

# 广东珠江三角地区养殖水质监测与评价

袁明磊<sup>1,2</sup>, 刘乾甫<sup>2</sup>, 王超<sup>2</sup>, 孙金辉<sup>1</sup>

<sup>1</sup>天津农学院水产学院, 天津

<sup>2</sup>中国水产科学研究院, 珠江水产研究所, 广东 广州

收稿日期: 2023年8月25日; 录用日期: 2023年9月16日; 发布日期: 2023年9月26日

## 摘要

对广东珠江三角地区30个池塘调查结果进行分析, 了解不同养殖模式(品种)对池塘水体中总磷、总氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮和氨氮含量的影响。调查结果显示, 根据养殖模式的不同, 池塘水体中的总磷、总氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮和氨氮含量存在差异。其中, 塘虱养殖的池塘水体氨氮含量最高, 四大家鱼和鹅混养的池塘水体总磷含量最高, 而鱼类单养的池塘水体总氮和亚硝酸盐氮含量最高。通过分析不同养殖模式(品种)的水体营养物含量, 可以为池塘养殖提供指导, 优化养殖模式以提高水体质量和养殖效益。

## 关键词

珠江三角地区, 不同养殖模式(品种), 总氮, 总磷

# Monitoring and Evaluation of Aquaculture Water Quality in the Pearl River Delta Region of Guangdong Province

Minglei Yuan<sup>1,2</sup>, Qianfu Liu<sup>2</sup>, Chao Wang<sup>2</sup>, Jinhui Sun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>College of Fisheries, Tianjin Agricultural University, Tianjin

<sup>2</sup>Pearl River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou Guangdong

Received: Aug. 25<sup>th</sup>, 2023; accepted: Sep. 16<sup>th</sup>, 2023; published: Sep. 26<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

The survey results of 30 ponds in the Pearl River Delta Region of Guangdong Province were analyzed, to understand the effects of different culture models (varieties) on the contents of to-

tal phosphorus, total nitrogen, nitrate nitrogen, nitrite nitrogen and ammonia nitrogen in pond water. The results showed that the contents of total phosphorus, total nitrogen, nitrate nitrogen, nitrite nitrogen and ammonia nitrogen were different according to the different culture mode. Among them, the ammonia nitrogen content in the pond cultured by pond beetles was the highest, the total phosphorus content in the pond cultured by four fishes and geese was the highest, and the total nitrogen and nitrite nitrogen content in the pond cultured by fish was the highest. By analyzing the nutrient content of different aquaculture models (varieties), it can provide guidance for pond aquaculture, optimize the aquaculture model to improve the water quality and aquaculture efficiency.

## Keywords

Pearl River Delta Region, Different Farming Modes (Varieties), Total Nitrogen, Total Phosphorus

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

目前, 池塘养殖是我国最传统和普遍的养殖方式之一, 在养殖过程中, 水产动物大量的排泄物和剩余饵料排入水体中, 导致养殖水环境富营养化或富集大量颗粒物和营养盐[1]。广东珠江三角地区作为中国池塘养殖业的重要地区之一[2], 以其丰富的水资源和悠久的养鱼传统而闻名[3]。然而随着养殖时间推移, 养殖废物在养殖环境中不断积累, 加上工业污水和生活污水, 导致养殖水域污染严重, 水体富营养化问题比较突出。养殖水质环境对水产品的质量和渔业经济的可持续发展至关重要[4]。本研究旨在监测和分析珠江三角地区的养殖池塘水质, 通过对池塘水质的监测和分析, 有效提升珠江三角地区养殖池塘的科学管理水平, 推动该地区池塘养殖业的健康发展。

## 2. 材料与方

### 2.1. 采样点概况

对珠三角地区 30 个养殖池塘进行抽样调查监测, 其中包含有 7 个不同养殖模式(或品种), 依据采集的 30 个池塘状况, 大致分为以下几类: 四大家鱼、四大家鱼和鹅混养、四大家鱼与罗非和鸭混养、四大家鱼和其他鱼类混养、草鱼和鸭混养、塘虱鱼、其它鱼类单养(除以上养殖品种外的单养)等。使用 5 L 有机玻璃采水器, 现场采集池塘表层水体(0.3~0.5 m 深度), 装入样品瓶中, 固定后带回室内进行检测分析。于 2021 年 4 月中旬和下旬, 分两次完成所有池塘的环境监测与样品采集。

