

## 气浮机对高位池养虾水质的调控效果

朱林, 车轩\*, 刘晃, 管崇武, 田昌凤

(农业部渔业装备与工程技术重点实验室; 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 上海 200092)

**摘要:** 为了探索气浮机在对虾高位池系统中的调控效果, 该文利用2口高位池对射流式气浮机对养虾水质和养殖生物的影响进行了研究, 试验结果表明: 气浮机在对虾养殖试验中取得了显著的调控效果, 试验组虾池40 d平均氨氮浓度( $0.052 \pm 0.012$ )  $\text{g/m}^3$  比对照组虾池( $0.14 \pm 0.025$ )  $\text{g/m}^3$  显著降低了0.088  $\text{g/m}^3$ 、40 d平均亚硝氮浓度( $0.0004 \pm 0.0001$ )  $\text{g/m}^3$  比对照组虾池( $0.004 \pm 0.001$ )  $\text{g/m}^3$  显著下降了0.0036  $\text{g/m}^3$ 、40 d平均溶解氧质量浓度( $7.5465 \pm 0.3222$ )  $\text{g/m}^3$  比对照组虾池( $6.5398 \pm 0.2843$ )  $\text{g/m}^3$  显著升高了1.007  $\text{g/m}^3$ 、试验组虾池40 d平均弧菌总数( $3553 \pm 1873$ ) cfu/mL 显著低于对照组( $4907 \pm 1858$ ) cfu/mL, 试验组虾池40 d平均荧光菌( $3 \pm 1.86$ ) cfu/mL, 显著低于对照组( $9 \pm 2.14$ ) cfu/mL, 试验组虾池在60 d时凡纳滨对虾体质量( $5.97 \pm 0.67$ ) g 大于对照组( $5.53 \pm 0.61$ ) g, 差异显著。

**关键词:** 水质; 水产养殖; 微生物; 射流式气浮机; 凡纳滨对虾

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2014.03.020

中图分类号: S953

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2014)-03-0149-06

朱林, 车轩, 刘晃, 等. 气浮机对高位池养虾水质的调控效果[J]. 农业工程学报, 2014, 30(3): 149—154.  
Zhu Lin, Che Xuan, Liu Huang, et al. Adjusting effect of jet flotation machine on water quality in *Litopenaeus vannamei* culturing pond[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2014, 30(3): 149—154. (in Chinese with English abstract)

### 0 引言

水质是凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*) 养殖过程中的重要因素, 虾塘水质的稳定性与塘中浮游生物群落结构和数量有密切关系。对虾高位池浮游植物群落中优势种突出, 多数情况下优势种占总量的49%~99%<sup>[1]</sup>。虾塘中浮游植物总量变动是由较为单一的优势种所控制, 因此, 养殖水环境的水质和动态平衡取决于优势种的种类和种群的稳定性。气浮法是一种高效、快速除藻的固液分离技术, 应用广泛。射流式气浮机是利用旋切叶轮在电机的驱动下高速旋转, 在叶轮内形成负压, 从进气管吸入空气, 并与提升上来的废水充分混合后, 产生雾化气泡, 在水剪切力的作用下, 微气泡扩散于水中, 在气浮机内垂直上升, 形成气浮。微细气泡将水中的悬浮物质粘附, 形成比重小于水的浮体上浮, 再由排泡口排出, 从而完成水的净化过程。相比沉淀工艺, 气浮工艺能更好地去除藻类和藻毒素<sup>[2]</sup>。李秀辰等<sup>[3]</sup>建立

的由养鱼池、沉淀池、气浮装置和硝化滤池组成的海水循环水养鱼系统  $\text{NO}_2^-$ -N 和 (total chemical oxygen demand, TCOD) 的3 h 去除率分别达99.6%和88.3%。Wheaton<sup>[4]</sup>研究结果表明, 泡沫分离器可浓缩挥发性物质, 降低水中的悬浮物和总氮。方荣楠<sup>[5]</sup>报道了一种利用气浮分离技术去除养殖水体中微型固体颗粒的系统, 试验结果表明: 泡沫分离法不仅能去除残饵、粪便等有机物, 且可以抑制细菌的生长繁殖。杨建敏等<sup>[6]</sup>使用泡沫分离技术处理扇贝育苗用水, 试验结果表明, 气浮分离技术可以有效去除有机物、胶体物及低价金属离子, 这些物质都会影响化学耗氧量 (chemical oxygen demand, COD) 和氨氮含量, 并且可以间接影响水体 pH 值。郑瑞东等<sup>[7]</sup>研究表明, 泡沫分离法具有工艺简单、操作简便、运行稳定、效果优良等优点, 在去除悬浮物 (suspended solid, SS) 的同时, 还能不同程度去除 COD 等污染物, SS 平均去除率达60%以上。杜以兵<sup>[8]</sup>认为喷射气浮系统具有体积小、质量轻、能耗低等特点, 可作为水质净化的重要环节, 能满足水处理的需要。但目前, 应用气浮机进行凡纳滨对虾养殖虾池水质调控的研究尚未见报道, 为了深入研究气浮机在对虾养殖业的实际应用效果, 本研究对射流式气浮机调控对虾养殖环境的效果进行了检测, 探讨了气浮技术调节养虾水体中微藻浓度和水质的能力。

