

工厂化流水养鲍系统水质动态变化

甘居利, 林 钦, 王小平, 杨美兰, 王增焕, 黄洪辉, 贾晓平

(农业部渔业生态环境重点开放实验室, 广东省渔业生态环境重点实验室,
中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300)

摘要:于粤东工厂化杂色鲍(*Halotis diversicolor* Reeve)养殖场的进水管、养鲍池、排水渠分别取水样,测定水中 pH、DO、DIN 及 DIP 的质量浓度 $C(X)$ 。进水为自然海水经沉淀、过滤。池中水温为 26.9 ~ 29.0 °C, 幼鲍养殖密度 2 500 ~ 3 000 ind/m²; 成鲍放养密度为 120 笼/池, 40 个/笼, 体重 12 g。观察实验共进行 6 天。结果显示, 水质有一定程度的空间分布差异和时间变化。出水口水体 DIP 质量浓度、DIN 质量浓度及 COD 质量浓度比进水水体明显增高, 平均分别增高 1.6、1.4 和 0.6 倍, 出水口水体 DIP 质量浓度 20% 观测值超过二类海水水质标准。出水水体 $C(DO)$ 和 pH 略有降低, 平均分别降低 0.31 mg/L 和 0.16。不同水质因子进、出水的变化程度依次是 $C(DIP) > C(DIN) > C(COD) > C(DO) > pH$, $C(DO)$ 和 pH 的降低与 $C(DIP)$ 、 $C(DIN)$ 和 $C(COD)$ 的增高有密切联系。连续注水的幼鲍池中 $C(DO)$ 和 pH 从进水段、中段到出水段呈逐渐降低趋势, 停止注水则段间差异消失。24 h 水质变化显示, 池中 $C(DO)$ 与 pH 在 8:00 ~ 16:00 高于 20:00 ~ 4:00, $C(COD)$ 以午夜较高, 20:00 次之。这与杂色鲍昼伏夜动的生活习性有关, $C(DO)$ 和 pH 的时间变化还与水温的波动有关。从总体看, 该流水体系中, 水质基本满足我国相关水质标准的要求。

关键词:杂色鲍; 工厂化养殖; 水质变化

中图分类号: S968.315; S949

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2003)04-0333-05

鲍对水质的要求比较高, 对水质的变化也较敏感^[1]。在小规模或密闭式的鲍养殖系统中, 残饵和排泄物分解容易造成营养盐积累、耗氧量增加、溶解氧降低或细菌数量增多^[2-3]。近年, 大规模或流水开放式养鲍正在开展, 目前对这类系统中的水质状况和变化特点还了解得不多。本实验通过现场观测, 研究杂色鲍(*Halotis diversicolor* Reeve)工厂化水池养鲍过程中水质状况的动态变化, 旨在为工厂化水池养鲍生产管理和水质调控提供科学依据与技术指导。

1 材料与方法

1.1 材料

于 2000 年 5 月在粤东某水产养殖场进行, 水样的采集与保存方法按《海洋监测规范》^[4]进行。

水样的采集:

(1) 随机选 2 个幼鲍池, 池长 13 m、宽 1.5 m、水深约 0.7 m, 连续不断充气。海水经沉淀、过滤, 从蓄水池出水端的分支水管流入 1 个幼鲍池的水量约为 0.6 m³/h。幼鲍放养密度为 2 500 ~ 3 000/m², 每日按鲍重量的 4% ~ 5% 投喂人工微粒饵料。换水周期为 3 d, 换水时将鲍转移到邻近的鲍池, 待池洗净消毒并重新注水后, 再将鲍移回原池。每次在各池的进水管取 1 个样, 在各池的前、中、后部位取 3 个样, 在幼鲍池总排水渠取 1 个样。

(2) 随机选 2 个成鲍池, 池长、宽各 3 m, 水深约 1.5 m, 连续不断充气。海水经沉淀、过滤, 从蓄水池出水端的分支水管流入 1 个成鲍池的水量约为 0.9

收稿日期: 2002-06-11; 修订日期: 2002-09-05.

基金项目: 国家“九五”重点科技攻关项目(96-008-03-04).

作者简介: 甘居利(1958-), 男, 副研究员, 从事渔业生态环境污染监控与保护的研究. Tel: 020-84195173.

