

黄鸾玉,黎小正,胡湛波,等. 黔江水体氮、磷基本特征及其与叶绿素 a 的相关性分析[J]. 江苏农业科学,2013,41(8):337-339.

# 黔江水体氮、磷基本特征及其与叶绿素 a 的相关性分析

黄鸾玉<sup>1,2</sup>, 黎小正<sup>2</sup>, 胡湛波<sup>1</sup>, 吴祥庆<sup>2</sup>, 吴明媛<sup>2</sup>, 兰柳春<sup>2</sup>

(1. 广西大学环境学院,广西南宁 530004; 2. 广西渔业病害防治监督检验测试中心,广西南宁 530021)

**摘要:**基于黔江武宣、桂平河段 2005—2011 年水质监测资料,分析氮、磷浓度时空分布、变化趋势及其与叶绿素 a 的关系,建立回归方程。结果表明,各监测点浓度不存在明显的空间差异,叶绿素 a 含量与总氮浓度呈现一定的正相关性,与总磷浓度呈不显著的负相关性。总磷、总氮污染指数分别为 0.2~0.6、0.9~2.7,总磷/总氮(TN/TP)为 14.1~60.7。总磷未造成污染,是限制性营养因子,总氮最大超标倍数为 3.5。在治理黔江污染时,应优先控制氮元素,防止出现黑臭现象和鱼类中毒死亡现象。

**关键词:**总氮;总磷;叶绿素 a;变化趋势;相关性;黔江

**中图分类号:**X824 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2013)08-0337-03

黔江是西江水系中游的一段干流,始于广西象州县的三江口,流经武宣县,在桂平三角咀与郁江汇合。黔江流域分布有鱼类天然产卵场、洄游通道等渔业功能区,根据地表水水域环境功能和保护目标分类,适用Ⅱ类、Ⅲ类水域功能。黔江流域全年光照充足,无霜期长,春夏季雨量充沛,秋冬季干燥,昼夜温差大,有利于甘蔗生长及糖分转化积累,适宜种植甘蔗,因地制宜发展制糖业。近年,广西壮族自治区加大了对黔江的开发利用程度,沿江兴建多家糖厂、造纸厂。工农业的发展势必导致大量营养物质输入,使水体向富营养化状态演变,富营养化水体浮游植物大量繁殖。叶绿素 a 是浮游植物体内的主要色素,与浮游植物生物量相对应。影响叶绿素 a 含量的因素是多方面的,其中营养盐(氮、磷)被认为是关键的影响因素<sup>[1]</sup>。

我国湖泊、水库、河流众多,分布广泛,不同区域水体的物理、化学、生物学特性各异,致使营养物含量、富营养化效应成因复杂,差异显著。目前,国内外学者偏重于对湖泊、水库、海湾富营养化问题的研究<sup>[2-5]</sup>,对河流富营养化问题研究较少,而氮、磷营养盐浓度上升同样会导致河流水体富营养化风险增高;黔江水体营养盐时空分布、变化趋势与叶绿素 a 含量的关系尚未见报道。本研究以 2005—2011 年黔江水质长期监测数据为基础,分析总氮(total nitrogen, TN)、总磷(total phosphorus, TP)的基本特征及其与叶绿素 a 含量的关系,研究黔江富营养化趋势,为如何对该流域进行合理开发、生态治理和保护水生生物多样性提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 TN、TP 和叶绿素 a 监测点位设置

根据黔江水体的地理位置和实际监测需要,按照《中国

环境保护标准汇编(水质分析方法)》中的要求进行布点,在武宣河段设置 4 个监测点,在桂平河段设置 5 个监测点(图 1),这些监测点位基本能够反映整个黔江的水质状况。

