

对虾塘 COD 的变化及其对对虾生长和产量的影响

董存有 张金荣

(深圳市大洋进出口公司, 518081)

中国对虾 (*Penaeus chinensis*) 塘水质的好坏直接影响对虾的生长和产量, 化学需氧量 (COD) 值则是对虾塘水质好坏的主要指标之一。作者于 1988~1990 年在深圳市福永新和虾场对对虾塘 COD 的变化及其对对虾生长和产量的影响进行了初步研究, 为制订对虾养殖稳产高产技术措施提供理论依据。

1 材料和方法

试验塘选在福永新和虾场 1, 2, 3, 4, II-1, II-2 号池。自放苗开始大约每 10~20d 进行一次采水测定, 同时随机取虾 50 尾进行生物学测定。采水是以自制的采水器在池中段距岸边 2~3m 远处采中层水。采水时间一般是上午 10~12 时左右。COD 的测定用碱性高锰酸

钾-硫代硫酸钠法^①, 溶解氧 (DO) 的测定用 Winkler 法, pH 值的测定用比色法^[1,3]。

2 结果与讨论

2.1 养殖期间 COD 的变化

选培育放流和成虾养殖两种不同养殖类型的池塘, 于 1988 年共测定 COD 4 次, 1989 年共测定 8 次, 1990 年共测定 5 次, 3a 测定值列于表 1。

从表 1 可以看出, 所有 COD 值均随着养殖时间的延长不断上升, 从开始至终结 COD 值普遍升高 2~3

① 刁焕祥, 1990. 海水养殖化学环境控制与监测. 中科院海洋所九室出版 (青岛)。

倍,其中1989年4号池为开始时的4.5倍,1990年1号池为开始时的4.8倍。养殖对虾3~4个月,3a中COD值最低的为5.70mg/L(1990年II-1号),最高的达13.8mg/L(1990年1号)。这显然是由于养殖期中投饵

引起的残饵积累和虾及其他动物的排泄物、粪便等积累的结果,使水中有机物的含量不断增多,而换水排污能力又是有限的,因而总是使得COD值随着养殖时间的延长而增高。

表1 对虾养殖期间COD的变化

日期 年 月.日		塘 号					
		1	2	3	4	II-1	II-2
		COD. (mg/L)					
1988	4.10	2.27	2.32	2.10	2.85	2.75	2.24
	4.20	3.48	3.41	3.24	3.35	3.24	3.16
	4.30	4.35	4.85	4.73	4.85	4.85	4.50
	5.15	7.56	7.50	5.85	6.85	6.76	6.28
1989	3.8	2.55	2.52	2.82	2.75	2.46	2.78
	3.18	3.48	3.76	3.75	3.24	3.75	3.56
	3.28	4.35	4.85	4.95	4.25	4.55	4.76
	4.7	5.24	5.24	5.10	6.85	5.21	5.35
	4.20	6.24	6.39	5.25	7.75	6.03	6.86
	4.27	6.74	6.39	5.25	7.75	6.03	7.24
	5.10	7.86	7.71	5.81	8.80	8.04	7.75
	5.17	8.74	8.62	5.95	12.51	8.31	7.85
1990	3.15	2.85	2.76	2.78	2.55	2.02	2.54
	3.25	3.24	3.35	3.35	3.85	3.31	3.76
	4.10	4.31	4.24	4.32	4.47	4.55	4.52
	5.20	7.70	5.65	5.65	5.70	5.50	5.80
	6.15	13.80	6.51	5.80	6.58	5.70	6.50

2.2 COD值与换水排污等因子的关系

当虾的密度一定,养殖技术措施基本一致时,虾池水中残饵、粪便、排泄物等有机物的浓度即使是在换水排污的条件下也会不断增高,这已由表1的测定值得到了证实。随时间延长增加的量与换水时减少的量之间的关系,根据统计学原理和有关资料^①可用下述关系式予以概括。