收稿日期: 2013-04-08 修订日期: 2013-12-26

基金项目: 国家现代农业产业技术体系-虾岗位 (CARS-47)

作者简介: 朱林 (1986—), 男, 研究方向: 水产养殖工程。上海市杨浦区赤峰路63号 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 200092。Email: zhulin@fmiri.ac.cn

\*通信作者: 车轩 (1981—), 男, 研究方向: 水产养殖工程和水污染控制。上海市杨浦区赤峰路63号 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 200092。Email: chexuan@fmiri.ac.cn

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验地点位于湛江恒兴 863 基地的亲虾选育区, 试验虾池为高位池, 池壁铺砌水泥, 池底铺地膜, 面积为  $667 \text{ m}^2$ , 水深为  $1.5 \text{ m}$ 。

试验虾苗选用无特定病原 (specific pathogen free, SPF) F1 代一龄苗, 购买于恒兴南方水产有限公司, 规格为标准体长  $0.8 \text{ cm}$ , 体质量为  $0.4 \text{ g}$ , 投放密度为  $320 \text{ 万尾/hm}^2$ 。

试验设备选用  $1.5 \text{ kW}$  射流式气浮机, 气浮装置尺寸  $2 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ , 流量为  $70 \text{ m}^3/\text{h}$ , 系统各部分具体位置如图 1 所示。

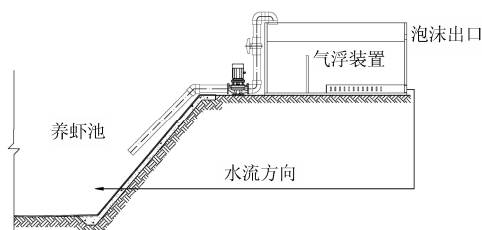


图 1 试验系统示意图

Fig.1 Schematic diagram of experimental system

### 1.2 试验方法

试验使用 2 口虾池, 其中 1 口配备气浮机, 作为试验池 (A 组), 另外 1 口不配备气浮机, 作为对照池 (B 组), 放苗量及放苗时间与试验池相同。

试验期间气浮装置连续运行, 每天 09:00 对试验虾池和对照虾池采样进行水质分析 (氨氮 (ammonia nitrogen) 和亚硝氮 (nitrate nitrogen)), 14:00 进行藻类计数, 每天投喂 4 次并定时进行 3 次溶解氧 (dissolved oxygen, DO)、温度 (temperature, T)、pH 值检测, 每天排掉 30% 的养殖水, 补充同量的新鲜海水, 每周进行 1 次弧菌检测, 每隔 20 d 进行 1 次虾体长体质量检测; 对气浮装置的除藻效率进行测试, 采样点位于气浮装置的进出水, 以及泡沫出口, 除藻效率 = (进水口的藻数量 - 泡沫出口的藻数量) / 进水口的藻数量; 定期检测养殖水体弧菌数量, 测量时间为第 1 周到第 6 周, 以检测水质调控效果。

体质量 (weight, W) 由电子天平测量, 体长 (standard length, SL) 由游标卡尺测量; 光照强度由照度计测量; 水温 and 溶解氧 (DO) 采用 YSI ProODO 光学溶氧仪测定, pH 值用 YSI Proplus 多参数测定仪进行测量; 虾池微藻种类用 Nikon AZ100 显微镜观察计数; 氨氮采用次溴酸钠氧化法 (GB12763.4) 测量, 亚硝氮采用重氮-偶氮法 (GB12763.4) 测量; 弧菌总数量及荧光菌数量采用显色培养基法测量。

成活率 = 起捕时活虾数量 / 放苗数量。

### 1.3 数据统计

应用 Excel 2010 及 Spss Statistics 17.0 软件对试验数据进行统计分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 水质调控效果及除藻效率

