

文章编号: 1004-7271(2008)03-0327-06

## 不同地区三角帆蚌养殖水体的水质

林青霞<sup>1</sup>, 王岩<sup>2</sup>, 高吉华<sup>1</sup>, 朱生博<sup>1</sup>, 王伟良<sup>1</sup>

(1. 上海水产大学生命科学与技术学院, 上海 200090;

2. 浙江大学动物科学学院, 浙江 杭州 310029)

**摘要:**2006年9-10月期间调查了分布江苏(苏州市)、浙江(杭州市、绍兴市)、湖北(荆州市)、湖南(岳阳市)和江西(九江市)16个三角帆蚌养殖水体的水温、透明度(SD)、溶氧(DO)、pH、盐度、电导率、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$  +  $\text{Na}^+$ 、总碱度、总硬度、总氮(TN)、总磷(TP)、高锰酸钾指数( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ )和叶绿素a(Chl-a)。结果表明:所调查的养殖水体的DO和pH均适合三角帆蚌的生长。吴江市(苏州市)、杭州市和绍兴县(绍兴市)养殖水体的透明度相对较高,苏州市养殖水体的盐度和电导率最高。所调查的养殖水体中阴离子均以 $\text{HCO}_3^-$ 最高,阳离子分别以 $\text{K}^+$  +  $\text{Na}^+$ 或 $\text{Ca}^{2+}$ 最高。所调查的养殖水体总碱度为24~219 mgCaCO<sub>3</sub>/L,总硬度为40.93~218 mgCaCO<sub>3</sub>/L, $\text{Ca}^{2+}$ 为7~50 mg/L,其中苏州市和九江市养殖水体总碱度、总硬度和 $\text{Ca}^{2+}$ 较高,杭州和绍兴市养殖水体的总碱度和总硬度较低,绍兴市绍兴县养殖水体和诸暨市的部分养殖水体 $\text{Ca}^{2+}$ 较低。所调查的养殖水体氮磷变动范围为:TN为0.52~1.91 mg/L,TP为0.06~0.3 mg/L, TN/TP为4~17,其中杭州市养殖水体TN和TP最高,绍兴诸暨市的水体TN较高。相城区(苏州市)、荆州市、岳阳市养殖水体和苏州市部分养殖水体TN较低。杭州市、绍兴市和荆州市养殖水体的 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 相对较高,岳阳市养殖水体的Chl-a含量低。在调查的水体中,TN与TP、 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 正相关;总硬度与总碱度、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 显著正相关。

**关键词:**三角帆蚌;池塘;湖泊;河流;水化学

中图分类号:S 912 文献标识码:A

## Water quality for culturing freshwater pearl mussel, *Hyriopsis cumingii* in waters scatted in different regions in China

LIN Qing-xia<sup>1</sup>, WANG Yan<sup>2</sup>, GAO Ji-hua<sup>1</sup>, ZHU Sheng-bo<sup>1</sup>, WANG Wei-liang<sup>1</sup>

(1. College of Aqua-life Science and Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China;

2. College of Animal Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

**Abstract:** A survey on water quality parameters, including water temperature, secchi depth, dissolved oxygen (DO), pH, salinity, conductivity,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  +  $\text{K}^+$ , alkalinity, hardness, total nitrogen(TN), total phosphorus(TP), chemical oxygen demand( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ) and chlorophyll-a (Chl-a), in 16 water bodies for culturing freshwater pearl mussel *Hyriopsis cumingii*, including ponds, lakes and rivers scattered in Suzhou City (Jiangsu Province), Hangzhou City (Zhejiang Province), Shaoxing City (Zhejiang Province), Jingzhou City (Hubei Province), Yueyang City (Hunan Province) and Jiujiang City

收稿日期:2007-09-04

基金项目:浙江省科技厅技术难题招标项目(40071074)

