

太湖和滇池表层水体水质与水华 蓝藻生物物质生化性状的关系

杜 静, 钱玉婷, 徐跃定, 张建英, 常志州*

(江苏省农业科学院, 江苏省农业废弃物资源化工程技术研究中心, 江苏 南京 210014)

摘 要: 根据 2010 年 5~8 月对滇池海埂和太湖竺山湖监测点的逐月监测结果, 对同时期不同地域湖泊水体的污染状况进行比较研究, 并评估了表层水体水质与水华蓝藻生化性状指标之间的相关性。结果表明: 滇池水体的富营养化程度较太湖高, 从取样月份之间差异来看, 滇池表层水体水质指标均呈现先升高后降低再升高趋势, 以 6 月份为最高, 而太湖则呈逐月升高趋势。滇池蓝藻生物物质中凯式氮、全磷和总养分($N+P_2O_5+K_2O$)含量均与太湖相当, 但是滇池蓝藻 C/N 较太湖高, 且除 As、Cd 元素超标外, 各样品中其余重金属元素的含量均低于有机肥料行业标准(NY525-2011)。通过进一步的相关性分析表明, 无论滇池还是太湖水域, 其水华蓝藻中的 Pb 和 Cr 之间表现出明显的同源性; 此外, 表层水体 NH_4^+-N 水平可以作为水体富营养化程度的快速指示指标。

关键词: 太湖; 滇池; 水质指标; 水华蓝藻; 藻毒素; 相关性分析

中图分类号: X172 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-8227(2013)02-0212-07

近年来, 由于工业化、城市化、畜禽养殖业快速发展以及农田投入品过量使用, 导致水体趋于富营养化, 特别是导致了太湖和滇池中营养盐严重超标, 水体富营养化程度加重和蓝藻水华的大量发生, 对饮用水、工农业生产用水、渔业用水及观光业等造成不利影响^[1~6]。为此, 国家环保总局自“九五”期间将太湖和滇池确定为环境保护重点区域。

滇池流域具有亚热带高原季风气候特征, 多年平均年降雨量 1 000 mm 左右, 最多年份达 1 549.7 mm, 最少年份仅 562.7 mm。全年雨量分配不均, 干、湿季分明, 每年 11 月~次年 4 月为旱季, 雨量很少, 蒸发量却很大; 每年 5~10 月为雨季, 80%~90% 的雨量集中在这几个月。污水处理厂在雨季时, 往往形同虚设, 这样的气候特点助长了滇池的污染^[7~9]。而太湖流域也有类似特点, 同属亚热带季风气候区, 特别是夏季受海洋气团的控制, 盛行东南风, 气候炎热湿润, 多年平均气温 15~17℃, 其中 7 月份平均气温最高, 达 27.4℃~28.6℃, 流域内多年平均水面蒸发量为 750~900 mm, 呈明显季节性特征, 夏季蒸发量可达冬季的 3~4 倍^[10]。因此, 类似的气候特点导致每年的 5~8 月成为了滇池和太

湖水华蓝藻的多发季节。

国内外对湖泊水体富营养化的发生机理和控制原理都做了大量的研究探索, 其中对于沉积物中重金属及营养盐形态变化特征研究较多^[11~22], 而近年来对湖泊富营养化模拟的研究趋势明显, 包括水体、底泥间的 N、P 营养盐的迁移、交换; 底泥 N、P 释放和沉积的关系研究; 营养状态与湖中动、植物之间的关系; 湖泊富营养化治理的生物技术研究等^[23]。陈宇炜等^[24]以长序列资料为基础, 运用多元逐步回归统计方法, 分析了环境因子与藻类生物量的关系, 预测了藻类生物量的变化; 许梅等^[25]分析太湖入湖河道水体氮磷等指标的年变化、各水质指标及其与降雨量、温度等生态因子的相关性; 张晓晴等运用聚类分析和自相关分析方法, 针对总无机磷、总无机氮、水温等环境理化因素与叶绿素 a 进行时空序列分析, 初步归纳了当前太湖水质指标变化的空间特点、时间周期性及其与蓝藻水华暴发的关系。池俏俏等^[26]则认为, 了解水体悬浮物颗粒污染的环境行为能更好地认识水体生态系统中各污染因子的环境效应。因此, 本文旨在通过对逐月定时采集的太湖和滇池表层水体水质指标及水华蓝藻生物物质

