

南太湖入湖口蓝藻生物量与 TN、TP 的年变化特征及相关性研究*

韩志萍¹ 邵朝纲¹ 张忠山¹ 王晓梅¹ 徐新华² 唐 铭³ 叶金云¹

(1. 湖州师范学院生命科学学院 湖州 313000; 2. 浙江大学环境与资源学院 杭州 310027;
3. 湖州市自来水公司水质监测站 湖州 313000)

提要 采用统计学方法,对南太湖水域三个入湖口(小梅港、新塘港、大钱港)水质中蓝藻生物量、TN 和 TP 的年变化特征进行了调查;通过 SPSS 10.0 软件对蓝藻生物量与 TN 和 TP 的相关性进行了分析。结果表明:(1)南太湖入湖口蓝藻生物量一般有两个高位期,分别出现在每年的 5—6 月和 9—10 月;(2)南太湖入湖口的 TN 和 TP 处于富营养化水平, TN 有朝重富营养化发展的趋势;(3)2008—2009 年蓝藻生物量与 TN 的相关性系数 r 介于 -0.010—0.210 之间,呈现不相关;2010 年 r 介于 -0.43—-0.47, 呈现低度负相关;(4)3 年中蓝藻生物量与 TP 的相关性系数 r 介于 0.30—0.80, 呈现正相关。南太湖沿岸 TP 出现在 0.05—0.20mg/L 范围内频率达 90%以上,蓝藻高位期时 TP 浓度在 0.1—0.15mg/L 范围。结果说明,南太湖沿岸水体中氮和磷营养盐水平较高,已经不容忽视,蓝藻生物量与 TN 之间存在一定的此消彼长规律,水体中 TP 已经是南太湖各入湖口蓝藻生长繁殖的相关性因子。

关键词 南太湖, 蓝藻生物量, TN, TP, 相关性分析

中图分类号 X703.5

太湖位于长江中下游地区,是中国的第三大淡水湖,面积约 2428km²,平均水深 1.9m(陆鸿宾等, 1990),湖泊总蓄水量为 4.43 × 10⁹m³,是典型的浅碟形湖泊(蔡启铭, 1998)。南太湖一般是指位于浙江省内沿岸部分湖面,西北至长兴与宜兴交界处,东南方至吴兴与吴江交界处,管辖水域面积约 300km²,湖岸线长 64km。

太湖流域因人口稠密、经济发达、耕地增加林地减少、土地集约化程度极高,以及流域现代农业和城市化的快速发展,导致大量污染物和营养盐进入河湖水体(李兆富等, 2007),水体污染和富营养化日益严重,蓝藻水华暴发频繁,2006 年蓝藻水华约覆盖太湖总面积的 2/5(王成林等, 2010)。每年 5—11 月份南太湖沿岸开始出现大片蓝藻,2007 和 2008 年水体中蓝藻的最高浓度曾达到每升水 1.7 亿个以上(Guo, 2007; Yang *et al.*, 2008)。

太湖水环境问题的日益严重,对西苕溪流域乃至大太湖流域都有可能存在水质性缺水的风险。“十一五”期间南太湖污染治理和富营养化生态修复开始启动,但任务十分艰巨。如何治理和修复富营养化污染是南太湖地区长期面临的问题,了解南太湖富营养化因子的变化特征,研究富营养化因子与蓝藻暴发的相关性,对治理和修复南太湖生态环境具有重要意义。

南太湖在污染治理和富营养化生态修复上的启动,相对东太湖和北太湖较晚,水质数据比较匮乏。本研究选择与太湖南岸交汇的大钱港口、新塘港口、小梅港口三个观测点作为研究区域,对水质中氮磷营养因子和蓝藻生物量进行测定和分析,汇集 2008、2009、2010 年三年的测定数据,采用统计学方法分析蓝藻生物量和氮磷营养因子的相关性以及它们的年变化特征,评价氮磷营养盐(总氮 TN 和总磷 TP)指标

* 国家水体污染控制与治理科技重大专项, 2011ZX07101-012-008 号; 浙江省重大科技专项, 2010C02001 号; 浙江省自然科学基金项目, Y5110067 号。韩志萍, 教授, E-mail: hzp@hutc.zj.cn

收稿日期: 2011-12-06, 收修改稿日期: 2012-03-13

对南太湖蓝藻暴发和水环境的影响,为南太湖的富营养化治理和水环境保护提供背景资料和理论依据。

1 研究区域与方法

1.1 研究区域

研究区域位于南太湖沿岸与小梅港、新塘港、大钱港三条内河相交汇处的入湖口,三个研究点的位置分别为 120°06′13.0″E, 30°57′27.0″N; 120°07′37.8″E, 30°56′23.5″N 和 120°11′32.1″E, 30°55′51.0″N。

1.2 研究方法

定期于 3 个固定研究地点,每 2—3d 取一次水样,在湖面下 0.3—0.5m 处采集水样并进行相关水质指标分析,水样采集后一般不超过 24h。本文调查的时段为 2008、2009、2010 年每年的 5—11 月,主要测定总氮(TN)、总磷(TP)和蓝藻生物量(以蓝藻细胞颗粒数表示),测定方法参考《水和废水监测分析方法》(国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会,2002)。总氮采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法测定,总磷采用钼锑抗可见分光光度法测定,数据单位以 mg/L 表示。蓝藻生物量以浮游生物测定(B)方法,采用血球数板对蓝藻细胞进行数量计数法检测,数据以 $x \times 10^4$ 个/L 表示。

