

文章编号: 1674-5566(2010)02-0184-06

室内罗氏沼虾幼虾养殖密度对水质与生长的影响

刘永士¹, 臧维玲¹, 侯文杰¹, 张煜¹, 杨明¹, 戴习林¹, 福江²

(1 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306

2 上海申漕特种水产开发公司, 上海 201516)

摘要: 通过室内 60 d 罗氏沼虾幼虾养殖试验, 研究了不同养殖密度 (150 ind/m³, 400 ind/m³, 550 ind/m³, 800 ind/m³) 对水质与幼虾生长特点的影响。试验发现, 各密度组水质指标 PH、DQ、TAN、NH₃-N、NO₂⁻-N 和 COD_{Mn} 均控制在罗氏沼虾生长的适合范围之内, 密度对主要水质指标未产生显著性影响; 不同养殖密度对幼虾生长指标产生不同程度的影响, 最低密度组成活率和增长率与其他各组存在显著性差异 (P < 0.05), 次低密度组增长率与最高密度组存在显著性差异 (P < 0.05), 最低密度组的增重率与其他各组存在极显著差异 (P < 0.01); 4 种密度组的罗氏沼虾幼虾体重 (W) 和体长 (L) 之间的关系都符合幂函数方程: $w = aL^b$ (a 的范围为 0.013 2 ~ 0.015 4, b 的范围为 3.433 0 ~ 3.502 1); 体长 (L) 和养殖天数 (d) 间符合线性相关: $L = ad + b$ (a 的范围为 0.038 5 ~ 0.049 2, b 的范围为 1.801 1 ~ 1.886 1)。室内高密度养殖罗氏沼虾幼虾可据自身养殖条件, 参考 150 ~ 400 ind/m³ 选用布苗密度。

关键词: 罗氏沼虾; 密度; 水质; 成活率

中图分类号: S966.1 **文献标识码:** A

The effect of the stocking densities of indoor juvenile shrimps *Macrobrachium rosenbergii* culture on water quality and growth

LIU Yong-shi, ZANG Wei-ling, HOU Wen-jie, ZHANG Yu, YANG Ming, DAI Xi-lin, DING Fu-jiang

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Shanghai Shencao Special Fisheries Development Co., Shanghai 201516, China)

Abstract: This study analysed the effect on water quality and growth characteristics of juvenile shrimps *Macrobrachium rosenbergii* in different stocking densities (150 ind/m³, 400 ind/m³, 550 ind/m³, 800 ind/m³) by 60-day indoor culture experiment. The results showed that the water quality indexes of different densities groups, such as PH, DQ, TAN, NH₃-N, NO₂⁻-N, COD_{Mn} were effectively controlled within safe range. There was no significant difference among main water quality indexes in different stocking densities. Different densities partly had influence on the growth of juvenile shrimps. The survival rate and growth rate of the lowest density group were significantly different from the other groups (P < 0.05), while significant difference was found on growth rate between the second lowest density group and the highest density group (P < 0.05). The weight gain rate of the lowest density group was significantly different from the other groups (P < 0.01). By regression analysis, the regression equations of the body weight (W) - length (L)

收稿日期: 2009-07-16

基金项目: 上海市科技兴农重点攻关项目 [沪农科攻字 (2006) 第 9-4 号]

作者简介: 刘永士 (1985-) 男, 硕士研究生, 专业方向为渔业水环境及其调控。E-mail: liuyy01@yahoo.com.cn

通讯作者: 戴习林, E-mail: xkla@shou.edu.cn

relationship of juvenile shrimps *Macrobrachium rosenbergii* were obtained as $W = aL^b$ ($a = 0.0132 - 0.0151$, $b = 3.4330 - 3.5021$), and the relationship of body length and culture days met linear correlation as $L = ad + b$ ($a = 0.0385 - 0.0492$, $b = 1.8011 - 1.8861$). Indoor high-density culture of juvenile shrimps *Macrobrachium rosenbergii* should be based on their own conditions, the stocking densities of 150–400 ind/ m^3 could be employed.