表 1 为 2 组投饵率 (所投饲料与养殖对象体质量的百分比)、pH 值、温度及光照度对比情况, 在相同投饵率条件下, 2 组 pH 值、虾塘水温及光照度没有显著差异, 均在凡纳滨对虾适应范围之内; 图 2a 为 2 组试验过程中  $\text{NH}_4\text{-N}$  对比情况, 从图中可以看出试验 A 组氨氮比 B 组低, 且差异显著 ( $P < 0.05$ ), 均值下降了  $0.088 \text{ g/m}^3$ ; 图 2b 为 2 组试验过程中  $\text{NO}_2\text{-N}$  对比情况, 从图中可以看出试验组 A 组亚硝酸氮浓度比 B 组低, 且差异显著 ( $P < 0.05$ ), 均值下降了  $0.0036 \text{ g/m}^3$ ; 图 2c 为 2 组试验过程中溶解氧质量浓度对比情况, 从图中可以看出试验 A 组溶解氧质量浓度值比 B 组高, 且差异显著 ( $P < 0.05$ ), 均值升高了  $1.007 \text{ g/m}^3$ ; 气浮设备是一类在水中通入或产生大量的微细气泡, 使空气以高度分散的微小气泡形式附着在悬浮物颗粒上, 造成密度小于水的状态, 利用浮力原理使其浮在水面, 从而实现固-液分离的水处理设备。气浮设备按气浮方式可分为散气气浮、溶气气浮与电解气浮法<sup>[9-10]</sup>。目前在给水、工业废水和城市污水处理方面都有应用, 尤其是对低温、低浊、富藻水体的净化处理以及城市污水和工业废水处理, 这已有论述<sup>[11-16]</sup>, 生物调控系统除去了养虾周期中多余的微藻, 尤其是养虾后期的蓝藻, 使虾池藻相更加稳定, 使虾池氨氮、亚硝氮显著下降, 虾池总菌数显著下降, 减少了荧光菌等有害菌, 降低了凡纳滨对虾死亡率, 凡纳滨对虾生长指标也得到了一定提高, 但气浮机的处理强度与养虾池塘大小如何配比需要进一步试验。管崇武等<sup>[17]</sup>认为涌浪机对虾池溶解氧变化效果优于水车增氧机, 而且其在底质改良和减少污物排放方面性能较好, 如何将涌浪机和气浮机结合应用于凡纳滨对虾养殖有待进一步研究。

表 1 A、B 组投喂量、pH 值、水温、光照度及除藻效率比较  
Table 1 Comparison of feeding amount, pH value, temperature, illuminance and efficiency of algae removal between group A and group B

	投饵率 Feeding amount/ %	pH 值 pH value	温度 Temperature/ ℃	光照强度 Illuminance/ lx	除藻效率 Efficiency of algae removal/%
A 组 (试验池) Experiment group	12	7.67~8.93	28.2~35.4	3642~98753	17.6~19.2
B 组 (对照池) Control group	12	7.53~8.72	28.1~35.4	3642~98753	0