作者简介:林青霞(1981-),女,山东荣成人,硕士研究生,专业方向为动物营养与饲料学。

通讯作者:王岩, E-mail: ywang@zju.edu.cn, Tel: 0571-86971891

(Jiangxi Province) was carried out from September 1 to October 21, 2006. The results showed DO and pH in the surveyed waters was suitable for growth of *Hyriopsis cumingii*. Secchi depth was relatively high in waters of Wujiang City (in Suzhou City), Hangzhou City and Shaoxing County (in Shaoxing City), while salinity and conductivity were high in waters of Suzhou City.  $\text{HCO}_3^-$  was highest among the negative ions, while  $\text{Na}^+$  +  $\text{K}^+$ , or  $\text{Ca}^{2+}$  was the highest positive ions in the surveyed waters. Alkalinity, hardness and  $\text{Ca}^{2+}$  varied within 24 – 219 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , 41 – 218 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  and 7 – 50 mg/L in the surveyed waters. Alkalinity, hardness and  $\text{Ca}^{2+}$  were relatively high in waters of Suzhou and Jiujiang City. Alkalinity and hardness were relatively low in waters of Hangzhou and Shaoxing City, and  $\text{Ca}^{2+}$  low in the Shaoxing County water (in Shaoxing City) and some waters scattered in Zhuji City (in Shaoxing City). TN and TP in the surveyed waters varied within 0.52 – 1.91 mg/L, 0.06 – 0.30 mg/L, and TN/TP varied within 4 – 17, respectively. TN and TP were highest in Hangzhou City waters, and the waters in Zhuji City also had high TN. TN was relatively low in waters of Xiangcheng area (in Suzhou City), Jingzhou and Yueyang City.  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  was relatively high in waters of Hangzhou, Shaoxing and Jingzhou City. Chl-a was lowest in Yueyang City water among the surveyed waters. Positive correlation was found between TN and TP, and between TN and  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ , and between hardness and alkalinity, and between hardness and  $\text{Ca}^{2+}$ , and between hardness and  $\text{Mg}^{2+}$  in the surveyed waters.

**Key words:** *Hyriopsis cumingii*; pond; lake; river, water chemistry

三角帆蚌 (*Hyriopsis cumingii*) 是我国用于培育淡水珍珠的主要河蚌品种, 其养殖面积现覆盖浙江、江苏、江西、湖北和湖南等省。尽管我国人工培育淡水珍珠的生产规模不断扩大, 但对三角帆蚌养殖环境的了解有限<sup>[1-3]</sup>, 有关不同地理区域三角帆蚌养殖水体水质的比较研究尚未见报道。比较不同地区三角帆蚌养殖水体的水质特点, 对于跨地区养殖三角帆蚌的生产企业制订合理的养殖计划和管理措施具有重要参考价值。为此, 我们于2006年9~10月分别调查分析了江苏、浙江、湖北、湖南和江西省内16个三角帆蚌养殖水体的水质, 本文报道了这次调查结果。

## 1 材料与方 法

### 1.1 三角帆蚌养殖水体的基本情况

所调查的三角帆蚌养殖水体分布在江苏(苏州市)、浙江(杭州市、绍兴市)、江西(九江市)、湖北(荆州市)和湖南(岳阳市)省, 位于东经112.10 ~ 120.63°, 北纬29.33 ~ 31.17°之间。水体位置按纬度由低到高次序依次为: 江西九江(北纬29.33°左右)、湖南岳阳(北纬29.37°左右)、浙江绍兴和杭州(北纬30.27°左右)、湖北荆州(北纬30.30°左右)和江苏苏州(北纬31.17°左右)。各水体面积、水深和养殖情况见表1。