收稿日期: 2012-04-17; 修回日期: 2012-06-20

基金项目: 国家科技支撑计划(2009BAC63B02)

作者简介: 杜 静(1982~), 男, 四川省眉山人, 助理研究员, 研究方向为农业固体废弃物资源化。E-mail: dj1982111@126.com

* 通讯作者 E-mail: czhizhou@hotmail.com

化性状指标分析,对同时期不同地域湖泊水体的污染状况进行比较研究,并评估各水质污染指标间的相关性,从而为进行太湖和滇池富营养化模拟研究提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 样品采集与分析

2010年5~8月采用自制的水样采集器(内径10 cm,高度 $H=30$ cm)于太湖竺山湖监测点(N31°27.125',E120°408')和滇池海埂监测点(N24°54.326',E100°24.536')采集表层水样品,采集水深恰好等于采集器高度(30 cm),由于各取样点均处于延伸入湖泊内的堤岸附近,故分别采集了迎风面和背风面各5个样品,各采样点每次均采集3个平行样,装入大桶中混匀后作为每月的混合样品。所采集的水样装入1 000 mL聚乙烯瓶后,放入敷有冰袋的保温箱中低温避光保存,水样带回实验室后立即分析。

1.2 理化指标分析

水质指标分析,包括悬浮物(Suspended Solids, SS)、化学需氧量(Chemical Oxygen Demand, COD)、总氮(Total Nitrogen, TN)、总磷(Total Phosphorus, TP)、氨氮(Ammonia Nitrogen, NH_4^+-N)、硝氮(Nitrate Nitrogen, NO_3^--N),测定方法参照文献[27]。

水华蓝藻生物物质理化性状分析:取部分水样在5 000 r/min条件下离心10 min,其固体部分代表水体悬浮物,经冷冻干燥,一部分用于测定有机碳、凯式氮、全磷、全钾(参考文献[28])及藻毒素(ML-RR和ML-CR),另一部分采用玛瑙研钵研细后过200目,采用Leeman Labs Profile电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP-AES)测定Hg、Cd、Pb、Cr、Cu等5种重金属和As元素的含量。藻毒素(ML-RR和ML-CR)的测定方法如下:称取1.0 g新鲜样品,用10 ml 80%甲醇后超声破碎1 h,12 000 r/min,4℃下离心12 min,取上清液;将上清液放于旋转蒸发仪中蒸干去甲醇,调节pH 2~4并离心去除杂质蛋白,过0.22 μm 滤膜,4 mol/L的NaOH调节pH至7.0;采用121℃高温灭菌15 min,用蒸馏水定容至5 mL;然后将藻毒素粗提液过Sep-Pak C18柱,用LC/MS法测定MC-LR和MC-RR的含量(液质联用仪为液相HP1200,质谱6410, Triple Quad, LC/MS液质条件参考 Cong 等

的方法^[29])。

1.3 数据处理

采用统计软件SPSS13.0进行相关性分析,Origin 8.0绘图软件进行作图。

2 试验结果

2.1 滇池和太湖表层水体水质状况比较

2.1.1 悬浮物浓度(SS)、叶绿素a含量变化

滇池和太湖表层水体SS的变化情况见图1(a)所示。滇池表层水体SS处于4.00~15.95 g/L,明显高于太湖(2.58~8.38 g/L),从变化趋势来看,滇池表现为明显的先升高后降低再升高的波动变化,而太湖则呈现逐渐升高趋势。

滇池和太湖表层水体叶绿素a的变化情况见图1(b)所示。叶绿素a的变化趋势与SS类似,并且从叶绿素a含量来看,滇池表层水体叶绿素a含量在6月份为最高,达1.81 mg/L,而太湖同期仅0.04 mg/L。