1.3 数据处理

将各研究点的连续监测数据在 Microsoft Excel 软件中以时间序列组成水质各分析项目数据组,按照统计学要求,采集 30—50 个数据,并建立数据库,最后将采样时间、地点相同的数据进行算术平均,得到平均值数组。所有实验结果为 3 次重复测定的平均值,采用的数据标准误差 $S = 1\%$,每组测定数据在 $\bar{x} \pm S$ 范围内。以 Origin 7.0 (Originlab, U.S.) 作图, SPSS 10.0 (SPSS inc, Chicago, U.S.) 软件进行相关性分析。相关性系数 $|r| < 0.3$ 为不相关, $0.3 < |r| < 0.5$ 为低度相关, $0.5 < |r| < 0.8$ 为中度相关, $|r| > 0.8$ 为高度相关。

2 结果与分析

2.1 各入湖口蓝藻生物量与 TN 的年变化特征及相关性分析

图 1、图 2、图 3 显示了南太湖各入湖口于 2008—2010 年 TN 与蓝藻生物量的年变化特征。为了显示蓝藻生物量与 TN 的相关性,每组蓝藻生物量检测数据的日期与 TN 相对应。

由图 1 显示,当蓝藻生物量比较小时, TN 都比较高,例如 2008 年 6—8 月, 2009 年 6—10 月, 2010 年 5—8

月, TN > 1.0mg/L, 最高 > 3.0mg/L, 蓝藻生物量都 < 2.5×10^6 个/L。

由图 2 所示,自 2009 年起 TN 大部分 > 1.0mg/L, 2009 年 6—7 月 TN > 2.0mg/L, 11 月开始 > 3.0mg/L, 2010 年的 5—8 月份一直出现在 2.0mg/L 以上。在 2008 年和 2010 年蓝藻生物量有较相似的规律,高位都出现在 9 月份 ($> 1 \times 10^7$ 个/L), 其它时段都比较低 ($< 1 \times 10^7$ 个/L)。2009 年除 11 月上旬有 10d 出现蓝藻生物量 $> 1 \times 10^7$ 个/L 外,其它时段都在 1×10^7 个/L 以下。

由图 3 所示,蓝藻生物量与 TN 的分布与新塘港入湖口有较类似的规律。

2.1.1 南太湖各入湖口蓝藻生物量的年变化特征分析

从 2008—2010 年南太湖各入湖口蓝藻生物量出现的变化特征可以看出,在南太湖区域蓝藻一般有两个高峰期,第一个高峰期在 5—6 月上旬期间,第二个高峰期在 9—10 月间,有的年份蓝藻生物量高位期持续到 11 月。与太湖西部和北部区域相比较有所不同,太湖西部和北部沿岸的蓝藻暴发也有两个高峰期,分别在 5 月和 8 月(任健等, 2008; 龚绍琦等, 2008), 蓝藻生物量最高是 8 月。本文所有图都显示南太湖的三个入湖口 8 月份没有出现蓝藻高峰,而每年的 9—11 月通常是一年中蓝藻生物量最高的季节。

一般情况下,太湖 9 月份水温低于 25℃(余丰宁等, 1993), 11 月份的平均水温低于 15℃,这不是蓝藻暴发的最佳温度(Latour *et al*, 2004; Robarts *et al*, 1987)。从获得气象资料中的风向分析(由湖州市气象局提供),南太湖 9—10 月份的主要风向为北风,部分为东北风,11 月的风向有 60%以上为东北风。由此分析可以得出,9—10 月期间南太湖出现的大量蓝藻应该不是一种暴发过程,很可能是一种聚集现象。由于风向缘故,太湖中的蓝藻从 9 月份开始向太湖西南方向聚集,造成蓝藻大面积堆积,导致南太湖沿岸 9—10 月份甚至 11 月份反而出现蓝藻生物量增高的现象。

另外,从近几年气象资料分析,南太湖水域蓝藻与梅汛期和降水量密切相关。南太湖地区一般在 6 月上旬开始梅汛期,蓝藻生物量随之下降,7 月出梅,蓝藻生物量开始有上升趋势,这一特征在 2010 年表现的最为明显。

2.1.2 南太湖各入湖口 TN 的年变化特征分析

由表 1 可以看出,南太湖各入湖口 TN 出现在 0.03—2.0mg/L 范围之间,50%以上的频率在 0.5—2.0mg/L 范围内。按照舒金华(1993)和蔡庆华(1993)对湖泊富营养化的评判标准,南太湖水质中的 TN 含量已经属

