

河南中牟县万滩镇养殖池塘水质现状分析与评价

焦宝玉¹, 贾砾¹, 曾令春², 张凤枰^{1,3*}, 刘耀敏¹, 张特¹, 范小敏²

(1. 通威股份有限公司水产畜禽营养与健康养殖农业部重点实验室, 四川 成都 610041; 2. 河南通威饲料有限公司, 河南 新乡 453000; 3. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

摘要:为摸清河南中牟县万滩镇地区养殖水体区域性问题,降低养殖风险,于2014年3—11月对实验池塘18项水质指标进行跟踪,并利用变异系数法进行分析、评价,从而为池塘水质评价和水质过程管理提供科学量化的依据。结果表明,亚硝酸盐氮、氨氮、硝酸盐氮、透明度、活性磷、浊度、溶氧、氧化还原电位等8项指标权重之和达到了80%,综合考虑监测指标间的关联关系和实际情况,最终确定以亚硝酸盐氮、氨氮、硝酸盐氮、透明度、活性磷、溶氧、温度、pH等8项指标为池塘日常管理监控因子。该地区主要指标变化范围为:氨氮0~1.0 mg/L,亚硝酸盐氮0~0.5 mg/L,硝酸盐氮0~3.5 mg/L,透明度10~40 cm,活性磷0.1~0.8 mg/L,溶解氧3~9 mg/L,水温16.9~29.2℃和pH7.22~8.85。该地区池塘在养殖前期出现高pH的现象,是各项因素叠加的综合结果;养殖中后期应重点关注水体的脱氮处理,预防长期高浓度氨氮、亚硝酸盐氮等毒性指标累积带来的风险。本研究为开展针对性的池塘水质调节和养殖过程管理提供参考依据。[中国渔业质量与标准, 2016, 6(4):44-51]

关键词:水质;分析评价;养殖池塘;变异系数法;河南中牟县万滩镇

中图分类号:S91;X171.5

文献标志码:A

文章编号:2095-1833(2016)04-0044-08

渔业水体质量不但是渔业生产的重要物质基础,而且直接关系水产品质量安全,涉及渔业灾害发生的频率和强度,对渔业可持续发展起决定性作用^[1]。在水产养殖中,养殖水体环境质量好坏与水产动物的生长紧密关联,其直接影响到养殖效益^[2]。因此,弄清楚一个地区的池塘水质现状,对于开展针对性的池塘水质调节和养殖过程管理具有重要的意义。

池塘水质监测的常见指标主要包括温度、溶解氧、无机氮和活性磷含量、pH等。水温随季节变化,其高低影响池塘生物活性及鱼群的进食。溶解氧是池塘水体中鱼类、浮游动物、微生物等生物体的必要因素,其水平的高低直接影响养殖效益,也是养殖户最为关注的一项指标^[3]。池塘水体中无机氮及活性磷是浮游植物的主要营养元素,无机氮主要以氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮的形式存在于水体中^[4],长期高浓度氮污染鱼体免疫力下降,从而出现细菌性感染等疾病问题。鱼群对pH有一定的耐受范围,且pH间接影响池塘氨氮中分子氨的比例,pH越高分子氨比例越大,对鱼群毒性越大^[5]。国外研究者已对养殖池塘水体变化规律和调控做了大量研究,评价了

部分指标的价值和意义^[6-7]。国内池塘水质评价的研究方向包括水质预警模型建立^[8-9]、污染指数法评价^[2]等,其中都涉及到评价指标的选取。实际生产活动中,养殖户及水产技术服务人员无法测量全部要素,只能重点监控部分水质指标。变异系数法确定指标权重是利用各项指标所包含的信息,通过变异系数计算得到指标的权重,是一种客观赋权的方法,在评价指标体系中,指标取值差异越大的指标,也就是越难以实现的指标,这样的指标更能反映被评价单位的差距^[10]。

中牟县位于河南省中部偏北,处于黄河中游地区,属典型的中纬度暖温带大陆性季风气候,为国家三类光照区域^[11],素来以出产黄河鲤出名^[12],现阶段的主要养殖品种为鲤、斑点叉尾鲴、团头鲂等,目前仍然以传统养殖户散养为主,养殖过程管理以治标为主。本研究选取18项检测指标,了解各种指标在养殖过程中的周期变化规律,在此基础上采用变异系数法研究关键性影响因子^[10],旨在为该地区各项水产养殖技术开展提供基础数据支持,以降低养殖风险、提高养殖效益。

收稿日期:2016-02-03; **接收日期:**2016-04-20

资助项目:四川省科技支撑计划项目(2016NZ0068);四川省青年科技创新研究团队专项计划项目(2015TD0024)

