

凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)育种核心群体 在连续排污养殖模式下的生长和存活性能分析*

徐孝栋^{1,2} 栾生² 罗坤² 孔杰²

(1. 大连海洋大学水产与生命学院 大连 116023 ;

2. 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071)

摘要 利用配置连续排污系统的室外水泥池养殖凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*) 2012 级育种核心群家系, 监测、分析 3 个生长阶段养殖环境的水质变化、育种群体的生长和存活性能, 为建立安全、高效的育种核心群体养殖模式提供基础数据。结果显示, 在较高养殖密度(180 ind/m²)条件下, 氨氮含量在 7 d 内从 0 达到 1.80 mg/L 的高峰值, 在随后的养殖过程中呈波浪式变化, 波动范围为 0.50–1.80 mg/L; 亚硝酸盐含量维持在低于 0.60 mg/L 的水平; pH 值在 7.2–8.2 之间; 溶藻弧菌、副溶血弧菌和哈维氏弧菌的含量分别为 500–6200、0–400 和 0–10 CFU/ml; 凡纳滨对虾的平均生长速率为 0.199 g/d, 养殖成活率达到 89.7%; 凡纳滨对虾体质量的生长符合 Boltzmann 和 Logistic 模型, 体质量观测值与模型拟合值的决定系数(R^2)分别为 0.978 和 0.980, 预测体质量规格为 10–12 g 时, 为其体质量增长拐点。

关键词 凡纳滨对虾; 连续排污; 氨氮; 亚硝酸盐; 微生物; 生长存活

中图分类号 Q959 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2014)04-0032-07

凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)又名南美白对虾, 具有适应性广、抗逆性强、生长速度快、饲料蛋白质含量需求低、适合集约化养殖等特点, 是目前世界上养殖产量最高的对虾品种(王兴强等, 2004; 柴鹏程等, 2013; 张许光等, 2013)。我国自 1999 年开始大面积养殖凡纳滨对虾, 2012 年养殖产量超过 120 万 t, 占我国对虾养殖总产量的 80%以上。

目前国内凡纳滨对虾养殖模式多为土池、高位池等传统方式, 对养殖过程中产生的污物和高氨氮、高亚硝酸盐缺乏有效的处理, 系统缺乏稳定性, 养殖风险大(蔡强, 2010)。生物絮团技术作为一种新兴养殖模式, 通过向水体中添加有机碳源, 絮团中的微生物能够吸收养殖水体中的残饵、粪便并转化成对虾可以食用的饵料, 大大降低了水体的亚硝酸盐和氨氮水

平, 并提高了饲料利用率(Avnimelech, 2007)。但生物絮团中微生物种类繁多、数量庞大, 细菌群落、浮游动植物、有机碎屑和一些聚合物物质互相絮凝而成细菌团粒(Schryver *et al.*, 2008)。由于缺少有效的管理和控制措施, 生物絮团技术稳定性需要进一步验证和改良(Crab *et al.*, 2012)。生物絮团需要持续地供给氧气, 并且要求养殖系统温度控制在 30℃左右才能形成(Rosenberry, 2006), 在我国北方可以实施的时间段较短, 同时溶氧不足会引起生物絮团沉降, 从而引起水质恶化(邓应能等, 2012)。

中国水产科学研究院黄海水产研究所从 2011 年开展凡纳滨对虾选择育种研究, 目前已选育至第 3 代。为保证育种核心群体始终处于无特定病原(SPF)状态, 家系养殖和混合养殖系统必须为封闭工厂化养

* 国家高技术研究发展计划项目(2012AA10A404)和农业部“引进国际先进农业科学技术”项目(2013-Z13)共同资助。

徐孝栋, E-mail: ddong_xu@163.com

通讯作者: 孔杰, 研究员, E-mail: kongjie@sina.com

收稿日期: 2013-12-20, 收修改稿日期: 2014-03-18

殖系统,应具备安全、稳定和高效等特点。本研究在配置连续排污系统的混养测试池养殖凡纳滨对虾2012级G₀代家系,监测、分析3个生长阶段养殖水体中氨氮含量、亚硝酸盐含量、虾体致病菌数量,通过抽样分析育种群体的生长和存活性能,为建立安全、高效的养殖模式提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 实验地点及用虾

实验于2012年6-9月在中国水产科学研究院黄海水产研究所农业部海水遗传育种中心(山东省青岛市即墨市鳌山卫镇)进行,实验用207个凡纳滨对虾为2月龄2012级G₀代家系可视嵌入性荧光标记(VIE)幼虾,平均体质量为3.38 g。实验所用4个养殖池为100 m²的室外圆形混养测试水泥池。