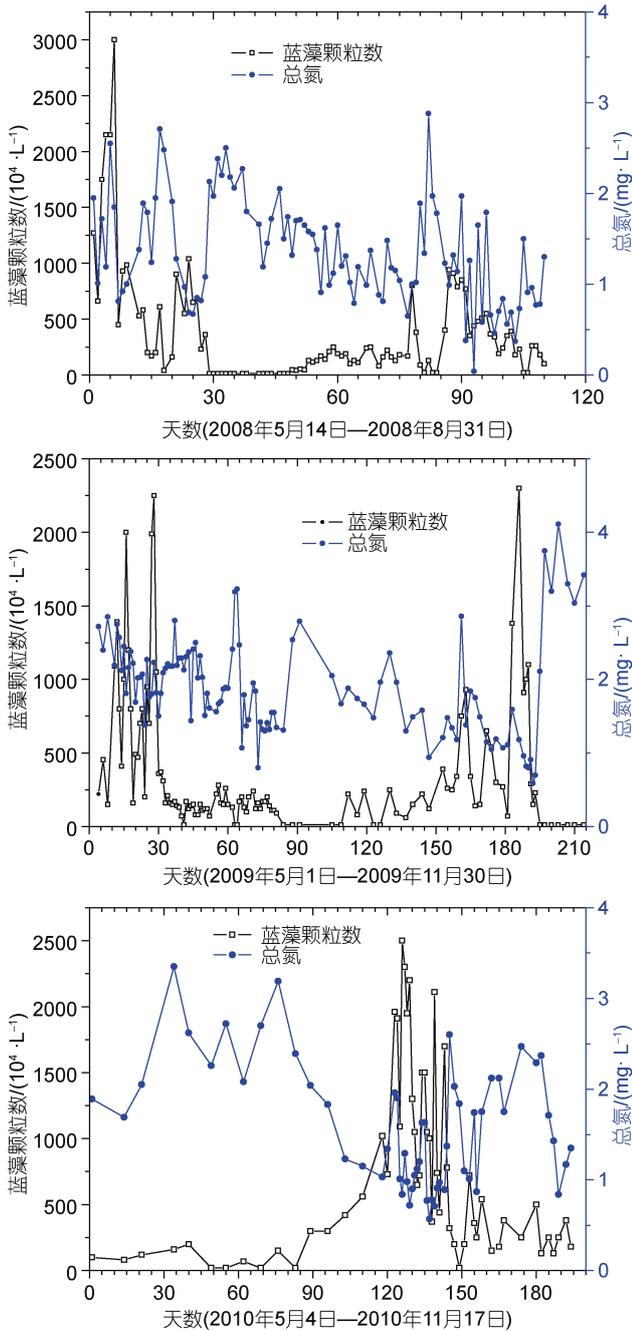


图 1 南太湖小梅港入湖口 2008—2010 年蓝藻生物量与 TN 的年变化特征及相关性

Fig.1 The annual variations of blue algae biomass and TN levels and their correlation at Xiaomei Estuary inlet area in 2008—2010

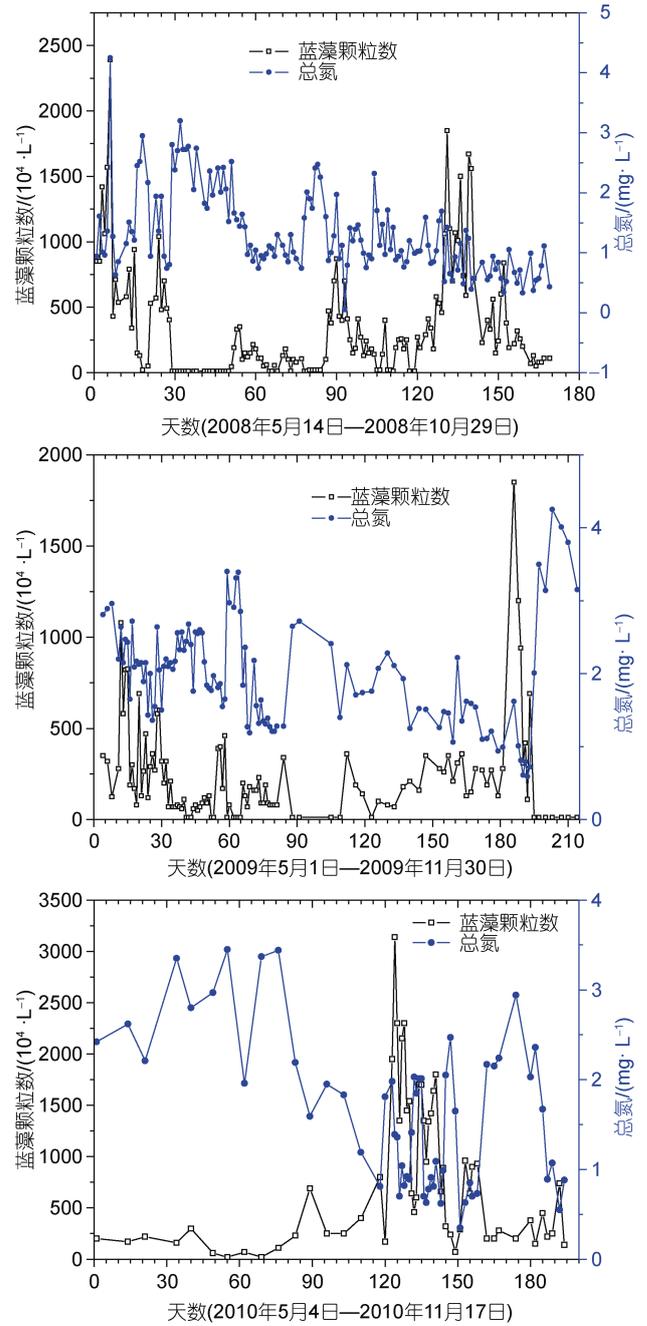


图 2 南太湖新塘港入湖口 2008—2010 年蓝藻生物量与 TN 的年变化特征及相关性

Fig.2 The annual variations of blue algae biomass and TN levels and their correlation at Xintang Estuary inlet area in 2008—2010

于富营养化类型,属 Ⅰ类水质,并有向重富营养化类型(TN>2.0mg/L)发展的趋势。从 2008 年所测样本数中 TN>2.0mg/L 的频率小于 20%,到 2009 和 2010 年全部超过 20%,在新塘港入湖口 2009 年 TN>2.0mg/L 的频率达到 50%。

2.1.3 蓝藻生物量与 TN 因子的相关性分析 由表 2 可见,2008—2009 年南太湖各入湖口蓝藻生物量与 TN 之间呈现不相关,其 r 值在 -0.010—0.210 范围;2010 年南太湖各入湖口蓝藻生物量与 TN 之间呈现低度负相关,其 r 值在 -0.430—-0.474 范围,也说明

