

文章编号: 1674-5566(2010)04-0535-05

# 两种深度养殖池塘水质和浮游藻类多样性分析

赵旭斌<sup>1,2</sup>, 王广军<sup>1</sup>, 郁二蒙<sup>1</sup>, 龚望宝<sup>1</sup>, 余德光<sup>1</sup>, 谢骏<sup>1</sup>

(1 中国水产科学研究院珠江水产研究所, 广东 广州 510380)

2 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306)

**摘要:** 本试验研究了珠海市之山水产养殖基地的3个浅水池塘(1.3±0.1)m和3个深水池塘(2.2±0.1)m中的浮游藻类的种类组成、分布和群落结构特点以及理化指标的变化,以探讨两种不同深度池塘的水质和浮游藻类多样性之间的差异,为传统池塘挖深改造提供理论依据。结果显示,浮游藻类密度、藻类组成及藻类优势种群在两种不同深度池塘中存在明显的差异,深水池塘的藻类密度、丰度指数、多样性指数和均匀度指数均显著低于浅水池塘( $P<0.05$ )。总磷(TP)和总氮(TN)浓度在两种不同深度池塘中也存在着明显的差异,深水池塘中的总磷(TP)和总氮(TN)浓度显著高于浅水池塘( $P<0.05$ )。深水池塘中的藻类密度与TN和TP之间存在着显著的相关性,但浅水池塘的藻类密度和TN/TP相关性不显著。

**关键词:** 池塘; 浮游藻类; 丰度指数; 多样性指数; 均匀度指数; 水质

**中图分类号:** Q 178.1      **文献标识码:** A

## Analysis of water quality and phytoplankton diversity of the two different depth ponds

ZHAO Xu-bin<sup>1,2</sup>, WANG Guang-jun<sup>1</sup>, YU Er-meng<sup>1</sup>, GONG Wang-bao<sup>1</sup>, YU De-guang<sup>1</sup>, XIE Jun<sup>1</sup>

(1 Pearl River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Guangzhou 510380, China)

2 College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** In order to investigate the differences in water quality and phytoplankton diversity between two depth ponds and provide the theory basis about transforming traditional pond into deep pond, an experiment was carried out to analyze the composition, distribution and community structure of the phytoplankton and physical and chemical indexes in three shallow pond(1.3±0.1)m and in three deep pond(2.2±0.1)m in Zhuhai Zhishan aquaculture base. The results indicated that the density, composition and predominant species of phytoplankton were significantly different between two depth ponds. The density, richness index, diversity index and evenness index of phytoplankton in deep pond were significantly lower than those in shallow pond. The contents of total phosphorus(TP) and total nitrogen(TN) were also significantly different between ponds. The contents of TP and TN in deep pond were significantly higher than those in shallow pond. The significant correlations between the density of phytoplankton and the contents of TP or TN were found in deep pond but not in shallow pond.

收稿日期: 2009-09-21

基金项目: 国家“八六三”高技术研究发展计划(2007AA10Z239); 现代农业产业技术体系建设专项(NYCYTX-49-13); 国家科技支撑计划专题项目(2006BAD03B0102)

作者简介: 赵旭斌(1985-),男,硕士研究生,专业方向为水产健康养殖。E-mail: z\_x\_bir@126.com

通讯作者: 谢骏, E-mail: xj07@tom.com

Key words: Ponds; Phytoplankton; richness index; diversity index; evenness index; water quality

目前,许多精养池塘的水深已超出了以往的常规概念,由以前标准的 1~1.2 m 加深至 1.5~1.8 m,有的甚至超过了 2 m<sup>[1]</sup>。从一定程度上讲,深水池塘养殖可以提高单位面积产量,提高鱼塘的综合养殖效益。同时,深水池塘养殖在节省土地资源和提高土地利用等方面也有很大的优势。

传统池塘水环境因子变化的判断主要是采用理化手段,但池塘水体理化因子受天气、光照、气温和风力等因素的综合影响而出现昼夜变化<sup>[2-3]</sup>,这给水质的判断带来了一定影响。与理化手段相比,水生生物群落参数不仅可以代表环境中各种物质的综合影响,而且还反映了各物质影响程度以及环境因子的连续性和积累性作用的结果,更具环境真实性<sup>[4]</sup>。藻类和所处的水体环境相统一,藻类的种类组成、种群动态、生理生化等变化可反映所处环境的改变,且相对于理化条件而言,藻类的现存量、种类组成和多样性能更好地反映出水体的营养水平<sup>[5]</sup>。

