

文章编号: 1000-0615(2003)02-0151-07

# 河口区室内幼虾养殖循环水处理技术与模式

臧维玲<sup>1</sup>, 王永涛<sup>1</sup>, 戴习林<sup>1</sup>, 姚庆祯<sup>1</sup>, 何伟<sup>1</sup>, 徐桂荣<sup>2</sup>, 福江<sup>2</sup>

(1. 上海水产大学渔业学院, 上海 200090;

2. 上海申漕特种水产开发公司, 上海 201507)

**摘要:** 利用臭氧与生物滤器循环水处理系统进行室内南美白对虾幼虾养殖。试验期间, 按 48~72 h 间隔以臭氧处理养殖循环水 2 h, 曝气 2~4 h。水处理期间, 暂停处理池、养虾池间水循环, 过滤系统持续运转。53d 中, 水处理系统有效控制养殖水质化学指标与微生物指标均在合适范围内, 各指标平均值为:  $\text{NH}_3\text{-N}$   $0.41\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$   $0.057\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $\text{COD}$   $10.12\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , 氧化还原电位 379 mV, 浊度 0.6 NTU, 细菌总数  $10\,200\text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$ , 弧菌数  $6\text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$ ; 同时获得较高的幼虾成活率 (78.3%~80.2%)。根据试验结果与河口水特点, 提出了河口区室内养虾循环水处理模式。

**关键词:** 臭氧; 生物滤器; 水处理; 水质指标; 水产养殖

中图分类号: S968.22 文献标识码: A

## The technique and mode of treating circulation water for indoor shrimp culture at estuary area

ZANG Wei-ling<sup>1</sup>, WANG Yong-tao<sup>1</sup>, DAI Xi-lin<sup>1</sup>, YAO Qing-zhen<sup>1</sup>,

HE Wei<sup>1</sup>, XU Gui-rong<sup>2</sup>, DING Fu-jiang<sup>2</sup>

(1. Fisheries College, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China;

2. Shanghai Shencao Special Fisheries Development Company, Shanghai 201507, China)

**Abstract:** *Penaeus vannamei* juvenile was cultured making use of the system of treating circulation water with ozone and bio-filter indoor at estuary area. The circulation water was treated with ozone and bio-filter for 2h at 48-72h intervals, then aired for 2h. The water circulation among treating pond and shrimp ponds was temporarily stopped, filtering system continually ran during treating water. The quality criteria of the circulation water for the shrimp juvenile culture was controlled within suitable range for 52d. The average values of the criteria are as follows:  $\text{NH}_3\text{-N}$   $0.41\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$   $0.057\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $\text{COD}$   $10.12\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , oxidation-reduction potential (ORP) 379mv, turbidity 0.6 NTU, bacterial total  $10\,200\text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$ , vibrio total  $6\text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$ , juvenile survival rate 78.3% - 80.2%. The mode of treating circulation water of indoor shrimp culture at estuary area is put forward according to the test result and the characteristic of estuary water.

**Key words:** ozone; bio-filter; water treatment; criteria of water quality; aquaculture

收稿日期: 2002-09-03

资助项目: 上海市农业重点攻关项目[农科攻字(00第1-18号)]

作者简介: 臧维玲(1938-), 女, 山东青岛人, 教授, 主要从事水环境研究。E-mail: wlzang@163.com

水产养殖业的存在与发展和周围生态环境密切相关。养殖用水均取自天然水,后者水质的优劣直接影响养殖效果的好坏,养殖排放水常含有较高量的氨、亚硝基和有机物等,甚至还含有防治病害所用的硫酸铜与抗菌素等药物。显然,这种水排放后势必污染天然水域,严重的尚会破坏生态环境。1993年以来,东南亚与我国沿海一些地区所发生的对虾爆发性疾病,造成大面积虾塘绝产,损失惨重<sup>[1,2]</sup>。其主要原因是海水环境恶化导致海水中病毒肆虐。可见良好的生态环境是水产养殖业生存发展的前提,也是环境保护的要求,因此改革传统的生产工艺与技术势在必行。为振兴和持续发展我国的水产养殖业,首先应优化养殖模式,改革养殖技术和管理方法,为此必须对养殖用水进行净化处理,探索水处理新技术和新模式。