作者简介:焦宝玉(1987-),硕士,工程师,主要从事水产养殖环境监测、饲料和水产品质量安全研究,jiaoby@ tongwei. com

通信作者:张凤枰,研究员,研究方向为水产品营养与安全,fengpingzhang@ 163. com

1 材料与方法

1.1 样品采集及分析

根据养殖池塘的分布,可以把万滩镇划分为5个池塘相对集中的区域,在每个区域选取1~3个池塘作为跟踪采样点位,点位分布和各池塘详细情况分别见图1和表1。

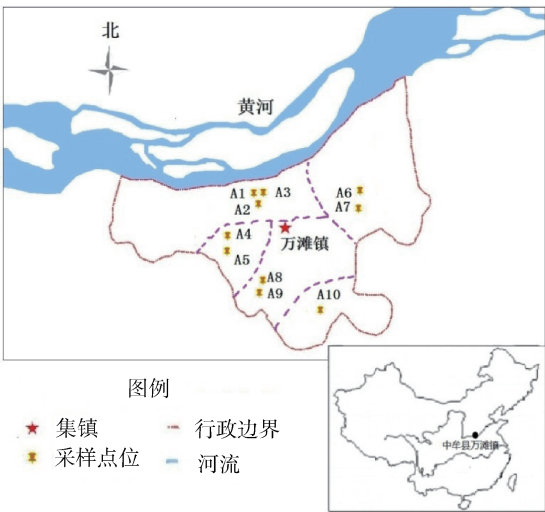


图1 研究区位置及采样池塘分布

A1,A3~A4和A6~A10为传统土池;A2,A5为覆膜池。

Fig.1 Distribution of sampling ponds in the studied area

A1,A3~A4 and A6~A10 is traditional earthen ponds;A2,A5 is covered ponds.

样品采集流程依据 HJ 493—2009《水质采样样品的保存和管理技术规定》、HJ 494—2009《水质采样

技术指导》和 HJ 495—2009《水质采样方案设计技术规范》,表层水样采集深度为水面下 50cm,采样时间为 08:00~11:00 之间,采集水样位置为料台,采集单样,非投食期间取样,检测频率为每周 2 次或每月 2 次(表 2)。

水样分析包括现场测试和实验室分析。现场测试指标包括 pH、温度、溶解氧(DO)、盐度、电导率、总溶解固体(TDS)、氧化还原电位(ORP)和透明度;实验室分析指标包括氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、活性磷、硫酸盐、总碱度、总硬度、浊度、钙硬度和氯化物。

指标检测设备包括 HACH DR900 便携式水质分析仪、HACH 数字滴定器、HACH HQ40D 双通道主机、百灵达 2100Q 浊度仪、透明度盘,及相配套的溶氧、pH、盐度、ORP 探头和各项指标检测预制试剂,具体检测方法原理见表 2。

1.2 水质现状及变化规律分析方法

水质指标项目众多,不同指标在养殖周期中可能出现变化,通过对整个养殖周期中指标的跟踪监测,可以直观地发现指标的变化趋势和规律。

假定数据库共包含 i 个样品,每个样品检测 j 项指标,以半月为时间周期单位,计算该时间单位内所有池塘(1~ i)指标 j 检测数据的平均值 $\bar{b}_{ij}$, $\bar{b}_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n b_{ij}$;及标准差 M , $M = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n (b_{ij} - \bar{b}_{ij})^2}$;式中 b_{ij} 为该时间单位内 j 指标所有池塘第 n 次检测的数据。本研究中共 10 个池塘样品, $i=1,2,\cdots,10$;共 18 项分析指标, $j=1,2,\cdots,18$;共 10~40 次采样, $n=1,2,\cdots,40$ 。

表 1 养殖池塘主要参数
Tab.1 Principal parameters of aquaculture ponds

池塘编号 Ponds No.	主养鱼种 Fish varieties	水深/m Depth	面积/hm ² Area	放苗密度/ [尾·(0.067 hm ²) ⁻¹] Density	放苗规格/ (g·尾 ⁻¹) Size	机械功率/ [kW·(0.067 hm ²) ⁻¹] Machinery power
A1	斑点叉尾鮰	1.0	0.87	1 500	200	1.00
A2	鲤	2.6	0.93	3 500	142	1.50
A3	鲤	0.8	0.87	2 000	60	1.00
A4	鲤	1.2	0.53	2 000	48	1.00
A5	鲤	2.4	0.80	3 000	35	1.75
A6	鲤	1.2	0.60	2 000	25	1.00
A7	团头鲂	1.2	0.80	1 600	48	1.00
A8	鲤	1.2	0.47	2 000	2.5	1.00
A9	斑点叉尾鮰	1.2	0.80	1 700	300	1.00
A10	鲤	1.6	0.67	2 100	23	1.00