本实验通过研究 2 种不同深度养殖池塘水体的藻类种类组成、分布、群落结构特点以及浮游藻类与水质的关系,并通过分析其生物多样性指数(藻类丰度、多样性指数和均匀度指数)的差异,比较水质差异,同时进行总氮和总磷与藻类密度的相关性及回归分析,旨在通过比较不同深度养殖池塘的水质与藻类密度,为更加充分利用深水池塘的水体提供科学参考,并为传统池塘挖深改造提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验塘

2008年 8月—9月,在珠海市之山水产有限公司鹤洲北养殖基地,选取 6 个面积为 12 000 m<sup>2</sup> 的池塘,其中 3 个池塘的平均水深为 (2.2 ± 0.1) m,即深水池塘 (deep pond DP); 另 3 个池塘的平均水深为 (1.3 ± 0.1) m,即浅水池塘 (shallow pond SP)。所有池塘水均引自同一河道,养殖过程中基本不换水仅补充蒸发、渗漏等水损耗,试验每 10 d 点取样一次,共取样 3 次。养殖品种均为 2007 年 11—12 月放养的鲈鱼、黑鲷和鳙,鱼体长均为 3~4 m 放养密度均为每立方米 4 尾,

鲈鱼、黑鲷、鳙的放养比例约为 9:3:1。

### 1.2 水样采集与分析

每天上午 9:00—10:00 用 WB-PT 有机玻璃采水器在养殖池塘四角采集 30 cm × 50 cm 水样共 5 L,充分混匀后取 1 L,立即加入 10 mL 碘液和 20~30 mL 福尔马林进行固定,静置沉淀 24 h 后,用虹吸法吸取的上清液至 50 mL,用 0.1 mL 定量加液器取均匀浓缩液 0.1 mL 于容积为 0.1 mL 的正方形计数框里,观察全部视野,再计算 1 L 水中含有浮游藻类的数量<sup>[6]</sup>。同时,参照《中国淡水藻类——系统、分类及生态》对浮游藻类进行定性分析<sup>[7]</sup>。现场对水质的理化指标进行测定,水温用温度测量仪进行测量,透明度 (S) 用黑白盘进行测量,溶氧 (DO) 用美国维赛仪器 YSI DO200 型溶解氧仪进行测定,PH 用上海三信仪表 PHB-3 便携式 pH 计测量。另外,采取的水样立即进行酸化,冰盒冷冻保存,并及时送回实验室分别按照 GB1894-89、GB1893-89 测定总氮 (TN) 和总磷 (TP)。

### 1.3 藻类多样性评价方法

研究表明,不同的生物多样性指数具有不同的解释功能,单独使用 1 种多样性指数来解释浮游植物群落的多样性容易造成较大的偏差<sup>[8-9]</sup>。本研究中采用以下 3 个多样性指数公式。

#### 1.3.1 Margalef 丰度指数

丰度是表示群落中种属丰富程度的指数,采用 Margalef 丰度指数模式<sup>[9]</sup>,公式为

$$d = (S - 1) / \lg N \quad (1)$$

式中: d 为生物丰度; S 为样品中生物种属总数 (个); N 为样品的生物各种生物的总体个数 (个)。健康环境的种属丰度高,而污染环境的种属丰度低。

#### 1.3.2 Shannon-Weaver 多样性指数

Shannon-Weaver 多样性指数<sup>[8]</sup>公式为

$$D = - \sum_{i=1}^S (N_i/N) \lg_2 (N_i/N) \quad (2)$$

式中: D 为生物多样性指数; N 为样品中各种生物的总体个数 (个); S 为所有样品中的生物种属总数 (个); N<sub>i</sub> 为样品中某种生物的总体个数 (个)。

D=0 为严重污染环境; 0 < D ≤ 1 为重污染环境; 1 < D ≤ 2 为中污染环境; 2 < D ≤ 3 为轻污染环境;

$D > 3$ 为清洁环境。

### 1.3.3 Lloyd-Gheard均匀度指数<sup>[10]</sup>

Lloyd-Gheard均匀度指数公式为

$$e = S_i / S \quad (3)$$

式中:  $e$ 为生物均匀度指数;  $S_i$ 为第  $i$ 个样品的生物种属总数(个);  $S$ 为所有样品的生物种属总数(个)。  $0 < e < 0.3$ 为多污带;  $0.3 < e < 0.4$ 为  $\alpha$ 中污带;  $0.4 < e < 0.5$ 为  $\beta$ 中污带;  $e > 0.5$ 寡污带。