目前,国外已将臭氧、紫外线与生物过滤器等水处理技术和设施广泛应用于水产养殖,而且向机械化、现代化方向发展。自20世纪60年代以来,在一些先进国家,如日本、美国、德国、加拿大、丹麦等已经开展封闭循环水养殖模式<sup>[3]</sup>。目前,国内在水处理技术和养殖模式方面仍处在研究和推广之中,尚有待进一步深化提高。但近年来山东、江苏等地在扩大海水鱼虾类循环水养殖规模和加快发展速度等方面已取得显著的成果<sup>[4-6]</sup>。本试验根据杭州湾水质状况和我国对虾精养技术规范,在传统水处理技术基础上,结合有关新技术,进行了室内循环水南美对虾幼虾养殖试验,取得了良好的效果,并提出了河口区室内虾类养殖循环水处理技术和模式。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验用水与水质测定方法

南美对虾(*Penaeus vannamei*)幼虾饲养试验用水取自经纳水河、贮水池、暗房三级沉淀,并经漂白粉消毒预处理的当地河口水,最后通过多层尼绒棉网袋滤入贮水池用作试验用水(盐度14)。水质测定方法如下,pH:pHB-4型酸度计、总氨氮( $\text{NH}_3\text{-N}$ ):萘氏比色法、 $\text{NO}_2\text{-N}$ :重氮-偶氮比色法、COD:碱性高锰酸钾法、氧化还原电位(ORP)<sup>[7,8]</sup>:pHS-3C型酸度计、浑浊度:SZD-1型散射光台式浊度仪。同时,还要测定各项试验的细菌总数、弧菌数。

### 1.2 臭氧处理装置水处理合适时间的测定

试验于2001年7月在位于杭州湾畔的上海申漕特种水产养殖公司3号育苗房进行,试验均采用育苗池(3m×6m×1.2m)(下同),池内布放12只充气石,试验期间连续曝气。将购自海南省南美对虾仔虾经暂养用于试验(L=1.22cm,W=0.035g)。试验池与对照池均按400尾·m<sup>-2</sup>,即400万尾·hm<sup>-2</sup>密度布苗,按常规投喂颗粒饲料。

#### 1.2.1 臭氧处理装置对养虾循环水处理的合适时间间隔的测定

以66号池作为水处理池,臭氧处理装置通过水管与其接通进行养虾循环水处理。67、68号池作为幼虾饲养池。试验前,先将经66号池以臭氧处理的河口水注入3号池,试验期间,通过水泵(0.24·h<sup>-1</sup>)与水管将3号池按序连通进行水循环,循环期间暂停臭氧水处理。饲养池不换水、不用药。为确定臭氧对幼虾饲养循环水处理的合适时间间隔,在试验进行至第4d时,按24、96、48、72h的时间间隔用臭氧处理66号池中养虾循环水,于每次水处理前取样测定水温(℃)、pH、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 、细菌数与弧菌数等指标,每次处理时均暂停3号池间水循环,处理后充分曝气至以碘量法<sup>[9]</sup>检验水中无残余臭氧再行循环(以下同)。据测定结果确定65号池水臭氧处理循环水的合适时间间隔。

#### 1.2.2 臭氧处理装置对于处理池中水的合适处理时间测定

当67、68号池幼虾饲养7d后,暂停水循环,以臭氧对66号池水进行连续处理,期间按0.5h间隔取样测定上述水质指标,据测定结果确定65号处理池中水处理的合适时间。

### 1.3 幼虾饲养试验池及其管理

试验时间为8月9日至10月1日,采用51、52号池作为幼虾饲养试验池,65号为臭氧水处理池,水

位分别约维持 90、80 与 100cm, 54、55 号为对照池, 水位约 100 cm。按上述方法将 51、52 与 65 号池连通, 3 池水由臭氧处理装置和生物滤器循环水处理系统进行净化处理。试验期间不换水、不施药, 仅适时添加因蒸发与排污而损失的水量, 对照组据水质与幼虾状况适当换水、用药。每日定时监测各池水温度 (°C)、pH、NH<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N、COD<sub>Mn</sub>、细菌数与弧菌数等指标, 观察并记录虾的活动、摄食与蜕壳等情况。