1.2 实验设备

养殖池采用连续排污系统,该系统分为电动PVC蝶阀(D971PVC-10DN150)和电动执行器(济南科威纳阀门有限公司)两部分。电动PVC蝶阀安装于池中央底部的排水口处,电动执行器安装于操作室,该系统可实现随时开关阀门,并可设置自动开关时间。

1.3 实验方法

1.3.1 实验设计 实验分为3个连续阶段,详见表1。第1阶段实验结束后,将存活对虾分别移入2号池和3号池,开始第2阶段实验;第2阶段实验结束后,将2号池和3号池存活对虾分别移入4号池和5号池,开始第3阶段实验,各阶段分别统计存活率。

1.3.2 日常管理 实验开始之前用12 mg/kg强氯精对实验池水进行杀菌,充分曝气后,待余氯为0时方可使用。放苗前3 h,施加2 mg/kg应激灵Vc。池内水位保持在80 cm,水温为自然水温。每天投喂4次配合饲料(04:00、10:00、16:00、22:00),日投喂

量控制在总体质量的4%-5%之间,具体投喂量的调整以投喂1.5 h后观察饵料剩余情况而定,根据情况酌情增减,5 d调整1次投喂量;整个实验周期每天自动排污4次(06:00、12:00、18:00、0:00),每次排污时间1.5 min,每天换水量不超过20%。

1.4 数据采集

实验周期内每天对养殖池中氨氮、亚硝酸盐、pH、微生物进行测定,其中氨氮采用苯酚次氯酸盐比色法,亚硝酸盐采用萘乙二胺法(723PC可见分光光度计,上海现科分化仪器有限公司),pH采用Sartorius PB-10(赛多利斯科学仪器有限公司,北京)进行测定,微生物的检测采用TCBS选择培养基分析培养弧菌,包括溶藻弧菌、副溶血弧菌、哈维氏弧菌;每天统计排出的死亡对虾数量,并在每个阶段倒池时进行存活对虾总数的统计;每10 d随机选取池内50尾凡纳滨对虾测量体质量。

1.5 数据处理

采用Excel 2010进行数据整理,采用Origin 8.0进行图表绘制及生长模型分析,第2、3阶段的两个养殖池数据分别取其平均数作为本阶段的分析值。应用的两个体质量生长拟合曲线模型分别为:

$$\text{Boltzmann: } W = (A_1 - A_2) / [1 + e^{(x-x_0)/dx}] + A_2$$

式中, W 为凡纳滨对虾体质量; A_1 、 A_2 分别为函数的最小、最大阈值; x 为实验开始后的天数; x_0 为函数的拐点,即凡纳滨对虾体质量增长最快时的天数; dx 为时间常数。

$$\text{Logistic: } W = (A_1 - A_2) / [1 + (x/x_0)^p] + A_2$$

式中, W 为凡纳滨对虾体质量; A_1 、 A_2 分别为函数的最小、最大阈值; x 为实验开始后的天数; x_0 、 p 为时间常数;其中,拐点 x_1 的计算公式如下:

$$(x/x_0)^p = (p-1)/(p+1)$$

表1 3个实验阶段起止时间、养殖历程、密度和温度范围

Tab.1 Starting and ending dates, culture days, density and temperature range in three experimental stages

养殖阶段 Culture stage	起止时间 Starting and ending dates	养殖历程 Culture days (d)	养殖密度 Culture density (ind/m ²)	温度范围 Temperature range (°C)
第1阶段 First stage	1号池 2012-06-29- 2012-07-29	31	180	22-27.5
第2阶段 Second stage	2号池 3号池 2012-07-30- 2012-09-06	39	74	24-28
第3阶段 Third stage	4号池 5号池 2012-09-07- 2012-09-28	22	70	18-23.5

2 结果与分析

2.1 养殖过程中水质因子变化

实验期间 3 个不同阶段氨氮、亚硝酸盐含量和 pH 值随时间的变化趋势见图 1。由图 1 可知, 氨氮含量呈波浪式变化, 实验各阶段均于开始的 7 d 内达到峰值, 其含量为 2 mg/L 左右; 亚硝酸盐含量在实验各阶段会出现峰值, 其含量分别为 0.56、0.29 和 0.11 mg/L, 在实验第 1、第 2 阶段 20 d 后, 亚硝酸盐含量迅速增长并维持在一定高度波动; pH 值在 3 个不同阶段的变化分别为先高后低、平衡波动、先低后高, 总体维持在 7.2–8.2 之间。