表 2 水质指标检测方法
Tab.2 Detection of water quality indicators

序号	检测项目	方法原理	检测频率
No.	Item	Principle	Frequency
1、2	pH、温度	电极法 ^[13]	每周 2 次
3	溶解氧	荧光法 ^[13]	每周 2 次
4-6	电导率、盐度、总溶解固体	电极法 ^[13]	每周 2 次
7	氧化还原电位	电极法 ^[13]	每周 2 次
8	氨氮	纳氏试剂比色法 ^[13]	每周 2 次
9	亚硝酸盐氮	重氮化法、分光光度法 ^[13]	每周 2 次
10	钙硬度	EDTA 配位滴定法、滴定法 ^[13]	每月 2 次
11	活性磷	钼酸反应法、分光光度法 ^[13]	每周 2 次
12	硫酸盐	硫酸钡沉淀、分光光度法 ^[13]	每月 2 次
13	氯化物	铬反应、滴定法 ^[13]	每月 2 次
14	硝酸盐氮	镉还原重氮法、分光光度法 ^[13]	每周 2 次
15	总碱度	酸中和滴定法 ^[13]	每月 2 次
16	总硬度	EDTA 滴定法 ^[13]	每月 2 次
17	浊度	比色法 ^[13]	每月 2 次
18	透明度	塞氏盘法 ^[13]	每周 2 次

1.3 变异系数法优化水质评价指标

利用变异系数法^[9]优化水质评价指标。
假定数据库共包含 i 个样品,每个样品检测 j 项指标。

1)计算第 i 个样品 j 个评价指标的变异系数 δ_{ij} 。
$$\delta_{ij} = D/\bar{a}_{ij} \tag{1}$$

式(1)中: δ_{ij} 为第 i 个样品 j 个评价指标的变异系数; D 为第 i 个样品、第 j 项评价指标所有样本数据的标准差, $D = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{k=1}^k (a_{ijk} - \bar{a}_{ij})^2}$; $\bar{a}_{ij}$ 为第 i 个样品、第 j 项评价指标所有样本数据的平均值, $\bar{a}_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k a_{ijk}$; k 为第 i 个样品、第 j 项评价指标的第 k 次测量; a_{ijk} 为第 i 个样品、第 j 项评价指标、第 k 次的测量结果。

2)分析 i 个不同样品 j 指标变异系数的一致性 δ_j ,通过以 δ_{ij} 的变异系数评价该指标在 i 个样品中变化程度是否具有相同的规律,并计算 j 指标在 i 个不同样品的变异系数均值 δ_{ij} 。

$$\delta_j = S/\bar{\delta}_{ij} \tag{2}$$

式(2)中 S 为第 j 项指标变异系数的标准差 $S = \sqrt{\frac{1}{i} \sum_{i=1}^i (\delta_{ij} - \bar{\delta}_{ij})^2}$; $\bar{\delta}_{ij} = \frac{1}{i} \sum_{i=1}^i \delta_{ij}$ 。

3)计算第 j 项指标的权重,判断各项指标在池塘水质评价中的重要度 w_j 。

$$w_j = \bar{\delta}_{ij} / \sum_{j=1}^j \bar{\delta}_{ij} \tag{3}$$

本研究中共 10 个池塘样品, $i=1,2,\cdots,10$;共 18 项分析指标, $j=1,2,\cdots,18$;共 13~52 次采样, $k=1,2,\cdots,52$ 。

2 结果与分析

2.1 水质指标变化规律及趋势

在养殖周期中,水质指标从前期至后期出现变化,为代表性表达研究区域池塘各项指标的整体变化趋势,以半月为时间单位,每个节点数据均为所有 10 口池塘半月内采样结果的综合均值和标准差,即以 $\bar{b}_{ij} \pm M$ 为各项指标的特征值,按月份轴向作图,用折线图展示各项指标在养殖周期内的变化趋势。图 2a~图 2f 为万滩镇 10 口养殖池塘各项水质指标的综合变化趋势图。

2.1.1 水温和溶解氧

从图 2a 可知池塘水温变化幅度在 16.9~29.2℃,最低值出现在 4 月初,最高值在 7 月底。从 4 月初开始鱼苗下塘,至 10 月份陆续卖鱼,水温先上升后下降。池塘水的溶解氧质量浓度在 4.64~10.16mg/L 之间变化,最高值出现在 4 月初,最低值出现在 8 月初(图 2a)。该地区池塘溶解氧在养殖周期开始阶段溶解氧处于高水平 9 mg/L,在养殖中期溶解氧下降并维持在 5 mg/L 附近,进入养殖末期溶解氧又上升约 3 mg/L。刘曼红等^[8]研究表明,鲤等适宜溶氧水平分布范围在 3~