通讯作者: 林 钦. Tel: 020-84198473. E-mail: scsfems@sti.gd.cn

m^3/h 。每池层叠放置养殖笼 120 个,每笼养成鲍 40 只左右,观测期间成鲍平均重约 12 g。每 3 天按全池鲍重量的 5%~15% 投喂江蓠 1 次。换水周期和方法与幼鲍池相同。每次在各池的进水管取 1 个样,在各池的 4 个对角,分表、底层取样,并按表、底层分别混合成 2 个样,在成鲍池总排水渠和鲍场总排水渠各取 1 个样。

(3) 对进水管、养鲍池、排水渠 24 h 观测,每 4 h 采样 1 次,共观测 2 轮,观测连续 6 d,每天 11:00~12:00、23:00~0:00 各采样 1 次。

1.2 水样的观测和分析

DO 质量浓度 $C(\text{DO})$ 和 pH 在采样时观测,COD 质量浓度 $C(\text{COD})$ 、溶解性无机氮 (DIN, 包括 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$) 质量浓度 $C(\text{DIN})$ 、溶解性无机磷质量浓度 $C(\text{DIP})$ 于采样后在鲍场内测定。水体氧饱和度 $\varphi(\text{O}_2)$ 由 $C(\text{DO})$ 换算而得。

2 结果与分析

2.1 水质的空间变化

鲍场内不同观测点水质 20 次观测的平均值见表 1。

表 1 鲍场内不同观测点水质观测平均值

Table 1 Mean values of water quality at different observing sites in the culture system

观测点 Observing site	pH	$C(\text{DO})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\varphi(\text{O}_2)/\%$	$C(\text{COD})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$C(\text{DIN})/(\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	$C(\text{DIP})/(\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$
进水管 Inlet	7.73	6.63	98.8	0.29	68	8.7
成鲍池表层 Upper layer in adult pond	7.55	6.26	94.0	0.42	185	19.2
成鲍池底层 Lower layer in adult pond	7.55	6.29	93.7	0.49	212	16.8
成鲍池总排水渠 Drainage of adult pond	7.57	6.34	94.6	0.47	188	20.1
幼鲍池内进水段 Inlet of larval pond	7.63	6.17	91.8			
幼鲍池内中段 Middle of larval pond	7.61	6.05	90.0	0.41	127	20.8
幼鲍池内出水段 Outlet of larval pond	7.55	5.96	88.9			
幼鲍池总排水渠 Drainage of larval pond	7.57	6.31	89.5	0.50	110	24.5
鲍场总排水渠 Drainage of the farm	7.57	6.32	89.8	0.47	166	22.2
水质标准 Criteria of water quality	7.0~8.5 ^[5]	≥ 5 ^[5]	—	< 3.0 ^[6]	< 300 ^[6]	< 30 ^[6]

注:表中幼鲍池 COD、DIP、DIN 浓度为进水段、中段和出水段混合样的浓度。

Note: The concentrations of COD, DIP and DIN in larval pond represent those of the mixed water samples from the inlet, middle and outlet.

进水水体和出水水体 pH 平均分别为 7.73、7.57,变化范围分别是 7.42~7.88、7.13~7.72。pH 的各次观测值均在我国渔业水质标准^[5]规定的 7.0~8.5 之内,但出水水体的 pH 比进水水体明显低 ($P < 0.05$),平均降低 0.16。pH 以进水管为最高,经养殖过程之后略有降低。

进出水体 $C(\text{DO})$ 的平均值分别为 6.63 和 6.32 mg/L,范围分别是 6.08~7.19 mg/L、5.96~6.90 mg/L。 $C(\text{DO})$ 的各观测值均达到我国渔业水质标准^[5]规定的 5.0 mg/L 以上。但是,出水水体中 $C(\text{DO})$ 比进水水体明显降低 ($P < 0.02$),平均降低 0.31 mg/L。进出水体氧饱和度 $\varphi(\text{O}_2)$ 分别为 98.8%、89.5%,相差 9.3%。虽然鲍池连续不断地充气,但各池中 $C(\text{DO})$ 或 $\varphi(\text{O}_2)$ 均低于进水管。成鲍池内 $C(\text{DO})$ 或 $\varphi(\text{O}_2)$ 略高于幼鲍池内,但成鲍池内表层与底层的 $C(\text{DO})$ 或 $\varphi(\text{O}_2)$ 相差不大。

pH、 $C(\text{DO})$ 或 $\varphi(\text{O}_2)$ 在幼鲍池中不同的区段有

一定差异,略呈进水段 > 中间段 > 出水段的分布特点,DO 在各段间的差异显著 ($P < 0.01$),pH 在中间段与出水段的差异较显著 ($P < 0.05$)。这是幼鲍的呼吸作用和海水中碳酸盐平衡体系对海水 pH 和 $C(\text{DO})$ 的调节作用。幼鲍呼吸释放出二氧化碳,吸收氧气,海水中二氧化碳浓度增高,氢离子浓度增加,直至碳酸盐体系达成新的动态平衡。