两者之间存在一定的此消彼长规律。

龙天渝等(2011)曾用模拟实验研究了藻类生长与氮营养的关系,结果表明,当 TN<1.5mg/L 时,增加 TN 可显著促进藻类生长;当 TN 达到 3.5mg/L 时,氮素浓度的增加对藻类生长影响甚微。本文结果是在自然态的大环境中获得,从 2010 年统计结果分析,当 TN 在 1.5—3.5 mg/L 范围内由于蓝藻生长对氮营养的消耗,存在此消彼长规律,呈现低度负相关,见图 2、图 3、图 4。当蓝藻生物量较低时(<3×10⁶ 个/L),总氮浓度往往比较高(>1.5mg/L),反之,当蓝藻生物量较高时(>1×10⁷ 个/L),总氮浓度下降(<1.5mg/L),在蓝藻出现高位的前几天,总氮浓度往往有一个较明显的下降过程。这很可能是总氮中的氨氮在起作用,蓝藻大量繁殖时需要消耗氨氮,水体中氨氮浓度下降,总氮随之下降,呈现负相关。当太湖大环境发生变化(例如刮风、下雨、降温等等),蓝藻繁殖速度减慢,死亡蓝藻和底泥向湖体释放氮磷营养(胡春华等, 2000; 孙小静等, 2007),总氮和总磷浓度开始升高,例如图 1—图 6 中的 2009 年的 8—9 月,以及 2009 年 11 月中旬—2010 年 8 月。湖泊环境是一个复杂的综合体,与小环境模拟实验有着实质性的区别,作者认为,在太湖大环境下一般不可能出现文献试验得到的由于氨氮或总氮浓度过高而抑制蓝藻生长的情况(张玮等, 2006; 陈建中等, 2010)。自然状态下,湖泊中的总氮浓度远不足以起到抑制蓝藻生长的类似作用。但是按以上此消彼长规律分析,湖泊水质中总氮浓度过高,将为蓝

藻的繁殖生长提供条件,一旦环境条件(高温、光照、合适氮/磷比)成熟(刘建国等, 2008),蓝藻细胞分裂繁殖速度加快,蓝藻的生长和大量繁殖导致 TN 和 TP 消耗(王丽卿等, 2002),并在短期内 TN 出现迅速降低现象,由于蓝藻对磷元素的需求量较小,降低现象不明显(杨顶田等, 2003),所以也可将 TN 在短期内过快降低的现象作为蓝藻暴发的一个预警参考。本研究中 3 年 TN 变化特征都显示, TN 在短期内过快降低后的 5—10d 内,都出现了蓝藻生物量急剧增加的现象。

2.2 各入湖口蓝藻生物量与 TP 的年变化特征及相关性分析

图 4、图 5、图 6 显示了南太湖各入湖口于 2008—2010 年 TP 与蓝藻生物量的年变化特征。为了显示蓝藻生物量与 TP 的相关性,同样将蓝藻生物量与 TP 的检测数据日期相对应。

由图 4 显示, 3 年的 TP 基本在 0.05—0.20mg/L 之间。

由图 5 所示, 2008 年 TP 大部分在 0.10mg/L 以下, 2009 年 TP>0.1mg/L 的几率增大, 11 月以后高达 0.15mg/L 以上。2010 年的 9 月份以后的大部分时间段总磷浓度>0.12mg/L 以上。较高浓度出现在 2008 年 5 月, TP 接近于 0.25mg/L。3 个入湖口的其它时段, TP>0.2 mg/L 的情况基本还未出现。

由图 6 所示, 2008 年 TP 总体高于新塘港入湖口, 类同于小梅港入湖口。2009 和 2010 年的 TP 年变化

表 1 南太湖各入湖口 2008—2010 年不同 TN 浓度频率(%)

Tab.1 The frequency (%) of TN concentration on the different inlet area at south Taihu Lake in 2008—2010

年份	2008			2009			2010		
	(0.03, 0.5]	(0.5, 2.0]	(2.0, +)	(0.03, 0.5]	(0.5, 2.0]	(2.0, +)	(0.03, 0.5]	(0.5, 2.0]	(2.0, +)
小梅港入湖口	9.50	79.89	10.61	0	56.90	43.10	0	70.69	29.31
新塘港入湖口	4.47	78.21	17.32	0	50.00	50.00	1.72	62.07	36.21
大钱港入湖口	18.99	68.16	12.85	0	76.72	23.28	8.62	68.97	22.41

注: 浓度频率计算: 该浓度范围内样本容量 ÷ 总样本容量 × 100; 样本容量统计从每年的 5 月开始至 11 月, n>50

表 2 南太湖各入湖口 2008—2010 年蓝藻生物量与 TN 的相关性系数(r)

Tab.2 The correlation coefficient (r) of blue algae biomass and TN levels on the different inlet area at south Taihu Lake in 2008—2010

年份	2008			2009			2010		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
地点									
样本容量	71	102	122	94	70	93	50	52	55
r 值	-0.068	0.210*	-0.198*	0.092	-0.010	0.172	-0.445**	-0.430**	-0.474**