Key words: *Macrobrachium rosenbergii*; density; water quality; survival

罗氏沼虾 (*Macrobrachium rosenbergii*) 因生长快、食性广与抗病能力强等优点, 近年来成为我国及东南亚地区广泛开展养殖的虾类之一^[1-2], 在我国一些地区, 如江苏省高邮与江都等地已形成罗氏沼虾规模化养殖产业, 同时强有力地带动了相关产业的发展, 形成了当地经济的支柱产业。为提高产量与经济效益, 一些资料研究了有关提高罗氏沼虾产量的养殖技术^[3-5]。为提前上市, 人们通常采用大棚温室将罗氏沼虾幼虾暂养一个月左右再移于外塘养成^[6], 印度、美国与泰国等探讨了以置于池塘中网箱养殖罗氏沼虾幼虾的技术^[7-9], 其中巴西 Marques 等^[10]的研究结果发现, 利用网箱养殖幼虾可提高养殖密度, 操作简便, 成本低, 但提高密度使成活率有所降低和减缓生长速度。我国关于室外塘罗氏沼虾养殖密度对生产影响的研究也有报道^[11-12], 但有关温室养殖密度对罗氏沼虾幼虾生长影响的研究报道较罕见。本文探讨了温室不同养殖密度对罗氏沼虾幼虾生长特点与水质的影响, 研究结

果可为温室开展罗氏沼虾幼虾高密度养殖提供科学与实践依据, 为罗氏沼虾提早上市提供新的养殖模式。

1 材料与方法

1.1 试验池与养殖用水

养殖试验在上海申漕特种水产开发公司卤虫孵化池进行, 池上部为长方体 (1.64 m × 1.62 m × 0.73 m), 下部为圆锥体 (h = 0.4 m), 养殖有效水体为 2 m³, 池中心设有排污管, 开启阀门可排污, 池中放有 2 个充气石。试验用水为经漂白粉精消毒、暗房沉淀数日和充分曝气等预处理的河水。

1.2 试验用虾

试验用虾为公司培育罗氏沼虾淡化暂养苗。试验共设计 4 种密度, 分别为 150 ind/m³、400 ind/m³、550 ind/m³ 和 800 ind/m³, 每密度组有 2 个重复, 试验池布苗简况见表 1。

表 1 试验池布苗简况

Tab 1 The seedstock of experimental ponds

| 组别 | 放养密度 | | 平均体长 (cm) | 平均体重 (g) |
|----|--------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------|
| | 单位平方米的尾数 (ind/m ²) | 单位立方米的尾数 (ind/m ³) | | |
| 1 | 111 | 150 | 1.73 ± 0.19 | 0.106 |
| 2 | 296 | 400 | 1.95 ± 0.54 | 0.149 |
| 3 | 407 | 550 | 1.97 ± 0.43 | 0.135 |
| 4 | 592 | 800 | 2.13 ± 0.52 | 0.208 |

1.3 试验管理

试验池采用低水位 50 cm 布苗。试验期间, 按 4 次/d 投喂人工颗粒料, 定时观察虾的活力、摄食饱食度及残饵等情况, 适时调整投饵量, 每 10 d 于各试验池随机取 10 尾虾, 测体长和体重, 同时取水样测定氨氮等水质指标, 据检测结果适时添加生石灰液调节 pH 以及排污。试验中不换水、不用药, 仅添加因蒸发和排污损失的水量。

1.4 水质指标测定方法

每 10 d 测定各试验池水质指标, 测定方法如下^[13-14]: 溶解氧 (DO) 采用修正碘量法; COD 采用碱性高锰酸钾法; pH 采用 PHB4 型 pH 计测定; 总氨氮 (TAN) 采用萘式比色法; NO₃⁻-N 采用重氮—偶氮比色法; NO₂⁻-N 采用锌镉还原—重氮偶氮比色法。非离子氨氮 (NH₃-N) 浓度由总氨氮 (TAN) 浓度通过下式^[12]计算求得:

$$C_{\text{NH}_3\text{-N}} = C_{\text{TAN}} \times f_{\text{NH}_3\text{-N}} \quad (1)$$

$$f_{\text{NH}_3\text{-N}} = 1 / [1 + 10^{(\text{PKa} - \text{pH} + \text{PYH})}] \quad (2)$$

式中: $C_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 为分子氨浓度 (mg/L); C_{TAN} 为总氨氮浓度 (mg/L); $f_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 为非离子氨 ($\text{NH}_3\text{-N}$)占总氨氮 (TAN)的百分比 (%); PKa为 NH_4^+ 水解反应表现平衡常数的负对数; $\text{PYH} = -\text{BYH}$ (氢离子活度系数的负对数)。

1.5 数据处理

据试验结果按以下式子计算虾的增重率 (W)、增长率 (L)和成活率 (S):

$$W = (W_t - W_0) / W_0 \times 100\% \quad (3)$$

$$L = (L_t - L_0) / L_0 \times 100\% \quad (4)$$

$$S = N_t / N_0 \times 100\% \quad (5)$$

式中: W_0 为初始体重 (g); W_t 为终末体重 (g); L_0 为初始体长 (cm); L_t 为终末体长 (cm); N_0 为初始尾数; N_t 为终末尾数。