当临时停止加水时,幼鲍池各段间的 pH、 $C(\text{DO})$ 差异不明显,与加水时出水端 $C(\text{DO})$ 或 $\varphi(\text{O}_2)$ 相当。重复 5 次观测仍然如此。这说明不断添加新鲜的水流,对改善鲍池水质有重要作用。

各样次的 $C(\text{COD})$ 均未超过海水二类水质标准 (适用于水产养殖区)^[6] 规定的 3.0 mg/L。成鲍池 $C(\text{COD})$ 明显高于进水管 ($P < 0.01$),略高于幼鲍池,且成鲍池内表层 $C(\text{COD})$ 略低于底层。进水水体的 $C(\text{COD})$ 为 0.12~0.48 mg/L,平均为 0.29 mg/L。值得注意的是出水水体的 $C(\text{COD})$ 为 0.24

~0.68 mg/L,平均 0.47 mg/L,比进水水体平均增高约 0.6 倍。

C(DIN)的各观测值均未超过海水二类水质标准规定的 300 $\mu\text{g/L}$,以成鲍池底层的 C(DIN)最高,次高值一般出现在成鲍池表层。更应注意的是,进水水体 C(DIN)为 22~196 $\mu\text{g/L}$,平均为 68 $\mu\text{g/L}$;出水水体 C(DIN)为 130~280 $\mu\text{g/L}$,平均 166 $\mu\text{g/L}$,比进水水体平均升高 1.4 倍。其中,氨氮($\text{NH}_4\text{-N}$)和亚硝酸盐氮($\text{NO}_2\text{-N}$)含量分别增加了 1.9 倍、1.5 倍,硝酸盐氮($\text{NO}_3\text{-N}$)增加 0.8 倍。氨氮和亚硝酸盐氮属于耗氧物质,这与 C(DO)的降低和 C(COD)的升高有很大关系。

进水水体 C(DIP)为 0.62~10 $\mu\text{g/L}$,平均 8.7 $\mu\text{g/L}$;出水水体 C(DIP)为 17~35 $\mu\text{g/L}$,有 4 样次超过海水二类水质标准规定的 30 $\mu\text{g/L}$,平均 22.2 $\mu\text{g/L}$,比进水水体平均增高 1.6 倍。C(DIP)以幼鲍池和各总排水渠较高。看来,C(DIP)比 C(DIN)和 C(COD)的变化还要大一些,出水中的浓度不仅增幅最大,而且 20% 的观测值超标。

养鲍系统中尽管随时不断注入经过滤的海水,但难以让全池养殖用水及时和充分地更新,排泄物、残饵仍有一定程度的滞留。因此,C(DIN)和 C(DIP)的增高主要由鲍的排泄、残饵的分解所致,定期放掉池水、洗刷池壁和池底是十分必要的。

2.2 水质变化

连续 6 d(2 个换水洗池周期)每日分别在 11:00~12:00、23:00~0:00,分别对表 1 中所列观测点进行观测。结果表明,鲍场内同一观测点的 C(DO)日平均观测值随着气温、水温的升高而略呈下降趋势,pH 也略呈降低之势,C(COD)、C(DIN)和 C(DIP)的日平均观测值有一定幅度的波动。表 2 为各观测日成鲍池底层的 2 次观测平均值,其他观测点的变化情形与此相似。

2.2.1 水质昼夜对比 表 3 分别列出了不同观测点 11:00~12:00、23:00~0:00 的 6 日观测平均值。

可见除鲍池进水管外,pH 在白天一般略高于夜间。在成鲍池表层、幼鲍池内和幼鲍池总排水渠,C(DO)为白天高于夜间,而鲍池进水管中则与此相反;在成鲍池底层和成鲍池总排水渠 C(DO)的昼夜差别不大。C(COD)的昼夜差别最明显的是在幼鲍池中,夜间比白天高 0.12 mg/L;C(COD)夜间比白天略高的还有成鲍池的表层和底层、幼鲍池总排水渠;C(COD)昼夜差别不大的有进水管、成鲍池总排水渠。C(DIN)昼夜差别总体上不大,夜间高于白天的有成鲍池、成鲍池总排水渠;白天高于夜间的有幼鲍池总排水渠,鲍池进水管昼夜差很小。C(DIP)的昼夜差别因观测点而异,在鲍池进水管夜间比白天高 1 倍多,在成鲍池总排水渠夜间比白天略高,其余观测点的昼夜差别很小。