注: 表中地点 A、B、C 分别代表小梅港入湖口、新塘港入湖口、大钱港入湖口; *表示 P<0.05, **表示 P<0.01

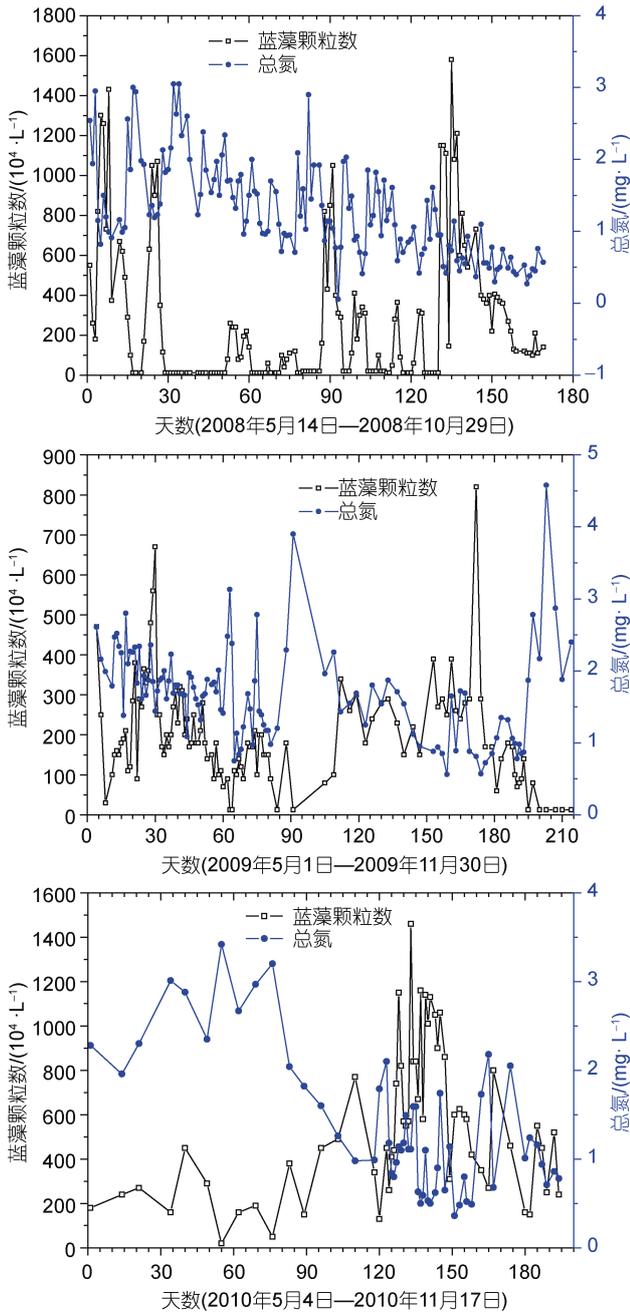


图3 南太湖大钱港入湖口 2008—2010 年蓝藻生物量与 TN 年变化特征及相关性

Fig.3 The annual variations of blue algae biomass and TN levels and their correlation at Daqian Estuary inlet area in 2008—2010

特征与新塘港入湖口极为相似。

2.2.1 南太湖各入湖口 TP 的年变化特征分析 由表 3 可以看出南太湖入湖口 TP 有 80% 以上的频率出现在 0.05—0.20mg/L 范围之间(除 2009 年大钱港入湖口外)。小梅港入湖口 3 年的 TP 年变化趋势比较接近。新塘港入湖口 2008—2009 年 TP 的年变化特征比较

类似, 在 2010 年高浓度频率($TP > 0.05\text{mg/L}$, 0.2mg/L)增加了约 10%。大钱港入湖口 2008 年和 2010 年的不同 TP 出现的频率比较接近, 2009 年 TP 总体有所下降, $TP < 0.05\text{mg/L}$ 的频率与 2008 年和 2010 年相比, 增加 1 倍, $TP > 0.05\text{mg/L}$ 的频率降低约 18%。在年周期内(10 月份以后)随着浮游植物和其它生物的死亡或下沉, 水体 TP 浓度会逐渐升高, 图 4、图 5、图 6 中的 2009—2010 年都较明显地出现了此特征, 每年的 10 月份以

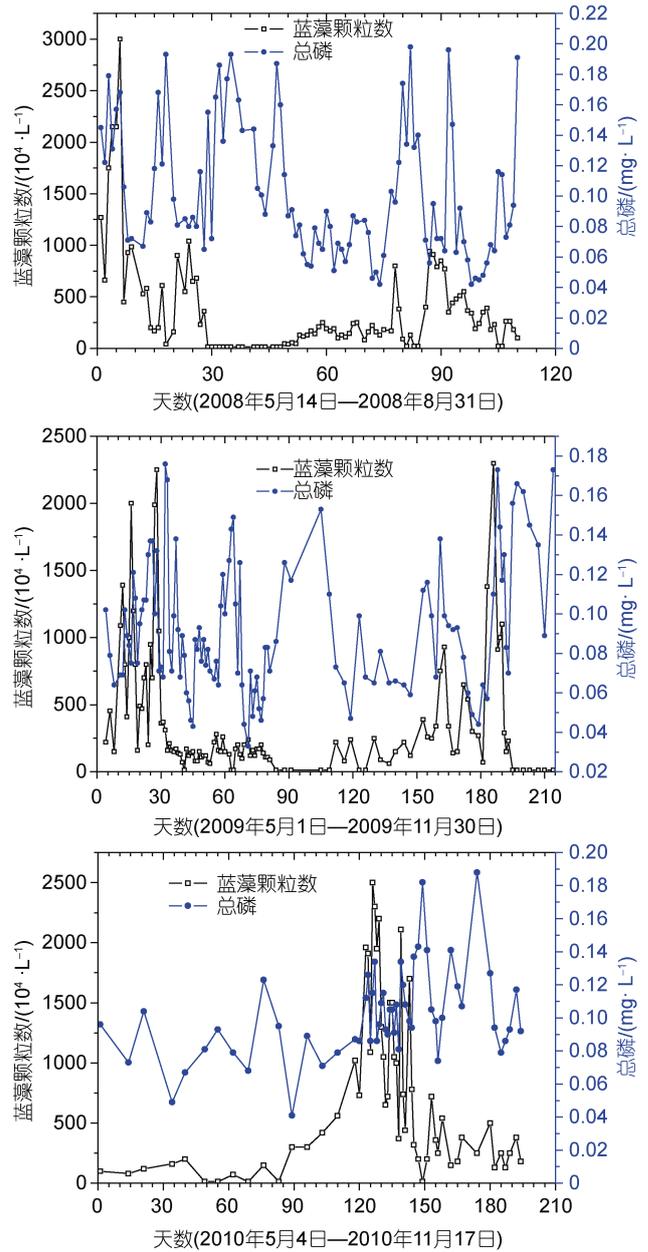


图4 南太湖小梅港入湖口 2008—2010 年蓝藻生物量与 TP 的年变化特征及相关性

Fig.4 The annual variations of blue algae biomass and TP levels and their correlation at Xiaomei Estuary inlet area in 2008—2010