### 1.4 养虾试验池循环水处理系统装置及处理工艺

#### 1.4.1 循环过滤系统

51、52 号试验池口各架有自制简易浸没式生物滤器(图 1), 由 3 个按体积大小依次叠起的塑料箱组成, 从上而下 3 箱分别装有沸石(15.5kg)、人造珊瑚石(13.2kg)、生化球(14.7kg)。循环过滤系统由滤器与潜水泵 (At-306, 4 500 L·h<sup>-1</sup>) 组成, 利用潜水泵将试验池水导入顶部箱中, 经 3 层滤床过滤后, 由底部箱底回流池中形成过滤水循环, 试验池水需 31.1~35.6 h 可过滤一遍, 即每日池水循环量约达 68%~77%, 通常所用循环量约为 40% 以上, 如施福生等采用约 56% 的日循环量<sup>[4]</sup>, 滤器生物膜经预培养熟化。

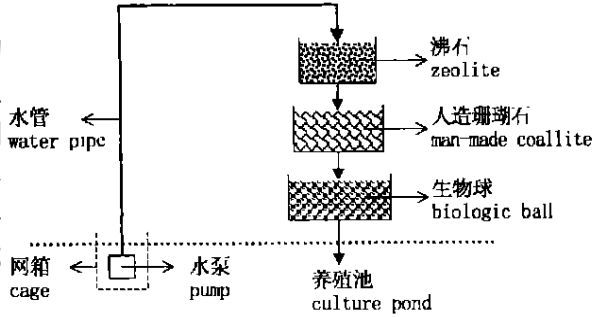


图 1 生物滤器循环装置简图

Fig. 1 The circulation equipment with biological filter

#### 1.4.2 臭氧处理装置与循环水处理工艺流程

养虾试验循环水采用 YZ-TP40 型臭氧处理装置(北京富水科技有限公司出品)进行处理, 臭氧产生量为 30 g·h<sup>-1</sup>, 处理水量为 40~50t·h<sup>-1</sup>。试验期间, 按上述方法将 65 号池处理水按序流经 51、52 号池再返回处理池。据上述试验获得的 65 号池水合适的臭氧处理时间及对养虾循环水处理的合适时间间隔, 以臭氧按时对 65 号池水进行处理。试验期间, 过滤系统持续运转。臭氧处理装置与过滤系统共同构成试验池养虾循环水处理系统(图 2)。

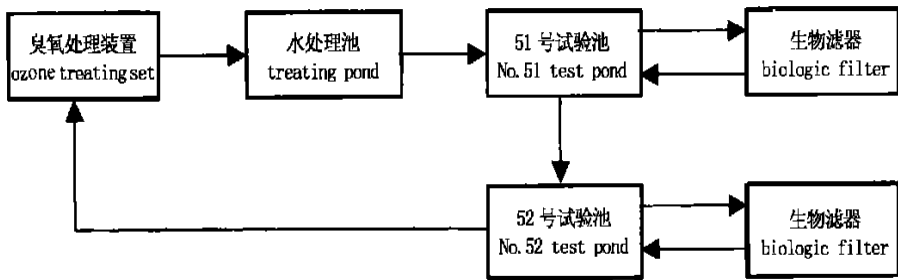


图 2 室内集约化虾类养殖循环水处理系统工艺流程

Fig. 2 Flowchart of circulation water treated on rearing shrimp with indoor intensive culture