2.2 养殖过程中微生物指标变化

实验过程中, 3 种微生物的变化趋势分别见图 2。由图 2 可以看出, 溶藻弧菌和副溶血弧菌含量在第 2 阶段的 4–5 周达到最高值。本实验过程中也检测出了哈维氏弧菌, 在水中的含量为 0–10 CFU/ml。

2.3 养殖过程中凡纳滨对虾死亡率的变化

实验期间 3 个不同实验阶段的日均死亡率见图 3。3 个阶段的日均死亡率最高值均出现在实验开始的 7 d 内, 其后日均死亡率变化不大, 在 0.20% 以下浮动。实验开始时虾放养数量为 18246 尾, 实验结束后存活 16366 尾, 存活率达到 89.7%。

2.4 实验各阶段凡纳滨对虾生长状况分析

整个实验周期, 前两个阶段均进行了 3 次体质量测量, 详见表 2, 实验养殖的第 3 阶段由于时间的因素只进行了两次体质量的测量。4、5 号池体质量增长不明显, 甚至出现负增长, 实验全阶段凡纳滨对虾的体质量平均生长速率为 0.199 g/d, 应用 Boltzmann 和 Logistic 体质量生长拟合的曲线模型分别为:

$$W = (3.429 - 19.711) / [1 + e^{(t-37.040)/11.880}] + 19.711$$

$$W = (4.992 - 20.865) / [1 + (t/40.592)^{3.385}] + 20.865$$

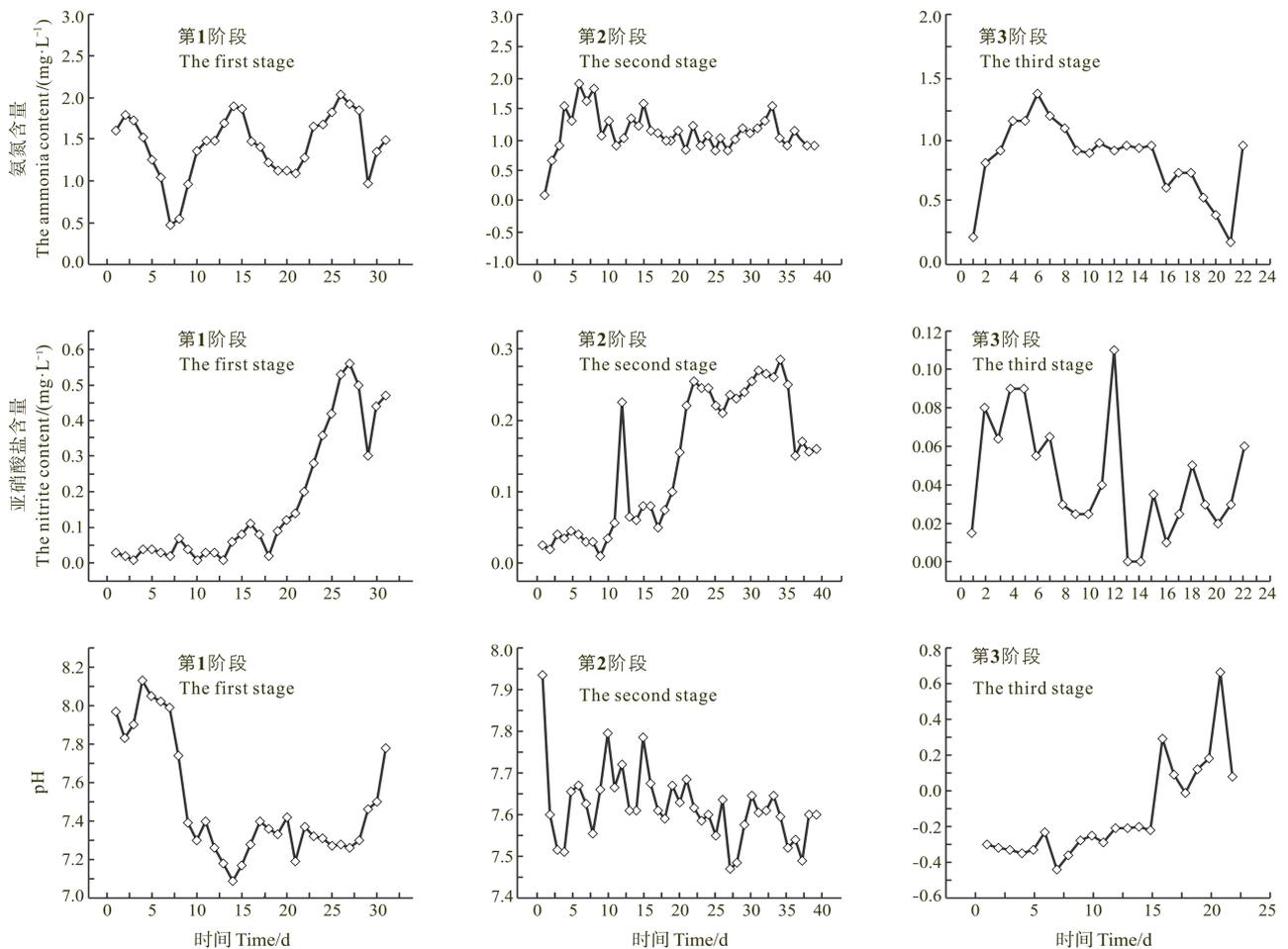


图 1 3 个实验阶段氨氮、亚硝酸盐含量和 pH 值的变化

Fig.1 The variation of ammonia, nitrite and pH in three experimental stages