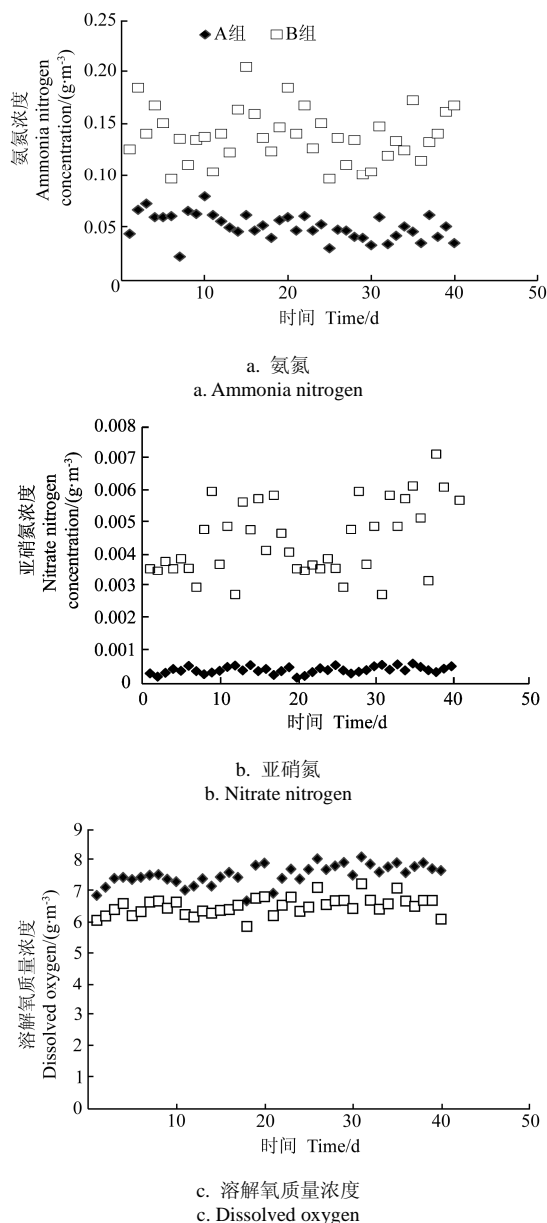


图2 A、B组氨氮、亚硝酸氮及溶解氧质量浓度比较  
Fig.2 Comparison of ammonia nitrogen, nitrate nitrogen and dissolved oxygen between group A and group B

## 2.2 2组微藻种类对比

A、B组虾池微藻的种类如表2所示,从表中可以看出A、B组在第1、2周时虾池微藻种类为硅藻、绿藻,A组在第3、4、5周时虾池微藻种类均为绿藻,在第6周时虾池微藻种类为绿藻、少量蓝藻,B组在第3周虾池微藻种类除绿藻外、出现少量蓝藻,此后虾池均有绿藻、蓝藻。虾池浮游植物统称微藻,微藻在对虾养殖池塘中占有重要位置,它具有维持池塘生态平衡和稳定池塘环境的功能。如果水体中主要含有硅藻、新月菱形藻、小球藻、角毛藻、3角褐指藻等,水色呈红棕色。红棕色是养虾的最好水色,这些藻类都是对虾的优质饵料;如果水体中主要含有绿藻,水体呈淡绿、翠绿

色绿藻能大量吸收氮,净化水质;这些水色也是养虾的优质水色。如果水体呈暗绿色,含蓝藻较多,这是有机质过多的征兆,是不好的水色<sup>[18]</sup>;蓝藻蛋白质含量较高,其次是绿藻、硅藻;蓝藻藻体死亡后,体内的蛋白质迅速分解产生羟胺、硫化氢等有毒物质,引起虾中毒死亡,对照虾池水体蓝藻含量较高,不仅大量分解产生羟胺、硫化氢等,且造成凡纳滨对虾死亡率升高,产生有利于耗氧菌生长繁殖的尸体碎屑,使池塘在夜间长时间缺氧,间接提高了水体的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_2\text{-N}$ ,另一方面,代谢蓝藻的细菌在自我溶解时会产生毒性氨。虾池中绿藻种群具有持续稳定的特点,所以绿藻控制藻相的虾池水色持续时间长,水质稳定,且绿藻对紫外线吸收度最大,单胞绿藻能更好地减少紫外线对虾体的损伤,单胞绿藻能对于有毒重金属离子具有较强的吸附作用,可降解其毒性。试验组在第1、2周时虾池微藻种类为硅藻、绿藻,在其他时间时虾池微藻种类均为绿藻,试验组虾池在整个试验过程中保持了养虾的优质水色,只在第6周出现少量蓝藻;对照组在第1、2周时虾池微藻种类为硅藻、绿藻,在第3周虾池微藻种类为绿藻,对照组从第3周开始虾池出现蓝藻,说明对照组虾池此时有机质过剩,导致蓝藻出现并大规模繁殖,而试验组气浮机24h运行,不仅把虾池中多余的有机质除去,而且能除去1部分微藻,保持藻相稳定。

表2 A、B组微藻种类比较

Table 2 Comparison of level of microalgal species between group A and group B

	第1周 The first week	第2周 The second week	第3周 The third week	第4周 The forth week	第5周 The fifth week	第6周 The sixth week
A组 A group	硅藻、 绿藻	硅藻、绿藻	绿藻	绿藻	绿藻	绿藻、少量 蓝藻
B组 B group	硅藻、 绿藻	硅藻、绿藻	绿藻、少量 蓝藻	绿藻、少量 蓝藻	绿藻、少量 蓝藻	绿藻、少量 蓝藻