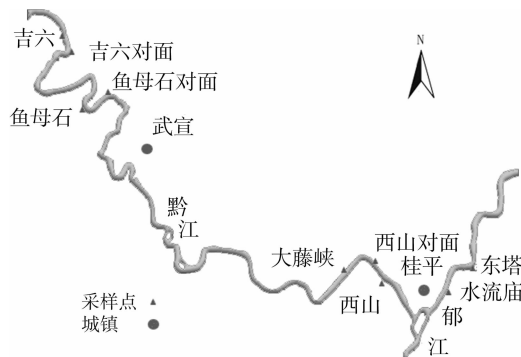


图1 监测点位分布

### 1.2 样品的采集

样品采集、运输和保存方法按照 GB/T 12998—1991《水质采样技术指导》(2009 年 11 月后按照 HJ494—2009《水质采样技术指导》)和 GB/T 12999—1991《水质采样样品的保存和管理技术规定》(2009 年 11 月后按照 HJ493—2009《水质采样样品的保存和管理技术规定》)的有关要求进行<sup>[6]</sup>。

### 1.3 实验室分析方法

水质指标的分析方法参照《水和废水监测分析方法》。分别采用标准曲线、平行样、质控样、加标回收等对整个检测过程进行质量控制,确保检测结果能满足监测工作的要求。

### 1.4 评价方法

采用单因子指数法进行评定:

$$P = C_i / S_i$$

式中: $P$  为水体中污染物  $i$  的单项污染指数; $C_i$  为水体中污染物  $i$  的实测统计代表值(mg/L); $S_i$  为污染物  $i$  的评价标准限值(mg/L)。当  $P \leq 1.0$  时,水体未受到该因子污染,而  $P > 1.0$  表明水体受到该因子污染。

## 2 结果与分析

### 2.1 叶绿素 a 含量和 TN、TP 浓度分布特点

利用直方图分别对 TN、TP 浓度和叶绿素 a 含量进行数

收稿日期:2012-11-16

基金项目:农业部渔业种质资源保护项目(编号:农渔环监发[2005]4号)。

作者简介:黄鸾玉(1983—),女,广西来宾人,硕士研究生,工程师,主要从事渔业生态环境保护及水产品质检技术研究工作。E-mail: huangluanyu@163.com。

通信作者:胡湛波,博士,教授。E-mail: hzb2005@126.com。

据分组,统计分组浓度,计算各浓度出现的频率,绘制各因子浓度分布图(图2)。

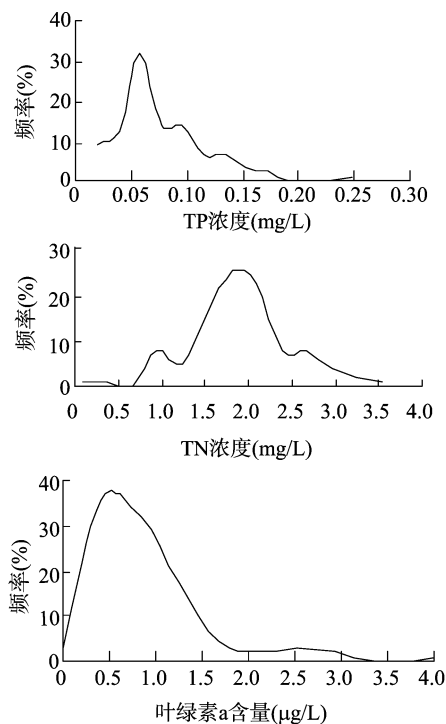


图2 TN、TP浓度及叶绿素a含量分布

图2表明,TN浓度集中分布在0.949~2.671 mg/L之间,偶尔出现Ⅴ类水质;TP浓度主要介于0.039~0.115 mg/L之间,基本符合地表水Ⅱ类水质标准;叶绿素a含量集中分布在0.420 2~1.680 8 μg/L之间。根据Ⅲ类水质标准限值计算,TP污染指数为0.2~0.6,说明该流域未受TP污染;TN污染指数集中在0.9~2.7,最大超标倍数达到3.5,说明该水域TN污染较严重。因GB 3838—2002《地表水环境质量标准》没有设定叶绿素a含量标准限值,本研究参考文献[6],将水体叶绿素a含量(Chl-a)与对应的富营养化程度划分为6个级别,贫营养( $\text{Chl-a} \leq 1 \mu\text{g/L}$ )、贫中营养( $1 \mu\text{g/L} < \text{Chl-a} \leq 2 \mu\text{g/L}$ )、中营养( $2 \mu\text{g/L} < \text{Chl-a} \leq 4 \mu\text{g/L}$ )、中富营养( $4 \mu\text{g/L} < \text{Chl-a} \leq 10 \mu\text{g/L}$ )、富营养( $10 \mu\text{g/L} < \text{Chl-a} \leq 65 \mu\text{g/L}$ )、重富营养( $65 \mu\text{g/L} < \text{Chl-a} \leq 160 \mu\text{g/L}$ )。可见该水域处于贫营养和贫中营养状态。为消除黔江水体富营养化趋势,保护渔业环境及珍贵水生生物,仍必须对不符合Ⅱ类、Ⅲ类水质标准的TN进行治理。