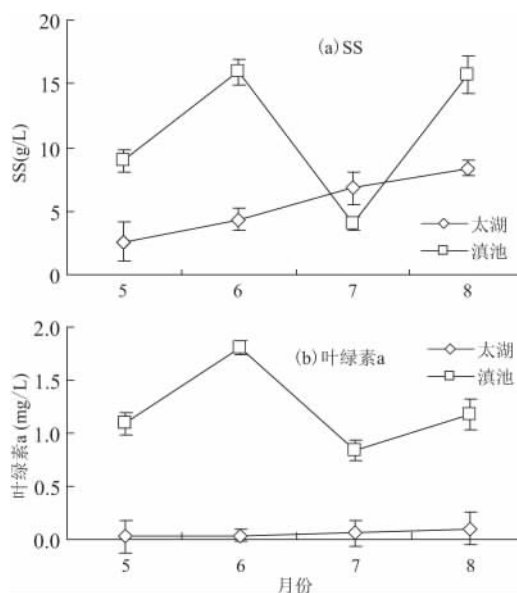


图1 滇池和太湖表层水体SS(a)和叶绿素a(b)变化

Fig. 1 Suspended Substance (a) and Chlorophyll a (b) Concentration of the Surface Water in the Dianchi and the Taihu Lake

2.1.2 TN、TP、 NH_4^+-N 和 NO_3^--N 含量变化

图2所示为滇池和太湖表层水体TN、TP、 NH_4^+-N 和 NO_3^--N 含量变化。从分析结果可以看出,太湖表层水体TN、TP含量呈现逐渐增加趋势,至8月份取样时分别达到3.56、0.34 mg/L,而滇池的TN、TP含量趋势与图1中SS的变化趋势类似,6月份时为最高,达7.84、0.85 mg/L,为同期太湖水

样的 4.4 和 4.8 倍。从图 2(c)、(d) 中 NH_4^+-N 和 NO_3^--N 变化趋势可以看出,与滇池和太湖表层水体中 TN、TP 变化趋势类似,从含量上分析来看,无论滇池还是太湖,其表层水体中 NH_4^+-N 的含量均明显高于 NO_3^--N 。

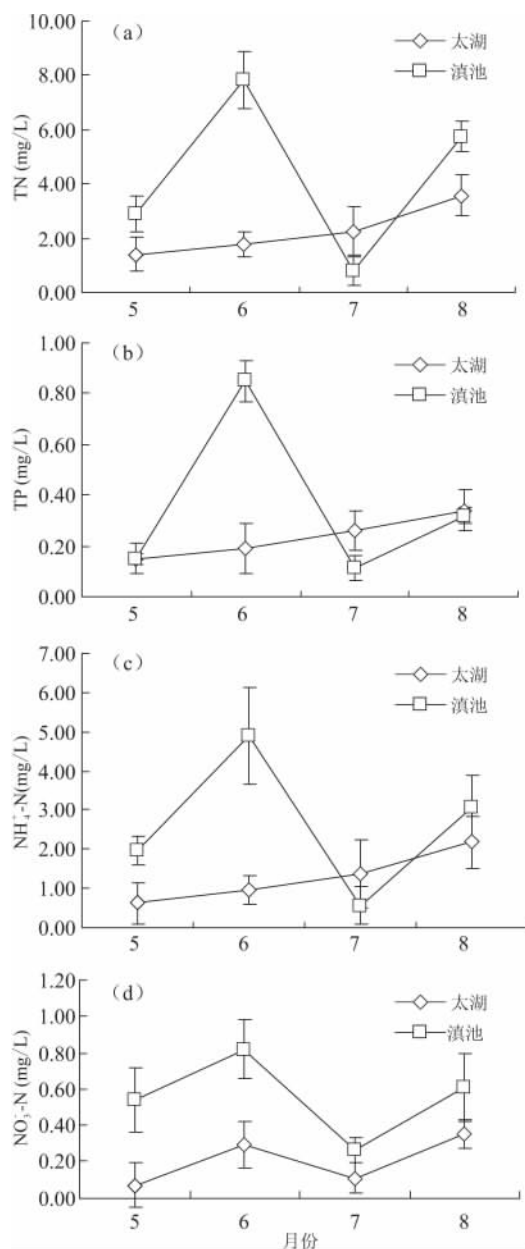


图 2 滇池和太湖表层水体 TN、TP、 NH_4^+-N 、 NO_3^--N 含量的变化

Fig. 2 Total Nitrogen, Total Phosphorus, Ammonium Nitrogen and Nitrate Nitrogen Concentration of Surface Water in Dianchi and Taihu Lake