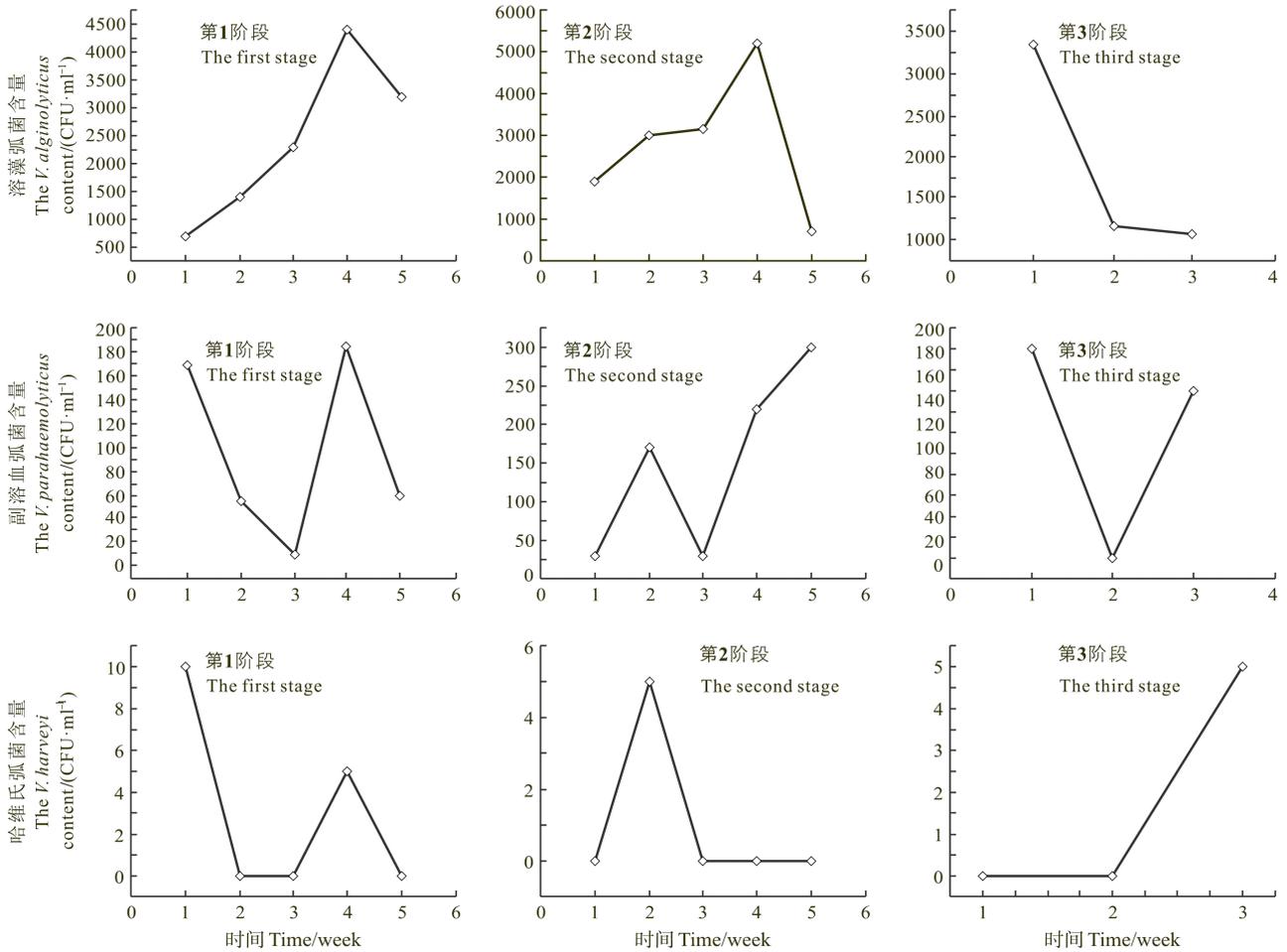


图 2 3 个实验阶段溶藻弧菌、副溶血弧菌和哈维氏弧菌的变化

Fig.2 The variation of *V. alginolyticus*, *V. parahaemolyticus* and *V. harveyi* in three experimental stages

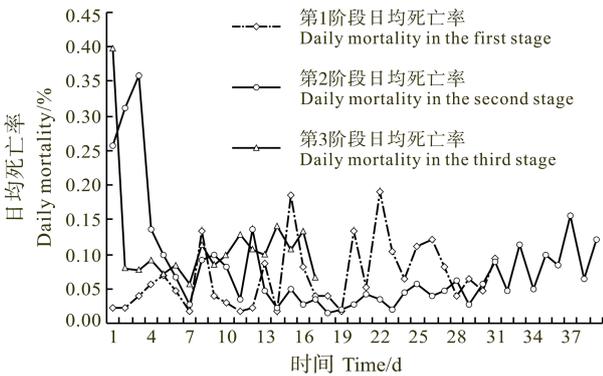


图 3 3 个实验阶段凡纳滨对虾日均死亡率变化

Fig.3 The variation of daily mortality rate of *L.vannamei* in three experimental stages

拟合曲线见图 4。模型显示, 凡纳滨对虾体质量生长前期比较缓慢, 中期加快, 后期趋于平缓。在 Boltzmann 模型中, 曲线的拐点出现在 37.040 的位置, 显示在本实验过程中, 第 37、38 天为凡纳滨对虾的体质量增长拐点, 此时的体质量为 11.57 g ; Logistic

模型中曲线拐点为 33.908, 表明在此条件下, 凡纳滨对虾的最快生长速度出现在第 33、34 天, 此时的体质量为 10.59 g。由此可以认为在本系统条件下, 凡纳滨对虾在体质量达到 10–12 g 时为其体质量增长的拐点。统计检验表明, 两个模型拟合的 R^2 分别为 0.978 和 0.980, χ^2 检验值分别为 0.707 和 0.641, Boltzmann 和 Logistic 模型的拟合结果达到极显著水平。