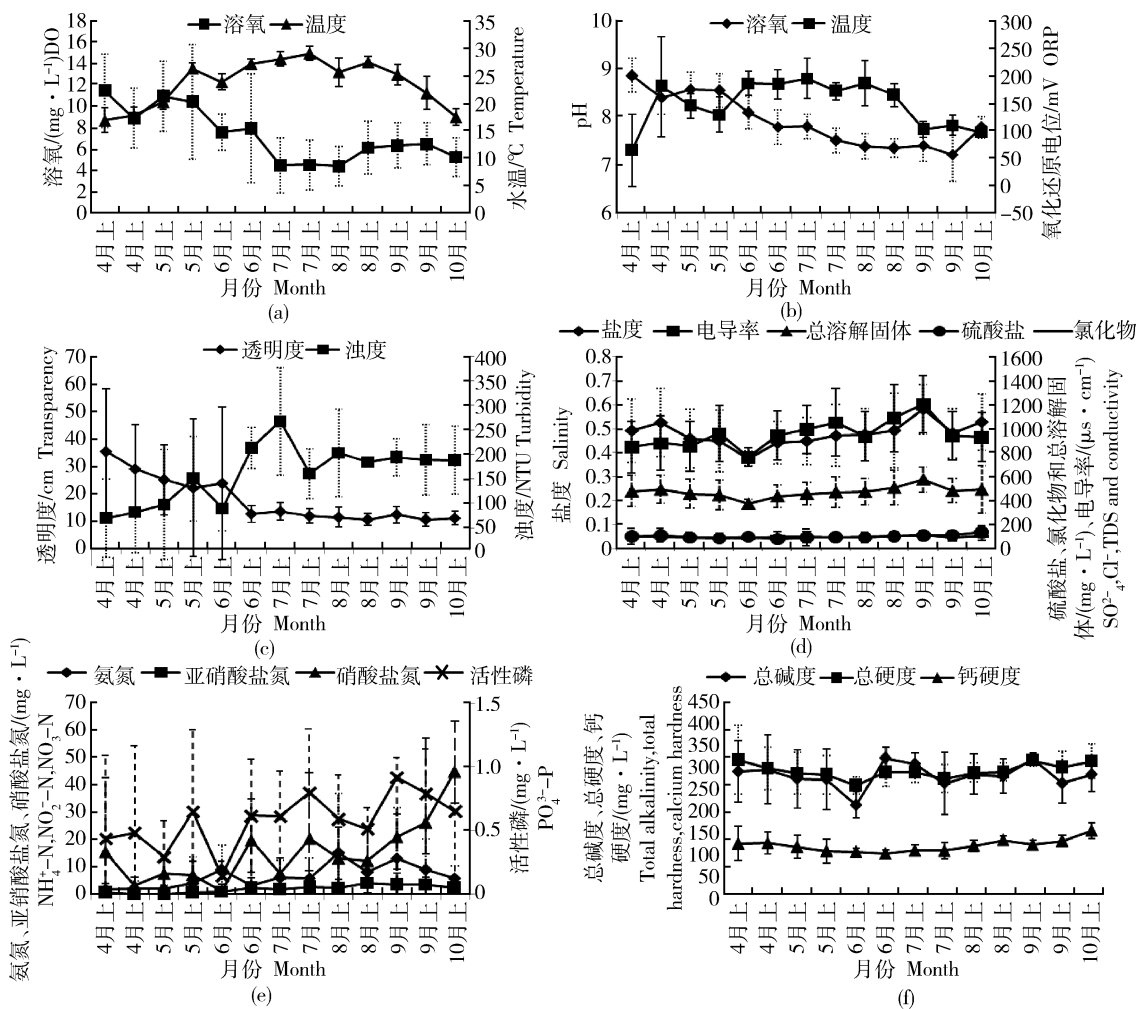


图 2 养殖池塘指标变化趋势

Fig. 2 Change trends of water quality indicators in aquaculture ponds

6mg/L,可见该池塘在4~6月份,溶解氧含量偏高,这可能是由于养殖前期池塘载鱼量低,投饵量少,微生物生物量低,各种生物呼吸作用弱,耗氧速率显著低于光合作用产氧,从而水体溶氧偏高。

2.1.2 pH与氧化还原电位

池塘水pH是在光合作用和呼吸作用下水体中碳酸盐平衡发生变化后的直观体现;氧化还原电位反映池塘的氧化性,一般情况下池塘电位越高,表明水质状况越好。从图2b可知池塘水pH后期变化幅度在7.22~8.85,基本符合国家《渔业水质标准》要求6.5~8.5,但养殖前期pH偏高,部分池塘晴朗天气下午pH甚至达到10以上,这将对鱼体产生很大的危害。

氧化还原电位在97~194 mV之间变化,在养殖前期池塘水质不稳定,ORP波动较大,养殖中期水质较稳定,ORP维持在180 mV左右,进入养殖后期呈

现下降的趋势。根据田功太等^[14]研究表明池塘中ORP是一项综合性指标,池塘水体ORP越高说明水体氧化能力越强,水体中有机物或无机物被氧化越彻底,水质越优。本研究中ORP值在整个养殖周期中都较高,表明池塘水体都处于氧化状态,水质状况较好。

2.1.3 透明度和浊度

传统养殖过程中,往往以透明度指标反映池塘水中藻类密度,由于测量中仅通过人眼观察临界点容易存在一定的误差。在本实验中,跟踪了池塘水的浊度指标,以仪器分析的手段检测池塘水的透光性。从图2c可以看出,池塘水透明度从前期的40 cm下降到中期10 cm左右后,一直维持在该水平,观察浊度指标可以发现,其变化趋势基本与透明度变化趋势相反,在前期69 NTU逐渐上升到中期的200 NTU,之后一直维持在这个值。据刘曼红等^[8]研究表明池塘透

