

不同单养及混养海水实验围隔水化学的研究

王 岩 齐振雄 张鸿雁
(青岛海洋大学水产学院, 266003)

摘 要 1995 年 6~10 月和 1996 年 6~8 月对不同单养和混养海水实验围隔的水化学研究结果表明:围隔中盐度、总氮、总磷和化学耗氧量(COD)在雨季前逐渐升高,进入雨季后降低;投饵养殖时围隔中磷浓度较低氮浓度较高,其中混养中国对虾与台湾罗非鱼的围隔活性磷($\text{PO}_4\text{-P}$)浓度相对较高,混养对虾与菲律宾蛤仔的围隔氨氮($\text{NH}_3\text{-N}$)浓度较高,投饵兼酌情施肥养殖时围隔中氮浓度较低磷浓度较高,其中混养中国对虾与缢蛭的围隔 $\text{NH}_3\text{-N}$ 较高;两年实验中混养贝类的围隔 COD 通常较低。实验结果显示人工投饵和施肥是围隔水化学环境变动的主要原因,混养罗非鱼或贝类对围隔水化学也会产生一定的影响。

关键词 海水养殖,水化学,围隔,混养,单养

对淡水养鱼池的研究结果表明投饵或施肥能够显著影响池塘的水化学状况[雷衍之等 1983, Green 和 Boyd 1994]。关于海水养虾池水化学的系统研究目前尚未见报道。近年来,针对严重的爆发性虾病的困扰,我国对虾养殖生产单位正逐渐尝试以虾池封闭混养来代替以往的开放型精养或半精养方式,了解单养或混养虾池水化学特点及其变动规律对于制订合理的放养方案和管理措施都有重要的指导意义。本文讨论了不同单养及混养海水实验围隔中主要水化学环境因子的变化规律,旨在为今后优化养虾池生态系统结构提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 围隔养殖实验

养殖实验分别于 1995 年 6~10 月和 1996 年 6~8 月在山东省烟台黄海水产集团养虾场进行,围隔结构见王岩等[1998]。

1995 年实验中用围隔 12 个, p 系列中单养中国对虾(*Penaeus chinensis*)(简称对虾),其中 p1、p2、p3 和 p4 号围隔中对虾密度分别为 1.0、3.0、9.0 和 12.0 万尾/ hm^2 ; pf 系列中对虾与台湾罗非鱼(*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*)(简称罗非鱼)混养,对虾密度均为 1.5 万尾/ hm^2 , pf1、pf2、pf3 和 pf4 号围隔中罗非鱼密度分别为 0.2、0.4、0.8 和 1.2 万尾/ hm^2 ; pfc 系列中对虾与罗非鱼和菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)(简称蛤仔)混养, pfc1、pfc2、pfc3 和 pfc4 号围隔中对虾和罗非鱼密度分别为 1.5 万尾/ hm^2 和 0.4 万尾/ hm^2 , 蛤仔密度分别为 9、18、36 和 54 万只/ hm^2 。1996 年实验用围隔 12 个, P 系列中单养对虾,其中 P1、P2 和 P3 围隔中对虾密度分别为 4.52、6.00 和 7.52 万尾/ hm^2 ; PF 系列、PS 系列、PR 系列中分别混养对虾与罗非鱼、对虾与海湾扇贝(*Argopecten irradians*)(简称扇贝)、对虾与缢蛭(*Sinonacula constricta*), 对虾

国家攀登 B 专题(对虾池生态系及其结构与功能的优化), PD-B6-7-3 和国家自然科学基金项目(对虾池综合养殖生态系统结构优化的研究)资助, 39430102 号)。

收稿日期: 1998-07-06

密度均为 6.00 万尾/hm², PF21、PF22 和 PF23 号围隔中罗非鱼密度分别为 0.16、0.24 和 0.32 万尾/hm², PS1、PS2 和 PS3 围隔中扇贝密度分别为 1.5、4.5 和 7.5 万只/hm², PR1、PR2 和 PR3 围隔中缢蛭密度分别为 10、15 和 20 万只/hm²。1995 年对虾放养规格平均为 0.99g/尾, 罗非鱼为 69~83 g/尾, 蛤仔为 2.9~3.3 g/只; 1996 年对虾放养规格平均为 0.55 g/尾, 罗非鱼为 70~126.3 g/尾, 扇贝为 0.23 g/只, 缢蛭为 1.76 g/只。对虾散养在围隔中, 罗非鱼和扇贝养在网箱或贝笼中, 蛤仔和缢蛭撒播在底质上。