## 2 结果与讨论

### 2.1 臭氧处理装置处理河口水效果

试验前以臭氧消毒装置将 65 号池中未曾使用原河口水经不同时间处理的效果列于表 1。

### 2.2 处理池中循环水合适处理时间与效果

按不同时间以臭氧处理 66 号池中循环水的结果列于表 2。由表 2、结合表 1 可看出, 经养殖使用,

饲养水循环到 66 号池时,  $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^- \text{-N}$  与 COD 等水化学指标较原河口水均有不同程度的升高, 但仍随臭氧处理时间的增加而逐步下降, 且下降程度也远低于微生物。处理至 1.0h 时弧菌便已灭绝, 在 1.5h 时, 细菌也无检出。以往资料也曾指出<sup>[10-15]</sup>, 臭氧对细菌与病毒具有良好的灭活作用, 杀活率可达到或接近 100%, 对水化学指标的改善程度弱于前者。因此, 在水产养殖中, 应用臭氧的强氧化作用杀灭微生物可获得良好的结果, 若要全面净化改善水质, 尚需配以生物过滤器等设施。

表 1 原河口水经臭氧装置处理后的水质状况

Tab. 1 The water quality condition of origin estuary water treated with ozone equipment

处理时间(h) treated time	pH	$\text{NH}_3\text{-N}$ ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	$\text{NO}_2^- \text{-N}$ ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	$\text{COD}_{\text{Mn}}$ ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	细菌数①( $\text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$ ) bacterial total	弧菌数( $\text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$ ) vibrio total
0.00	8.44	0.139	0.001	6.73	8800	2
0.75	8.46	0.070	0	5.90	2980	5
1.25	8.46	0.070	0	6.16	280	0
1.75	8.45	0.015	0	6.29	0	0
2.00	8.46	0.015	0	5.88	0	0

由表 1 可知, pH 基本不变; 经 2h 处理, COD 仅下降 12.6%, 去除效果不显著; 经 0.75h 与 1.25h 的处理,  $\text{NH}_3\text{-N}$  含量分别下降了 49.6% 与 89.2%; 经 1.25h 消毒后弧菌全杀灭, 细菌仅剩 3.2%, 至 1.75h 时, 细菌也全杀灭。由此可见, 该装置对微生物具良好的杀灭作用。由上述两项试验可知, 在本试验条件下, 对处理池的循环水以臭氧循环处理 1.5h, 可达到良好的微生物去除作用。据此, 在 51、52 号池幼虾饲养试验期间, 对循环进入 65 号池的饲养水, 试验采用 2h 的臭氧循环处理时间, 据所用臭氧装置水流量为  $40\sim 50\text{t}\cdot\text{h}^{-1}$ , 2h 内 66 或 65 号池水(18t) 可被循环处理 2.2~2.8 遍。在臭氧处理后的曝气期间, 经检验发现, 试验第一周内, 池水经 4h 曝气已无残余臭氧存在, 随养殖时间的延续, 因水中还原性物质含量升高等因, 使残余臭氧量降低, 故曝气时间也应相应缩短。据 66 号池水处理后不同曝气时间的检验结果并结合以往经验, 为充分去除残余臭氧等有害物质, 65 号池在试验开始一周内及其后曝气时间分别采用 4h 与 2h。

表 2 66 号处理池循环水经臭氧处理后水质变化情况

Tab. 2 The change of circle water quality treated with ozone in the treating pond(No. 66)

处理时间(h) treated time	pH	$\text{NH}_3\text{-N}$ ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	$\text{NO}_2^- \text{-N}$ ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	$\text{COD}_{\text{Mn}}$ ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	细菌数( $\text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$ ) bacterial total	弧菌数( $\text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$ ) vibrio total
0.0	8.44	0.31	0.031	6.27	8100	16
0.5	8.46	0.28	0.033	6.60	2980	5
1.5	8.45	0.24	0.028	6.60	0	0