3 讨论

国内外研究发现, 氨氮胁迫可以引起甲壳类免疫力下降, 并最终导致虾体患病死亡 (Verghese *et al*, 2007; 岳峰等, 2010), 因此水中氨氮浓度的突变幅度不应超过 0.5 mg/L 或长时间维持在较高氨氮水平 (> 0.5 mg/L) (姜令绪等, 2004)。本实验 3 个养殖阶段的氨氮含量都超过了 0.50 mg/L, 其中以第 1 阶段水平最高, 平均氨氮含量达到了 1.43 mg/L, 分析原因是较高的密度引起凡纳滨对虾的活动频率和个体间距明显增加, 导致耗氧率和排氨率升高(陈亚坤等, 2011; Ray *et al*,

表 2 实验各阶段凡纳滨对虾体质量数据
Tab.2 Body weight of *L.vannamei* at different culture stages

养殖阶段 Culture stage	体质量 Body weight(g)			日均增重 Average daily weight gain(g/d)
	10 d	20 d	30 d	
第 1 阶段 First stage	5.03±1.42	6.62±1.58	8.74±2.49	0.179
第 2 阶段 Second stage	12.41±3.18	16.20±2.45	15.66±3.84	0.231
	13.56±3.14	16.08±3.35	17.05±4.74	0.277
第 3 阶段 Third stage	18.88±3.59	18.66±4.28	—	0.100
	20.00±4.36	19.94±5.47	—	0.096