1995 年养殖实验共进行了 97 天, 苗种放养前向围隔施化肥(尿素和磷酸氢二胺)培养基础饵料, 养殖期间每天早晚两次向围隔内饵料台上定量投对虾饲料; 1996 年养殖实验共进行了 50 天, 放养前向围隔施鸡粪和化肥, 养殖期间除投饵外还根据围隔透明度变化酌情施磷肥。两年实验中均未换水, 仅补充池塘蒸发和渗漏损失的水量, 围隔与池塘间水的日交换量约占围隔水体积的 2%~4%。

1.2 采样与分析

虾、鱼、贝苗种全部放养后定期以 5 L 采水器在围隔一侧(距离围隔壁约 1m)水深为 0.3~0.5 m 处采样, 测定指标包括水温、透明度、水深、盐度、亚硝酸氮(NO₂-N)、硝酸氮(NO₃-N)、NH₃-N、PO₄-P、总氮(TN), 总磷(TP)和 COD 等, 其中盐度以海水比重计测定, TN 和 TP 先将水样用过硫酸钾同步消化后分别以比色法测定, NO₃-N 以铜-镉还原法测定, 其余项目测定按海洋调查规范(GB12763.4-91)方法进行。为估价投饵对水体有机负荷的影响, 将对虾饲料在 70℃下烘 24 小时后准确称 4 份浸泡在 1 000 mL 海水中, 以 2 瓶未加饲料的海水做对照, 实验在室内进行, 每天测定浸泡海水与对照海水的 COD。

2 结果

2.1 水温和盐度

1995 年实验期间(8:00~11:00)围隔表层 0.5m 处水温平均为 26.4℃, 盐度平均为 32.6; 温度 7 月下旬至 8 月中旬较高, 盐度 8 月下旬(35.2)最高, 进入雨季后略下降。1996 年实验期间上午围隔表层水温平均为 26.6℃, 盐度平均为 29.4, 该年围隔水温变动规律与 1995 年类似, 但前期盐度较高, 6 月 23 日达到 34.9, 7 月中下旬急剧下降, 其后一直维持在较低水平(图 1)。

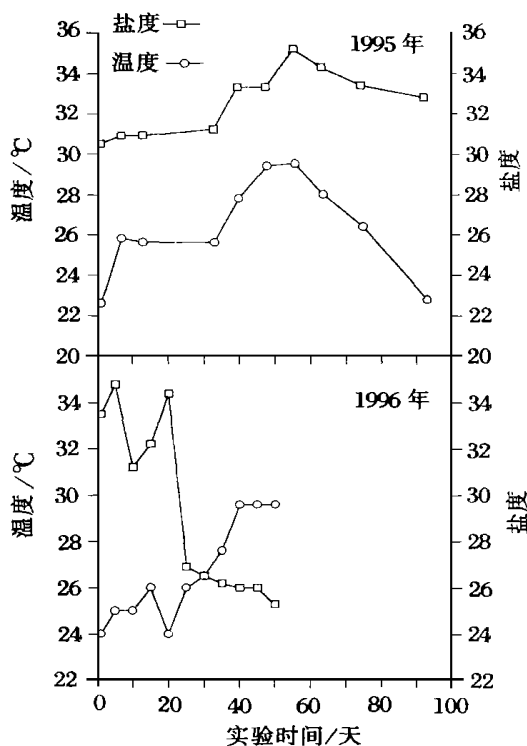


图 1 1995 年和 1996 年实验期间围隔中水温和盐度的变化

Fig. 1 Variation in temperature and salinity in enclosures during the experimental period in 1995 and 1996

2.2 氮和磷

1995年围隔中 $\text{NO}_2\text{-N}$ 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 前期较低, $\text{NO}_2\text{-N}$ 随时间延长呈渐增的趋势, 8月31日~9月17日(实验的第75~93天)除 pf1 号外其它围隔中 $\text{NO}_2\text{-N}$ 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 均急剧增加; 1996年围隔内 $\text{NO}_2\text{-N}$ 随实验时间延长而渐升, 但 $\text{NH}_3\text{-N}$ 变化规律不明显(图2)。