2.2 滇池和太湖水华蓝藻生物物质生化性状比较研究

2.2.1 水华蓝藻生物物质的养分含量比较

滇池和太湖水华蓝藻养分含量比较见表 1。从

表 1 可以看出,滇池蓝藻有机碳含量处于 407.9~621.5 g/kg,较太湖蓝藻高(289.4~432.6 g/kg),从养分含量(N、P、K)来看,除滇池蓝藻全钾含量明显高于太湖外,凯式氮和全磷含量与太湖蓝藻相当,并且总养分($\text{N}+\text{P}_2\text{O}_5+\text{K}_2\text{O}$)含量也与之相当。从各取样月份间差异来看,滇池蓝藻以 7 月份的养分含量低,而太湖水域 5~8 月份,蓝藻养分含量呈先增加后稳定的趋势。此外,从表 1 可以看出,滇池蓝藻的 C/N 较太湖高,这可能影响到蓝藻后续的安全化处理或资源化利用。

2.2.2 水华蓝藻生物物质中重金属(Hg、Cd、Pb、Cr、Cu)及 As 含量变化

滇池和太湖水华蓝藻生物物质中重金属及 As 含量变化如表 2 所示。从分析结果可以看出,太湖蓝藻中除 As、Hg 和 Cr 的含量与滇池相当外,其余元素(包括 Pb、Cd 和 Cu)均表现出明显高于滇池的趋势,其中太湖蓝藻中 Pb 和 Cr 的含量与池稍稍等^[26]测定结果相当(分别为 56~66、109~533 mg/kg)。监测结果也显示,除 As、Cd 元素超标外,各样品中其余重金属元素的含量均低于有机肥料行业标准(NY525-2011)。

从逐月监测结果的变化趋势来看,滇池蓝藻中各金属元素的变化趋势与图 1、图 2 中水质变化相一致(先升高后降低再升高),而太湖监测点则不同,除 Hg 元素外,其余元素均表现为 7 月份最高,5 月份最低。

2.2.3 滇池和太湖水华蓝藻生物物质中藻毒素(MC-LR、MC-RR)浓度变化

如图 3 所示为滇池和太湖水华蓝藻生物物质中藻毒素(MC-LR、MC-RR)浓度变化。从分析结果可以看出,太湖蓝藻 MC-LR 和 MC-RR 含量随月份取样的变化趋势不大,分别处于 1 316~1 557、341~1 018 mg/kg,而滇池蓝藻则不同,MC-LR 和 MC-RR 含量表现为明显的先升高后降低再升高趋势,其中 MC-LR 含量以 6 月份为最高(9 624 mg/kg),8 月份次之,7 月份最低(1 883 mg/kg)。与太湖蓝藻相比,滇池蓝藻中藻毒素 MC-RR 含量与之相当,但其藻毒素 MC-LR 则远远高于太湖蓝藻,特别在 6 月份时,滇池蓝藻藻毒素 MC-LR 含量为同时期太湖蓝藻的 6.8 倍。

2.3 滇池和太湖表层水体 SS 与水华蓝藻中重金属含量间的相关关系

表层水体 SS 与水华蓝藻中重金属含量的相关关系见表 3。从表 3 可以看出,滇池表层水体悬浮物

表 1 滇池和太湖水华蓝藻生物物质养分含量比较

Tab. 1 Comparative of Nutrient Content of Cyanobacteria Biomass in Dianchi and Taihu Lake