### 2.2. 水质分析方法

共完成 7 项水体常规理化环境指标的调查监测, 包括: 总磷、总氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮。监测样品的分析方法见表 1。检测方法依据国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会编著的《水和废水监测分析方法》(第 4 版)中所示方法。

$$C_{\text{NH}_3} = 1.216 \times C_{\text{NH}_3\text{-N}} \times f / 100 \quad (1)$$

公式中  $C_{\text{NH}_3}$  为水体中  $\text{NH}_3$  的质量浓度, mg/L;  $C_{\text{NH}_3\text{-N}}$  为水样中  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  的质量浓度, mg/L;  $f$  为  $\text{NH}_3$  的

摩尔百分比, 按照公式(2)计算。

$$f = \frac{100}{10^{pKa-pH} + 1} \quad (2)$$

式中  $Ka$  为水解常数,  $pKa$  为酸度系数( $pKa = -\lg(Ka) = 0.09018 + 2729.92/T$ );  $pH$  值为实测值;  $T$  为热力学温度( $T = t_1 + 273.15$ ,  $t_1$  为调研时水体温度,  $^{\circ}C$ )。

**Table 1.** Monitoring items and analysis methods

**表 1.** 监测项目与分析方法

监测项目	分析方法
总磷	过硫酸钾消解法
总氮	过硫酸钾氧化-紫外分光光度法
硝酸盐氮	紫外分光光度法
亚硝酸盐氮	N-(1-奈基)-乙二胺光度法
氨氮	纳氏试剂比色法

水质指标依据《渔业水质标准》(GB11607-1989), 《渔业水质标准》中没有的指标依据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III 类水质标准。

### 2.3. 水质评价方法

#### 1) 单项指标的评价描述

本报告主要依据《渔业水质标准》(GB 11607-1989)进行单项指标的评价描述;《渔业水质标准》未列明的指标,依据《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) III 类水质标准进行判定;以上两项标准中均为列明的指标,参考相应的文献技术资料中的限定值(见表 2)。

**Table 2.** Limit value of detection parameters

**表 2.** 检测参数限定值表

指标 Indexes	限定值 Limit value
pH	6.50~8.50
NH <sub>3</sub>	≤0.02 mg/L
DO	≥5.0 mg/L
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	≤1.00 mg/L
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	≤0.15 mg/L
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	≤1.00 mg/L
TN	≤1.00 mg/L
TP	≤0.20 mg/L
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	≤0.20 mg/L
COD <sub>Mn</sub>	≤6.00 mg/L

评价方法依据《农用水源环境质量监测技术规范》(农业部环境监测总站 2000), 采用单项污染指数 ( $P_i$ ) 进行单项评价, 采用综合污染指数 ( $P_j$ ) 对整体的水环境质量进行评价。

单项污染指数计算公式为:

$$P_i = \frac{C_i}{C_{i0}} \quad (3)$$

式中  $P_i$  为水环境中污染物  $i$  的污染指数;  $C_i$  为水环境中污染物  $i$  的实测值;  $C_{i0}$  为水环境中污染物  $i$  的限量标准值。  $P_i \leq 1$  表示水环境未受污染, 指标合格,  $P_i =$  计算值;  $P_i > 1$ , 表示水环境受到污染, 指标不合格,  $P_i = 1.0 + 5 \times \lg(\text{计算值})$  (祁萍等, 2013)。