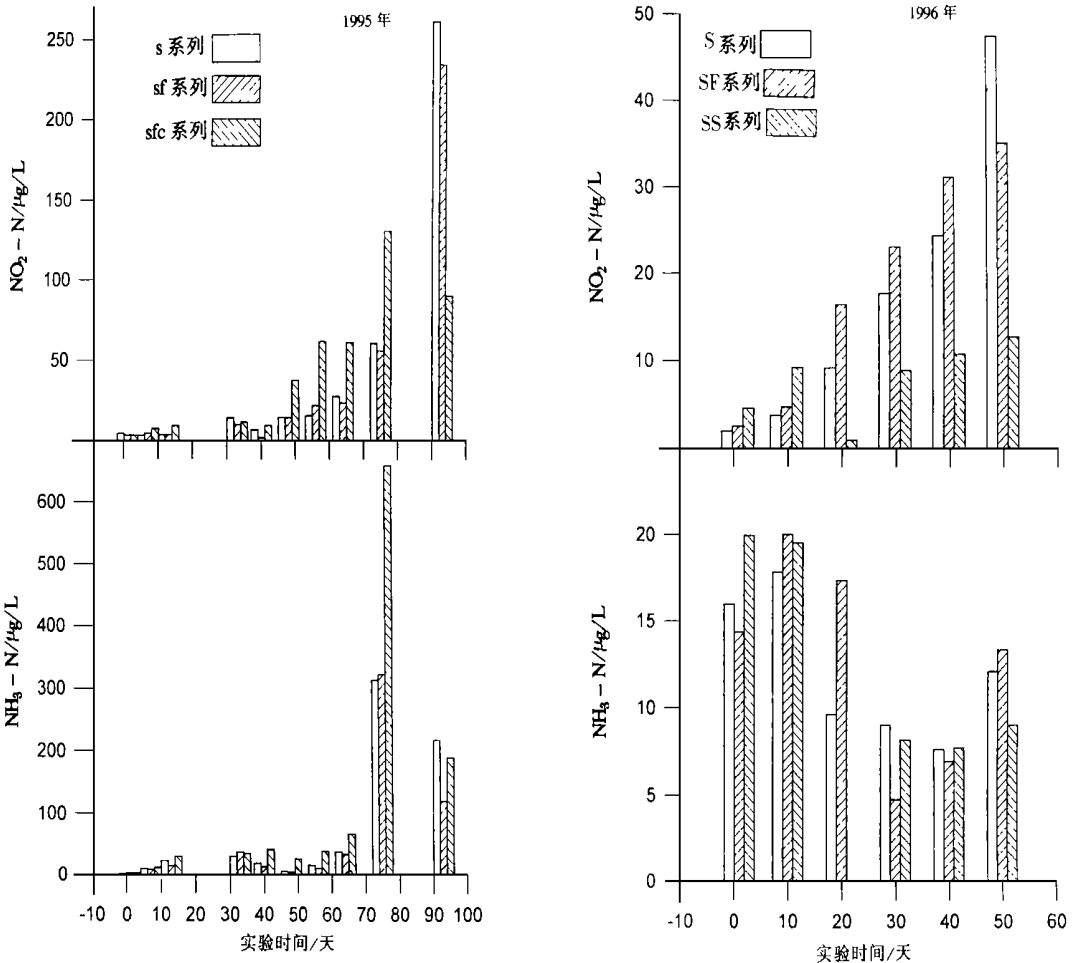


图2 1995年和1996年实验围隔中亚硝酸氮和氨氮浓度的变化

Fig. 2 Variation in concentration of nitrite and ammonia in enclosures during the experimental period in 1995 and 1996

表1显示1995年实验期间 pfc 系列围隔 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 普遍较高, pf 系列围隔 $\text{NO}_3\text{-N}$ 较低, p 系列围隔 TN 较低; p 系列和 pf 系列围隔中随对虾或罗非鱼密度增加 $\text{NO}_2\text{-N}$ 浓度趋于升高。1996年实验期间 PR 系列围隔 $\text{NO}_2\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 普遍较低但 $\text{NH}_3\text{-N}$ 较高; 各系列围隔内随对虾、罗非鱼、扇贝或缢蛭密度增加 $\text{NO}_2\text{-N}$ 趋于升高(PS 系列中的 PS3 号围隔因发生严重原甲藻水华例外)。两年相比, 1996年围隔中 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 TN 浓度均低于1995年。