## 2.3 弧菌数量对比

A、B组虾池弧菌总数及池荧光菌对比如表3所示,弧菌总数在第5周A组虾池大于B组虾池,其他时间均是B组虾池大于A组虾池,且差异显著( $P<0.05$ );而荧光菌在第3周2组基本持平外,其他时间B组均大于A组,且差异显著( $P<0.05$ )。池塘中的微生物生态系统状况,微生物数量种群组成上的变动以及代谢分解有机物的能力对养殖环境有很大的影响<sup>[19]</sup>。藻细胞所分泌释放的有机物质可被周围的细菌所摄取,形成1种互利关系。Ohta等<sup>[20]</sup>指出,藻类和细菌间存在着拮抗关系,藻类能产生抑制细菌生长的抗生素类物质,Imai等<sup>[21]</sup>指出,细菌也能抑制藻的生长繁殖,甚至可以裂解藻

细胞。章洁香等<sup>[22]</sup>认为随着虾体逐渐长大,投饵量增加,水中的残饵和虾体的排泄物增多,水体富营养化程度增加,有利于基质限制性细菌的繁殖生长,容易出现细菌数量的高峰期。林伟等<sup>[23]</sup>研究认为,以微藻为基础的微小生物群落因优先占有生态空间而对弧菌菌群具有排斥性。弧菌病是影响对虾养殖业最为常见、危害较为严重的疾病,使水产业蒙受巨大的经济损失,也严重影响对虾的出口创汇<sup>[24]</sup>。一方面,试验组采用气浮技术泡沫分离法不仅能去除残饵、凡纳滨对虾粪便等有机物,还能在短时间去除过滤不易去除的蛋白质,从而抑制细菌的生长和繁殖,所以大部分养殖时段 A 组虾池无论是弧菌总数还是荧光菌数量都显著低于 B 组虾池,而第 5 周弧菌总数出现反常可能是天气骤变导致的;另一方面,试验组在试验过程中保持以绿藻为主的微藻群落,藻相稳定,对弧菌菌群具有抑制作用。

表 3 A、B 组弧菌总数及荧光菌数量比较

Table 3 Comparison of total bacterial counts and fluorescent bacteria between group A and group B

		第 1 周 The first week	第 2 周 The second week	第 3 周 The third week	第 4 周 The fourth week	第 5 周 The fifth week	第 6 周 The sixth week
弧菌数 Total bacterial counts	A 组	3445 <sup>a</sup>	6865 <sup>a</sup>	3250 <sup>a</sup>	1775 <sup>a</sup>	4145 <sup>a</sup>	1835 <sup>a</sup>
	B 组	4120 <sup>b</sup>	7610 <sup>b</sup>	3760 <sup>b</sup>	6900 <sup>b</sup>	3865 <sup>b</sup>	3185 <sup>b</sup>
荧光菌数 Fluorescent bacteria	A 组	2 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>
	B 组	9 <sup>b</sup>	13 <sup>b</sup>	6 <sup>b</sup>	10 <sup>b</sup>	9 <sup>b</sup>	7 <sup>b</sup>

注:同列肩标小写字母相同代表差异不显著 ( $P>0.05$ ),小写字母不同代表差异显著 ( $P<0.05$ )。下同。

Note: The same minuscule on the shoulder of the same column expresses not significant, the different minuscule on the shoulder of the same column expresses significant. The same as below.

## 2.4 凡纳滨对虾生长情况及成活率对比

2 组凡纳滨对虾生长情况对比体长、体质量在不同时间的测定结果如表 4 所示。从表 4 可知在 3 个时期内, A 组凡纳滨对虾体长、体质量均为最大; 20、40 d 时, 体长和体质量在 A 组、B 组之间差异不显著 ( $P>0.05$ ); 60 d 时, 体质量在 A 组、B 组之间差异显著 ( $P<0.05$ ), 体长在 A 组、B 组之间差异显著 ( $P<0.05$ )。凡纳滨对虾成活率 A 组 41.6%, B 组 38.3%。水环境水质因子对水生生物生命活动的影响远高于陆生动物<sup>[25]</sup>。虾池的益生菌可产生维生素, 氨基酸促生长因子及蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶, 纤维酶等多种酶<sup>[26-28]</sup>。试验组采用气浮技术进行养虾水质调控取得了较好的效果, 有效降低了水体氨氮及亚硝氮, 抑制了有害菌, 作为虾池的生产者的微藻种群相对更加稳定, 持续的光合作用更好地为对虾的生长提供充足的氧气和能量, 保持虾池微生态平衡稳定, 促进了凡纳滨对虾生长。