取样点	取样月份	有机碳 (g/kg)	凯式氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)	N+P ₂ O ₅ +K ₂ O (%)	C/N
滇池	5	407.9	66.10	5.32	18.77	10.1	6.2
	6	621.5	74.24	11.05	5.21	10.6	8.4
	7	445.6	52.58	4.56	15.52	8.2	8.5
	8	513.4	78.54	6.64	17.25	11.5	6.5
太湖	5	289.4	58.16	6.04	8.02	8.2	5.0
	6	300.7	69.23	12.38	6.19	10.5	4.3
	7	363.8	74.92	9.88	7.60	10.7	4.9
	8	432.6	68.90	10.50	9.48	10.4	6.3

表 2 滇池和太湖水华蓝藻生物物质中重金属及 As 含量变化(mg/kg)

Tab. 2 Content of the Heavy Metal and Arsenic Elements of Cyanobacteria Biomass in Dianchi and Taihu Lake

分析指标	滇池				太湖			
	5 月	6 月	7 月	8 月	5 月	6 月	7 月	8 月
As	ND	51	ND	62	ND	72	78	65
Hg	0.12	0.35	0.086	0.28	0.085	0.15	0.026	0.098
Pb	15	34	11	26	32	55	75	62
Cd	0.37	0.86	0.12	1.03	1.26	3.15	4.82	3.57
Cr	568	760	492	620	118	307	513	423
Cu	48	75	27	66	68	152	341	226

注:ND 表示未检出,As 检测限为 50 mg/kg.

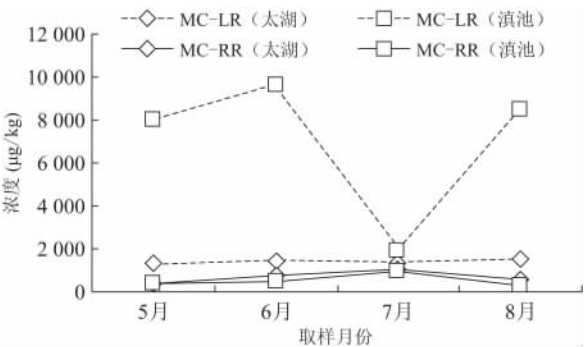


图 3 滇池和太湖水华蓝藻中藻毒素 (MC-LR、MC-RR) 浓度变化

Fig. 3 Content of Algal Toxins (MC-LR、MC-RR) of Cyanobacteria Biomass in Dianchi and Taihu Lake

含量与 Cd、Cu 之间显著相关,太湖监测点则与各

表 3 表层水体悬浮物与蓝藻中重金属含量间的相关关系

Tab. 3 Correlation Between Suspended Substance Concentration of Overlying Water and Heavy Metals of Cyanobacteria

分析指标	滇池					太湖				
	SS	Hg	Pb	Cd	Cr	SS	Hg	Pb	Cd	Cr
Hg	0.949					-0.290				
Pb	0.938	0.995**				0.815	-0.402			
Cd	0.977*	0.915	0.883			0.782	-0.417	0.998**		
Cr	0.872	0.936	0.967*	0.765		0.875	-0.433	0.992**	0.985*	
Cu	0.986*	0.953*	0.959*	0.928	0.933	0.783	-0.624	0.967*	0.969*	0.970*

注:* 表示显著相关 ($p<0.05$), ** 表示极显著相关 ($p<0.01$), 由于 As 检测结果有 ND 出现,数据偏少,故研究相关关系时将其舍去.

重金属均无相关性。从各水域水华蓝藻中重金属含量之间的相关性分析来看,滇池水华蓝藻中 Pb 元素与 Cr、Cu 显著正相关,与 Hg 极显著正相关,而太湖中 Pb、Cd、Cr 元素两两之间显著正相关,且 Pb 元素与 Cd、Cr 表现为极显著相关。

3.2 滇池和太湖表层水体水质与水华蓝藻生物物质生化性状的相关关系

从表 4 可以看出,滇池水华蓝藻中全磷含量与水体中 TP 含量呈现极显著相关,且与水体 NH_4^+-N 显著相关;而太湖水体 NH_4^+-N 与 TN、TP 均呈现极显著相关。此外,无论滇池蓝藻还是太湖蓝藻,其总养分($\text{N}+\text{P}_2\text{O}_5+\text{K}_2\text{O}$)和其凯式氮含量之间表现为显著相关,这与蓝藻所含植物养分中凯式氮所占比例有关。