第一次换水前有机物的积累量为 a 。

第一次换水后有机物的积累量为 $a-au=a(1-u)$ 。

第二次换水前有机物的积累量为 $a+a(1-u)$ 。

第二次换水后有机物的积累量为 $[a+a(1-u)] \cdot [1-u]=a(1-u)+a(1-u)^2$ 。

第三次换水前有机物的积累量为 $a+a(1-u)+a(1-u)^2$ 。

第三次换水后有机物的积累量为 $[a+a(1-u)+a(1-u)^2] \cdot [1-u]=a(1-u)+a(1-u)^2+a(1-u)^3$ 。

第 n 次换水前有机物的积累量为 $a+a(1-u)+a(1-u)^2+a(1-u)^3+\dots+a(1-u)^{n-1}$ 。

可见其公比为 $(1-u)$,按等比级数公式第 n 项前之和 $S_n=\frac{a[1-(1-u)^n]}{u}$,令 $a=1$,则 $S_n=\frac{1-(1-u)^n}{u}$,式中的 u 为每次的换水量。如果每次换水 $1/3$,则换水10次之后,池中有机物的积累量的总和为 $S_n=\frac{1-(1-1/3)^{10}}{1/3}=3$ 。即换水10次后水中有机物的积累量为原初水中有机物量的3倍,因此尽管采取了10次换

① 黄世强,1992.浅谈对虾养殖水质及其调节方法.营口水产科技 4:98~10。

水措施,但是由于虾的不断生长,排池物和粪便不断积累,投饵中总是或多或少有一定的残饵余留,也会不断增加有机物的积累量;浮游植物不断繁殖生长,浮游动物的排泄物和浮游生物不断老化死亡的尸体不断分解产生有机物均会使 COD 值不断增高。有机物积累量的大小,取决于基数 α 值,其积累量与 α 值成正比例,同时与换水量、换水间隔时间有关,间隔时间长,换水次数

少, α 值小,有机物的积累量增大;每次换水量越小, α 值小,有机物积累量越大。其中 α 值的大小,主要取决于对虾放养密度和对虾个体的大小,放养密度大, α 值大;同时随着虾的生长,粪便和排泄物相对增多, α 值也会不断增大; α 值的大小与养殖技术措施也有关,如果投饵量过大,残饵增多, α 值也增大。与原池底有机物积累程度亦有很大关系。

表 2 对虾养殖期间 pH 值和 DO 的变化

日期 年 月.日		塘 号					
		1	2	3	4	II-1	II-2
		DO(pH)					
1988	4.10	7.45(8.0)	7.42(8.0)	7.35(8.0)	7.38(8.0)	7.55(8.0)	7.60(8.1)
	4.20	5.24(8.1)	5.63(8.3)	5.65(8.1)	5.81(8.3)	6.21(8.2)	6.55(8.3)
	4.30	3.65(8.4)	3.21(8.5)	4.25(8.4)	3.55(8.5)	4.56(8.5)	5.05(8.5)
	5.15	2.85(8.9)	2.95(8.8)	3.15(8.8)	2.98(8.7)	3.52(8.7)	3.61(8.6)
1989	3.8	8.05(8.1)	7.85(8.0)	7.76(8.0)	7.85(8.0)	7.45(8.0)	7.52(8.0)
	3.18	7.12(8.2)	7.03(8.1)	7.05(8.1)	6.35(8.2)	7.03(8.1)	7.00(8.2)
	3.28	6.55(8.3)	6.32(8.3)	6.52(8.2)	5.24(8.3)	6.55(8.2)	6.45(8.2)
	4.7	5.41(8.5)	5.75(8.5)	5.35(8.3)	4.55(8.5)	6.02(8.4)	5.82(8.4)
	4.20	5.26(8.7)	5.02(8.5)	4.85(8.3)	3.85(8.9)	5.45(8.4)	4.72(8.4)
	4.27	4.58(8.8)	4.15(8.7)	4.05(8.5)	3.05(9.2)	4.87(8.5)	4.05(8.5)
	5.10	3.62(8.9)	3.75(8.8)	3.85(8.6)	2.80(7.6)	4.20(8.7)	3.66(8.7)
	5.17	2.87(8.9)	2.85(8.8)	2.95(8.6)	2.45(7.5)	3.16(8.8)	3.66(8.7)
1990	3.15	7.44(8.0)	7.40(8.0)	7.55(8.0)	7.65(8.0)	7.56(8.0)	7.75(8.0)
	3.25	5.24(8.3)	6.80(8.2)	7.05(8.1)	6.32(8.1)	7.02(8.2)	7.05(8.1)
	4.10	4.30(8.9)	5.85(8.4)	6.54(8.3)	5.70(8.3)	6.35(8.3)	6.45(8.2)
	5.20	2.89(7.2)	3.55(8.7)	4.32(8.5)	3.75(8.6)	4.55(8.7)	4.75(8.5)
	6.15	2.10(7.8)	3.45(8.8)	3.55(8.7)	2.62(8.9)	3.68(8.7)	3.15(8.8)