表 4 A、B 组凡纳滨对虾生长比较

Table 4 Comparison of growth target between group A and group B

	20 日龄 20 days of age		40 日龄 40 days of age		60 日龄 60 days of age		成活率 Rate of survival/%
	体质量/g	体长/cm	体质量/g	体长/cm	体质量/g	体长/cm	
A 组 A group	1.84 <sup>a</sup>	1.54 <sup>a</sup>	2.87 <sup>a</sup>	5.87 <sup>a</sup>	5.97 <sup>a</sup>	7.26 <sup>a</sup>	41.6% <sup>a</sup>
B 组 B group	1.78 <sup>a</sup>	1.38 <sup>a</sup>	2.64 <sup>a</sup>	5.66 <sup>a</sup>	5.53 <sup>b</sup>	6.93 <sup>a</sup>	38.3% <sup>b</sup>

## 3 结 论

凡纳滨对虾池生物调控系统在此次虾池养殖试验中取得了较好的效果, 具备生物调控系统的试验组虾池 40 d 平均氨氮浓度比对照组虾池显著降低了 0.088 g/m<sup>3</sup>、40 d 平均亚硝氮浓度比对照组虾池显著下降了 0.0036 g/m<sup>3</sup>、40 d 平均溶解氧质量浓度比对照组虾池显著升高了 1.007 g/m<sup>3</sup>, 试验组虾池 40d 平均弧菌总数(3553±1873) cfu/mL 显著低于对照组(4907±1858) cfu/mL, 试验组虾池 40 d 平均荧光菌(3±1.86) cfu/mL, 显著低于对照组(9±2.14) cfu/mL, 试验组虾池在 60 d 时凡纳滨对虾体质量(5.97±0.67) g 大于对照组(5.53±0.61) g, 差异显著。

## 【参 考 文 献】

- [1] 林小涛, 黄翔鹤, 邱德全. 水产动物无公害养殖原理与水环境调控技术[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009: 57—101.
- [2] 胡澄澄, 高乃云, 吴楚海. 沉淀与气浮单元处理太湖原水比较[J]. 给排水, 2010(2): 13—16.  
Hu Chengcheng, Gao Naiyun, Wu Chuhai. Comparison of the treatment effects between sedimentation and dissolved air flocculation for the Taihu Lake raw water[J]. Water and Wastewater Engineering, 2010(2): 13—16. (in Chinese with English abstract)
- [3] 李秀辰, 李俐俐, 张国琛, 等. 养殖固体废物作碳源的海水养殖废水反硝化净化效果[J]. 农业工程学报 2010, 26(4): 275—279.  
Li Xiuchen, Li Lili, Zhang Guochen, et al. Denitrification of wastewater with external carbon source of solid wastes in recirculating marine culture system[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(4): 275—279. (in Chinese with English abstract)
- [4] Wheaton F W. Aquaculture Engineering[M]. New York: John Wiley and Sons, 1977.
- [5] 方荣楠. 采用泡沫分离装置的养殖系统[J]. 渔业现代化, 2001(2): 18—20.
- [6] 杨建敏, 于瑞海. 泡沫分离技术在水产养殖上的应用研究[J]. 海洋科学, 1997(3): 24—26.  
Yang Jianming, Yu Hairui. A study on foam fractionation