综合污染指数  $P_j$  计算公式为:

$$P_j = \left[ \frac{P_{max}^2 + P_{ave}^2}{2} \right]^{0.5} \quad (4)$$

式中  $P_{max}$  为最大单项污染指数,  $P_{ave}$  为平均单项污染指数依据水体环境综合污染指数。

## 2) 分析评价监测参数的限定值

该研究中  $\text{NH}_3$  的限定值分别取 0.02 mg/L; DO 的限定值采用 5.0 mg/L, 高于 5.0 mg/L 为合格, 低于 5.0 mg/L 按超标计算;  $\text{NO}_3^-$ -N、 $\text{NO}_2^-$ -N 的限定值分别取 1.00 mg/L 和 0.15 mg/L; 其余参数  $\text{NH}_4^+$ -N、TN、TP、 $\text{PO}_4^{3-}$ -P (以不超过 TP 标准限值)。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 不同养殖模式(品种)池塘水体总氮(TN)和总磷(TP)状况与分析

从图 1 可知, TN 含量由高到低的排列顺序为: 鱼类单养 > 塘鲢鱼 > 四大家鱼和鹅混养 > 四大家鱼和其他鱼类混养 > 草鱼和鸭混养 > 四大家鱼与罗非和鸭混养 > 四大家鱼; 从图 2 可知, 总磷含量由高到低的排列顺序为: 四大家鱼和鹅混养 > 塘鲢 > 四大家鱼与罗非和鸭混养 > 四大家鱼 > 草鱼和鸭混养 > 四大家鱼和其他鱼类混养 > 鱼类单养。

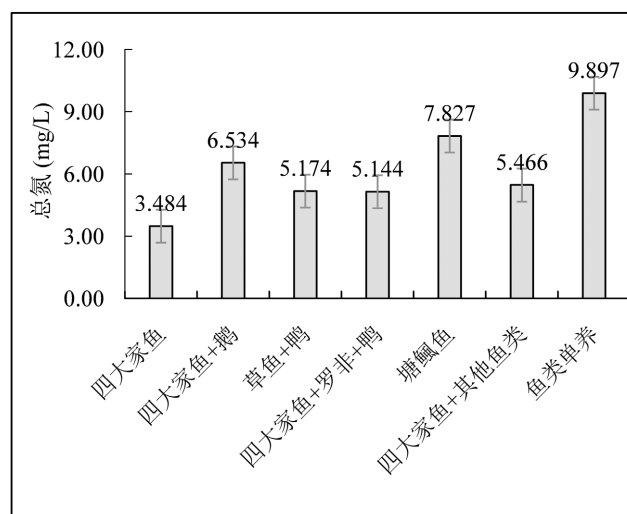


Figure 1. Total nitrogen status of different breeding models (varieties)  
图 1. 不同养殖模式(品种)TN 状况

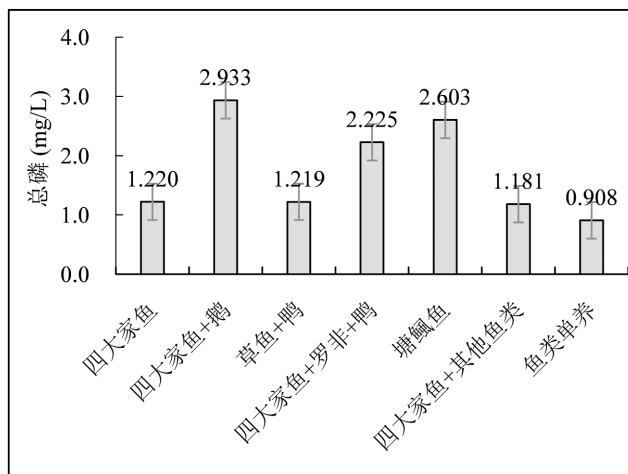


Figure 2. Total phosphorus status in different culture models (varieties)

图 2. 不同养殖模式(品种)TP 状况

水产养殖系统的氮磷主要来自饵料、饲料、肥料、放养生物、降水和生物固氮作用等[5]。不同养殖模式和放养品种，氮、磷含量有所差异。池塘共养鸭、鹅会大大提升氮磷输入；精养塘鲺塘，由于放养密度和投喂量等原因，导致 TN、TP 含量增加；而合理混养可以提高饲料的利用率，使饲料中的氮磷尽可能多的转化到养殖动物体内作为产品输出，减少氮磷污染，提高经济效益。