1995年各围隔 $\text{PO}_4\text{-P}$ 浓度一直较低, TP 浓度彼此相差不大, 其中 pf 系列围隔 $\text{PO}_4\text{-P}$ 相

对较高,平均为 $12.98 \mu\text{g/L}$, p 系列与 pfc 系列分别平均为 $7.25 \mu\text{g/L}$ 和 $7.13 \mu\text{g/L}$ 。1996 年围隔中 $\text{PO}_4\text{-P}$ 变动较大, TP 较 $\text{PO}_4\text{-P}$ 相对稳定,其中 PR 系列 $\text{PO}_4\text{-P}$ 明显低于其它单养或混养 $\text{NO}_2\text{-N}$ 系列。相比之下,1996 年围隔中 $\text{PO}_4\text{-P}$ 和 TP 浓度远高于 1995 年。

1995 年围隔中 $\text{DIN}(\text{DIN}=\text{NO}_2\text{-N}+\text{NO}_3\text{-N}+\text{NH}_3\text{-N})/\text{PO}_4\text{-P}$ 、 TN/TP 和 $\text{PO}_4\text{-P}/\text{TP}$ 分别平均为 27(变幅为 6~58)、49(变幅为 38~60)和 0.2(变幅为 0.09~0.35),其中 p 系列分别平均为 26、47 和 0.13, pf 系列分别为 13.50 和 0.24, pfc 系列分别为 44、49 和 0.13, pf 系列的 $\text{PO}_4\text{-P}/\text{TP}$ 最高, $\text{DIN}/\text{PO}_4\text{-P}$ 最低;1996 年围隔 $\text{DIN}/\text{PO}_4\text{-P}$ 、 TN/TP 和 $\text{PO}_4\text{-P}/\text{TP}$ 分别平均为 0.7(变幅为 0.26~1.39)、17.4(变幅为 10~49)、0.6(变幅为 0.24~0.91),其中 P 系列分别平均为 0.89、27 和 0.54, PF 系列分别为 0.89、19 和 0.41, PS 系列分别为 0.35、11 和 0.71, PS 系列的 $\text{DIN}/\text{PO}_4\text{-P}$ 相对较低。比较来看,1995 年围隔中氮高磷低,而 1996 年则磷高氮低。1996 年围隔中 $\text{DIN}/\text{PO}_4\text{-P}$ 和 TN/TP 分别约为 1995 年的 40 倍和 2.7 倍,但 $\text{PO}_4\text{-P}/\text{TP}$ 约为后者的 1/3。

表 1 1995 年和 1996 年实验围隔中的氮和磷浓度(平均值±标准差)

Tab. 1 Concentration of nitrite nitrate total ammonia, total nitrogen, reactive phosphate and total phosphorus in enclosures during the experimental period in 1995 and 1996(mean±SD)