明度水平在 25 ~40 cm 范围内为优,15 ~25 cm 或 60 ~40 cm 为良,10 ~15 cm 或 60 ~80 cm 为中,其余分布为差或极差;判断本研究中池塘透明度分布均落在中上水平,整体控制较好。

2.1.4 盐度、电导率、TDS、硫酸盐及氯化物

硫酸盐和氯化物是池塘水中阴离子的主要组成成分,不同地区池塘的含量不同。从图 2d 可知,该地区池塘水中硫酸盐和氯化物的质量浓度在整个养殖周期内变化幅度很小,氯化物维持在 94 mg/L,硫酸盐维持在 98 mg/L。据《地表水环境质量标准》^[15],适用于水产养殖区的三类水质中未规定硫酸盐和氯化物限值,其中集中式生活饮用地表水源地补充项目标准限值,包含硫酸盐和氯化物限值为 250 mg/L,据此判断本研究区域水体中此两项指标未超出限值,满足要求。

盐度、电导率、TDS3 项指标为关联指标,从图 2d 中可以看出池塘水的盐度约为 0.48,属典型的地表水体,且全年稳定。

2.1.5 氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮及活性磷

从图 2e 可知,在整个养殖周期中,氨氮平均水平从前期的 0.2 mg/L 左右逐渐上升到后期的 1.0 mg/L。养殖前期,池塘水中亚硝酸盐氮含量一般低于

0.1 mg/L 的水平,进入养殖中后期,池塘中亚盐水平逐渐上升,在 0.3 ~0.5 mg/L 之间波动。在养殖周期内无机氮含量呈现从低到高的变化趋势,养殖中期以氨氮的形成存在,养殖后期主要以硝酸盐的形式存在,其次为亚硝酸盐氮。

池塘在整个养殖周期中磷酸盐含量均维持在 0.5 mg/L 左右。吴雅丽等^[16]研究表明水体中磷酸盐含量低于 0.2 mg/L 时其才可能成为限制因子,另据蔡煜东等^[17]、孙庆业等^[18]关于水质富营养化的评价标准,本研究区域池塘大多数池塘已处于富营养化或极富营养化水平。

2.1.6 总碱度、总硬度及钙硬度

从图 2f 可以看出,万滩镇养殖池塘水体均属于高硬度和高碱度水体,整个养殖周期内变化幅度不大,总硬度约为 290 mg/L (CaCO₃),总碱度平均值为 280 mg/L (CaCO₃),钙硬度平均值为 114 mg/L (CaCO₃)。

2.2 基于变异系数法的池塘理化指标权重分析

采用变异系数法对该地区 10 口池塘、18 项水质指标测定结果进行处理,依据公式(1)计算各口池塘不同指标的变异系数,结果见表 3。

表 3 水质指标变异系数
Tab.3 The coefficient of variation of water quality indicators

项目 Item	A1 (i = 1)	A2 (i = 2)	A3 (i = 3)	A4 (i = 4)	A5 (i = 5)	A6 (i = 6)	A7 (i = 7)	A8 (i = 8)	A9 (i = 9)	A10 (i = 10)	δ_j	$\bar{\delta}_{ij}$
温度(j = 1)	0.19	0.24	0.21	0.26	0.21	0.21	0.20	0.24	0.22	0.21	0.10	0.21
溶氧(j = 2)	0.56	0.54	0.55	0.49	0.67	0.65	0.62	0.49	0.58	0.41	0.14	0.52
pH(j = 3)	0.10	0.07	0.09	0.08	0.05	0.06	0.05	0.08	0.06	0.07	0.24	0.09
盐度(j = 4)	0.12	0.06	0.14	0.09	0.09	0.08	0.11	0.09	0.13	0.12	0.25	0.12
电导率(j = 5)	0.16	0.15	0.29	0.18	0.08	0.11	0.17	0.19	0.26	0.19	0.36	0.19
TDS(j = 6)	0.11	0.07	0.21	0.09	0.09	0.34	0.11	0.07	0.21	0.12	0.60	0.18
ORP(j = 7)	0.57	0.54	0.18	0.56	0.50	0.30	0.24	0.15	0.26	0.53	0.45	0.39
透明度(j = 8)	0.21	0.83	0.37	0.79	1.55	0.72	1.32	0.62	0.35	1.05	0.55	0.76
氨氮(j = 9)	0.66	2.04	1.79	1.10	1.55	0.83	1.22	1.50	1.62	1.52	0.31	1.28
亚硝酸盐氮(j = 10)	1.59	1.20	0.96	1.24	2.20	1.78	1.41	2.95	1.34	1.28	0.37	1.48
硝酸盐氮(j = 11)	1.14	1.13	0.93	1.43	1.52	1.73	1.00	1.03	1.11	1.04	0.22	1.12
硫酸盐(j = 12)	0.38	0.14	0.24	0.26	0.56	0.22	0.21	0.20	0.26	0.41	0.44	0.30
活性磷(j = 13)	0.67	0.62	0.37	0.76	0.66	0.55	0.91	0.79	0.99	0.80	0.25	0.67
总碱度(j = 14)	0.04	0.07	0.15	0.26	0.09	0.14	0.09	0.23	0.10	0.11	0.54	0.17
总硬度(j = 15)	0.08	0.20	0.08	0.15	0.13	0.09	0.08	0.12	0.09	0.08	0.36	0.13
钙硬度(j = 16)	0.21	0.20	0.19	0.16	0.29	0.25	0.14	0.21	0.14	0.16	0.24	0.20
氯化物(j = 17)	0.10	0.12	0.11	0.16	0.20	0.05	0.09	0.04	0.12	0.18	0.46	0.15
浊度(j = 18)	0.26	0.63	0.40	0.82	0.71	0.81	1.20	0.65	0.81	0.47	0.39	0.65