### 3.2. 不同养殖模式(品种)池塘水体氨氮( $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ )、硝酸盐( $\text{NO}_3^- - \text{N}$ )和亚硝酸盐( $\text{NO}_2^- - \text{N}$ )状况与分析

从图 3、图 4、图 5 可以看出，鱼类单养池塘水体 TN、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$  含量最高，是因为单养模式投喂高蛋白饲料，品种单一、食物网结构简单，不能及时将剩余残饵、粪便吸收利用；塘鲺池塘水体缺乏藻类、溶氧不足，氮循环受阻，导致  $\text{NH}_4\text{N}$  最高、 $\text{NO}_2\text{N}$  最低；饲料是池塘氮的主要来源，四大家鱼混养池塘生物多样性高，饲料中的蛋白可以直接或者间接的转化成鱼体蛋白，减少营养物质的浪费，所以四大家鱼池塘水体三态氮含量均较低；而四大家鱼共养鸭、鹅和其他鱼类的池塘，其放养密度的高低，会不同程度的影响水体中氮的含量和循环。

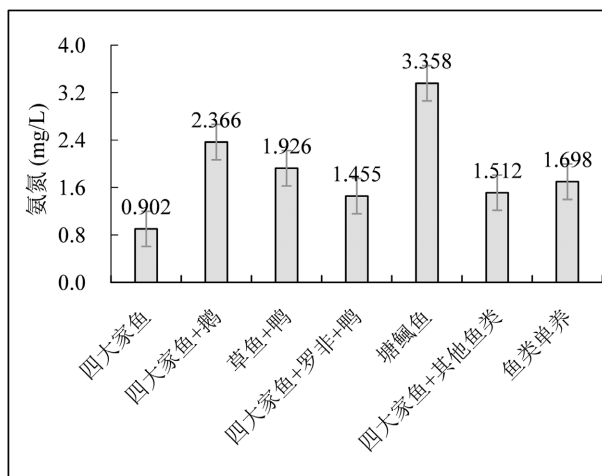
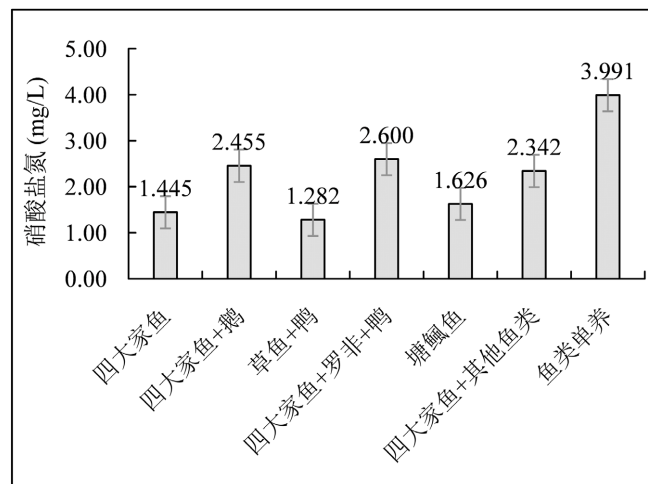
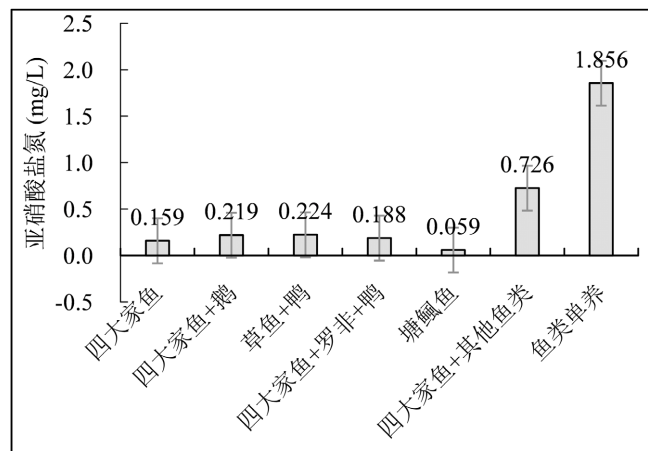