### 2.3 臭氧处理养虾循环水的合适时间间隔

表 3 为 66 号池养虾循环水, 经各次臭氧处理后的不同间隔时间时水质测定结果。表 3 表明, 随各次臭氧处理后间隔时间的延长, 除 pH 外, 水化学指标均出现不同程度增长, 间隔 96h 时的增幅较大。当池水经 2h 处理, 间隔 24h 时, 细菌与弧菌量分别达到  $8\ 800\ \text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$  与  $2\ \text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$ , 当间隔时间分别增至 96、48、72h 时, 细菌与弧菌量均分别由处理后的零值增殖为  $16\ 200$ 、 $14\ 000$ 、 $15\ 000\ \text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$  与  $2$ 、 $13$ 、 $2$ 、 $8\ \text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$ 。显然, 66 号池循环水中微生物增殖量随臭氧处理后间隔时间延长而明显增加, 其中延至 96h 时, 弧菌数陡增, 此时细菌与弧菌总数分别为 24h、48h、72h 时的 1.8、1.2、1.1 倍与 6.5、6.5、1.6 倍。尽管此时细菌与弧菌数较高, 但仍在养虾的安全范围内。以往资料曾指出<sup>[16]</sup>, 对虾养殖水体中弧菌量达到  $10^3\sim 10^4\ \text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$  时虾病就会发生。郭平等<sup>[17]</sup>报道了 1990 年 6-10 月中国对虾正常塘异养

① 戴习林. 河口区室内虾类循环水集约化养殖池水中微生物状况, 2001.

菌与弧菌数的变化范围分别为  $52 \sim 2.7 \times 10^4 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$  与  $14 \sim 3.0 \times 10^3 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。本试验养虾对照池幼虾出现死亡时,细菌与弧菌量分别为  $6 \times 10^4 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$  与  $36 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。据上述结果,并鉴于随养殖时间延长,水中微生物增殖速度将加快的特点,在试验的前1个月及其后65号池循环水分别采用72h与48h的处理时间间隔。

表3 66号池中循环水经臭氧处理后不同时间间隔时水质测定结果

Tab. 3 The measured value of circulation water quality in no. 66 pond after ozone treatment at intervals of different time

时间间隔(h) time intervals	水温( $t$ °C) water temperature	pH	$\text{NH}_3 - \text{N}_i$ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$\text{NO}_2^- - \text{N}$ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$\text{COD}_{\text{Mn}}$ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	细菌总数( $\text{cell} \cdot \text{mL}^{-1}$ ) bacteria total	弧菌总数( $\text{cell} \cdot \text{mL}^{-1}$ ) vibria total
0	26.4	8.60	0.42	0.059	10.39	0	0
24	26.4	8.63	0.58	0.055	9.60	8800	2
96	28.1	8.54	0.68	0.093	9.24	16200	13
48	28.7	8.50	0.64	0.11	8.86	13500	8
72	29.5	8.48	0.75	0.15	9.20	15000	2

## 2.4 试验期间养虾试验池水质变化状况

试验期间,54号对照池与51号养虾试验池水质测定结果分别列于表4与表5,表5中各指标均为65号池水经臭氧处理后72h或48h时的测定值。表4表明,对照池细菌与弧菌数增殖极快,试验中发现幼虾摄食不如试验组旺盛。为此曾每日大量换水并使用抗菌素,即使如此,也仅使其水化学指标与试验组相近,并能维持在安全范围内<sup>[18]</sup>,但微生物量每日大幅度增加,在第5天时,细菌总数达  $46650 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$ ,至第7天时开始死虾,细菌与弧菌数分别达到  $6 \times 10^4 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$  与  $36 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$ ,以至到第9天时,饲养虾所剩无几,此时细菌与弧菌数已分别高达  $12.1 \times 10^4 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$  与  $36 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$ ,当日即中止饲养。55号池情况与其类同。从表5可知,51号池经53d饲养,虽未曾换水、用药,但由于循环水处理系统包含生物滤器与臭氧处理装置的共同净化作用,因此51号池水化学与微生物指标均在安全范围内<sup>[17]</sup>,特别是  $\text{NH}_3 - \text{N}$  与  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  平均值仅分别为  $(0.41 \pm 0.23) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  与  $0.057 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,此两值远小于第6d仔虾安全值<sup>[17]</sup>,可见,试验期间试验池的滤器生物膜对两指标具良好的转化作用;相应ORP也处较好状态,呈现缓慢上升趋势,平均值为  $379 \pm 17 \text{ mv}$ ,接近室外淡水鱼池值( $t < 25^\circ\text{C}$ ,  $434 \text{ mV} < \text{ORP} < 500 \text{ mV}$ )<sup>[19]</sup>;池水维持一定混浊度,多为  $0.4 \sim 0.6 \text{ NTU}$ ,透明度约为  $30 \sim 40 \text{ cm}$ ,正符合养殖需要。饲养周期内,细菌平均总数为  $10200 \pm 2800 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$ ,除第1天外,细菌总数变化幅度较小( $8600 \sim 9900 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$ ),弧菌量多数在  $6 \sim 8 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$  间波动,可见,臭氧有效控制了循环系统水中微生物的量。52号池状况与1号池基本相同。