依据公式(2)计算 δ_j ,分析 10 口实验池塘各项指标变异系数 δ_j 的一致性,可以判断该项指标的变化情况在不同池塘变化规律是否相同。从表 1 可以看出,除总溶解性固体、透明度和总碱度 3 项指标小于 0.60 外,其他 15 项指标的塘间差异都小于 0.50,表明不同池塘相同指标变化差异基本在同一水平,即可用实验池塘的数据样本代表该研究区域内整体养殖池塘的水质变化规律。

从表 1 可以看出,不同池塘 j 指标变异系数 δ_{ij} 呈现明显差异,部分指标在整个养殖周期内变化很大,部分指标波动幅度不大,因此在日常管理中针对波动幅度不大的相关指标,只需在养殖周期开始时初步了解水质属性,而变化大的指标应是日常管理中需要重点注意和关注的影响因子。通过公式(3)计算不同指标的分布权重 w_j ,结果见表 4。

表 4 水质指标权重

Tab.4 Index weights of water quality

指标 Index	权重 $w_j/\%$ Weights	指标 Index	权重 $w_j/\%$ Weights
亚硝酸盐氮	17.22	温度	2.42
氨氮	14.92	钙硬度	2.32
硝酸盐氮	12.95	电导率	2.25
透明度	8.84	TDS	2.13
活性磷	7.80	总碱度	1.94
浊度	7.55	氯化物	1.72
溶氧	6.01	总硬度	1.54
ORP	4.52	盐度	1.37
硫酸盐	3.49	pH	1.01

从表 4 可以看出,亚硝酸盐氮、氨氮、硝酸盐氮、透明度、活性磷、浊度、溶氧和 ORP 等 8 项指标权重之和达到了 80%。

池塘中饲料是 3 类无机氮(亚硝酸盐氮、氨氮、硝酸盐氮)的重要来源,池塘中由于饲料残渣及鱼群消化排泄废物的产生量、池塘中藻类同化的流转、细菌的氮处理能力等不同因素具有高度不确定性,导致池塘中无机氮分布量时刻发生变化,因此无机氮指标在权重分布中具有很大的比重(45.09%)。透明度与浊度指标均间接体现池塘中浮游植物的量,由于天气、营养盐水平等改变,池塘中藻类密度发生变化,因此分别占 8.84% 和 7.55% 的比重。活性磷是池塘中浮游植物生长的必需营养元素,投料量、藻类吸收等因素的不确定,导致磷水平波动。溶解氧是鱼群生存

的必备条件,溶解氧受到池塘载鱼量、浮游生物活性、光照等多因素影响,变化幅度大,比重占到 6.01%。ORP 值代表池塘水体的氧化还原性,一般情况下水体中溶解氧越充足,池塘 ORP 值越高,因此在关注池塘溶解氧的前提下,条件不具备时可以选择不检测 ORP 值。硫酸盐、总碱度、总硬度、钙硬度、盐度、电导率、TDS、氯化物等指标在养殖周期中变化幅度相对稳定,总体占比重较低,这些指标主要反应该地区池塘水体的基本属性,例如碱硬度代表了水体中参与碳酸盐平衡反应的基础等。水体温度是鱼群进食、生长的一个重要影响因素,不同鱼类具有不同的温度适应度,且不同温度下池塘浮游动物、微生物等具有不同的活性,与池塘氮处理能力、天然生产力下的溶解氧值等具有很强的关联性,即通过对温度的准确掌控可以决定池塘投苗、投饵率等关键点。pH 是池塘中光合作用、呼吸作用在光照、生物量等综合影响下的结果表征,正常情况下池塘生物活性越大,全天内 pH 变化越大。

