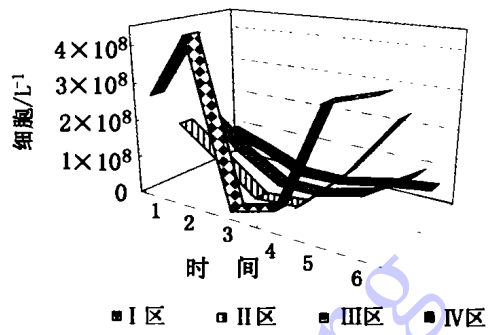


图 5 束丝藻属数量的时空变化
Fig. 5 Spatial variation of the numbers of *Aphanizomenon*

表 1 水华蓝藻在浮游植物细胞总数中所占百分比的时间变化

Tab. 1 Temporal variation of the percentage of the cyanobacteria causing water bloom						%
优势度	2001 年 9 月	2001 年 11 月	2002 年 1 月	2002 年 3 月	2002 年 5 月	2002 年 7 月
水华蓝藻	89.68	90.66	81.95	66.44	80.68	88.77
微囊藻属	86.10	86.68	81.49	35.69	77.51	87.97
束丝藻属	3.58	3.98	0.46	30.75	3.18	0.80

最大值出现在 2002 年 3 月,最小值出现在 2002 年 1 月,其它各月差异不大(见表 1,图 6)。

表 2 水华蓝藻在浮游植物细胞总数中所占百分比的空间变化

Tab. 2 Spatial variation of the percentage of the cyanobacteria causing water bloom					%
	I 区	II 区	III 区	IV 区	平均值
水华蓝藻	88.02	83.11	81.98	79.02	83.03
微囊藻	82.90	77.11	75.36	68.26	75.91
束丝藻	5.11	6.00	6.62	10.76	7.12

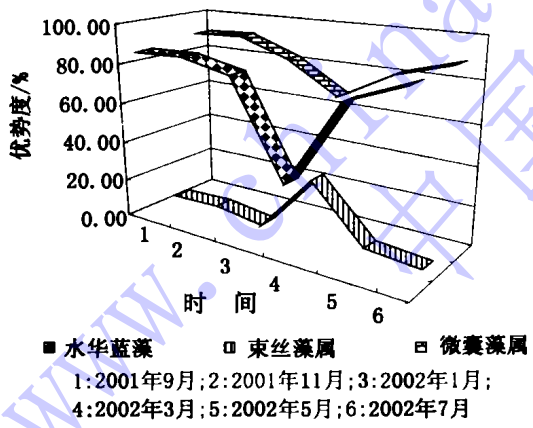


图 6 水华蓝藻在浮游植物细胞总数中所占百分比的时间变化
Fig. 6 Temporal variation of the percentage of the cyanobacteria causing water bloom

3 结 论

(1) 调查期间鉴定出蓝藻 19 种及变种,形成水华的种类是微囊藻属(*Microcystis* Kutz.)的铜绿微囊藻(*M. aeruginosa* Kutz.), 惠氏微囊藻(*M. weissenbergii* (Kom.) Kom.in Kondr.), 绿色微囊藻(*M. viridis* (A. Br.) Lemm.)以及束丝藻属(*Aphanizomenon* Morr.)的水华束丝藻(*A. flos-aquae* (L.) Ralfs.);

2.3.2 空间变化 水华蓝藻在浮游植物细胞总量中所占比例为 79.02%~83.11%,年平均为 83.03%。其中 I 区最高,IV 区最低。微囊藻属在浮游植物细胞总量中占 68.26~82.90%,其空间分布为 I 区>II 区>III 区>IV 区。束丝藻属在浮游植物细胞总量中占 5.11%~10.76%,其空间分布为 IV 区>III 区>II 区>I 区(见图 7)。

(2) 水华蓝藻数量为 3 445 000~1 080 800 000 L⁻¹,年平均 130 866 603 L⁻¹,水华蓝藻的数量占浮游植物细胞总量的 66.44%~90.66%,年平均为 83.03%。微囊藻属数量为 3 445 000~1 030 800 000 L⁻¹,年平均为 125174582 L⁻¹,微囊藻属的数量占浮游植物细胞总量的 35.69%~87.97%,年平均为 75.91%。微囊藻属的数量决定

了水华蓝藻的数量,而束丝藻属数量对水华蓝藻的数量影响不大;