表4 南美白对虾幼虾养殖试验期间54号对照池水质状况

Tab. 4 Water quality in the control pond rearing *Penaeus vannamei* juvenile during the test period

日期 date	水温( $t$ °C) water temperature	pH	$\text{NH}_3 - \text{N}_i$ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$\text{NO}_2^- - \text{N}$ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$\text{COD}$ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	氧化还原 电位(mV) ORP	浑浊度 (NTU) turbidity	细菌数 ( $\text{cell} \cdot \text{mL}^{-1}$ ) bacterial total	弧菌数 ( $\text{cell} \cdot \text{mL}^{-1}$ ) vibrio total
8.9	27.8	8.31	0.45	0.120	9.98	346	0.9	12500	20
8.13	26.4	8.20	0.33	0.007	10.80	356	0.7	46650	25
8.14	26.4	8.21	0.28	0.005	7.50	363	0.6	49450	26
8.15	28.2	8.20	0.20	0.010	8.80	370	0.5	60000	36
8.17	28.1	8.23	0.29	0.034	10.13	371	0.4	121000	41
平均值 average	$27.7 \pm 1.4$	$8.19 \pm 0.04$	$0.32 \pm 0.08$	$0.014 \pm 0.012$	$9.44 \pm 1.31$	$361 \pm 10$	$0.6 \pm 0.1$	$65800 \pm 43700$	$30 \pm 9$

综上所述, 养虾循环水处理系统具有良好的水处理功能, 可使室内虾类集约化养殖循环水质指标控制在合适范围内。处理系统的关键技术与工艺为: 循环水各次臭氧处理时间与处理时间间隔、曝气时间, 以及合适的过滤装置与速度。试验说明, 我国北方育苗房生产空闲季节可采用本试验类似的装置与工艺开展室内循环水养虾, 使育苗房得以充分利用。

表5 南美白对虾幼虾养殖试验期间51号试验池水质状况

Tab.5 Water quality in the test pond 51 rearing *Penaeus vannamei* during the test period

日期 date	水温(°C) water temperature	pH	NH <sub>3</sub> -N (mg·L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> -N (mg·L <sup>-1</sup> )	COD (mg·L <sup>-1</sup> )	氧化还原 电位(mV) ORP	浊度 (NTU) turbidity	细菌数 (cell·mL <sup>-1</sup> ) bacterial total	弧菌数 (cell·mL <sup>-1</sup> ) vibrio total
8.9	27.8	8.20	0.24	0.035	7.79	341	0.8	18200	0
8.13	26.4	8.33	0.21	0.034	10.12	366	1.0	9900	1
8.18	28.7	8.29	0.21	0.019	9.37	372	0.6	8600	10
8.22	29.4	8.25	0.19	0.033	9.45	377	0.5	9200	6
8.30	29.0	8.25	0.29	0.008	9.72	384	0.4	9500	8
9.6	28.7	8.30	0.36	0.014	10.14	387	0.4	9200	6
9.12	27.0	8.29	0.59	0.160	10.24	390	0.5	8800	7
9.18	26.8	8.26	0.62	0.100	10.98	376	0.6	9400	7
9.23	25.8	8.31	0.68	0.110	11.04	394	0.5	9900	8
10.1	25.0	8.31	0.73	0.064	12.32	398	0.4	9300	8
平均值 average	27.5± 1.5	8.28± 0.04	0.41± 0.21	0.057± 0.005	10.12± 1.20	379±17	0.6±0.2	10200±2800	6±3