水体 I (江苏省苏州市吴江市平望镇梅堰) 与湖泊连通, 周围有大量工厂; 水体 II 和 III (江苏省苏州市相城区渭塘镇朱泾场 1、2 号塘) 为深水池塘, 周围是居民区和农田; 水体 IV 和 V (荆州市江陵县白马寺镇 6、7 号塘) 为池塘, 周围为开阔农田; 水体 VI (杭州市萧山区临浦镇) 为小河河道, 周围为居民区和农田; 水体 VII (绍兴市绍兴县陶堰镇白塔泽) 为大河河道, 水流缓慢, 河道内经常有运输船只往来; 水体 VIII ~ XII (绍兴市诸暨市枫桥镇三江新村 7 号塘、下汇地村 8 号塘、燕山村 9 号塘、何家村 10 号塘、进农村 11 号塘) 均为池塘, 水源来自同一条河流, 周围为农田和居民区; 水体 XIII (岳阳市君山场) 为小型湖泊, 位于洞庭湖畔; 水体 XIV ~ XVI (九江市共青城城区 1、2、3 号塘) 均为池塘, 周围为居民区。以上水体均主养三角帆蚌, 混养少量鲢、鳙。除水体 XV ~ XVI 因接纳大量居民生活污水而不施肥外, 多数水体施鸭粪和鸟粪, 部分水体同时兼施化肥、生石灰、豆浆或投饵。

表 1 不同地区三角帆蚌养殖水体概况和采样时间  
Tab. 1 Position and culture model of the waters surveyed and sampling time

省份	水体	地理位置	面积 ( $\text{hm}^2$ )	水深 (m)	蚌龄 (龄)	放养密度 (只/ $\text{hm}^2$ )	采样时间 (月-日)
江苏	I	苏州市吴江市平望镇梅堰	6.7	5~6	5	6 000	09-01
	II	苏州市相城区渭塘镇朱泾场 1 号塘	13.3	7~8	3	12 000	09-02
	III	苏州市相城区渭塘镇朱泾场 2 号塘	5.3~6	6~7	-	-	09-02
湖北	IV	荆州市江陵县白马寺镇 6 号塘	6.7	1.5	3	15 000	09-07
	V	荆州市江陵县白马寺镇 7 号塘	6.7	1.5	3	15 000	09-07
浙江	VI	杭州市萧山区临浦镇	-	3	5	7 500	09-03
	VII	绍兴市绍兴县陶堰镇白塔泽	>66.7	4	5	4 500	09-03
	VIII	绍兴市诸暨市枫桥镇三江新村 7 号塘	2	1.3	4	15 000	10-21
	IX	绍兴市诸暨市枫桥镇下汇地村 8 号塘	1.4	1.5	4	14 250	10-21
	X	绍兴市诸暨市枫桥镇燕山村 9 号塘	2.7	1.5	4	18 750	10-21
	XI	绍兴市诸暨市枫桥镇何家村 10 号塘	2.8	1.5	4	14 250	10-21
	XII	绍兴市诸暨市枫桥镇进农村 11 号塘	3.3	1.5	3	12 000	10-21
	XIII	岳阳市君山场	>66.7	3.5	5	4 500	09-09
湖南	XIV	九江市共青城城区 1 号塘	20	3~4	-	-	09-10
	XV	九江市共青城城区 2 号塘	16.7	4	5	3 600	09-10
江西	XVI	九江市共青城城区 3 号塘	16.7	1~2	5	3 600	09-10

## 1.2 水样的采集与分析

用 5 L 采水器在水面下 0.3~0.5 m 处采样,现场测定透明度、水温、pH、DO、盐度、电导率和叶绿素 a(Chl-a)。采样当天分析水样的  $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$  和总碱度。将水样加浓硫酸[高锰酸钾指数( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ )、总氮(TN)和总磷(TP)]或浓硝酸( $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 和总硬度)保存后运回浙江省诸暨市枫桥镇的淡水珍珠业科技创新服务中心实验室分析。