## 1.4 数据处理

统计分析采用 STATISTICA 6.0进行,采用单因子方差分析(ANOVA)检验2种不同深度池塘水质的理化指标( $S$ 、 $PH$ 、 $DO$ 、 $TN$ 、 $TP$ )及藻类的丰富度指数、多样性指数和均匀度间的差异。当差异显著时,再用Duncan多重比较对平均数进行比较。结果采用平均数 $\pm$ 标准差表述。显著水平为  $P < 0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 2种不同深度养殖池塘理化指标的比较

整个实验期间,水温为  $29 \sim 31$   $^{\circ}C$ 。2种不同深度池塘的水质理化指标:透明度( $S$ )、 $PH$ 、溶氧( $DO$ )、 $TN$ 和 $TP$ 的结果如表1所示。浅水池塘水体的 $S$ 显著小于深水池塘。2种不同深度池塘水体的 $DO$ 没有显著性差异,而 $PH$ 、 $TP$ 、 $TN$ 却存在显著性差异,深水池塘的 $TP$ 、 $TN$ 浓度分别高出浅水池塘的125%、77%。

表1 2种不同深度池塘水质理化指标的比较

Tab 1 Comparison of the Physical chemical indexes between the two different depth ponds

理化指标	显著性	浅水池塘	深水池塘
$S$ (m)	*	18.6 $\pm$ 1.1	22.3 $\pm$ 1.3
$PH$	*	7.6 $\pm$ 0.2	7.8 $\pm$ 0.1
$TN$ (mg/L)	**	0.42 $\pm$ 0.21	0.90 $\pm$ 0.12
$TP$ (mg/L)	**	0.13 $\pm$ 0.02	0.23 $\pm$ 0.04
$DO$ (mg/L)	NS	4.81 $\pm$ 0.14	4.69 $\pm$ 0.18

注: \*表示在0.05水平上差异性显著; \*\*表示在0.01水平上差异性显著; NS表示无显著性差异。

### 2.2 2种不同深度池塘藻类的丰度指数、多样性指数和均匀度指数的比较

参照《中国淡水藻类——系统、分类及生态》<sup>[6]</sup>,分析浮游藻类种群组成,统计2种不同深度池塘的藻类组成,并按照藻类多样性评价方

法,计算实验塘藻类的丰度、多样性指数、均匀度指数,所得数据进行单因素方差分析,结果见表2。

表2 2种不同深度池塘藻类的丰度指数、多样性指数和均匀度指数的比较

Tab 2 Comparison of richness index, diversity index and evenness index between the two different depth ponds

指标	显著性	浅水池塘	深水池塘
丰度指数	*	2.10 $\pm$ 0.201	1.40 $\pm$ 0.202
多样性指数	*	3.00 $\pm$ 0.740	2.81 $\pm$ 0.860
均匀度指数	*	0.593 $\pm$ 0.166	0.344 $\pm$ 0.056

注: \*表示在0.05水平上差异性显著。

经统计检验,2种不同深度池塘藻类丰度、多样性指数和均匀度指数均存在显著性差异。浅水池塘藻类的丰度指数、多样性指数、均匀度指数均高于深水池塘,其中浅水池塘  $D=3.00 \pm 0.74$  ( $D > 3$ 为清洁环境)、 $e=0.593 \pm 0.166$  ( $e > 0.5$ 寡污带),而深水池塘  $D=2.81 \pm 0.86$  ( $2 < D \leq 3$ 为轻污染环境)、 $e=0.344 \pm 0.056$  ( $0.3 < e < 0.4$ 为  $\alpha$ 中污带),浅水池塘  $d=2.10 \pm 0.201$  高于深水池塘  $d=1.40 \pm 0.202$ 。分析结果显示浅水池塘的藻类丰度、多样性指数和均匀度指数高于深水池塘。

### 2.3 2种不同深度池塘藻类组成的比较

2种不同深度池塘浮游藻类的群落组成相似,主要有蓝藻门、绿藻门、硅藻门及数量较少的裸藻、甲藻等组成,但藻类密度、各门比例及优势种群差异明显(图1)。其中,浅水池塘共发现58种浮游藻类,分属于8个门,其中绿藻门27种,占总数的80.68%;蓝藻门13种,占总数的17.35%;还有硅藻门6种、裸藻5种、甲藻3种、金藻2种、黄藻和隐藻各1种,占总数的1.96%;深水池塘共发现47种浮游藻类,分属于8个门,其中绿藻门24种,占总数的58.86%;蓝藻门9种,占总数的37.36%;还有硅藻门6种、裸藻3种、甲藻2种、金藻、黄藻和隐藻各1种,占总数的3.78%。浅水池塘的藻类密度比深水池塘的高145.6%。浅水池塘的优势种群为蓝藻门的细小平裂藻(*Merismopedia tenuissima*)、绿藻门的柱状栅列藻(*Scenedesmus bijuga*)、深水池塘藻类优势种群为蓝藻门的细小平裂藻(*Merismopedia tenuissima*)、绿藻门的歧射盘星藻(*Pediastrum biradiatum*)。