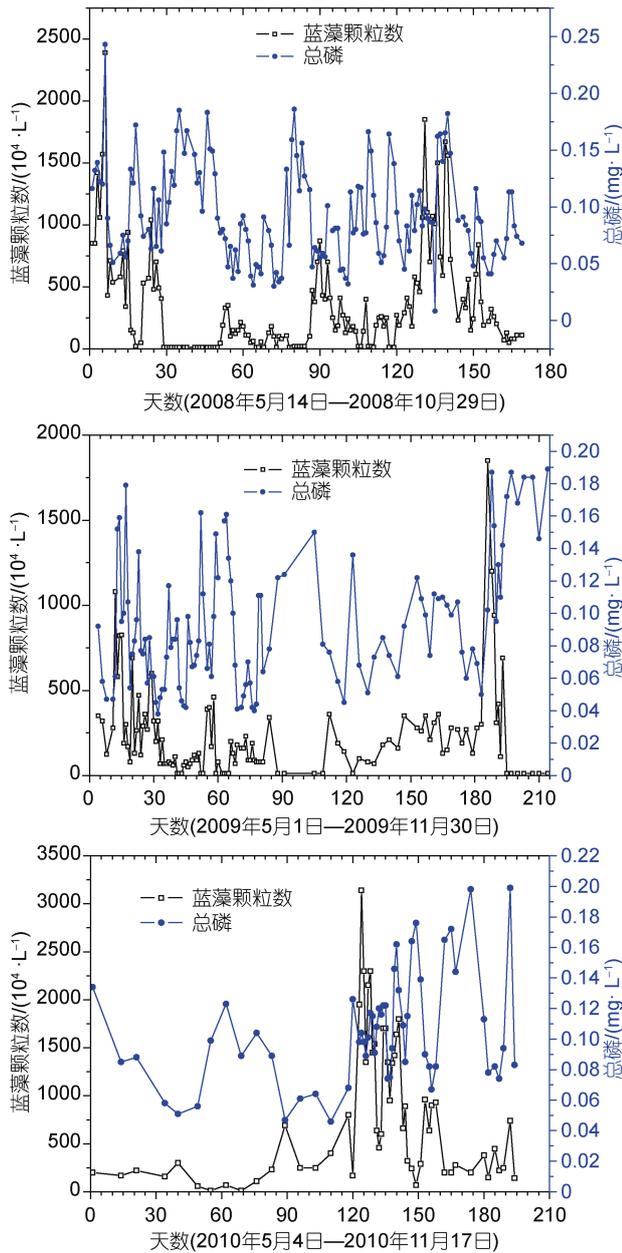


图5 南太湖新塘港入湖口 2008—2010 年蓝藻生物量与 TP 的年变化特征及相关性

Fig.5 The annual variations of blue algae biomass and TP levels and their correlation at Xintang Estuary inlet area in 2008—2010

后水体中 TP 都有升高趋势。

2.2.2 蓝藻生物量与 TP 因子的相关性分析 虽然水体 TP 受湖体和气象环境因子的影响较大, 但 TP 与水体中富营养化的程度和蓝藻的生长繁殖有着直接的关系, 即“磷浓度增高的同时, 水体蓝藻水华暴发频繁, 而蓝藻对水体磷的最终吸收能力要小于水草类的高等水生植物, 反过来又加速了水体中磷的沉积。”(朱广伟等, 2007)。由表 4 可见, 2008—2010

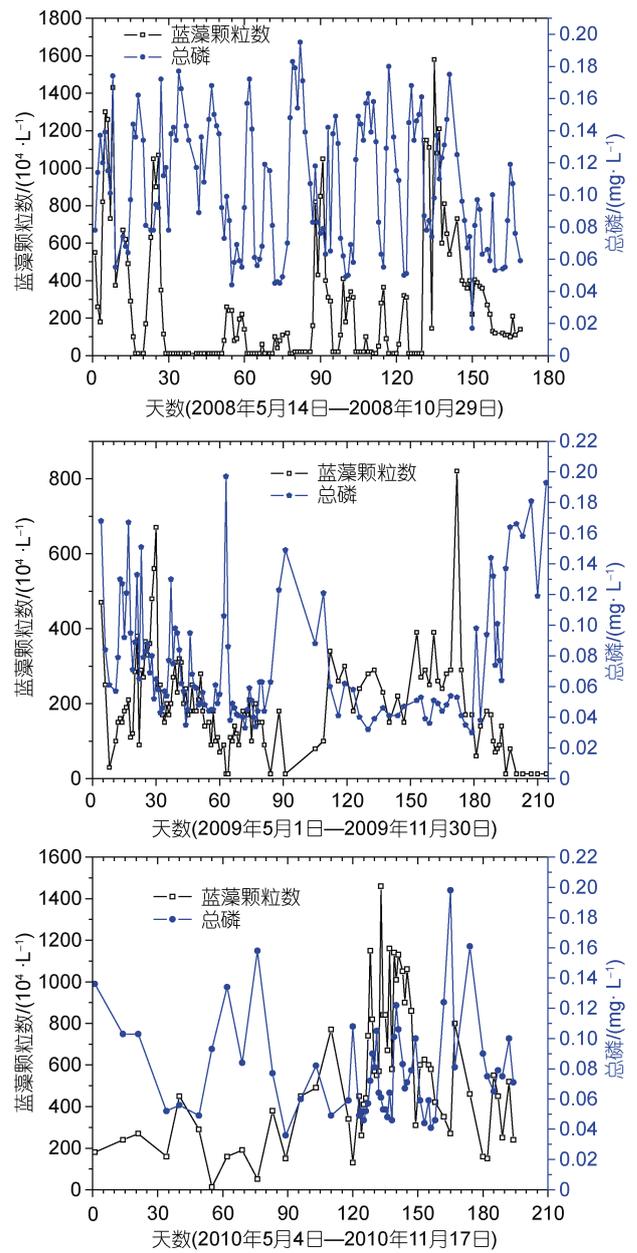


图6 南太湖大钱港入湖口 2008—2010 年蓝藻生物量与 TP 的年变化特征及相关性

Fig.6 The annual variations of blue algae biomass and TP levels and their correlation at Daqian Estuary inlet area in 2008—2010