透明度用塞氏盘测定;pH用 pH-B4 pH 计测定;水温、DO、盐度和电导率用 YSI 85 溶氧仪测定;Chl-a 用 Turner10-005 荧光计测定,根据建立的 Chl-a-荧光值( $X$ )回归曲线:Chl-a( $\mu\text{g/L}$ ) =  $aX + b$  ( $a = 89.651$ ,  $b = -6.257$ )计算 Chl-a 含量;其余水化学指标按文献[4-5]中的方法测定。

## 1.3 数据计算与分析

$\text{Na}^+ + \text{K}^+$  ( $\text{mg/L}$ )根据下列公式计算: $\text{Na}^+ + \text{K}^+ = 25 \times [ (1/2\text{CO}_3^{2-}) + (\text{HCO}_3^-) + (1/2\text{SO}_4^{2-}) + (\text{Cl}^-) - (1/2\text{Ca}^{2+}) - (1/2\text{Mg}^{2+}) ]$ ,其中  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 和  $\text{Mg}^{2+}$ 的单位为  $\text{mol/L}$ ,将  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 单位从  $\text{mol/L}$  换算为  $\text{mg/L}$  时取  $\text{Na}^+$ 和  $\text{K}^+$ 原子量的平均值(25)。

各水体不同水质指标之间的关系用回归分析方法检验。取  $P < 0.05$  为差异显著性水平。

## 2 结果

### 2.1 水温、透明度、DO、pH、电导率和盐度

从表 2 可见,2006 年 9 月 1~10 日水体 I、II、III、IV、V、VI、VII、XIII、XIV、XV 和 XVI 的水温变动为 23~32  $^{\circ}\text{C}$ ,其中水体 I、II、III、VI 和 VII 的水温超过 30  $^{\circ}\text{C}$ ,水体 IV、V、XIV、XV 和 XVI 的水温为 25~26  $^{\circ}\text{C}$ ,水体 XIII 的水温只有 23  $^{\circ}\text{C}$ 。所调查水体的透明度为 19~85 cm,pH 为 7.07~10.06,DO 为 1.35~11.31  $\text{mg/L}$ ,电导率为 148~816  $\mu\text{S/cm}$ ,盐度为 0.1~0.4。水体 I、II、VI 和 VII 的透明度较高,水体 IV、V、VIII、XIV、XV 和 XVI 的透明度较低;水体 I、II 和 III 的盐度和电导率最高,分别达到 0.3~0.4 和 586~816  $\mu\text{S/cm}$ 。

表 2 不同地区三角帆蚌养殖水体的水温、透明度、DO、pH、电导率和盐度

Tab.2 Water temperature, secchi depth, DO, pH, conductivity and salinity in the surveyed waters

省份	水体	水温 (°C)	DO (mg/L)	透明度 (cm)	电导率 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	盐度	pH
江苏	I	31.8	6.53	60	586.0	0.3	7.58
	II	30.6	7.06	80	816.0	0.4	8.72
	III	30.7	4.48	-	639.0	0.3	7.62
湖北	IV	26.2	11.31	31	257.0	0.1	8.93
	V	26.1	7.44	19	277.0	0.1	8.35
	VI	31.0	1.35	85	478.0	0.2	7.07
	VII	32.5	6.63	70	346.6	0.2	8.02
浙江	VIII	24.5	3.55	36	148.3	0.1	7.25
	IX	24.4	5.90	28	228.9	0.1	8.44
	X	24.2	4.10	36	208.6	0.1	7.73
	XI	26.0	10.20	28	202.3	0.1	10.06
	XII	25.7	8.34	38	289.0	0.1	8.88
湖南	XIII	23.1	5.59	25	339.1	0.2	7.77
	XIV	26.4	6.00	35	260.3	0.1	8.19
江西	XV	25.5	6.34	38	270.7	0.1	8.18
	XVI	24.7	5.87	35	271.1	0.1	7.99

## 2.2 离子组成、总碱度和总硬度

从表 3 可见,所调查水体的阴离子中以  $\text{HCO}_3^-$  最高,阳离子以  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  或  $\text{Ca}^{2+}$  最高。