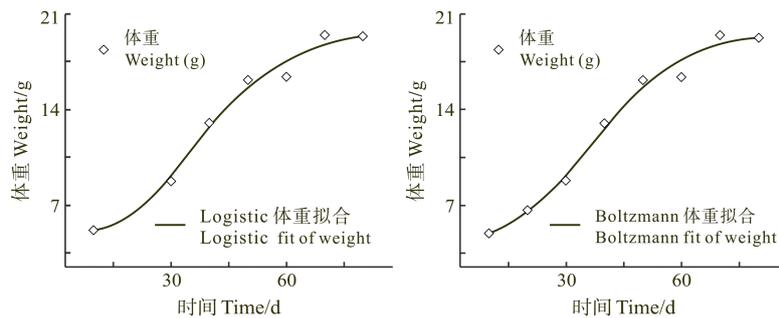


图 4 凡纳滨对虾 Boltzmann、Logistic 模型体质量生长拟合曲线

Fig.4 Regression curve of *L.vannamei* weight growth in Boltzmann and Logistic models

1992)。本实验采用连续排污系统，每天分 4 次定时排出沉积在底部的残饵、粪便和死虾，在一定程度上减少了因微生物的分解作用堆积有毒的气体和物质对虾体产生的危害。倒池后氨氮含量在 7 d 的时间内能迅速达到峰值，说明在水泥池中养殖凡纳滨对虾，水质调控较困难，维持水泥池中的稳定良好生态环境需要进行更多研究。

亚硝酸盐是氨转化成硝酸盐过程中的中间产物，其形成过程主要为残存在池底的饵料、粪便、死藻等物质分解成有毒性的氨氮，然后转化为亚硝酸盐。对虾中毒时表现为鳃部受伤变黑，同时亚硝酸盐含量的升高会导致水中弧菌对对虾的免疫力破坏性增大，引起对虾死亡(周鲜娇等, 2009)。实验过程中由于坚持每天连续排污，其中在第 3 阶段亚硝酸盐含量保持较低的水平，平均低于 0.10 mg/L，在养殖后期连续排污措施能更有效地防止亚硝酸盐的积累。工厂化养殖模式下水中的亚硝酸盐含量为 4.70 mg/L(何本茂等, 2005)，室内高密度养殖池内亚硝酸盐含量为 0.34 mg/L(张煜等, 2010)，高位池养殖模式条件下亚硝酸盐含量为 0.70 mg/L(李由明等, 2013)，本实验研究结果证明连续排污能有效控制亚硝酸盐的产生。

pH 是影响甲壳类渗透压调节机制的重要因素之一。凡纳滨对虾在 pH 7.5–8.5 的弱碱性水中生活较好

(王吉桥, 2002)，随着养殖时间的延长，养殖水体的 pH 有降低的趋势，主要是养殖中后期对虾的呼吸作用以及水中的有机质在微生物的分解作用下产生的有机酸等物质造成的。本实验中，第 1 阶段池中 pH 值呈降低趋势，这与高密度下凡纳滨对虾的总体代谢过高有关；第 2 阶段 pH 值的变化相对平稳；第 3 阶段 pH 值有回升趋势，这可能与较低温度下(19–20℃)凡纳滨对虾呼吸代谢较弱有关。克氏原螯虾代谢率随体质量的增大而减少，随温度升高而增大(温小波等, 2003)。pH 过高会使水中的离子氨转变为氨态氨，从而加剧氨氮的毒性；pH 过低会影响虾体内的离子平衡、改变其食欲而对生长起作用(董双林等, 1994)。因此，能够保证整个养殖过程 pH 的稳定至关重要，不但可以弱化氨氮带来的毒性作用，还可以保持虾体正常摄食和生长。

弧菌是影响对虾养殖业最为常见、危害较重的一类细菌性疾病，其适宜温度为 25–32℃，在 28℃ 以上时流行极为迅速(胡超群等, 2002)。溶藻弧菌是一种条件致病菌，环境恶化时容易暴发，会使凡纳滨对虾患红体病，表现为虾体变成红色、肝胰脏肿胀、头胸甲易剥离(陈强等, 2006)。副溶血弧菌的最适生长盐度为 32，最适 pH 为 7.2(胡兴娟等, 2011)，可引起对虾心脏、鳃、肝组织等的病变，导致虾体免疫机能下

降并引起死亡。本实验中溶藻弧菌和副溶血弧菌的含量在第2阶段的4-5周达到高峰,分析可能的原因与高温(27.5-28℃)有关。随着温度的升高,弧菌极易流行(胡超群等,2000),溶藻弧菌在20-35℃条件下成膜量较多(姚刚等,2012),从大黄鱼致病菌哈维氏弧菌 GYC1108-1 菌株中提取的胞外产物与偶氮酪蛋白作用的最适温度为28℃(沈锦玉等,2011),因此,在高温阶段控制水体中弧菌的数量可以有效控制虾体的患病率。在实验过程中检测出哈维氏弧菌,分析可能是由于室外养殖池受天气影响比较大,以及某些不可控制因素的变化和干扰导致水体受到污染。