表 4 表层水体各污染指标含量间的相关关系

Tab. 4 Correlation Between Water Quality Indexes of Surface Water

取样 水域	分析指标	TN	TP	NH_4^+-N	NO_3^--N	MC-LR	MC-RR	有机碳	凯式氮	全磷	全钾	$\text{N}+\text{P}_2\text{O}_5+\text{K}_2\text{O}$
滇池	TP	0.898										
	NH_4^+-N	0.988*	0.936									
	NO_3^--N	0.962*	0.865	0.980*								
	MC-LR	0.864	0.648	0.866	0.942							
	MC-RR	-0.412	-0.021	-0.367	-0.516	-0.771						
	有机碳	0.883	0.959*	0.884	0.775	0.539	0.059					
	凯式氮	0.884	0.59	0.826	0.86	0.915	-0.751	0.595				
	全磷	0.916	0.988**	0.954*	0.894	0.692	-0.079	0.948	0.626			
	全钾	-0.675	-0.928	-0.739	-0.628	-0.335	-0.342	-0.896	-0.252	-0.907		
	$\text{N}+\text{P}_2\text{O}_5+\text{K}_2\text{O}$	0.806	0.466	0.74	0.797	0.902	-0.836	0.467	0.988*	0.508	-0.107	
	C/N	0.08	0.404	0.061	-0.108	-0.433	0.906	0.467	-0.429	0.349	-0.703	-0.559
太湖	TP	0.979*										
	NH_4^+-N	0.996**	0.993**									
	NO_3^--N	0.696	0.602	0.67								
	MC-LR	0.758	0.61	0.696	0.826							
	MC-RR	0.091	0.265	0.181	0.016	-0.458						
	有机碳	0.979*	0.992**	0.987*	0.544	0.629	0.169					
	凯式氮	0.457	0.598	0.534	0.317	-0.101	0.926	0.501				
	全磷	0.394	0.419	0.427	0.756	0.262	0.616	0.3	0.739			
	全钾	0.718	0.664	0.682	0.174	0.62	-0.428	0.755	-0.141	-0.353		
	$\text{N}+\text{P}_2\text{O}_5+\text{K}_2\text{O}$	0.554	0.647	0.613	0.579	0.136	0.815	0.544	0.954*	0.894	-0.139	
	C/N	0.851	0.785	0.815	0.403	0.764	-0.357	0.853	-0.016	-0.127	0.970*	0.042

注: * 表示显著相关 ($p < 0.05$), ** 表示极显著相关 ($p < 0.01$).

3 讨论与结论

滇池水体叶绿素 a 含量表现为先升高后降低再升高的趋势,而太湖则呈现逐渐升高趋势,从叶绿素 a 含量来看,滇池表层水体叶绿素 a 含量在 6 月份为最高,达 1.81 mg/L,而太湖同期仅 0.04 mg/L,由此说明监测期间滇池富营养化程度明显高于太湖。值得一提的是,由于水体环境各种因素影响导致滇池和太湖蓝藻优势种类有差异,而不同的蓝藻优势种群中叶绿素 a 含量差异较大也可能导致表层水体叶绿素 a 的差异变化。

从 NH_4^+-N 和 NO_3^--N 变化趋势可以看出,无论滇池还是太湖,其表层水体中 NH_4^+-N 的含量均明显高于 NO_3^--N ,这可能与水温升高过程中大量的底部沉积物上浮释放所致,也可能是有机物在厌氧微生物作用下代谢产生,此外,当蓝藻大量繁殖时,水中溶解氧急剧下降,水中硝酸盐被还原的趋势增大,从而也容易引起水体中 NH_4^+-N 浓度的升高。

水华蓝藻生物质的养分分析表明,除滇池蓝藻全钾含量明显高于太湖外,其凯式氮、全磷和总养分 ($\text{N}+\text{P}_2\text{O}_5+\text{K}_2\text{O}$) 含量均与之相当,并且滇池蓝藻