从表 1 可知,在 3~4 个月(有的 2 个月)的养殖时间,COD 值普遍增高为原初水的 2~3 倍,个别的高达 4.8 倍。但也可以看出,其中 3 号塘因有两个闸门进排水,换水量大, α 值较大,因而 COD 值比其他池低。II-1 号,II-2 号一直是进行成虾养殖,虾的放养密度低(仅 10^4 尾/亩左右), α 值小,故 COD 值较低。1989 年 4 号池,1990 年 1 号池因渠道施工,基本上无法换水,故 COD 值高(分别达 12.51mg/L 和 13.80mg/L)。

综上所述,对虾池 COD 值与换水量成反比例,与换水间隔时间成正比,与苗种放养量和虾的大小成正比例。

2.3 COD 值对对虾生长和产量的影响

虾塘 COD 值的变化严重地影响到池水其他化学因子的相应变化,其中最明显的是引起池水 pH 值和溶解氧(DO)的相应变化^[5]。养殖期间 pH 值和 DO 的变化见表 2。

从表 2 可以看出,除 1989 年 4 号池和 1990 年 1 号池 pH 值的变化有例外之外,其余各池各年度 DO 和 pH 值的变化基本上显同一规律,即随着养殖时间的延长,DO 值下降,pH 值上升,这是由于有机残饵和虾的粪便、排泄物以及浮游生物量的增加,使 COD 值上升,这些有机物在池中进行氧化分解,消耗大量的氧,使 DO

下降。同时随着养殖时间的延长,无机营养盐类增多,浮游植物大量繁殖,在上午 10~12 时左右光合作用较为强烈,消耗大量的二氧化碳,使 pH 值上升,最高达 9.2 (1989 年 4 号池)。

池水 pH 值的上升,势必对对虾产生不良的影响,因为有机物在氧化分解过程中必定产生氨氮,氨氮是由非离子态 NH_3 和离子态 NH_4^+ 两部分组成的,其中非离子态 NH_3 是主要的有毒物质。 NH_3 和 NH_4^+ 在一定的条件下以一定比例处于平衡,其中与 pH 值的关系极大,pH 值升高, NH_3 的比例相应升高,毒性作用增强。一般情况下,pH 值每升高 1,则 NH_3 的含量将增高 10 倍(黄世强,1992)。而 NH_3 对对虾的生长和生存有着极为严重的影响,当非离子态氨 NH_3 达 0.71mg/L(相当于总氨氮 14.6mg/L,pH8.1,水温 23.0℃,Cl 17.50 时),对虾生长速度降低 53%^[2],致使生长速度降低 50% 的未离解态 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度为 0.516mg/L^[2]。正因为如此,凡是 COD 高达 6.0mg/L 以上的,pH 值亦高,DO 则低,虾的旬平均增长率、平均体长、体重均低,成活率低,产量低(表 3)。而