- technique applied to aquaculture[J]. Marine Sciences, 1997(3): 24—26. (in Chinese with English abstract)
- [7] 郑瑞东, 李田, 刘鹰. 泡沫分离法在工厂化养殖废水处理中的应用研究[J]. 渔业现代化, 2005(2): 33—35.
- [8] 杜以兵. 喷气气浮装置的研制[J]. 油气田地面工程, 1999, 18(4): 32—35.
- [9] 窦玉凤, 李文献. 气浮设备的应用与比较[J]. 陶瓷研究与职业教育, 2005(3): 31—34.  
Dou Yufeng, Li Wenxian. Application and comparison of air bearing equipments[J]. Ceramic Research and Vocational Education, 2005(3): 31—34. (in Chinese with English abstract)
- [10] 王毅力, 汤鸿霄. 气浮净水技术研究及进展[J]. 环境科学进展, 1999(6): 94—103.  
Wang Yili, Tang Xiaohong. Research and advance in the flotation technique used in water and wastewater purification[J]. Advances in Environmental Science, 1999(6): 94—103. (in Chinese with English abstract)
- [11] 李永红, 汪立飞, 李彦春, 等. 气浮处理含藻水库水的工艺设计[J]. 中国给水排水, 2006(6): 38—41.  
Li Yonghong, Wang Lifei, Li Yanchun. et al. Design of air-flotation process for algae-laden reservoirwater treatment[J]. China Water and Wastewater, 2006(6): 38—41. (in Chinese with English abstract)
- [12] 张自杰. 排水工程:下册, 第3版[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996.
- [13] 袁俊, 朱光灿, 吕锡武. 气浮除藻工艺的比较及影响因素[J]. 净水技术, 2012, 31(6): 25—28.  
Yuan Jun, Zhu Guangcan, Lü Xiwu. Comparison and influence factors of algae removal with air-flotation processes[J]. Water Purification Technology, 2012, 31(6): 25—28. (in Chinese with English abstract)
- [14] 柳姝, 黄培坤, 汪群慧, 等. 混凝微气泡气浮法处理含藻废水的研究[J]. 环境工程学报, 2008(12): 1639—1643.  
Liu Shu, Huang Peikun, Wang Qunhui. Study on treatment of algae-laden waster water using coagulation micro bubble air flotation process[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2008(12): 1639—1643. (in Chinese with English abstract)
- [15] 吴玉宝, 石大安, 谢常艳. 混凝-气浮除藻工艺中絮凝方式选择及参数优化[J]. 水处理技, 2008(7): 43—50.  
Wu Yubao, Shi Daan, Xie Changyan. Study on selecting the way of flocculation and optimizing parameters in the algae removal with coagulation-flotation process[J]. Technology of Water Treatment, 2008(7): 43—50. (in Chinese with English abstract)
- [16] 陈泉源, 朱凌云, Salas M. 高气泡表面积通量浮选柱气浮除藻的研究[J]. 环境污染治理技术与设备, 2006(9): 73—77.  
Chen Quanyuan, Zhu Lingyun, Salas M. Application of column flotation with high bubble surface area flux for algae removal from source water[J]. Techniques and Equipment for Environmental Pollution Control, 2006(9): 73—77. (in Chinese with English abstract)
- [17] 管崇武, 刘晃, 宋红桥, 等. 涌浪机在对虾养殖中的增氧作用[J]. 农业工程学报, 2012, 28(9): 208—212.  
Guan Chongwu, Liu Huang, Song Hongqiao, et al. Oxygenation effect of wave aerator on shrimp culture[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(9): 208—212. (in Chinese with English abstract)
- [18] 王卫平, 杨继元. 南美白对虾养成过程中的水质调控[J]. 河北渔业, 2007(5): 22—24.
- [19] Briggs M R P, Funge-Smith S J A. Nutrient budget of some intensive marine shrimp ponds in Thailand[J]. Aquaculture Research, 1994, 25(8): 789—811.
- [20] Ohta S, Chang T, Ikegami N, et al. Antibiotic substance produce by a newly isolated marine microalga, *Chlorococcum* HS101[J]. Bull Environ Contem Toxicol, 1993, 50(4): 171—178.
- [21] Imai I, Ishida Y, Hata Y. Killing of marine phytoplankton by a gliding bacterium *Cytophaga* sp, isolated from the coastal sea of Japan[J]. Marine Biology, 1993, 116(4): 527—532.
- [22] 章洁香, 张瑜斌, 张才学, 等. 高位虾池水体细菌和弧菌的数量变化及影响因素[J]. 集美大学学报: 自然科学版, 2010(5): 327—332.  
Zhang Jiexiang, Zhang Yubin, Zhang Caixue, et al. Variation in densities of culturable heterotrophic bacteria, vibrio and relationship between bacterial densities and environmental factors during culture in exalted shrimp ponds[J]. Journal of Jimei University: Natural Science, 2010(5): 327—332. (in Chinese with English abstract)
- [23] 林伟, 陈騊, 刘秀云. 海洋微藻培育系统抗弧菌作用机理[J]. 海洋与湖沼, 2001, 32(1): 7—14.  
Lin Wei, Chen Du, Liu Xiuyun. The antivibrio mechanism of microalgae cultrvation system[J]. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 2001, 32(1): 7—14. (in Chinese with English abstract)
- [24] 曹剑香, 简纪常, 吴灶和. 注射溶藻弧菌疫苗对南美白对虾免疫功能的影响[J]. 水产科学, 2006, 25(7): 330—333.  
Cao Jianxiang, Jian Jichang, Wu Zaohe. Effects of *Vibrio alginolyticus* vaccine on white legged shrimp (*Litopenaeus vannamei*) immunity[J]. Fisheries Science, 2006, 25(7): 330—333. (in Chinese with English abstract)
- [25] Shan H, Obbard J P. Ammonia removal from prawn aquaculture water using immobilized nitrifying bacteria[J]. Application Microbia Biotechnology, 2001, 57(6): 791—798.
- [26] 杨蕙萍, 童圣英, 王子臣. 国内外关于关于水产动物消化酶研究的概况[J]. 大连水产学院学报, 1998, 167(7): 68—71.  
Yang Huiping, Tong Shengying, Wang Zichen. An review: Digestive enzymes in fishery animals[J]. Journal