## 2.2 黔江不同监测河段TN、TP和叶绿素a变化趋势

图3中S1~S12分别为2005—2010年枯水期、丰水期,S13为2011年枯水期。2个河段TN浓度变化趋势有一定的相似性,桂平河段2009年(S9~S10)上升较大,2010年下半年(S12)有所下降,后又呈上升状态,武宣河段2009—2011年(S9~S13)持续升高,上升趋势明显。TP基本维持较低浓度,总体呈下降趋势。叶绿素a含量2006年(S3~S4)有小幅上升,2007年(S5~S6)下降,到2009年(S9~S10)突增,2010年(S11)以后又控制在1.0 μg/L左右。有学者研究认为,水体中TN、TP维持在合适的比例才有利于浮游植物生长繁殖<sup>[7-9]</sup>。TN/TP>7时,TP是可能的限制性营养盐<sup>[10]</sup>。经

计算得出黔江2005—2011年TN/TP为14.1~60.7,属磷限制性水域。2009年叶绿素a含量突增,是因为TN浓度较高,营养物质充足,藻类增长;2010年后下降,可能是由于2010年TP比2009年低,N/P过高,受P的限制,藻类不会简单地只随单一营养盐浓度增加而增殖,因此叶绿素a含量也不会一直上升。降低水体磷的含量是抑制黔江藻类大量繁殖的有效手段。图3不同监测点的浓度差别不大,表明黔江基本不存在局部营养盐污染,整条河流水质较均匀。