年南太湖各入湖口(2009 年大钱港入湖口和 2010 年新塘港入湖口例外)蓝藻生物量与 TP 之间呈现低度正相关, 其 r 值在 0.306—0.568 范围; 2010 年新塘港入湖口蓝藻生物量与 TP 之间呈现中度正相关, 其 r 值达 0.790。

陈永根等(2007)在研究太湖水体叶绿素和氮磷浓度的关系时得出了相同的结论, 即在太湖西南区, 叶绿素 a 含量与 TN 无显著相关关系, 与 TP 呈正相

表 3 南太湖各入湖口 2008—2010 年不同 TP 浓度频率(%)

Tab.3 The frequency (%) of TP concentration on the different inlet area at south Taihu Lake in 2008—2010

年份	2008			2009			2010		
	TP 浓度范围(mg/L)	(0.025, 0.05]	(0.05, 0.2]	(0.2, +)	(0.025, 0.05]	(0.05, 0.2]	(0.2, +)	(0.025, 0.05]	(0.05, 0.2]
小梅港入湖口	4.47	94.97	0	7.76	92.24	0	3.45	96.55	0
新塘港入湖口	11.73	86.59	1.12	13.79	86.21	0	3.45	96.55	0
大钱港入湖口	16.76	83.24	0	34.48	65.52	0	17.24	82.76	0

注: 浓度频率的计算: 该浓度范围内样本容量 ÷ 总样本容量 × 100; 样本容量统计从每年的 5 月开始至 11 月, $n > 50$

表 4 南太湖各入湖口 2008—2010 年蓝藻生物量与 TP 的相关性系数(r)Tab.4 The correlation coefficient (r) of blue algae biomass and TP levels on the different inlet area at south Taihu Lake in 2008—2010

年份	2008			2009			2010		
	地点	A	B	C	A	B	C	A	B
样本容量	71	102	122	81	70	43	50	52	55
r 值	0.398**	0.568**	0.304**	0.351**	0.401**	0.135	0.316	0.790	0.306

注: 表中地点 A、B、C 分别代表小梅港入湖口、新塘港入湖口、大钱港入湖口; *表示 $P < 0.05$, **表示 $P < 0.01$

关; 并指出适宜太湖藻类生长的 TP 为 0.10—0.30mg/L。从本文结果分析, 南太湖沿岸出现蓝藻高位期时的 TP 一般在 0.10—0.15mg/L, 蓝藻与 TP 呈现中低度正相关。

3 结论

本文对位于南太湖沿岸与大钱港、小梅港、新塘港三条内河相交汇处的三个入湖口进行了水质调查, 归纳了三个入湖口 3 年的蓝藻生物量、总氮(TN)和总磷(TP)的年变化特征, 分析了蓝藻生物量与 TN 和 TP 的相关性, 结果表明:

(1) 南太湖沿岸各入湖口蓝藻生物量一般有两个高位期, 一个是在每年 5—6 月(2010 年例外), 另一个在每年的 9—10 月。与太湖西部和北部沿岸的蓝藻高峰期(5 月, 8 月)有所不同。

(2) 南太湖沿岸各入湖口的 TN 和 TP 处于富营养水平, 总氮的富营养化水平有向重富营养化类型发展的趋势。

(3) 2008—2009 年蓝藻生物量与 TN 的相关性系数 r 介于 -0.010—0.210 之间, 呈现不相关, 2010 年蓝藻生物量与 TN 的相关系数 r 介于 -0.430— -0.474, 呈现低度负相关。

(4) 南太湖沿岸各入湖口蓝藻生物量与 TP 之间呈现低度正相关, 其 r 值在 0.306—0.568 范围; 2010 年新塘港入湖口蓝藻生物量与 TP 之间呈现中度正相关, 其 r 值达 0.790; 太湖南岸出现蓝藻高位期时的 TP 一般在 0.10—0.15mg/L。

本研究结果还说明, 南太湖 3 个入湖口的蓝藻生物量与 TN 之间存在一定的此消彼长规律, 从近 3 年

蓝藻生物量与 TN 的分析可知, 湖泊中 TN 升高, 将为蓝藻的繁殖生长提供条件, 蓝藻一旦开始增殖, 随着氮营养的消耗, 在蓝藻生物量升高前, TN 规律性地出现降低, 此现象可作为蓝藻暴发的一个预警参考。从本文的蓝藻生物量与 TP 之间呈现中低度正相关的分析得出, 目前水体中的 TP 已经是南太湖各入湖口蓝藻生长繁殖的相关因子, 各入湖口 TP 有 80% 频率在 0.05—0.20mg/L 范围内, 2010 年在此范围内的频率高达 96%, 除 2008 年 5 月以外, TP > 0.20mg/L 的情况基本还未出现, 各入湖口的 TP 处于富营养化水平。