年份	围隔	$\text{NO}_2\text{-N}$ ($\mu\text{g/L}$)	$\text{NO}_3\text{-N}$ ($\mu\text{g/L}$)	$\text{NH}_3\text{-N}$ ($\mu\text{g/L}$)	TN ($\mu\text{g/L}$)	$\text{PO}_4\text{-P}$ ($\mu\text{g/L}$)	TP ($\mu\text{g/L}$)	COD (mg/L)	
1995 年	p1	21.9±22.7	77.5±50.7	54.3±86.4	2939±959	9.8±13.0	55.3±19.7	3.50±0.44	
	p2	29.9±56.5	91.0±71.5	47.2±64.4	2820±1039	7.1±8.0	53.4±29.4	3.51±0.66	
	p3	45.1±99.9	76.4±80.2	60.5±101.0	2854±1190	5.8±4.4	62.5±26.8	4.00±0.62	
	p4	71.8±140.6	71.4±46.8	107.4±195.4	03169±864	6.3±6.0	53.6±18.4	4.33±0.76	
	pf1	15.1±17.8	39.4±24.7	27.3±26.1	3132±913	16.1±30.5	46.4±18.3	4.64±0.95	
	pf2	19.6±44.9	44.4±23.7	41.6±94.6	3092±754	12.0±19.2	56.1±15.0	4.16±0.92	
	pf3	50.9±66.8	86.2±82.3	89.6±174.3	2924±759	14.8±21.1	60.8±31.5	3.99±0.83	
	pf4	67.4±177.4	55.8±27.8	67.5±120.3	3309±962	9.0±6.6	56.9±22.2	4.51±0.75	
	pfc1	46.9±43.5	162.2±46.4	96.7±181.4	3131±940	5.3±3.0	52.6±24.0	3.26±0.87	
	pfc2	56.9±83.0	177.6±203.9	101.8±63.1	3164±890	7.2±5.1	56.5±23.9	3.46±0.97	
	pfc3	23.0±29.4	72.2±51.1	177.6±96.3	3049±838	7.2±6.1	54.9±28.2	3.43±0.55	
	pfc4	45.1±52.1	129.7±111.2	63.8±83.8	3110±856	8.8±5.8	54.8±21.7	3.53±0.79	
	1996 年	P1	14.4±16.0	20.4±17.9	13.7±4.3	2346±463	45.8±29.7	95.9±42.2	4.56±0.88
		P2	14.1±16.4	12.9±10.6	12.9±5.6	2310±275	124.5±114.6	160.9±64.8	3.98±0.44
P3		20.9±26.4	24.8±23.5	10.6±4.6	2293±205	44.2±57.3	115.5±37.2	3.97±0.69	
PF21		11.3±5.9	16.6±17.1	11.8±5.9	2449±317	87.5±95.7	142.3±51.4	3.87±0.76	
PF22		16.9±15.9	32.5±29.1	11.9±6.6	2313±197	73.3±76.5	301.4±507.4	4.04±0.62	
PF23		23.8±24.0	27.5±39.2	11.3±6.3	2192±100	45.3±38.7	126.2±46.6	4.01±0.91	
PS1		7.2±3.5	19.5±15.2	12.5±7.4	2322±228	152.0±120.2	167.9±76.9	3.70±0.53	
PS2		15.2±6.2	13.8±8.9	12.3±5.5	2233±419	143.1±135.4	162.8±84.1	3.47±0.76	
PS3		10.2±12.1	23.3±20.1	11.7±5.6	3054±706	82.7±52.4	240.0±157.4	3.78±1.88	
PR1		3.5±1.2	9.6±2.9	35.5±46.0	—	35.5±46.0	—	3.15±0.93	
PR2		4.6±4.1	13.4±8.2	32.9±44.4	—	32.9±44.4	—	3.23±0.80	
PR3		7.3±6.8	15.3±12.0	32.9±44.4	—	32.9±44.4	—	3.36±0.60	

2.3 COD

1995 年和 1996 年实验后期围隔中的 COD 均略高于实验初期。1995 年 pf 系列中 COD 平均为 4.26 mg/L , p 系列和 pfc 系列分别为 3.84 mg/L 和 3.42 mg/L , p 系列内对虾密度较大的

围隔中 COD 相对较高。1996 年 PR 系列和 PS 系列(PS3 号围隔除外)COD 相对较低, P 系列和 PF 系列 COD 接近(表 1)。

在 29 ~ 33 °C 下浸泡对虾饲料的海水 3 天后开始腐臭, COD 急剧升高, 第 5 天时平均 1g 对虾饲料使浸泡饲料海水的 COD 较对照海水增加 40.97 mg/L。

3 讨论

3.1 盐度的变化及其影响

本实验表明雨季前围隔中海水盐度将逐渐积累, 虽然两年实验中盐度最高值均未超过 35, 尚在中国对虾耐受范围内, 但值得注意的是 1996 年 6 月下旬围隔内盐度即达到 34.9, 如盐度继续增加显然将对放养种类产生生理压力。因此在北方沿海地区封闭养虾过程中, 若逢旱季或雨季迟临, 高盐度很可能成为影响养殖生产的一个重要因素。