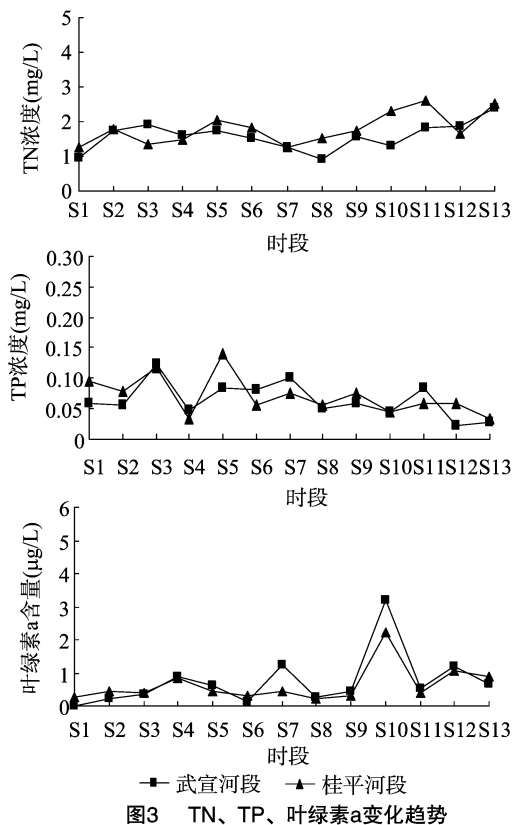


图3 TN、TP、叶绿素a变化趋势

## 2.3 叶绿素a含量和TN、TP浓度相关性分析

以TN浓度、TP浓度为自变量,叶绿素a含量为因变量,分别作散点图,进行线性拟合,分析TN浓度、TP浓度与叶绿素a含量的相关性。从监测结果(图4)分析,2个河段叶绿素a含量与TN、TP浓度相关性类似,直线斜率、截距差别不大。叶绿素a随TN浓度升降而升降,但增加的幅度较小,呈现一定的正相关性,回归方程分别为 $y = 0.2825x + 0.0778$ (武宣河段)、 $y = 0.1157x + 0.3126$ (桂平河段)。由此可见,在一定浓度范围内,TN浓度决定了藻类生物量的高低。磷元素是藻类细胞生长的必需元素,黔江TP浓度较低,N/P较高,TP抑制了藻类生长。因此,叶绿素a随TP升高(降低)而降低(升高),呈现不显著的负相关性,回归方程分别为 $y = -5.1399x + 0.9212$ (武宣河段)、 $y = -2.0994x + 0.6841$ (桂平河段)。TP浓度很低时,点据较为分散,拟合效果不是很好,说明低浓度TP对叶绿素a的作用不显著。

## 2.4 TN浓度偏高原因分析及治理措施

农业生产是引起水体富营养化的主要因素<sup>[11-14]</sup>。黔江流域拥有丰富的农作物资源、林业资源、果树资源、畜禽资源,是广西主要的粮食产区;由于农业生产仍以粗放型经营为主,

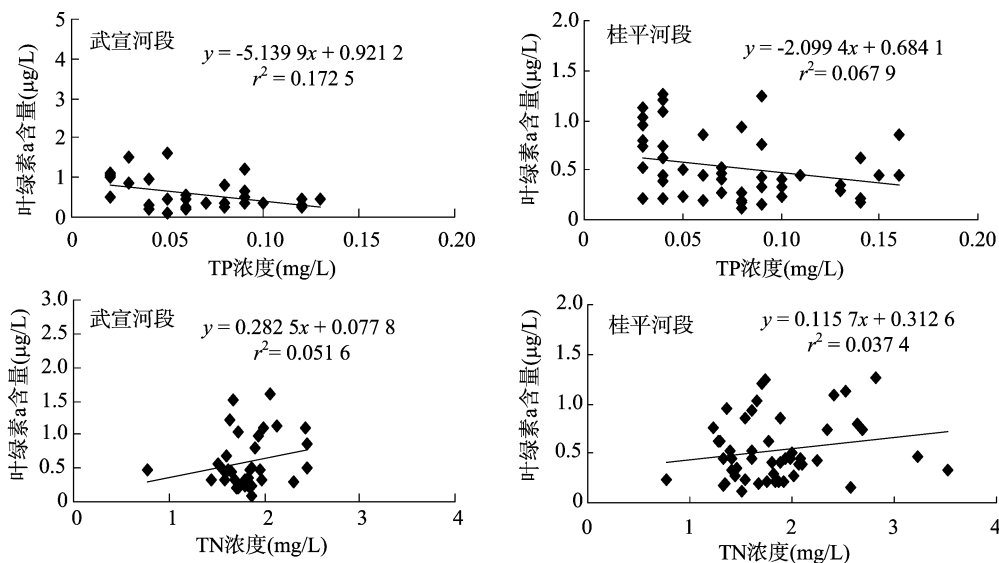


图4 叶绿素a含量与TN浓度、TP浓度的关系

对土地资源和化肥农药依赖较大。我国化肥施用主要是含氮的尿素,利用率只有 30% ~ 40%,其余的 60% ~ 70% 进入环境<sup>[15]</sup>。黔江流域雨量大,雨季长,大面积施用化肥,残留的化肥随雨水直接流入水体,是造成整条河流 TN 升高的主要原因。淡水养殖对水体 TN 也有影响。鱼饲料蛋白质含量高,一般认为蛋白质含氮量在 16% 左右,投饲过程中飘散、溶失直接浪费的饲料和鱼类吃剩的饲料、鱼药、鱼类代谢排泄物(包括氨氮、尿素、粪便、硝酸盐等)均会增加水体 TN 含量。甘蔗、龙眼等农作物及杂草产生的腐殖质是很好的氮肥,它随地表径流汇入河流,也是黔江水体 TN 的来源之一。