## 2.5 试验池幼虾饲养效果

试验期间, 试验池幼虾摄食旺盛、活力强、残饵少, 极少死虾, 其饲养效果列于表6。经53d饲养, 51、52号试验池幼虾平均体长与体重分别为5.7与5.5 cm, 2.74与2.65 g, 成活率达80.2%与78.3%。但由于放苗密度过高(400万尾·hm<sup>-2</sup>), 为我国室外对虾精养技术规范(60~75万尾·hm<sup>-2</sup>)的5.3~6.7倍, 而且河口水质较差、排污不够, 以及养殖期间因故曾部分采用罗氏沼虾颗粒料等, 故幼虾生长速度较缓慢。因此在各项设施良好情况下, 室内循环水养虾放养密度应据水质背景状况确定, 建议布苗密度采用250~300尾·hm<sup>-2</sup>, 约3d排污一次。

表6 试验池南美白对虾幼虾饲养效果

Tab.6 Culture results of *Penaeus vannamei* juvenile in test pond

池号 pond no.	放养密度(ind·m <sup>-2</sup> ) stocking density	平均体长(cm) average length	平均体重(g) average weight	成活率(%) survival rate
51	400	5.7	2.74	80.2
52	400	5.5	2.65	78.3

## 2.6 河口区室内养虾循环水处理模式

- (1) 养殖用水须经严格沉淀与消毒预处理;
- (2) 生物滤器过滤系统与臭氧循环处理系统各自独立运行;
- (3) 据养殖用水化学、微生物状况及臭氧仪工况选择确定每次循环水处理时间、处理后曝气时间以及各次处理时间间隔;
- (3) 在处理池以臭氧处理养虾循环水时, 处理期间暂停池间水循环;
- (4) 以车间为单位建立生物滤池, 生产前预先熟化培养生物膜, 养殖期间滤池持续运行;
- (5) 以车间为单位建立臭氧处理池, 并将各养殖池与其连通形成水循环;
- (6) 布苗密度参考采用250~300万尾·hm<sup>-2</sup>, 适时添加因蒸发、排污等损失的水量。