3.2 氮磷浓度的变化及影响因素

海洋浮游植物要求的氮磷比通常为 16 : 1, 许多浮游植物种类在缺乏 PO_4-P 时可利用溶解性有机磷 [Van Boekel 1991], 故一般认为海洋中氮为浮游植物的第一限制因子。闫喜武和何志辉 [1997] 发现半精养虾池中磷对浮游植物的限制作用较氮更重要。Motzkin 等 [1982] 报道在 $TN/TP=18\sim80$ 的海水池塘中磷为浮游植物限制因子, 卢敬让等 [1996] 认为海水施肥养鱼围隔中合适的氮磷比为 $TN/TP=18$, 当 $TN/TP<18$ 时氮限制, $TN/TP>18$ 时磷限制。养殖池塘水中氮磷浓度往往随养殖管理措施而异, Green 和 Boyd [1995] 指出投饵鱼池中氮浓度较高, 施肥鱼池中磷浓度较高, 并发现投饵鱼池中 PO_4-P/TP 为 10% ~ 20%, 施鸡粪时为 20% ~ 30%, 施化肥时约为 50%。本实验结果显示 1995 年投饵养殖时围隔的 DIN/PO_4-P 平均为 1/27, TN/TP 平均为 49, PO_4-P/TP 平均为 20%, 1996 年投饵兼施磷肥时围隔中 DIN/PO_4-P 平均为 10/7, TN/TP 平均为 17.4, PO_4-P/TP 平均为 60%, 这与 Green 等的结论基本一致。同样的围隔由于采取了不同的管理措施, TN/TP 和 PO_4-P/TP 截然不同。所以养殖池塘中的氮磷浓度及氮磷比很大程度上取决于所采取的管理措施, 所谓氮限制或磷限制并非绝对, 能否以 TN/TP 作为判断海水养殖池塘磷限制或氮限制的指标值得商榷。

1995 年围隔中 TN 普遍较 1996 年高, 主要是由于该年养殖周期较长, 投饵量相对较高所致, 而 1996 年 TP 和 PO_4-P 较 1995 年高则因养殖过程中施磷肥引起。1995 年和 1996 年围隔中 NO_2-N 浓度随养殖时间延长和对虾、罗非鱼等放养密度增加而升高, 表明长期高密度养殖会造成水体中 NO_2-N 的积累, 这是由于投饵量增加加剧了围隔中残饵的积累。1995 年 pf 系列中 PO_4-P 浓度和 PO_4-P/TP 相对较高, DIN/PO_4-P 较低, 并且 pf1 号和 pf2 号围隔中 NO_2-N 与 NH_3-N 浓度最低, 表明当外源磷输入不足时, 混养 0.2 ~ 0.4 万尾/ hm^2 罗非鱼能够加速水体中的磷循环, 缓解磷对浮游植物的限制, 改善围隔的水质。早期研究发现放养鱼类常使水体中的 TP 升高 [Havens 1991, Northcote 1988], 但本实验中混养罗非鱼的围隔 TP 并未显著高于其它单养或混养围隔, 这可能是由于罗非鱼养在网箱中, 对底泥的搅动作用较弱, 所以其对磷循环的影响主要体现在促进 TP 中其它形态的磷向 PO_4-P 转化。1995 年 pfc 系列和 1996 年 PR 系列围隔 NH_3-N 浓度均较高显示底播贝类密度较大可能会导致水体 NH_3-N 积累, 原因是贝类大量滤食浮游植物造成水体利用或转化 NH_3-N 的能力下降, 由此可见虾池中不宜

高密度混养贝类。

1995年8月31日后除 pfl 号外其它围隔内 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 $\text{NO}_2\text{-N}$ 浓度均急剧上升,这时正值这些围隔中放养的对虾因爆发性虾病大批死亡,1996年养殖实验结果也表明 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度较高的 PR 围隔系列对虾成活率相对较低。目前普遍认为不良养殖环境胁迫易导致虾病暴发,但究竟在何种环境条件下虾病暴发尚不清楚。本实验发现 $\text{NO}_2\text{-N}$ 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 与对虾存活状况关系密切,应是虾池水质管理中的重要监测指标,至于 $\text{NO}_2\text{-N}$ 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 升高是对虾死亡的原因,还是死虾的结果,尚需今后通过大量的室内毒理和病理实验来确定。

3.3 围隔中 COD 变化及影响因素

1995年和1996年围隔实验后期 COD 均有不同程度积累,表明围隔养殖过程中水体的有机负荷逐渐升高,这与 Green 和 Boyd[1995]对养鱼池研究的结论一致。1995年 P 系列围隔中对虾密度较大的围隔 COD 相对较高意味着投饵量增加可能会直接影响水体的 COD,1996年的室内实验进一步证实对虾饲料溶失或分解是虾池有机负荷的重要来源。两年实验中围隔的 COD 平均为 $3.15\sim 4.78\text{mg/L}$, 低于以往对淡水高产鱼池 ($5\sim 25\text{mg/L}$) [雷衍之等 1983, 姚宏禄等 1996] 和半精养虾池 (17.4mg/L) [臧维铃等 1995] 的报道,除了 COD 测定方法不同可能引起差异外,本实验中使用饵料台控制投饵是围隔 COD 较低的重要原因。因此改进投饵方法,降低残饵积累是控制养虾池有机负荷的主要途径。