的 C/N 较太湖高,故进行蓝藻后续的无害化处理或资源化利用研究时需考虑此因素。

蓝藻中重金属和 As 元素分析表明,除 As、Cd 元素超标外,各样品中其余重金属元素的含量均低于有机肥料行业标准 (NY525-2011)。对水华蓝藻中重金属含量的相关关系分析表明,滇池水华蓝藻中 Pb 元素与 Cr、Cu 显著正相关,与 Hg 极显著正相关,而太湖中 Pb、Cd、Cr 元素两两之间显著正相关,且 Pb 元素与 Cd、Cr 表现为极显著相关,说明无论滇池还是太湖水域,其水华蓝藻中的 Pb 和 Cr 之间表现出明显的同源性。

张晓晴等^[30]的研究表明,太湖水体叶绿素 a 含量与总无机氮、铵态氮和水温呈显著相关关系,月平均指标显示水华暴发期集中在 4~10 月份,而从本文表 4 中可以看出,滇池水华蓝藻中全磷含量与水体中 TP 含量呈现极显著相关,且与水体 NH_4^+-N 显著相关;而太湖水体 NH_4^+-N 与 TN、TP 均呈现极显著相关,可能表明表层水体 NH_4^+-N 水平可以作为水体富营养化程度的快速指示指标;此外,分析水体中不同氮素形态的关系可知,滇池水体 NH_4^+-N 与 TN、 NO_3^--N 表现出显著相关,这与刘辉宇等^[1]的研究结果不一致,原因有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 刘辉宇,宋立荣,万 能,等.滇池水体叶绿素 a 与相关环境因子的多元分析[J]. 江汉大学学报(自然科学版),2007,35(4): 87-90.
- [2] LUO L C, QIN B Q, SONG Y Z, et al. Seasonal and regional variations in precipitation chemistry in the Lake Taihu Basin, China[J]. Atmospheric Environment, 2007, 41: 2674-2679.
- [3] ROSE N L, BOYLE J F, DU Y, et al. Sedimentary evidence for changes in the pollution status of Taihu in the Jiangsu region of eastern China[J]. Journal of Paleolimnology, 2004, 32(1): 41-51.
- [4] JIN X C, WANG S R, PANG Y, et al. Phosphorus fractions and the effect of pH on the phosphorus release of the sediments from different trophic areas in Taihu Lake, China[J]. Environmental Pollution, 2006, 139: 288-295.
- [5] 邓建才,陈 桥,翟水晶,等.太湖水体中氮、磷空间分布特征及环境效应[J]. 环境科学, 2008, 29(12): 3382-3386.
- [6] 秦伯强,胡维平,陈伟民.太湖水环境演化的过程与机理[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [7] 张克映.昆明滇池对其周围地区温度的贡献及其特征[J]. 地理研究, 1986, 3(2): 22-38.
- [8] 王 冰,刘定存.滇池对昆明地区降水分布的影响[J]. 云南大学学报(自然科学版), 1989(2): 169-174.
- [9] 吕云波,周东风,龚 震.滇池风场的基本特征分析[J]. 云南环境科学, 2003(1): 1-5.
- [10] 崔广柏,陈 星,余钟波.太湖流域富营养化控制机理研究[J]. 中国科技论文在线, 2007, 2(6): 424-429.
- [11] 袁旭音,陈 骏,季峻峰,等.太湖沉积物和湖岸土壤的污染元素特征及环境变化效应[J]. 沉积学报, 2002, 20(3): 427-434.
- [12] 刘恩峰,沈 吉,朱育新,等.太湖表层沉积物重金属元素的来源分析[J]. 湖泊科学, 2004, 16(2): 113-119.
- [13] 闫海涛,朱育新,胡守云,等.西苕溪流域重金属污染磁学研究及多元分析[J]. 中国环境科学, 2004, 24(4): 385-389.
- [14] 王 海,王春霞,王子健.太湖表层沉积物中重金属的形态分析[J]. 环境化学, 2002, 21(5): 430-435.
- [15] 王小庆,郑乐平,孙为民.淀山湖沉积物孔隙水中重金属元素分布特征[J]. 中国环境科学, 2004, 24(4): 400-404.
- [16] 范成新,朱育新,吉志军,等.太湖宜溧河水系沉积物的重金属污染特征[J]. 湖泊科学, 2002, 14(3): 235-241.
- [17] 张于平,瞿文川.太湖沉积物中重金属的测定及环境意义[J]. 岩矿测试, 2001, 20(1): 34-36.
- [18] 戴秀丽,孙 成.太湖沉积物中重金属污染状况及分布特征探讨[J]. 上海环境科学, 2001, 20(2): 71-74.
- [19] 高 丽,杨 浩,周健民,等.滇池沉积物磷内负荷及其对水体贡献的研究[J]. 环境科学学报, 2004, 24(5): 776-781.
- [20] 陈云增,杨 浩,张振克,等.滇池沉积物金属污染及环境质量评价[J]. 湖泊科学, 2008, 20(4): 492-499.
- [21] 陈永川,汤 利,张德刚,等.滇池沉积物总磷的时空分布特征研究[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(1): 51-57.
- [22] 卢少勇,焦 伟,金相灿,等.滇池内湖滨带沉积物中重金属形态分析[J]. 中国环境科学, 2010, 30(4): 487-492.
- [23] 秦伯强.长江中下游浅水湖泊富营养化发生机制与控制途径初探[J]. 湖泊科学, 2002, 14(3): 193-202.
- [24] 陈宇炜,高锡云.西太湖北部微囊藻时空分布及其与光温等环境因子关系的研究[M]//蔡启铭.太湖环境生态研究(一). 北京:气象出版社,1998: 268-280.
- [25] 陈宇炜,秦伯强,高锡云.太湖梅梁湾藻类及相关环境因子逐步回归统计和蓝藻水华的初步预测[J]. 湖泊科学, 2001, 13(1): 64-71.
- [26] 池俏俏,朱广伟.太湖梅梁湾水体悬浮颗粒物中重金属的含量[J]. 环境化学, 2005, 24(5): 582-585.
- [27] 国家环境保护总局水和废水监测分析方法编委会.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.
- [28] 鲍士旦.土壤农化分析[M]. 第三版. 北京:中国农业出版社, 2000.
- [29] CONG L M, HUANG B F, CHEN Q, et al. Determination of trace amount of microcystins in water samples using liquid chromatography coupled with triple quadrupole mass spectrometry[J]. Analytica Chimica Acta, 2006, 569: 157-168.
- [30] 张晓晴,陈求稳.太湖水质时空特性及其与蓝藻水华的关系[J]. 湖泊科学, 2011, 23(1): 339-347.