表 3 不同地区三角帆蚌养殖水体的主要离子、总碱度和总硬度

Tab.3 Ion concentration, alkalinity and hardness in the surveyed waters

省份	水体	$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/L)	$\text{Cl}^-$ (mg/L)	$\text{CO}_3^{2-}$ (mg/L)	$\text{HCO}_3^-$ (mg/L)	$\text{Ca}^{2+}$ (mg/L)	$\text{Mg}^{2+}$ (mg/L)	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$ (mg/L)	总碱度 (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	总硬度 (mgCaCO <sub>3</sub> /L)
江苏	I	81.24	68.99	2.80	114.77	38.41	11.21	69.33	98.82	142.13
	II	66.42	107.67	15.98	233.83	49.89	22.67	110.75	218.46	218.00
	III	84.56	72.43	0.00	169.31	36.50	12.49	93.25	138.88	142.63
湖北	IV	6.84	20.06	2.52	121.76	28.19	5.16	23.90	104.09	91.68
	V	17.73	20.35	0.00	112.33	23.93	4.80	29.89	92.14	79.52
	VI	48.27	49.28	0.00	118.50	32.65	7.75	51.77	97.20	113.46
	VII	47.97	31.19	0.00	80.47	17.93	3.96	49.44	66.01	61.08
浙江	VIII	18.31	12.90	0.00	28.92	7.33	5.49	10.04	23.72	40.93
	IX	17.31	16.63	7.19	63.72	24.78	6.38	8.79	64.26	88.18
	X	15.80	12.41	0.00	66.15	16.79	7.30	8.12	54.26	72.01
	XI	15.30	11.32	22.00	33.51	26.30	4.14	6.68	64.19	82.74
	XII	22.82	22.68	3.16	86.20	26.20	6.96	18.82	75.98	94.11
湖南	XIII	7.75	24.64	0.00	111.16	25.23	6.10	22.93	91.18	88.13
	XIV	7.14	10.74	9.39	132.74	35.90	9.76	8.64	124.55	129.87
江西	XV	13.49	10.99	15.42	81.98	27.58	10.82	4.55	92.98	113.46
	XVI	23.17	20.10	0.00	164.17	37.72	11.16	23.48	134.66	140.20

所调查的 16 个水体总碱度为 24 ~ 219 mgCaCO<sub>3</sub>/L,总硬度为 40 ~ 218 mgCaCO<sub>3</sub>/L, $\text{Ca}^{2+}$  为 7 ~ 50 mg/L。相比之下,水体 I、II、III、XV、XVI 的总碱度、总硬度和  $\text{Ca}^{2+}$  较高,水体 VII、VIII、IX、X、XI 和 XII 的总碱度较低,水体 V、VII、VIII、IX、X、XI 和 XIII 总硬度较低,水体 VIII  $\text{Ca}^{2+}$  最低。相关分析结果表明:所调查的水体中总硬度分别与总碱度( $r=0.942, n=16, P<0.01$ )、 $\text{Ca}^{2+}$  ( $r=0.961, n=16, P<0.01$ ) 和  $\text{Mg}^{2+}$  ( $r=0.933, n=16, P<0.01$ ) 显著正相关。

## 2.3 TN、TP、COD<sub>Mn</sub> 和 Chl-a

从表 4 可见,所调查水体的 TN 为 0.52 ~ 1.91 mg/L,TP 为 0.06 ~ 0.30 mg/L,TN/TP 为 4 ~ 17。水

体VI的TN和TP最高,水体IX、X、XI、XII的TN和TP相对较高,水体II、III、IV、V、XIII、XV和XVI的TN含量较低,水体I、II、III、IV、VII、VIII、XIV和XVII的TP含量较低。