1995年和1996年混养贝类的围隔中 COD 均较低,表明贝类通过大量滤食水中颗粒有机质能够起到降低水中有机负荷的作用,1995年混养罗非鱼的围隔中 COD 相对较高,1996年混养罗非鱼的围隔与单养对虾的围隔间 COD 差别不明显,看来混养罗非鱼对虾池 COD 的影响不如混养贝类的作用明显,此方面内容还有待今后继续探讨。

李德尚先生设计了养殖实验,王吉桥博士承担了围隔养殖的日常管理工作,谨此致谢。作者王岩现在上海水产大学渔业学院工作。

参 考 文 献

- 王 岩,张鸿雁,齐振雄. 1998. 海水养殖实验围隔中海洋原甲藻水华的发生及其影响. 水产学报, 22(3): 218~222
- 卢敬让,李德尚,徐 宁等. 1996. 莱洲湾虾池养殖罗非鱼的静水围隔生态系统浮游植物的初步研究. 中国水产科学, 3(1): 56~63
- 闫喜武,何志辉. 1997. 虾池浮游植物初级生产力的研究. 水产学报, 21(3): 288~296
- 姚宏禄,仇 丽,唐庆宁. 1996. 施肥主养鲢、鳙、罗非鱼高产池塘的水化学. 水产学报, 20(1): 81~84
- 雷衍之,徐 捷,于淑敏. 1983. 无锡市河埭口高产鱼池水质研究 1 水化学和初级生产力. 水产学报, 7(3): 185~199
- 臧维铃,戴习林,朱正国等. 1995. 对虾池塘溶解氧收支平衡状态. 海洋学报, 17(4): 137~142
- Green B W, Boyd C E. 1995. Chemical budgets for organically fertilized fish ponds in the dry tropics. J W Aquac Soc. 26(3): 284~296
- Havens K E. 1991. Fish-induced sediment resuspension effects on phytoplankton biomass and community structure in a shallow hypereutrophic lake. J Plankt Res. 13(6): 1163~1178
- Motkin F, Cohen Y, Gordin H et al. 1982. Productivity relations in seawater fishponds: a comparison of stocked and unstocked ponds. Mar Ecol Prog Ser; 8: 203~210
- Northcote T G. 1988. Fish in the structure and function of freshwater ecosystems: A "Top-down" view. Can J Fish Aquat Sci, 45: 361~

Van Boekel W H M. 1991. Ability of *Phaeocystis* sp. to grow on organic phosphates: direct measurement and prediction with the use of an inhibition constant. *J Plankt Res.* 13(5): 959 ~ 970

STUDIES ON WATER CHEMISTRY OF SEAWATER EXPERIMENTAL ENCLOSURES WITH DIFFERENT MONOCULTURE AND POLYCULTURE

WANG Yan, QI Zhen-Xiong, ZHANG Hong-Yan

(*Fisheries College, Ocean University of Qingdao, 266003*)

ABSTRACT Two enclosure experiments were carried out from June to October in 1995 and June to August in 1996 to evaluate the effect of different types of monoculture or polyculture on water chemistry in enclosures. The results showed that concentration of total nitrogen and total phosphorus, chemical oxygen demand, and salinity increased before rainy season then dropped rapidly after rain. When only feed was adopted, the concentration of reactive phosphate and total phosphorus was relatively low and the concentration of nitrite, nitrate, ammonia and total nitrogen was high. When both feed and fertilizer was provided, the concentration of nitrite, nitrate, ammonia and total nitrogen was low and the concentration of reactive phosphate and total phosphorus was high. Concentration of reactive phosphate was usually higher in enclosures stocked with hybrid tilapia, *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*, while the concentration of ammonia was higher in enclosures stocked with *Ruditapes philippinarum* or *Sinonvacula constricta*. Chemical oxygen demand in present experiments was not as high as that usually reported in freshwater fishponds or seawater shrimp-ponds, and much lower in those enclosures stocked with bivalves. Present experiments suggest that water chemistry in experimental enclosures was mainly dependent on daily management activities such as feeding and fertilizing, and partly influenced by stocked shrimp, tilapia and bivalves at the same time.

KEYWORDS Marine culture, Water Chemistry, Enclosure, Polyculture, Monoculture