RELATIONSHIP BETWEEN WATER QUALITY OF SURFACE WATER AND BIOCHEMICAL CHARACTERS OF CYANOBACTERIAL BIOMASS IN THE TAIHU LAKE AND THE DIANCHI LAKE

DU Jing, QIAN Yu-ting, XU Yue-ding, ZHANG Jian-ying, CHANG Zhi-zhou

(Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Jiangsu Agricultural Waste Treatment and Recycle Engineering

Research Center, Nanjing 210014, China)

Abstract: Based to the monthly monitoring data of monitoring points in the Dianchi lake and the Taihu lake, analysis of pollutions with lake water at the same time in different geographical situation was comparatively studied, and the correlation between water quality of surface water and biochemical characters of cyanobacterial biomass was assessed. The results revealed that the degree of eutrophication in the Dianchi Lake was higher than that of the Taihu Lake during monitoring. Water quality index in the Dianchi lake showed increase-reduce-increase, and was highest in June. While the water quality index in the Taihu lake showed a rising trend monthly. The content of kjeldahl nitrogen, total phosphorous and the total nutrients ($N + P_2O_5 + K_2O$) of the Dianchi Lake cyanobacteria biomass was same as the Taihu Lake, but the C/N was higher than the Taihu Lake. The content of the heavy metal elements in the various samples levels were lower than the organic fertilizer industry standards (NY525-2011) except for As and Cd. Correlation analysis showed that lead and chromium of cyanobacteria biomass had significant homology. In addition, the content of ammonium nitrogen in surface water could be used as the extent indicator of eutrophication.

Key words: the Taihu Lake; the Dianchi Lake; water quality index; cyanobacteria biomass; correlation analysis