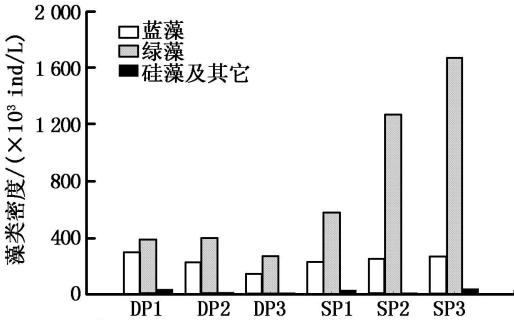


图 1 深浅水池塘的藻类组成  
Fig 1 The composition of Phytoplankton for the deep pond and shallow pond

### 2.4 藻类密度和总氮、总磷浓度的相关性 及回归分析

分析发现,浅水池塘的藻类密度和 TN TP相关性不显著,但深水池塘藻类密度与 TN TP之间存在着显著的正相关性(表 3)。回归分析表明,深水池塘的藻类密度与 TN TP浓度之间呈显著的多项式关系 ( $R^2$  分别为 0.970和 0.975),回归分析表明深水池塘藻类密度与 TN TP的关系呈二次函数曲线(图 2),回归方程分别为:  $y = -1124.0x^2 + 1596.8x + 206.9$ ,  $y = -5837.6x^2 + 4385.1x - 57.1$ 。

表 3 2种不同深度池塘浮游藻类密度和 TP, TN 的相关性比较

Tab 3 The relationship between density of Phytoplankton and TP, TN in two different depth ponds

相关性	显著性	浅水池塘	深水池塘
藻类密度与总磷	**	0.442	0.923
藻类密度与总氮	**	0.646	0.881

注: \*表示在 0.05 水平上差异性显著; \*\*表示在 0.01 水平上差异性相关。

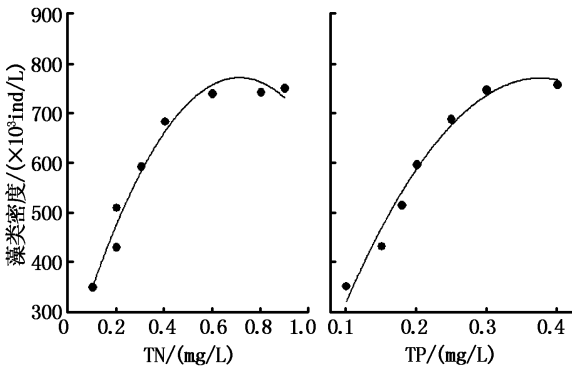


图 2 深水池塘藻类密度与 TN TP关系  
Fig 2 Relationships between density of Phytoplankton and TN TP in the deep pond

### 3 讨论

从生态学观点出发,生物与环境的统一是生物与环境相互作用的结果。水环境决定了生物种群或群落;生物个体、种群或群落的变化,可以客观反映出水体质量的变化规律<sup>[11]</sup>。将浮游藻类评价水体和化学监测结合起来评价养殖池塘水体,可更科学地评价池塘水质的营养水平,通过研究藻类的密度和水体中的氮磷含量,可以科学地提高池塘的初级生产力,提高单位面积产量,推进养殖业健康、快速地发展。

有学者报道<sup>[12-13]</sup>,当藻类处于细胞生长期,水中的氮常被大量消耗,而磷是藻类繁殖必需的营养源,浮游藻类增殖需利用水体中可溶解的氮磷,致使水体中氮磷浓度降低。同时,Thomas<sup>[14]</sup>研究发现氮、磷浓度及其比例会影响藻类的密度。郭蔚华等提出,当营养盐总量满足时,氮磷浓度比值为 11:1(即  $N/P=11$ )是藻类增殖的适合比例;当氮磷总量不足时,若  $N/P < 11$ ,则氮相对不足;若  $N/P > 11$  时,则磷相对不足<sup>[15]</sup>。本实验中,浅水池塘藻类密度高,氮磷含量不能满足藻类继续增殖,  $N/P < 11$ ,明显氮不足,可能导致藻类密度与氮磷浓度相关性差;深水池塘的藻类密度低,氮磷现存量能够满足藻类增殖的氮磷需求,藻类密度与氮磷浓度相关性显著。