表4 不同地区三角帆蚌养殖水体的TN、TP、COD<sub>Mn</sub>和Chl-a  
Tab.4 TN,TP,COD<sub>Mn</sub> and Chl-a in the surveyed waters

省份	水体	TN(mg/L)	TP(mg/L)	TN/TP	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	Chl-a(μg/L)
江苏	I	1.28	0.08	17	9.71	155
	II	0.61	0.07	9	9.92	13
	III	0.64	0.06	11	7.22	-
湖北	IV	0.52	0.08	7	13.38	69
	V	0.72	0.11	7	12.96	37
	VI	1.91	0.20	10	12.78	57
	VII	0.84	0.07	13	9.51	65
浙江	VIII	0.96	0.08	12	10.74	3
	IX	1.00	0.13	8	13.48	62
	X	1.74	0.16	11	16.61	48
	XI	1.64	0.24	7	20.19	63
湖南	XII	1.19	0.30	4	13.56	42
	XIII	0.54	0.10	5	7.68	2
	XIV	0.99	0.08	12	8.32	21
江西	XV	0.73	0.20	4	8.44	-
	XVI	0.71	0.08	9	8.53	30

所调查水体的COD<sub>Mn</sub>为7.2~20.2 mg/L,Chl-a为2~155 μg/L。水体IV、V、VI、VIII、IX、X、XI和XII的COD<sub>Mn</sub>超过10 mg/L,水体I、II、III、VII、XIII、XIV、XV和XVI的COD<sub>Mn</sub>为7~10 mg/L。水体I、IV、VI、VII、IX、X和XI的Chl-a较高,水体II和VIII的Chl-a较低,水体XIII的Chl-a最低。相关分析结果表明:TN分别与TP( $r=0.580, n=16, P<0.01$ )、COD<sub>Mn</sub>( $r=0.646, n=16, P<0.01$ )相关。

### 3 分析与讨论

分布在江苏、浙江、江西、湖北和湖南省的16个三角帆蚌养殖水体中,苏州市吴江市平望镇、杭州市和绍兴市绍兴县水体的透明度和Chl-a均相对较高,而岳阳市和九江市水体的透明度和Chl-a较低,表明岳阳市和九江市水体的透明度受悬浮泥沙或有机碎屑含量影响较大。苏州市相城区渭塘镇朱泾场1号塘和岳阳市君山场Chl-a较低,与这两个水体面积较大或水较深有关。除杭州市萧山临浦镇水体(调查时正值三角帆蚌大量死亡)和绍兴市诸暨枫桥7号池塘(三角帆蚌养殖密度较大)的DO和pH较低外,其它养殖水体DO>4 mg/L,pH>7.5,盐度<0.2,较适合三角帆蚌的生长。苏州市水体的盐度和电导率普遍较高,可能与该地区的土壤状况有关。

所调查的养殖水体阴离子均以HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>最高,但阳离子变化较大,表明高密度养殖三角帆蚌容易导致水体阳离子含量的变化。根据Ca<sup>2+</sup>含量可将调查的水体分为3类:(1)Ca<sup>2+</sup>>25 mg/L(苏州市,杭州市,九江市、绍兴市诸暨市枫桥10号、11号池);(2)Ca<sup>2+</sup>为15~25 mg/L(绍兴市绍兴县、岳阳市、荆州市、绍兴市诸暨市枫桥8号、9号池);(3)Ca<sup>2+</sup><15 mg/L(绍兴市诸暨市枫桥7号池)。水体Ca<sup>2+</sup>浓度适宜有利于三角帆蚌对Ca<sup>2+</sup>的吸收<sup>[6]</sup>。根据调查结果初步判断:绍兴市绍兴县、岳阳市、荆州市、绍兴市诸暨枫桥8号、9号池水体的Ca<sup>2+</sup>含量较适合培育淡水珍珠。