Figure 3. Changes of ammonia nitrogen in ponds of different culture modes (varieties) sampled

图 3. 抽样的不同养殖模式(品种)池塘水体氨氮变化状况



**Figure 4.** Changes of nitrate nitrogen in ponds of different culture modes (varieties) sampled  
**图 4.** 抽样的不同养殖模式(品种)池塘水体硝酸盐氮变化状况



**Figure 5.** Changes of nitrite nitrogen in ponds with different culture models (varieties)  
**图 5.** 不同养殖模式(品种)池塘水体亚硝酸盐氮变化状况

#### 4. 讨论

对广东珠三角地区的水产养殖进行了池塘环境分析(表 3), 以提供优化水产养殖业的建议。通过比较分析总氮、总磷、氨氮等指标, 发现养殖塘虱鱼的池塘和四大家鱼 + 鸭(鹅)等立体养殖方式的池塘存在严重的水体富营养化问题, 需要注意水质调控管理。可能是这些品种或模式下的池塘溶氧低于其他品种(模式), 导致营养物质如氮、磷等有机质的含量较高。此外, 单一品种养殖可能由于对饵料利用率较低而导致池塘水体污染物增加。对于发展特色立体养殖的池塘, 需要加强对立体化养殖对象数量、投饲量的管理, 及时清运残饵、粪便等废弃物, 并考虑发展多品种鱼类的混养模式。

根据淡水养殖废水排放标准(SC/T9101-2007)二级标准, 对现有池塘的水体排放进行了预测性评价。结果显示, 大部分抽样的养殖池塘中总氮、总磷含量不能达到排放标准, 其中总磷问题较为严重。氮、磷超标会导致水体富营养化和有害藻类大量增殖, 进而引发人类健康安全。由于氮物质易溶于水且自然界的一些生物具有固氮作用[6], 相对于氮, 磷的污染控制较为困难。在净化水体的生物技术方法中, 水体中的氮物质含量也会减少[7]。因此, 为了避免对环境 and 人类健康造成危害, 富含磷物质的废水在排放前需要进行除磷处理。

**Table 3. Results of sampling analysis of pond environment in different culture modes (varieties)**  
**表 3. 不同养殖模式(品种)池塘环境抽样分析结果**

项目	四大家鱼			四大家鱼 + 鳊			草鱼 + 鸭			四大家鱼 + 罗非 + 鸭			塘虱鱼			四大家鱼 + 其他鱼类			其它鱼类单养			限定值*
	平均值	超标率	最大超标倍数	平均值	超标率	最大超标倍数	平均值	超标率	最大超标倍数	平均值	超标率	最大超标倍数	平均值	超标率	最大超标倍数	平均值	超标率	最大超标倍数	平均值	超标率	最大超标倍数	
NH <sub>3</sub>	0.03	55%	2.72	0.16	71%	39.13	0.08	67%	7.35	0.08	100%	5.08	0.09	50%	7.01	0.02	50%	0.41	0.07	100%	5.08	0.02
DO	6.34	27%	1.71	3.73	100%	-	6.51	67%	1.10	6.75	-	0.68	4.11	100%	-	6.12	50%	0.85	5.74	-	0.28	5.00
NO <sub>3</sub> N	1.45	83%	1.85	2.46	71%	4.91	1.28	33%	1.77	2.60	100%	1.79	1.63	50%	2.05	2.34	50%	3.33	3.99	100%	3.42	1.00
NO <sub>2</sub> N	0.16	45%	2.14	0.22	29%	2.72	0.22	67%	1.32	0.19	50%	0.94	0.06	-	-	0.73	100%	5.76	1.86	100%	12.26	0.15
NH <sub>4</sub> N	0.90	27%	0.58	2.37	43%	5.42	1.93	67%	1.81	1.46	50%	1.25	3.36	50%	5.04	1.51	50%	1.44	1.70	100%	1.25	1.00
TN	3.48	100%	4.12	6.53	100%	9.30	5.17	100%	5.87	5.14	100%	4.41	7.83	100%	7.86	5.47	100%	6.07	9.90	100%	10.12	1.00
PO <sub>4</sub> P	0.84	100%	4.44	2.13	100%	27.62	0.86	100%	6.31	1.69	100%	8.69	2.33	100%	17.19	1.10	100%	5.77	0.75	100%	3.35	0.20
TP	1.22	100%	8.50	2.93	100%	42.68	1.22	100%	8.20	2.23	100%	13.22	2.60	100%	19.45	1.18	100%	6.37	0.91	100%	3.67	0.20