表 2 成鲍池底层水质 6 日观测平均值

Table 2 Mean values of water quality at the bottom layer of adult pond in 6 days

水质因子 Factor of water quality	观测时间 Observing date					
	27 May	28 May	29 May	30 May	31 May	1 June
水温 Water temperature/ $^{\circ}\text{C}$	26.9	27.0	27.6	27.7	28.2	29.0
pH	7.38	7.50	7.42	7.42	7.61	7.73
C(DO)/(mg·L ⁻¹)	6.38	6.40	6.20	6.10	6.12	5.98
C(COD)/(mg·L ⁻¹)	0.47	0.41	0.40	0.56	0.49	0.31
C(DIN)/($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	263	239	262	220	239	224
C(DIP)/($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	15.2	12.4	14.6	14.9	16.1	16.7

2.2.2 水质 24 h 变化 鲍池 C(DO)在 8:00~16:00 较高,在 20:00 至次日凌晨 4:00 较低,这可能同杂色鲍昼伏夜动的生活习性有关,因为鲍在活动过程中的耗氧量增多^[1]。pH 值在 24 h 中的总体变化特点与 C(DO)的相似。

鲍池和排水渠中 C(COD)总体上以午夜较高、20:00 次之,这也可能同鲍在夜间活动、摄食、排泄

等有关。鲍池进水管中 C(COD)在 24 h 中的变化比较小,说明进水水质比较稳定。16:00 成鲍池总排水渠和幼鲍池总排水渠中 C(COD)异常高,是因为在首轮观测采样时,有人正在清洗排水渠旁的鲍池,使 2 个总排水渠中 C(COD)分别达到 2.67 mg/L、2.48 mg/L,表 1 的统计中未包括这 2 个异常值。但是,偶然获得的异常高值说明定期清洗必然

能够减少鲍池中的污染物。

表3 鲍场水质的昼夜对比

Table 3 Comparison of water quality between day and night

观测点 Observing site	C(DO)/(mg·L ⁻¹)		pH		C(COD)/(mg·L ⁻¹)		C(DIN)/(μg·L ⁻¹)		C(DIP)/(μg·L ⁻¹)	
	中午 Day	午夜 Night	中午 Day	午夜 Night	中午 Day	午夜 Night	中午 Day	午夜 Night	中午 Day	午夜 Night
进水管 Inlet	6.50	6.65	7.72	7.74	0.29	0.28	55	58	4.0	9.9
成鲍池表层 Upper layer in adult pond	6.27	6.13	7.58	7.52	0.40	0.44	162	206	19	19
成鲍池底层 Lower layer in adult pond	6.22	6.23	7.57	7.52	0.47	0.52	188	218	16	17
成鲍池总排水渠 Drainage of adult pond	6.33	6.36	7.59	7.56	0.48	0.48	168	203	21	28
幼鲍池总排水渠 Drainage of larval pond	6.36	6.26	7.66	7.58	0.44	0.46	122	75	26	26
幼鲍池内进水段 Inlet of larval pond	6.20	6.05	7.65	7.57						
幼鲍池内中段 Middle of larval pond	6.10	5.90	7.56	7.54	0.35	0.47	110	131	14	22
幼鲍池内出水段 Outlet of larval pond	6.05	5.83	7.60	7.58						

注:同表1中注。Note: The same as that of Table 1.

幼鲍池内 C(DIP) 含量从 8:00 至 20:00 平稳上升,在 20:00 达最高,为 22 μg/L,之后再下降;而 C(DIN) 的最高值出现在 4:00,为 209 μg/L。成鲍池中表、底层 C(DIN) 在 8:00 最高,分别为 218 μg/L 和 197 μg/L,而表、底层 C(DIP) 在 4:00 最高,分别为 28 μg/L 和 26 μg/L。

3 结论

(1) 将出水水体与进水水体比较, pH 和 C(DO) 各次观测值在正常范围内, 平均值略有降低; C(COD) 各次观测值未超过水质标准, 平均值增高 0.6 倍; C(DIN) 各次观测值未超过水质标准, 平均值增高 1.4 倍; C(DIP) 平均增高 1.6 倍, 出水中 20% 观测值超过二类海水水质标准。工厂化流水养鲍体系对邻近海域环境的影响有待研究。

(2) 水质的昼夜变化和 24 h 变化与杂色鲍昼伏夜动的生活习性有关, C(DO)、pH 的昼夜变化和 24 h 变化还与水温的波动有关。

(3) 不同水质因子在进出水中的变化程度依次是 C(DIP) > C(DIN) > C(COD) > C(DO) > pH, C(DO) 和 pH 的降低与 C(DIP)、C(DIN) 和 C(COD) 的增高有密切联系。在流水体系的基础上, 尚需改进饵料质量及其投喂方式, 提高饵料利用率, 减少残饵和排泄物的污染。

致谢: 余魁余研究员、李茂照研究员和张汉华副研究员给予指导和帮助, 特致谢忱!