2 结果与讨论

2.1 不同养殖密度对养殖试验池水质的影响

表 2 为 60 d 养殖试验期间各密度组水质指标测定值。表 2 表明, 在 60 d 养殖期间, pH 和 DO 随养殖密度增加逐渐降低, 其余水质指标则逐渐升高, 但增与升的幅度均较小, 如最高密度组的 DO 与 $\text{NH}_3\text{-N}$ 平均值仅较最低密度组分别下降 0.28 mg/L 与上升 0.001 mg/L。用最小显著差数法 (LSD 法)^[15], 对水质指标作显著性检验, 发现第 1、2 组 pH 均与第 3、4 组间有极显著差异 ($P < 0.01$), 第 3 组 pH 与第 4 组有显著差异 ($P < 0.05$)。这些差异主要是各池泼洒石灰液时间不同, 而测 pH 时间相同所致; 第 1、2 组 TAN 均和第 3、4 组存在极显著性差异 ($P < 0.01$), 但 $\text{NH}_3\text{-N}$ 并不存在显著差异, 而 TAN 的毒性主要为 $\text{NH}_3\text{-N}$ 。各密度组其余各相应水质指标间均无显著性差异。可见, 采用本试验条件, 在 60 d 养殖周期内, 虽然试验池主要水质指标平均值表现呈现随养殖密度加大逐步变差, 但并无对主要水质指标产生显著性影响, 且水质指标均处于适合罗氏沼虾生长状况^[16-17]。如即使检测到的 DO 最低值也达 5.93 mg/L, 既可满足池水物质正常循环、保持氧化状态所需溶氧 (3.5 mg/L 以上) 的条件^[17], 也可满足虾正常呼吸需要。应指出, 尽

管试验组最大密度差达 650 ind/m³, 各密度组相应水质指标间之所以不存在显著性差异, 主要由于净水网对 TAN 、 NO_2^- -N 和悬浮物等具备良好的吸附与转化作用^[18]。

2.2 不同养殖密度对生长的影响

表 3 与图 1 分别为罗氏沼虾幼虾饲养 60 d 后, 养殖密度对成活率、增长率、单位产量与增重率等生长指标的影响。表 3 与图 1 表明, 成活率、增长率与增重率等均随养殖密度增大逐渐降低。有关室外塘养殖密度对凡纳滨对虾及其他虾类生长影响的研究也有类同结果^[10-19-20]。前已述及, 各试验组水质指标均处于虾合适生长范围, 但密度最低的第 1 组成活率 (74.9%) 为其余组的 1.4 ~ 2.2 倍, 此主要因其密度仅为其余组 18.8% ~ 37.5%, 有研究指出^[21-22], 不同养殖密度显著影响虾的成活率, 且虾类具自残特点, 特别是蜕壳后甲壳硬化前易被蚕食, 养殖密度升高, 个体对资源、空间的竞争加剧, 虾体相互接触频率增加, 加剧相互间撕咬和吞食程度, 导致残杀率提高, 从而降低成活率。这些也均是导致本试验较高密度组成活率均显著低于第 1 组的原因 ($P < 0.05$)。表 3 和图 1 表明, 第 1 组增长率与增重率不同程度高于其余组, 分别为其余组的 1.3 ~ 1.6 倍与 1.9 ~ 3.2 倍, 利用最小显著差数法 (LSD 法)^[15] 作显著性检验结果表明, 第 1 组的低养殖密度也使其幼虾增长率和增重率分别与其余组存在显著性差异 ($P < 0.05$) 和极显著性差异 ($P < 0.01$), 次低密度组虾增长率与最高组存有显著性差异 ($P < 0.05$)。以往文献也有类似的结果报道, 如徐晓群等^[23] 和杨国梁等^[24] 均指出养殖密度过大会导致种内对水域空间或食物资源的竞争, 通常是体质较弱的幼体更处于劣势, 生长率进一步下降, 因此整个种群的平均生长率下降, 养殖密度不同造成的竞争还会使能量消耗程度不同, 进而影响生长。张国新以 75 ~ 900 ind/m² 养殖密度进行凡纳滨对虾养殖试验也发现, 密度对于虾体长与体重增加存有极显著或显著影响。

表 3 表明, 经 60 d 养殖试验, 虽然单位水体产量随密度增加而逐渐增高, 最高密度组产量 (0.740 kg/m³) 为最低组 (0.451 kg/m³) 的 1.6 倍, 其布苗密度为第 1、2 组的 5.3 与 2.0 倍, 苗种成倍剧增, 但经显著性检验, 4 种密度组产量却无