致谢 本论文得到湖州市环境保护监测中心站姚玉鑫高级工程师和湖州市气象台黄玲琳高级工程师等的帮助, 谨致谢忱。

参 考 文 献

- 王成林, 潘维玉, 韩月琪等, 2010. 全球气候变化对太湖蓝藻水华发展演变的影响. 中国环境科学, 30(6): 822—828
- 王丽卿, 黄旭雄, 2002. 不同营养盐浓度下微绿球藻的生长及水体中氮磷的变化. 上海水产大学学报, 11(3): 215—218
- 龙天渝, 周鹏瑞, 吴 磊, 2011. 环境因子对香溪河春季藻类生长影响的模拟实验. 中国环境科学, 31(2): 327—331
- 朱广伟, 秦伯强, 高 光, 2007. 太湖现代沉积物中磷的沉积通量及空间差异性. 海洋与湖沼, 38(4): 329—335
- 任 健, 蒋名淑, 商兆堂等, 2008. 太湖蓝藻暴发的气象条件研究. 气象科学, 28(2): 221—226
- 刘建国, 路克国, 林 伟等, 2008. 温度、氮浓度和氮磷比对长心卡帕藻(*Kappaphycus alvarezii*)吸收氮速率的影响. 海洋与湖沼, 39(5): 529—535
- 孙小静, 秦伯强, 朱广伟, 2007. 蓝藻死亡分解过程中胶体态磷、氮、有机碳的释放. 中国环境科学, 27(3): 341—345
- 李兆富, 杨桂山, 李恒鹏, 2007. 西苕溪流域不同土地利用类

- 型营养盐输出系数估算. 水土保持学报, 21(1): 1—4
- 杨顶田, 陈伟民, 江 晶等, 2003. 藻类爆发对太湖梅梁湾水体中 NPK 含量的影响. 应用生态学报, 14(6): 969—972
- 余丰宁, 蔡启铭, 徐勇积, 1993. 太湖水温模型和气象参数对水温的影响. 海洋与湖沼, 24(4): 393—399
- 张 玮, 林一群, 郭定芳等, 2006. 不同氮、磷浓度对铜绿微囊藻生长、光合及产毒的影响. 水生生物学报, 30(3): 318—322
- 陆鸿宾, 魏桂玲, 1990. 太湖气温效应的分析. 海洋与湖沼, 21(1): 80—87
- 陈永根, 刘伟龙, 韩红娟等, 2007. 太湖水体叶绿素 *a* 含量与氮磷浓度的关系. 生态学杂志, 26(12): 2062—2068
- 陈建中, 刘志礼, 李晓明等, 2010. 温度、pH 和氮、磷含量对铜绿微囊藻(*Microcystis aeruginosa*)生长的影响. 海洋与湖沼, 41(5): 714—718
- 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会, 2002. 水和废水监测分析方法. 第四版. 北京: 中国环境科学出版社, 243—280
- 胡春华, 璞培民, 2000. 太湖五里湖沉降通量及其有机质分解率研究. 海洋与湖沼, 31(3): 327—333
- 龚绍琦, 黄家柱, 李云梅等, 2008. 应用时间序列分析法对太湖叶绿素 *a* 含量的动态研究. 海洋与湖沼, 39(6): 590—598
- 舒金华, 1993. 我国主要湖泊富营养化程度的评价. 海洋与湖沼, 24(6): 616—620
- 蔡庆华, 1993. 武汉东湖富营养化的综合评价. 海洋与湖沼, 24(4): 335—339
- 蔡启铭, 1998. 太湖环境生态研究. 北京: 气象出版社, 1—5
- Guo L, 2007. Doing battle with the green monster of Taihu Lake. Science, 317(5842): 1166
- Latour D, Sabido O, Salencon M *et al*, 2004. Dynamics and metabolic activity of the benthic cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* in the Grangent reservoir (France). J Plankton Res, 26: 719—726
- Roberts R D, Zohary T, 1987. Temperature effects on photosynthetic capacity, respiration, and growth rates of bloom-forming cyanobacteria. New Zeal J Mar Fresh, 21: 391—399
- Yang M, Yu J W, Li Z L *et al*, 2008. Taihu Lake not to Blame for Wuxi's Woes. Science, 319(5860): 158

ANNUAL VARIATIONS OF BLUE ALGAE BIOMASS AND TN AND TP LEVELS AND THEIR CORRELATION AT DIFFERENT INLET AREAS OF SOUTH TAIHU LAKE

HAN Zhi-Ping¹, SHAO Chao-Gang¹, ZHANG Zhong-Shan¹, WANG Xiao-Mei¹,
XU Xin-Hua², TANG Ming³, YE Jin-Yun¹

(1. College of Life Sciences, Huzhou Teachers College, Huzhou, 313000; 2. College of Environmental and Sciences, Zhejiang University, Hangzhou, 310027; 3. Water Quality Monitoring Stations, Huzhou Water Supply Company, Huzhou, 313000)

Abstract Annual variations of blue algae biomass, TN and TP level at Xiaomei, Xintang and Daqian inlet areas of south Taihu Lake were determined and analyzed by statistical method. The correlation between the blue algae biomass and TN or TP was analyzed by SPSS 10.0 (SPSS inc., Chicago, U.S.). The results showed that: (1) the blue-green algae biomass at different inlet areas had two high-level outbreak periods, respectively was in the annual May-June and September-October; (2) the concentrations of TN and TP had reached eutrophic-level and the nutrition level of TN was gradually tending to higher eutrophic-level; (3) the correlation coefficient (“*r*” for short) between blue algae biomass and TN concentration was -0.010 — -0.210 from 2008 to 2009 which showed that it was no correlation, however, the “*r*” was -0.43 — -0.47 in 2010 which showed that it was low negative correlation in this year; (4) the “*r*” between blue algae biomass and TP concentration was 0.30 — 0.80 which showed that it was positive correlation. The frequency of TP concentration which was from 0.05 to 0.20 mg/L had reached 90%, it would reach 0.10 — 0.15 mg/L when it was under the high-level outbreak period of blue algae. According to all the results, it could conclude that the nitrogen and phosphorus nutrition in the south of Taihu Lake have been very higher than ever so that it could not be neglected by people. Blue algae biomass would increase when TN concentration decrease and vice versa. TP concentration in the south of Taihu Lake has become the related factor on the growth and reproduction of blue algae.

Key words South Taihu Lake, Blue-green algae biomass, TN, TP, Relation analysis