- of Dalian Fisheries University, 1998, 167(7): 68—71. (in Chinese with English abstract)
- [27] 丁贤, 李卓佳, 陈永青, 等. 芽孢杆菌对凡纳滨对虾生长和消化酶活性的影响[J]. 中国水产科学, 2004, 11(6): 580—584.
- Ding Xian, Li Zhuojia, Chen Yongqing, et al. Effects of probiotics on growth and activities of digestive enzymes of *pennaus vannamei*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2004, 11(6): 580—584. (in Chinese with English abstract)
- [28] 朱学芝, 郑石轩, 潘庆军, 等. 微生态制剂对凡纳滨对虾生长及水质的影响[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2008, 7(Z1): 58—62.
- Zhu Xuezhi, Zheng Shixuan, Pan Qingjun, et al. Effect of probiotics on growth performance and water quality of *Litopenaeus vannamei*[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2008, 7(Z1): 58—62. (in Chinese with English abstract)

## Adjusting effect of jet flotation machine on water quality in *Litopenaeus vannamei* culturing pond

Zhu Lin, Che Xuan\*, Liu Huang, Guan Chongwu, Tian Changfeng

(Key Laboratory of Fisher Equipment and Engineering, Ministry of Agriculture; Fisher Machinery and Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** An important factor in *Litopenaeus vannamei* culturing process is water quality, whose stability for shrimp pond has close relationship to the community structure of microplankton. How to control water color is the key to *Litopenaeus vannamei* breeding, especially to the controlling of the species and amount of microplankton. The dominant species accounted for 49%~99% of the total in most cases, and the amount of microplankton depends on the amount of dominant species. To explore a new biological control system, environment control technology based on the jet flotation machine in *Litopenaeus vannamei* culturing process was studied in this paper. Two *Litopenaeus vannamei* culturing ponds with the same 667 m<sup>2</sup>, in which we put the same number of shrimp seed at the same time, were used, one for biological control test, the other for contrast. The new biological control system, in which we added a loopback for the water treatment, was composed of a 7.5-kilowatt motor, a 7.5-kilowatt water pump and a 1.5-kilowatt jet flotation machine. The jet flotation machine, which ran 24 hours a day during experiment, was placed in a glass fiber reinforced plastically (size: 2 m×1.5 m×1 m). The level of ammonia nitrogen and nitrate nitrogen was tested by sodium hypobromous acid oxidation and diazo-azo at 9:00 am, while the species and amount of microplankton were recorded by a nikon AZ100 microscope at 14:00 pm. The dissolved oxygen, temperature, potential of hydrogen and salinity of two ponds were measured by YSI ProODO and YSI Proplus three times a day regularly. Number of vibrio was recorded every day. The length and weight of shrimps were measured by electronic balance and vernier caliper every 20 days. Experimental group and control group were labelled as A and B groups, respectively. Research results showed that there was no significant difference in the potential of hydrogen between A and B groups based on the same amount of feeding, and the potentials of hydrogen of the two groups did not exceed the expected range of *Litopenaeus vannamei*. Besides, the level of ammonia nitrogen of A group was lower than that of B group significantly. The same is true for the level nitrate nitrogen. For the first and second weeks the species of microplankton in A group and B group were both diatoms and green algae. This was not changed in A group for the third, fourth and fifth weeks, but a large number of green algae and a small amount of cyanobacteria were found in A group for the sixth week. The species of microplankton in B group was a large number of green algae and a small amount of cyanobacteria in the third week and green algae and cyanobacteria in the other time. Level of total bacteria of A group was significantly lower than that of B group except for the fifth week. The level of fluorescent bacteria of A group was significantly lower than that of B group except for the third week. There was no significant difference in the length and weight of shrimp between A and B groups in twenty days. In forty days, however, the shrimps of A group were significantly longer and heavier than those of B group. In conclusion the new biological control system has certain effect in *Litopenaeus vannamei* culturing process.

**Key words:** water quality; aquaculture; microorganisms; jet flotation machine; *Litopenaeus vannamei*

(责任编辑: 刘丽英)