\*依据渔业水质标准(GB 11607-89); 该标准中未给出的指标, 依据地表水环境质量标准(GB 3838-2002) III 类标准; 以上标准中均为给出的指标, 参考相关文献中的数值, (其中, PO<sub>4</sub>P 以不高于 TP 限值标准值标准计)。

另外, 珠江三角地区池塘养殖目前仍是以个体户养殖为主, 规模化、集成化和片区化不够, 养殖池塘分布较为分散。养殖过程中存在依赖经验、体力和天气等问题, 导致水资源利用率和劳动生产率较低, 与国内外先进水平存在较大差距[8]。养殖水体中营养物质和有机质含量较高, 可能导致水质恶化和病害频发, 增加养殖风险和水产品质量安全隐患[9]。部分池塘还存在立体化或塘基禽类配养, 进一步加剧了水体的富营养化程度。

## 5. 结论

通过抽样调查监测发现, 珠江三角地区养殖水域富营养化较为严重, 既要“金山银山”又要“绿水青山”, 水产养殖同样如此。要解决珠江三角地区池塘养殖可持续发展, 首先要加强从业人员的引导帮扶, 树立科学的养殖观念, 杜绝为了追逐利益, 而牺牲水域生态环境。

其次, 在养殖品种和模式的选择上, 可以选择多种类间养、轮养、混养, 增加复养指数和食物链营养级水平, 提高水体空间及氮磷的利用率[5], 通过多元化能量循环途径的建立, 有效提高系统的能量利用与转化效率。因此, 摸索、发展多品种综合养殖系统, 是减少养殖水域生态负载率的有效途径, 是防治水体富营养化的有效措施。

## 参考文献

- [1] 黄世明, 陈献稿, 石建高, 等. 水产养殖尾水处理技术现状及其开发与应用[J]. 渔业信息与战略, 2016, 31(4): 278-285.
- [2] 钟小庆, 李宁玉, 何志超, 等. 珠三角, 淡水池塘养殖的天堂[J]. 渔业致富指南, 2018(13): 16-20.
- [3] 刘乾甫, 赖子尼, 杨婉玲, 等. 珠三角地区密养淡水鱼塘水质状况分析与评价[J]. 南方水产科学, 2014(6): 36-43.
- [4] 周劲风. 珠江三角洲基塘式水产养殖的水环境影响和养殖容量研究[D]: [博士学位论文]. 广州: 中山大学, 2005.
- [5] 王申, 高珊珊, 蒋力, 等. 水产养殖系统氮磷营养盐收支及其生态影响研究[J]. 水产学杂志, 2018, 31(5): 50-57.
- [6] 王秀云. 生物固氮的作用机理和应用[J]. 经济技术协作信息, 2006(15): 58.
- [7] 毛洪顺, 常顺, 马永刚. 养鱼水体中氨氮含量过高的控制方法[J]. 科学养鱼, 2006(7): 20.
- [8] 高培国, 陆文燕, 张枫, 等. 秀洲区水产养殖尾水治理现状, 存在问题及下一步打算[J]. 科学养鱼, 2021(6): 3-4.
- [9] 周德庆, 姚建华. 养殖水产品质量安全与渔业可持续发展[C]. 2009 年全国海水养殖学术研讨会论文集. 2009: 18-28.