防治 TN 超标必须严格控制外源性氮元素的排入;开展截污工程,对各类工厂的点源排放实行截流,废水须处理达标后才能排放;进一步改变农业生产模式,对化肥、农药投入量加以限制,研究并发展绿色农业,科学发展养殖业,同时做好内源清污工作。

### 3 结论

对 2005—2011 年黔江水体 TN、TP 浓度和叶绿素 a 含量的时空分布及分河段统计研究结果表明,各水质指标不具有显著的空间差异,河流整体水质较均匀,未出现局部营养盐污染现象,未发生富营养化效应。叶绿素 a 含量与 TN 浓度呈现一定的正相关性,与 TP 浓度呈现不显著的负相关性。TP 浓度很低时,对叶绿素 a 含量影响不大。

目前,TP 是藻类生长的限制因子,TN 是黔江主要污染物,污染状况依然呈上升趋势。TN 主要来源于农业化肥尤其是乙醇废液化肥的施用,糖厂、造纸厂的废水排放,水产畜禽养殖,甘蔗、杂草等产生的腐殖质。因此,应将治理工作重心放在农业非点源污染上。

致谢:本研究得到了广西水产研究所的杨妹丽、廖永志、陈静、谢宗升等人的帮助,谨致谢忱!

### 参考文献:

[1] 张乃星,任荣珠,吴凤丛,等. 渤海海峡冬季营养盐的分布特征及影响因素[J]. 海洋通报,2011,30(6):607-614.

[2] 曹金玲,许其功,席北斗,等. 我国湖泊富营养化效应区域差异性分析[J]. 环境科学,2012,33(6):1777-1783.

[3] Pan B Z, Wang H J, Liang X M, et al. Factors influencing chlorophyll a concentration in the Yangtze-connected lakes[J]. Fresenius Environmental Bulletin, 2009, 18(10):1894-1900.

[4] 张红,黄勇. 基于 NOAA/AVHRR 卫星资料的巢湖水华规律分析[J]. 中国环境科学,2009,29(7):727-732.

[5] 彭云辉,孙丽华,陈浩如,等. 大亚湾海区营养盐的变化及富营养化研究[J]. 海洋通报,2002,21(3):44-49.

[6] 刘光萍,杜萍,王琨,等. 分形理论在湖泊富营养化评价中的应用[J]. 江西农业大学学报,2005,27(6):925-929.

[7] 范荣亮,谢悦波, Yudianto D, 等. 复合微生物菌剂及酶制剂治理湖泊蓝藻的研究[J]. 水电能源科学,2010,28(2):35-37,53.

[8] 丁二峰. 衡水湖叶绿素 a 含量变化及其与氮、磷浓度关系的初步研究[J]. 南水北调与水利科技,2011,9(6):87-89.

[9] 王后,韦肖抗,姚伟忠,等. 南太湖水体叶绿素 a 含量与氮磷浓度的关系[J]. 浙江海洋学院学报:自然科学版,2011,30(3):190-193.

[10] 莫云川,叶燕萍,申章佑,等. 糖蜜乙醇废液对甘蔗光合及氮素代谢关键酶和产量的影响[J]. 中国土壤与肥料,2009(3):62-66.

[11] Oenema O, Roest C W J. Nitrogen and phosphorus losses from agriculture into surface waters: the effects of policies and measures in the Netherlands[J]. Water Science and Technology, 1998, 37(3):19-30.

[12] Su S L, Zhi J J, Lou L P, et al. Spatio-temporal patterns and source apportionment of pollution in Qiantang River (China) using neural-based modeling and multivariate statistical techniques[J]. Physics and Chemistry of the Earth, 2011, 36(9/10/11):379-386.

[13] 张维理,武淑霞,冀宏杰,等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策 I: 21 世纪初期中国农业面源污染的形势估计[J]. 中国农业科学,2004,37(7):1008-1017.

[14] 杨爱玲,朱颜明. 地表水环境非点源污染研究[J]. 环境科学进展,1998,7(5):60-67.

[15] 殷明,施敏芳,刘成付. 丹江口水库水质总氮超标成因初步分析及控制对策[J]. 环境科学与技术,2007,30(7):35-36.