COD 值 2.0~6.0mg/L 左右的塘虾旬平均增长率、平均体长、体重均大,成活率高,产量高(表 3)。

但当 COD 值太小,营养盐类缺乏,浮游生物和底栖生物等活饵料生长繁殖不好时^[5],产量也会很低。

1989 年 4 号池 pH 值高达 9.2,1990 年 1 号池 pH 值高达 8.9,两池均在这以后的 20d 左右时间内 pH 值下降至 7.2~7.5,走向了反面。这是由于这两个塘中后期水质太肥,浮游生物量大,COD 值高,DO 低,最后引起浮游生物大批死亡,有机质分解、严重缺氧, CO_2 增高,使 pH 值下降。这两个塘均出现过死虾,成活率低,产量也很低,仅 52.0kg/亩;4 号塘的放流虾平均体长 3.2cm,平均体重 0.3g/尾,成活率 45.5%(表 3)。

再从 DO 状况看,凡是 COD 高的池,DO 均低,收获时对虾的规格小,产量低(表 2,3)。

因此控制放养量在 10 000 尾/亩左右,适量投饵,加强换水排污,才能控制 COD 值在 2.0~6.0mg/L 左右,使各项理化生物因子在正常的范围内,以达到稳定高产的目的。

表 3 对虾产量及规格

年份	塘号	放养量 ($\times 10^4$ 尾/亩)	成活率 ²⁾ (%)	平均体长 (cm)	平均体重 (g/尾)	产量 (kg/亩)
1988	1	1.58	32.5	10.1	11.5	65
	2	1.65	38.2	10.2	11.7	68.5
	3	10.8	64.6	5.3	1.45	1)
	4	10.5	63	5.0	1.3	1)
	II-1	1	40	11.6	19.6	85
	II-2	0.9	42.5	20.0	87	/
1989	1	17.5	60	4.0	0.65	1)
	2	17.4	55	4.1	0.66	1)
	3	18.5	58.5	4.9	1.35	1)
	4	18.2	45.5	3.2	0.30	1)
	II-1	1.4	40	10.5	13.9	78
	II-2	1.3	41	11.0	15.5	82.6
1990	1	1.1	38.2	10.5	12.5	52
	2	24.1	47.6	4.7	1.04	1)
	3	22.7	48.5	4.6	1.08	1)
	4	23.5	45.5	4.4	0.90	1)
	II-1	1.05	61.5	11.6	18.5	114.0
	II-2	1.2	50.5	10.7	14.2	85

¹⁾为放流入海的培育池。

²⁾放流塘成活率以对虾培育至 3~5cm 体长放流入海时计;成虾养殖塘成活率是收获时以重量法计。

3 小结

3.1 对虾养殖期间池水 COD 值变化于 2.02~13.80mg/L 之间,COD 值随着养殖时间的延长不断增高,终结 COD 值比原初 COD 值普遍增高 2~3 倍左右,个别的池增高 4.8 倍。

3.2 COD 值与基础有机物 α 值成正比(α 值的大小决定于放养密度、虾的个体大小、原初水 COD 值的高低、投饵技术等),与换水间隔时间成正比,与每次换水量成反比。

3.3 COD 值在 2.0~6.0mg/L 时,能有较适宜的 DO 值和 pH 值,对虾的生长较快,规格较大,成活率及产量较高;COD 值在 2.0mg/L 以下时不利于饵料生物生长繁殖;COD 值在 6.0mg/L 以上时,其值越大,DO 值越低,pH 值在一般情况下偏高, $\text{NH}_3\text{-N}$ 增高,对对虾毒性

作用增强,对虾生长慢,成活率低,产量低。

3.4 当 COD 值太高,DO 严重不足时,可以引起饵料生物老化死亡以至对虾死亡,大量有机物分解产生 CO_2 和氨氮,pH 值下降,抑制对虾生长,产量低;更严重时,引起虾全部死亡。

参考文献

- [1] 中国医学科学院卫生研究所,1973.水质分析法.人民卫生出版社。
- [2] 汪心源等,1983.海洋湖沼通报 3:58~62。
- [3] 徐墨耕等,1959.淡水养殖水化学.上海科学技术出版社。
- [4] 斯奈迪格·G·W 著(杨纪柯、汪安琦译),1964.数理统计方法.科学出版社。
- [5] 雷衍之等,1983.水产学报 7(3):185~198。