参考文献:

- [1] 陈 锤, 严立新, 颜海波. 鲍类养殖[M]. 广州: 广东科技出版社, 1998. 19-22.
- [2] 张文重. 密闭循环水式珍珠鲍杂色鲍养殖新技术[J]. 养殖新技术, 1997, 21(9): 21-24.
- [3] 张东升, 杨 凤, 赵小红, 等. 闭路养鲍水中细菌数量的动态变化[J]. 中国水产科学, 2001, 8(2): 31-35.
- [4] GB17378.4-1988, 海水分析[S].
- [5] GB11607-1989, 渔业水质标准[S].
- [6] GB3097-1997, 海水水质标准[S].

Dynamic variation of water quality in flowing system for abalone culture

GAN Ju-li, LIN Qin, WANG Xiao-ping, Yang Mei-lan, WANG Zeng-huan, HUANG Hong-hui, JIA Xiao-ping

(Key Laboratory of Fishery Ecology Environment, Ministry of Agriculture; Key Laboratory of Fishery Ecology Environment,

Guangdong Province; South China Sea Fisheries Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China)

Abstract: The observation was conducted for six days in an industrial aquacultural farm for *Haliotis diversicolor* culture in east Guangdong Province. The water samples were collected from the inlet, the pond and the offtake of the farm, respectively. The water temperature in the ponds varied from 26.9 to 29.0 °C and the inlet water was the nature sea water after precipitated and filtered. In each of the larval ponds, the larval density was 2 500 – 3 000 inds/m² and each of the adult ponds had 120 cages with 40 inds each, body weight 12 g. The results showed that the water quality varied with different sampling spot and time. In the outlet water the concentrations of DIP, DIN and COD were much higher than those in the inlet water, which increased by 1.6, 1.4 and 0.6 times, respectively. Of the DIP values, 20% passes over the limit provided in the national criteria for sea water Level II. The values of DO and pH declined slightly in the outlet water, which reduced by 0.31 mg/L and 0.16, respectively. The changing degrees of the water quality factors followed the order of DIP > DIN > COD > DO > pH and the results verified that the reduction of DO and pH had close relationship with the increase of DIP, DIN and COD. When sea water was continuously added into the larval ponds, the values of DO and pH tended to gradual decrease from the inlet and the middle to the outlet water. The 24 h successful observation showed that the values of DO and pH in the ponds were higher during 8:00 to 16:00 than those during 20:00 to 4:00 and the value of COD is higher at midnight. This variation might have some relationship with the abalones habit of resting at day and acting at night. The water quality of the flowing system basically accorded with the criteria for water quality of China.

Key words: *Haliotis diversicolor*; industrial aquaculture; water quality variation

Corresponding author: LI Qin. E-mail: scsfems@sti.gd.cn

欢迎订阅《齐鲁渔业》

《齐鲁渔业》1984年创刊,为海洋与水产科技期刊,邮发代号24-78。国际刊号ISSN1001-151X,国内刊号CN37-1017/S。办刊宗旨:面向科技,面向生产,面向海洋与水产养殖及渔船民。携手海洋与水产业同仁共筑致富金桥。

《齐鲁渔业》是中国水产类核心期刊,是联合国水科学和渔业情报系统(ASFIS)和《水科学与渔业文摘》(ASFA)长期固定收录刊物,并被国内数家检索性期刊收录。本刊既发表海洋与水产学科前沿课题报告,注重首报性,又报道最新实用养殖技术,注重实用性。先后荣获山东省十佳期刊,全国水产优秀报刊一等奖,全国优秀期刊三等奖,华东地区优秀期刊,中国期刊方阵“双效”期刊。主要栏目有:专家讲座、名特水产、绿色渔业、海淡水养殖、苗种培育、病害防治、饲料肥料、捕捞技术、保鲜加工、渔船渔机、资源环境、海洋科技、渔业经济、信息集粹等。

《齐鲁渔业》为月刊,大16开48页,每期定价4元,全年48元(含邮资),国内外公开发行,欢迎到当地邮局订阅,也可直接向本社订阅。本刊地址:山东省烟台市四马路63号,邮编:264001,联系人:李雪梅,王治宇。电话:0535-6217078,0535-6217079,传真:0535-6209782, E-mail: qlfmo@public.ytptt.sd.cn