有文献报道,养殖池塘中来自投喂饵料和养殖系统中养殖生物的有机物负荷影响了水质指标的水平、变化趋势<sup>[16]</sup>。2种不同深度池塘虽然养殖密度基本一致,但深水池塘的生物放养量要比浅水池塘的高,日投喂量按照鱼体重的 5% 投喂,深水池塘的投喂量高于浅水池塘,饲料中流失到水中氮磷相对多,另外,深水池塘的藻类密度低于浅水池塘的,藻类吸收利用相对少,致使深水池塘水体的氮磷含量高于浅水池塘。

深水池塘应该采取在水体中种植沉水维管束植物例如伊乐藻、轮叶黑藻,同时在水体中投放自养细菌以加快深水池塘的物质能量循环,池塘中有了大量的自养细菌后,能把原来鱼类不容易消化、纤维素高、营养价值低的有机碎屑通过分解转化为较容易消化、营养价值高的的腐屑<sup>[17]</sup>,同时自养细菌分解的过程中,产生大量营养盐,供水生植物的生长繁殖,同时配养具有杂

食性的鲫、鲮鱼等,提高深水池塘的水生植物量从而提高深水池塘的初级生产力,进而提高深水池塘单位面积鱼产量,提高土地利用效率。深水养殖与传统养殖结合起来,是科学地发展健康渔业的重要手段,但这还有待更进一步的研究和探索,确立更经济、有效地健康养殖模式,以推进淡水养殖业健康、快速的发展。

#### 参考文献:

- [ 1 ] 何功康. 深水池塘鱼病防治 [ J ]. 江苏农业科技报, 2007, 1 ( 6 ): 1
- [ 2 ] 王亚军, 林文辉, 吴淑勤, 等. 鳊塘水质与原生物群落多样性关系的初步研究 [ J ]. 水产学报, 2006, 30 ( 2 ): 69—75.
- [ 3 ] 赖子尼, 石存斌, 吴淑勤, 等. 鳊塘水体理化因子昼夜变化及相关性研究 [ J ]. 大连水产学院学报, 2001, 16 ( 1 ): 61—66
- [ 4 ] 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.
- [ 5 ] 刘宇, 沈建忠. 藻类生物学评价在水质监测中的应用 [ J ]. 水利渔业, 2008, 28 ( 4 ): 5—7
- [ 6 ] 赵文. 水生生物学 [ M ]. 北京: 中国农业出版社, 2005 499—507
- [ 7 ] 胡鸿钧, 魏印心. 中国淡水藻类 [ M ]. 北京: 科学出版社, 2006
- [ 8 ] 孙军, 刘东艳. 多样性指数在海洋浮游植物研究中的应用 [ J ]. 海洋学报, 2004, 26 ( 1 ): 62—75
- [ 9 ] 孙军, 刘东艳, 魏皓, 等. 琉球群岛邻近海域浮游植物多样性的模糊综合评判 [ J ]. 海洋与湖沼, 2001, 32 ( 4 ): 445—453.
- [ 10 ] 李军, 刘丛强, 肖化云, 等. 太湖北部夏季浮游藻类多样性与水质评价 [ J ]. 生态环境, 2006, 15 ( 3 ): 453—456.
- [ 11 ] 郭沛涌, 沈焕庭, 刘阿成, 等. 长江河口浮游动物的种类组成、群落结构及多样性 [ J ]. 生态学报, 2003, 23 ( 5 ): 892—900.
- [ 12 ] 李宝华, 魏俊利, 孙广明, 等. 循环水养殖罗非鱼和淡水白鲳中氮磷的循环与平衡 [ J ]. 天津水产, 2004, ( 2 ): 25—30
- [ 13 ] 孙灵毅, 王力勇, 徐惠章. 单细胞藻类对营养盐类的吸收 [ J ]. 水产科技情报, 2003, 30 ( 4 ): 119—120.
- [ 14 ] Thomann R V, Mueller J A. Principle of surface water quality modeling and control [ M ]. New York: Harper & Row, 1987
- [ 15 ] 郭蔚华, 侯亚芹, 龙天渝, 等. 嘉陵江出口段藻类生长与氮磷相关性分析 [ J ]. 重庆建筑大学学报, 2008, 30 ( 4 ): 125—128
- [ 16 ] Neija S, Sumagaysay Chavoso. Water quality and holding capacity of intensive and semi-intensive milkfish ( *Chanos chanos* ) ponds [ J ]. Aquaculture, 2003, 219: 413—429
- [ 17 ] 王武. 鱼类增养殖学 [ M ]. 北京: 中国农业出版社, 2000 91—92