## 参考文献:

- [ 1 ] Cai S L, Huang J, Wang C M, et al. Epidemiological studies on the explosive epidemic disease of prawn in 1993- 1994[ J]. J Fish China, 1995, 19(2): 112- 119. [ 蔡生力, 黄, 王崇明, 等. 1993- 1994 年对虾暴发性疾病的流行病学研究[ J]. 水产学报, 1995, 19(2): 112- 119. ]
- [ 2 ] Yamaguchi K W, Sano J A. Method of experimental infection of Kurams shrimp larvae, *Penaeus japonicus* Bate with baculovirus mid gut gland necrosis( BWW) virus[ J]. J Fish Dis, 1995, 11: 105- 111.
- [ 3 ] Intelligence Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science. Fishery survey of abroad[ M]. Beijing: Science Press, 1991. 100- 101. [ 中国水产科学研究院情报研究所. 国外渔业概况[ M]. 北京: 科学出版社, 1991. 100- 101. ]
- [ 4 ] Shi F S, Ji H J. The exploring of resultful culture technology[ J]. J Fish Cult, 2001, ( 1): 25- 28. [ 施福生, 吉红九. 池塘循环海水高效养殖技术探索[ J]. 水产养殖, 2001, ( 1): 25- 28. ]
- [ 5 ] Hui Y L, Qiang J, Lu Z M. Employment of water purification machine and artificial aquatic plants in the installations for eel culture with circle water[ J]. J Fish Mach and Instr, 1992, 19( 100): 8- 11. [ 惠永乐, 钱俊, 陆志敏. 水净化机和人造水藻在循环水养鳗设施中的应用[ J]. 渔业机械仪器, 1992, 19(100): 8- 11. ]
- [ 6 ] <http://www.mbaquatic.com/chinese.htm>. 2002 年 7 月. 莱洲明波水产有限公司.
- [ 7 ] Zang W L. Analysis of water quality for culture fish[ M]. Beijing: China Agriculture Press, 1991. 36- 44, 51- 85. [ 臧维玲. 养鱼水质分析[ M]. 北京: 中国农业出版社, 1991. 36- 44, 51- 85. ]
- [ 8 ] State Control Bureau Of Quality Technology. Seawater analysis, standard of ocean monitoring-standard[ M]. Beijing: Chinese Standard Press, 1998. 142- 143, 150- 162. [ 国家质量技术监督局. 海洋监测规范- 海水分析[ M]. 中国标准出版社, 1998. 142- 143, 150- 162. ]
- [ 9 ] Ma Y H. A quick and simply method of measuring the concentration of ozone[ J]. J Huizhou Univ, 2002, 20( 4), 35- 37[ 马毅红. 一种简单快速测定臭氧浓度的方法[ J]. 惠州大学学报( 自然科学版), 2000, 20( 4): 35- 37. ]
- [ 10 ] Bai X Y, Zhang J, Zhang H, et al. Study of ozone and its employment[ J]. J Tecnology of Water Treated, 1992, 18( 6): 409- 414. [ 白希尧, 张键, 张宏, 等. 臭氧及其应用研究[ J]. 水处理技术, 1992, 18( 6): 409- 414. ]
- [ 11 ] Sun G M, Li B H, Yang J J, et al. Water treated and employment of ozone for fisheries culture[ J]. Inland Fisheries, 1998, ( 4): 5- 6. [ 孙广明, 李宝华, 杨建军, 等. 臭氧水处理及在水产养殖中的应用[ J]. 内陆水产, 1998, ( 4): 5- 6. ]
- [ 12 ] Sun X H, Han H, Ren Z. Preliminary study of the result of water treatment by ozone for breeding sea-treasure[ J]. J Dalian Coll Fish, 1997, 12( 2): 73- 77. [ 孙晓红, 韩华, 任重. 臭氧处理海珍品育苗用水效果的初步研究[ J]. 大连水产学院学报, 1997, 12( 2): 73- 77. ]
- [ 13 ] Honn K V, Chavin W. Utility of ozone treatment in the maintenance of water quality in a closed marine system[ J]. Mar Biol, 1976, 34: 201- 209.
- [ 14 ] Menasvetai P. Effect of ozone treatment on the survival of prawn larvae reared in closed recirculating water system[ J]. Thai Fish Gaz, 1980, 33( 6): 677- 683.
- [ 15 ] Posten H A, Wulliams R C. Effect of ozonated water reuse on salinity tolerance of atlantic salmon[ J]. Prog Fish Cult, 1990, 52( 1): 36- 40.
- [ 16 ] Ding Z G. Study of relation between heterotrophic bacteria and shrimp disease[ J]. Acta Oceanol Sin, 1995, 17( 3): 85- 91. [ 丁占国, 林凤翔. 异养细菌与虾病关系的研究[ J]. 海洋学报, 1995, 17( 3): 85- 91. ]
- [ 17 ] Guo P, Xu M M. Dynamic change of bacterial in culture pond water[ J]. Oceanol et Limnol Sin, 1994, 25( 6): 625- 629. [ 郭平, 许美美. 对虾养殖池水域环境细菌的动态变化[ J]. 海洋与湖沼, 1994, 25( 6): 625- 629. ]
- [ 18 ] Yao Q Z, Zang W L, Dai X L, et al. Toxic effects of nitrite and ammonia on *Penaeus vannamei* larvae and *Penaeus japonicus* larvae[ J]. J Shanghai Fish Univ, 2002, 11( 1): 21- 26. [ 姚庆祯, 臧维玲, 戴习林, 等. 亚硝酸盐和氨对凡纳对虾和日本对虾幼体的毒性作用[ J]. 上海水产大学学报, 2002, 11( 1): 21- 26. ]
- [ 19 ] Zang W L, Li B E. Preliminary study of oxidation-reduction potential in culture pond[ J]. Freshwater Fisheries, 1985, ( 3): 1- 4. [ 臧维玲, 李勃恩. 养殖池塘氧化还原状态的初步研究[ J]. 淡水渔业, 1985, ( 3): 1- 4. ]