本研究应用连续排污系统,实验最终存活率达到89.7%。3个阶段的日均死亡率最高值均出现在实验开始的7d内,这主要是由于倒池引起的对虾生活环境、理化因子的变化而导致的应激死亡,其后日均死亡率变化不大,在0.20%以下浮动,这显示水体理化因子的稳定对虾体存活的影响巨大,维持系统稳定、减少换水量可以从一定程度上降低对虾的刺激,增加养殖成活率。室内水泥池采用定期换水的养殖模式,其养殖成活率为61.4%-76.8%(兰国宝等,2003)。本研究养殖后期对虾出现负增长,分析原因可能与较低的水温(18-23.5℃)有关,导致对虾生长缓慢。体质量平均生长速率为0.199 g/d,低盐度(2-6)下,凡纳滨对虾体质量平均生长速率为0.169 g/d,体质量最佳拟合模型 Boltzmann 为 $W = (-0.621 - 16.541) / [1 + e^{-(t-54.809)/15.456}] + 16.541$ (查广才等,2006),在连续排污养殖模式下,3个实验阶段体质量的生长过程与模型拟合结果的吻合度非常高。本研究中应用 Boltzmann 和 Logistic 模型,在不考虑密度影响的前提下,凡纳滨对虾体质量增长的拐点分别出现在实验的第37、38天和第33、34天,对应此时的凡纳滨对虾体质量为11.57 g和10.59 g。

4 结论

应用连续排污系统可降低水体中的亚硝酸盐水平、控制弧菌含量在一个很低的水平,系统具有较强的稳定性和可操作性,应用本套系统养殖最终成活率达到89.7%;发现 Boltzmann 模型和 Logistic 模型均能很好地估计凡纳滨对虾体质量的生长曲线,凡纳滨对虾体质量规格为10-12 g时,为其体质量增长拐点。

参 考 文 献

王吉桥. 南美白对虾健康养殖技术. 水产科学, 2002, 21(5): 43-46

- 王兴强, 马姓, 董双林. 凡纳滨对虾生物学及养殖生态学研究进展. 海洋湖沼通报, 2004, (4): 94-100
- 邓应能, 赵培, 孙运忠, 等. 生物絮团在凡纳滨对虾封闭养殖试验中的形成条件及作用效果. 渔业科学进展, 2012, 33(2): 69-75
- 兰国宝, 阎冰, 廖思明. 南美白对虾集约化养殖产量与密度关系研究. 水产养殖, 2003, 24(4): 38-39
- 陈亚坤, 郭冉, 夏辉, 等. 密度胁迫对凡纳滨对虾生长、水质因子及免疫力的影响. 江苏农业科学, 2011, 39(3): 292-294
- 陈强, 鄢庆彬, 马姓. 溶藻弧菌致病性研究进展. 海洋科学, 2006, 30(8): 83-89
- 何本茂, 童万平, 韦蔓新. 不同模式对虾养殖水体中硝酸盐和亚硝酸盐的变化特征及其影响因素. 广西科学, 2005, 12(1): 76-79
- 李由明, 刘明, 王平, 等. 热带凡纳滨对虾养殖排泄废水水质分析研究. 水产养殖, 2013, 34(7): 42-45
- 沈锦玉, 李新华, 潘晓芝, 等. 哈维氏弧菌的主要致病因子及其特征分析. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2011, 37(2): 142-148
- 岳峰, 潘鲁青, 谢鹏, 等. 氨氮胁迫对三疣梭子蟹酚氧化酶原系统和免疫指标的影响. 中国水产科学, 2010, 17(4): 761-770
- 周鲜娇, 邱德全. 亚硝酸氮和副溶血弧菌对凡纳滨对虾部分免疫指标的影响. 水生态学杂志, 2009, 30(1): 49-53
- 查广才, 周昌清, 黄建荣, 等. 低盐度养殖的凡纳滨对虾体长和体重的增长规律. 水产学报, 2006, 30(4): 489-495
- 姜令绪, 潘鲁青, 肖国强. 氨氮对凡纳滨对虾免疫指标的影响. 中国水产科学, 2004, 11(6): 537-541
- 张许光, 赵培, 王国成, 等. 不同放苗密度对凡纳滨对虾生物絮团养殖的环境和产出效应. 渔业科学进展, 2013, 34(3): 111-119
- 张煜, 臧维玲, 刘永士, 等. 凡纳滨对虾室内外高密度养殖池水质状况比较. 江苏农业科学, 2010, (3): 299-302
- 胡兴娟, 沈飏, 张文斌. pH 值及盐度对副溶血弧菌与霍乱弧菌生长影响的研究. 中华医院感染学杂志, 2011, 21(22): 4855-4857
- 胡超群, 陶保华. 对虾弧菌病及其免疫预防的研究进展. 热带海洋, 2002, 19(3): 84-94
- 姚刚, 覃映雪, 邹文政, 等. 致病性溶藻弧菌生物膜形成特性研究. 水产科学, 2012, 31(2): 73-78
- 柴鹏程, 宋晓玲. 饲料中添加芽孢杆菌 PC465 对凡纳滨对虾生长和 STAT 基因表达的影响. 渔业科学进展, 2013, 34(3): 97-103
- 温小波, 库天梅, 罗静波. 温度、体重及摄食状态对克氏原螯虾代谢的影响. 华中农业大学学报, 2003, 22(2): 152-156
- 董双林, 堵南山, 赖伟. pH 值和 Ca^{2+} 浓度对日本沼虾生长和能量收支的影响. 水产学报, 1994, 18(2): 118-123
- 蔡强. 南美白对虾高位池养殖模式探讨. 海洋与渔业: 技术前沿, 2010, (6): 35-37
- Avnimelech Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. Aquaculture,