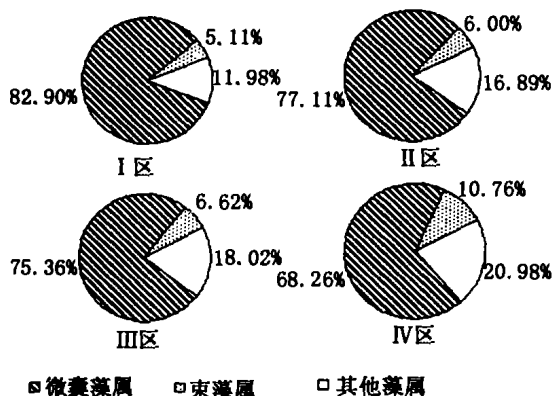


图7 水华蓝藻在浮游植物细胞总量中所占比例的空间变化

Fig.7 Spatial variation of the percentage of the cyanobacteria causing water bloom

(3) 水华蓝藻数量的时间分布与微囊藻属相一致,夏秋季节较高,冬春季节较低,微囊藻属数量的峰值出现在7月,20个样点的均值高达 $164\ 432\ 300\ L^{-1}$ 。而束丝藻属的数量在初冬和春季较高,夏秋季较低,峰值出现在3月,微囊藻属和束丝藻属数量的最低值均出现在最冷月——1月;

(4) 水华蓝藻数量的空间分布与微囊藻属相一致,近岸带高于湖心,湖北部最高,中部次之,南部最低,而在湖中部,西岸近岸带高于湖中央和东岸近岸带。束丝藻属的数量在湖的南、北两端较高,中部较低。在1年中的大部分时间,以湖北岸近岸带的蓝藻水华面积和规模最大,最盛时水面上漂浮的水华层可厚达数厘米;

(5) 微囊藻水华一年四季均有出现,从5月份至9月份为水华高峰期,往往出现大面积水华,尤以7月份为最盛。而束丝藻仅在3月份形成零星的小片水华,其规模无法与微囊藻水华相比。

参考文献:

- [1] 杨一光,杨桂华.滇池自然地理概要[J].云南大学学报(自然科学版),1985,7(增刊):1—8.
- [2] 张梅,李原,王若南.滇池浮游植物的生物多样性调查研究[J].云南大学学报(自然科学版),2005,27(2):170—175.
- [3] 国家环境保护总局.水和废水监测分析方法编委会编.水和废水监测分析方法[M].第4版.北京:中国环境科学出版社,2002.
- [4] 钱澄宇.滇池地区藻类植物调查报告[J].云南大学学报(自然科学版),1964,(3):75—79.
- [5] 钱澄宇,邓新晏,王若南,等.滇池藻类植物调查研究[J].云南大学学报(自然科学版),1985,7(增刊):9—28.
- [6] 黎尚豪,俞敏娟,李光正,等.云南高原湖泊调查[J].海洋与湖沼,1963,5(2):87—114.
- [7] 胡鸿均,李尧英,魏印心,等.中国淡水藻类[M].上海:上海科学技术出版社,1980.
- [8] 朱浩然.中国淡水藻志(第2卷)色球藻纲[M].北京:科学出版社,1991.
- [9] 施之新,魏印心,陈嘉佑,等.西南地区藻类考察专集[M].北京:科学出版社,1994.
- [10] 沈韞芬,章宗涉,龚循矩,等.微型生物监测新技术[M].北京:中国建筑工业出版社,1990.
- [11] 广濑弘幸.日本淡水藻图鉴[M].内田老鹤圃新社,1977.
- [12] B 福笛.藻类学[M].罗迪安译.上海:上海科学技术出版社,1980.
- [13] Robert Edward Lee. Phycology [M]. London: Cambridge University Press. 1989.

The temporal and spation variation of the cyanobacteria which caused the water bloom in the Dianchi Lake, Kunming, China

LI Yuan, ZHANG Mei, WANG Ruo-nan

(School of Life Science, Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract: The results of an investigation and research into the cyanobacteria, which caused the water bloom in the Dianchi Lake from September 2001 to July 2002 is reported. The results showed that the cyanobacteria that caused the water bloom were *Microcystis* Kutz. and *Aphanizomenon* Morr., and that the former was the dominant genus in the lake. The total concentration of the cyanobacteria causing water bloom was $3\ 445\ 000—1\ 080\ 800\ 000\ cell/L$ (cells per liter), and the annual concentration during this period was