养殖水体内氮、磷和有机质含量主要取决于养殖管理措施<sup>[7]</sup>。据报道,9~10月部分三角帆蚌养殖池塘内TN为2.76 mg/L,TP为0.11 mg/L,COD为36 mg/L<sup>[1]</sup>;三角帆蚌养殖水体内TN为3.125 mg/L,TP为0.205 mg/L,COD<sub>Cr</sub>为32.73 mg/L<sup>[2]</sup>;外荡养殖水体中TN为2.5~3.5 mg/L,TP为0.10~0.12 mg/L,COD<sub>Cr</sub>为8~9 mg/L<sup>[3]</sup>。我们所调查的16个水体TN、TP和COD<sub>Mn</sub>分别为0.52~1.91 mg/L、

0.06~0.30 mg/L和7~20 mg/L, TN 均低于以往对三角帆蚌养殖水体的报道<sup>[1-3]</sup>, 多数水体(诸暨市枫桥镇燕山村9号塘和何家村10号塘除外)有机质含量低于以往对三角帆蚌养殖池塘的报道<sup>[1-2]</sup>。杭州市和绍兴市诸暨市水体 TN、TP 和 COD<sub>Mn</sub> 在所调查的水体中相对较高, 苏州市相城区渭塘镇、荆州市、岳阳市、九江市、和绍兴市绍兴县水体 TN 相对较低, 这可能与养殖水体的类型和施肥强度有关。荆州市、岳阳市水体以及九江市和绍兴市诸暨市的部分水体 TN/TP ≤ 7, 仅从氮磷比的角度分析, 这些水体易发生蓝藻水华。

我们的调查结果表明: 江苏苏州市水体的总碱度、总硬度、Ca<sup>2+</sup> 相对较高, 但位于苏州市相城区渭塘镇的水体 TN 和 TP 较低; 浙江杭州市、绍兴市绍兴县和诸暨市水体总碱度和 Ca<sup>2+</sup> 较低, 但多数水体 TN、TP、COD<sub>Mn</sub> 相对较高; 湖北荆州市水体总硬度、Ca<sup>2+</sup> 和 COD<sub>Mn</sub> 相对较高, 但 TN 较低; 湖南岳阳市水体 Ca<sup>2+</sup>、TN 和 COD<sub>Mn</sub> 较低; 江西九江市水体的总碱度、总硬度、Ca<sup>2+</sup> 相对较高, 但 TN 和 COD<sub>Mn</sub> 略低。根据上述水质特点可采取相应的管理措施: 对苏州市相城区渭塘镇水体应改变施肥方式并适当增加施肥量; 对绍兴市的水体应调整养殖密度并在养殖水域施生石灰; 对荆州市和九江市水体应适当增加施肥量, 特别是增加施氮肥的比例; 对岳阳市水体应适当追加施肥和生石灰的数量。

#### 参考文献:

- [1] 吴 军, 马 楠, 施丽丽, 等. 三角帆蚌对精养鱼塘水体主要水质因子的调控[J]. 南京师范大学学报, 2005, 28(3): 92-96.
- [2] 张根芳, 邓闽中, 方爱萍. 蚌、鱼养殖模式对水体富营养化控制作用的研究[J]. 中国海洋大学学报, 2005, 35(3): 491-495.
- [3] 李应森, 李家乐, 刘仁杰. 外荡养殖三角帆蚌对水体主要水质因子的影响[J]. 上海水产大学学报, 2006, 15(2): 173-177.
- [4] 金相灿, 屠清瑛. 湖泊富营养化调查规范(第二版)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.
- [5] 魏复盛. 水和废水监测分析方法(第四版)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [6] 唐 敏, 石安静. 环境钙浓度对淡水育珠蚌外套膜及珍珠囊钙代谢的影响[J]. 四川大学学报(自然科学版), 2000, 37(5): 741-744.
- [7] 王 岩. 海水池塘养殖模式优化: 概念、原理和方法[J]. 水产学报, 2004, 28(5): 568-572.