- 2007, 264(1-4): 140-147
- Crab R, Defoirdt T, Bossier P. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 2012, 356-357: 351-356
- Rosenberry B. World Shrimp Farming 2006, Number 19. Shrimp News International. 2006, San Diego, USA
- Ray WM, Chien YH. Effects of stocking density and aged sediment on tiger prawn, *Penaeus monodon*, nursery system. *Aquaculture*, 1992, 104(3-4): 231-248
- Schryver PD, Crab R, Defoirdt T, *et al.* The basics of bioflocs technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture*, 2008, 277(3-4): 125-137
- Vergheze B, Radhakrishnan EV, Padhi A. Effect of environmental parameters on immune response of the Indian spiny lobster, *Panulirus homarus* (Linnaeus, 1758). *Fish Shellfish Immunol*, 2007, 23(5): 928-936

(编辑 冯小花)

Growth and Survival of the *Litopenaeus vannamei* Nucleus Selection Population in the Continuous Wastewater Discharge Mode

XU Xiaodong^{1,2}, LUAN Sheng², LUO Kun², KONG Jie²

(1. College of Fisheries and Life Science, Dalian Ocean University, Dalian 116023; 2. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

Abstract In this study the nucleus families of *Litopenaeus vannamei* produced in 2012 were reared in the outdoor concrete tanks with continuous wastewater discharge. To establish a safe and efficient culture mode for the nucleus selection population, we analyzed their growth and survival at three growth stages in five concrete tanks with certain water qualities. Electric PVC butterfly valves installed in the center of the ponds were used to manage the timed water discharge. The shrimp were fed with commercial diets 4 times daily, and the wastewater was discharged 2 hours after the feeding. The concentrations of ammonia nitrogen and microorganism were monitored on daily and weekly basis respectively. The experiment lasted for 92 days. At every stage two ponds were in use except for the first one, which ended up dividing into two ponds. The shrimp were transferred into new ponds with freshwaters, and the survival rate was determined before entering into the next stage. Data collection, graphing, and the analysis of the growth model were done with Excel 2010 and Origin 8.0. Under the high cultural density (180 ind/m²) the ammonia concentration increased to 1.80 mg/L after the first week, and ranged from 0.50 mg/L to 1.80 mg/L in the whole experimental period. The nitrite concentration maintained at a low level of 0.60 mg/L; the pH varied from 7.2 to 8.2; the range of concentrations of *V. alginolyticus*, *V. parahaemolyticus* and *V. harveyi* were 500-6200 CFU/ml, 0-400 CFU/ml and 0-10 CFU/ml, respectively. During the three growth stages, the average growth and survival rate for the selected population were 0.199 g/d and 89.7% respectively. The growth of the selected population could fit in the Boltzmann and Logistic models. The R^2 values of the actual and the predicted weights were 0.978 and 0.980 respectively. These results suggested that the inflection point of the growth was between 10 g and 12 g. The continuous wastewater discharge mode is viable and efficient in shrimp farming because of its low ammonia nitrogen toxicity, stable pH and low pathogenicity of the microorganisms.

Key words *Litopenaeus vannamei*; Wastewater continuous discharge; Ammonia; Nitrite; Microorganism; Growth and survival