3 讨论

权重分析结果表明,亚硝酸盐氮、氨氮、硝酸盐氮、透明度、活性磷、浊度、溶氧和 ORP 等 8 项指标权重达到了 80%,其中浊度和透明度为相关联指标,ORP 和溶氧为关联指标,分别选取透明度和溶氧为关注指标,另外考虑池塘水温和 pH 作为池塘状态体现的重要指标。最终确定在池塘日常管理中,以亚硝酸盐氮、氨氮、硝酸盐氮、透明度、活性磷、溶氧、温度、pH 等 8 项指标为监控因子,可判断池塘水体中的理化水质状况。刘曼红等^[8]研究筛选了 DO、pH、透明度、浮游植物量、总氮等 5 个指标为池塘水质评价体系;祁萍等^[2]研究发现养殖池塘非离子氨的污染最为突出,其次是氮磷营养物质的污染;迟爽等^[19]的研究结果也表明刺参养殖池塘需要重点关注氮磷问题。本研究结果与以上研究比较,筛选出的重点关注方向基本一致,表明该方法优化水质指标的可行性。

本研究还发现,该地区池塘透明度、活性磷、溶氧 3 项指标在整个养殖周期内变化范围基本在正常可接受范围,表明该养殖地区在这些指标的控制上已做到较完善,而无机氮存在随着养殖周期上升一直升高,pH 前期过高的现象,在此对这两个区域性问题做进一步的探讨。

3.1 氮源污染

无机氮来源于饲料投入池塘后的未利用部分,其中一部分通过藻类、浮游动物、滤食性鱼类(如花白鲢)食物链吸收转化为鱼体蛋白;从无机氮在养殖周期内的变化趋势可以看出,在前期饲料投入量低时,藻类处理可以将无机氮控制在低水平,而后期无机氮来源量大,藻类处理能力有限,逐渐出现氮累积现象,表明池塘氮处理通道出现瓶颈,且在此阶段大面积鱼病爆发,存在一定关联性。

因此在高产养殖模式下,寻求新的氮处理方式,进一步强化现有氮转化通道是解决池塘后期水质问题的关注重点。采取排出高浓度污水、培养池塘脱氮细菌能力的方式,加强藻类利用效率,促进氮源转化,即充分利用该地区光合作用强烈的优势,在整个养殖周期内保持池塘藻类更新交替的流通过程,这点在该地区目前养殖模式中未受重视。目前该地区初期放苗过程中放养花白鲢均为小规格苗种,而滤食性鱼类在养殖前期过滤水量有限,故难以控制水体中的藻类密度及更新周期;随之藻类老化带来新的养殖问题,这种情况下传统养殖户采取杀藻杀菌的处理措施,重新让池塘建立藻菌生态平衡,进一步破坏了池塘氮处理能力。加强池塘脱氮菌的培养,提供其生存条件将是提高池塘承载力的突破点。

3.2 高 pH

该地区池塘在养殖前期出现高 pH 现象,其出现原因与地区光照强、藻类密度大、初期池塘养殖生物量低等多种因素关联。在养殖中后期,池塘 pH 下降且不再出现过高现象,这与池塘补充井水相关联,在养殖前期由于池塘载鱼量小,池塘普遍水深在 50 ~ 70 cm 之间,池塘补充井水频率为每周 1 次即可;而在后期水深维持在 1.2 ~ 1.5 m,每天均需补充井水。检测井水发现,井水中含有丰富的二氧化碳,其为池塘藻类提供了大量二氧化碳。

控制池塘 pH,主要从降低浮游植物生物量和减少池塘光照 2 个角度考虑。在养殖开始放苗阶段,增加池塘滤食性鱼类的生物量,有效控制浮游生物生长,从而预防池塘下午过高 pH 的产生;或采用遮挡部分光照的措施,减少池塘的光合能力,降低浮游植物对二氧化碳的需求量。

4 结论

本研究通过对河南省中牟县万滩镇 10 口池塘的

水质理化指标跟踪,利用变异系数权重法确定在日常管理中的重点关注指标,包括亚硝酸盐氮、氨氮、硝酸盐氮、透明度、活性磷、溶氧、温度和 pH 等 8 项指标,为今后池塘水质评价和分析提供量化支持。

通过监测养殖周期内池塘水质指标变化规律,掌握该地区主要指标变化范围为:氨氮 0 ~ 1.0 mg/L,亚硝酸盐氮 0 ~ 0.5 mg/L,硝酸盐氮 0 ~ 3.5 mg/L,透明度 10 ~ 40 cm,活性磷 0.1 ~ 0.8 mg/L,溶解氧 3 ~ 9 mg/L,水温 16.9 ~ 29.2 °C 和 pH 7.22 ~ 8.85。

通过对重点指标的研究,发现该区域池塘在养殖过程中出现的氮源污染和养殖前期高 pH 现象,解决氮污染措施为初期放养大规格花白鲢苗种和利用微生物生态制剂产品提高水体氮处理能力。

参考文献:

- [1] 陈牧霞,魏佳,马莉,等. 新疆主要渔区池塘水质环境现状及评价[J]. 淡水渔业, 2012, 42(1): 30-34.
- [2] 祁萍,王梅,吴尼尔,等. 宁夏主要养殖池塘水质评价[J]. 中国渔业质量与标准, 2013, 3(3): 106-109.
- [3] 戴恒鑫,李应森,马旭洲,等. 河蟹生态养殖池塘溶解氧分布变化的研究[J]. 上海海洋大学学报, 2013, 22(1): 66-73.
- [4] 罗亮,李卓佳,张家松,等. 对虾精养池塘碳、氮和异养细菌含量的变化及其相关性研究[J]. 南方水产科学, 2011, 7(5): 24-29.
- [5] 王大鹏,何安尤,谢达祥,等. 凡纳滨对虾养殖池塘 pH 值、碱度、硬度和 CO₂ 浓度作用机理与调控[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(5): 352-353.
- [6] Boyd C E. Water quality management for pond fish culture[M]. Elsevier: Scientific Publishing Company, 1990: 101-113.
- [7] Hopkins J S, Hamilton R D, Sandifer P A, et al. Effect of water exchange rate on production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budgets of intensive shrimp ponds[J]. World Aquac Soc, 1993, 24(3): 304-320.
- [8] 刘曼红,于洪贤,刘其根,等. 淡水养殖池塘水质评价指标体系研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(24): 1025-1028.
- [9] 周劲风,温琰茂,李耀初. 珠三角养殖池塘水质模型建立及其应用研究[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2010, 49(1): 119-124.
- [10] 门宝辉,赵燮京,梁川. 基于变异系数权重的水质评价属性识别模型[J]. 郑州大学学报(理学版), 2003, 35(3): 86-89.
- [11] 焦宝玉,刘慧,贾砾,等. 河南中牟县万滩镇养殖池塘底泥重金属污染评价[J]. 淡水渔业, 2015, 45(2): 15

- 19.
- [12] 刘兴连,管薇,陈复兴,等. 沿黄大面积低洼盐碱荒水养鱼技术研究[J]. 淡水渔业,1995,24(1):15-17.
- [13] 哈希公司. 水质分析实用手册[M]. 化学工业出版社,2010.
- [14] 田功太,刘飞,段登选,等. EM菌对海参养殖水体理化因子的影响[J]. 水生态学杂志,2012,33(1):75-79.
- [15] 国家环保总局. 地表水环境质量标准[J]. 中国环保产业,2002(6):8-9.
- [16] 吴雅丽,许海,杨桂军,等. 太湖春季藻类生长的磷营养盐阈值研究[J]. 中国环境科学,2013,33(9):1622-1629.
- [17] 蔡煜东,汪烈. 水质富营养化程度的人工神经网络决策模型[J]. 中国环境科学,1995(2):123-127.
- [18] 孙庆业,马秀玲,阳贵德,等. 巢湖周围池塘氮、磷和有机质研究[J]. 环境科学,2010,31(7):1510-1515.
- [19] 迟爽,曾勇,赵振军,等. 刺参养殖池塘的水质变化[J]. 济南大学学报(自然科学版),2013,27(3):239-244.

Assessments of water quality of aquaculture ponds in Wantan town of Zhongmu county, Henan province

JIAO Baoyu¹, JIA Li¹, ZENG Lingchun², ZHANG Fengping^{1,3*}, LIU Yaomin¹, ZHANG Te¹, FAN Xiaomin²

(1. Key Laboratory of Aquatic, Livestock, Poultry Nutrition and Healthy Culturing, Ministry of Agriculture, Tongwei Co. Ltd., Chengdu 610041, China; 2. Henan Tongwei Feed stuff Co. Ltd, Xinxiang 453000, China; 3. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: To obtain the levels of water quality and reduce risks of aquaculture ponds in Wantan town, Zhongmu county in Henan province, 18 water quality indicators of 10 experimental ponds were tracked from March to November in 2014, and analyzed the data by coefficient of variation method. The results showed that 8 water quality indicators, i. e. nitrite nitrogen, ammonia nitrogen, nitrate nitrogen, transparency, reactive phosphorus, dissolved oxygen, pH and ORP, could be daily monitoring factors due to their sum of index weights reached to 80%. Their average range here were 0~1.0 mg/L, 0~0.5 mg/L, 0~3.5 mg/L, 0.1~0.8 mg/L, 3.0~9.0 mg/L, 16.9~29.2℃, 10~40 cm and 7.22~8.85 for ammonia nitrogen, nitrite nitrogen, nitrate nitrogen, reactive phosphorus, DO, temperature, transparency and pH, respectively. In addition, the high pH in the earlier stage of aquaculture was caused by the superposition of various water factors. The denitrification should be paid attentions in the later stage of aquaculture in order to avoid the risk of poisons accumulation (eg. ammonia nitrogen, nitrite nitrogen). This study provide references for water quality regulation and management in ponds aquaculture process. [Chinese Fishery Quality and Standards, 2016, 6(4):44-51]

Key words: water quality; analysis and assessment; aquaculture ponds; Wantan town in Zhongmu county of Henan province

Corresponding author: ZHANG Fengping, fengpingzhang@163.com