显著差异 ($P > 0.05$)。有资料提出^[10],将体重 0.05 g 罗氏沼虾幼虾置于外塘网箱暂养 60 d 各密度组 ($100 \sim 800 \text{ ind/m}^2$) 间成活率无显著差异,但最高密度组的最终体重与增重量均最高,故其认为以网箱暂养幼虾 (初始体重约 0.05 g) 采用 800 ind/m^2 密度可降低养殖成本。鉴于本试验结

果以及初始虾体重 ($0.106 \sim 0.208 \text{ g}$) 高于前者,且是采用室内不换水的封闭式小水体养殖,故建议室内罗氏沼虾幼虾暂养布苗密度可参考 $150 \text{ ind/m}^2 \sim 400 \text{ ind/m}^2$ 进行选择。对于大水体或初始幼虾体重远小于本试验时,可适当增加布苗密度。

表 2 试验期间不同养殖密度组水质指标测定结果
Tab 2 The water quality index of test groups with different stocking densities

| 养殖天数 (d) | 组别 | 水温 (°C) | pH | DO (mg/L) | TAN (mg/L) | NH ₃ -N (mg/L) | NO ₂ ⁻ -N (mg/L) | COD _{Mn} (mg/L) |
|-----------|----|------------|-------------|-------------|---------------|---------------------------|--|--------------------------|
| 0 | 1 | 33.0 | 8.43 | 6.52 | 0.405 | 0.087 | 0.549 | 8.45 |
| | 2 | 33.0 | 8.43 | 6.52 | 0.405 | 0.087 | 0.549 | 8.45 |
| | 3 | 33.0 | 8.43 | 6.52 | 0.405 | 0.087 | 0.549 | 8.45 |
| | 4 | 33.0 | 8.43 | 6.52 | 0.405 | 0.087 | 0.549 | 8.45 |
| 20 | 1 | 32.8 | 8.37 | 6.53 | 0.443 | 0.083 | 0.013 | 8.13 |
| | 2 | 32.6 | 8.41 | 6.35 | 0.460 | 0.092 | 0.017 | 7.75 |
| | 3 | 32.7 | 8.26 | 6.58 | 0.678 | 0.104 | 0.026 | 8.76 |
| | 4 | 32.6 | 8.08 | 5.93 | 0.869 | 0.090 | 0.057 | 10.98 |
| 40 | 1 | 31.2 | 8.25 | 6.56 | 0.247 | 0.033 | 0.020 | 12.04 |
| | 2 | 31.4 | 8.10 | 6.44 | 0.304 | 0.031 | 0.053 | 13.10 |
| | 3 | 31.2 | 7.91 | 6.19 | 0.348 | 0.024 | 0.061 | 22.02 |
| | 4 | 31.1 | 7.86 | 6.15 | 0.519 | 0.031 | 0.085 | 22.51 |
| 60 | 1 | 26.6 | 7.99 | 6.97 | 0.417 | 0.024 | 0.065 | 16.18 |
| | 2 | 26.6 | 7.87 | 6.99 | 0.380 | 0.017 | 0.121 | 21.47 |
| | 3 | 26.6 | 7.57 | 6.92 | 0.724 | 0.017 | 0.185 | 22.99 |
| | 4 | 26.6 | 7.46 | 6.83 | 0.513 | 0.009 | 0.159 | 31.47 |
| 平均值 ± 标准差 | 1 | 30.7 ± 2.6 | 8.21 ± 0.29 | 6.49 ± 0.53 | 0.309 ± 0.081 | 0.052 ± 0.030 | 0.109 ± 0.195 | 11.58 ± 3.45 |
| | 2 | 30.7 ± 2.6 | 8.17 ± 0.32 | 6.41 ± 0.42 | 0.367 ± 0.058 | 0.050 ± 0.032 | 0.126 ± 0.191 | 11.76 ± 4.86 |
| | 3 | 30.9 ± 2.5 | 8.02 ± 0.37 | 6.36 ± 0.48 | 0.517 ± 0.147 | 0.051 ± 0.037 | 0.142 ± 0.187 | 14.63 ± 6.52 |
| | 4 | 30.7 ± 2.7 | 7.97 ± 0.41 | 6.21 ± 0.50 | 0.581 ± 0.189 | 0.053 ± 0.038 | 0.151 ± 0.179 | 16.86 ± 8.65 |

注:表中平均值为试验期间每 10 d 测得的 7 次结果之平均值 ± 标准差;表中 1、2、3、4 组养殖密度分别为 150 ind/m^3 (111 ind/m^2)、 400 ind/m^3 (296 ind/m^2)、 550 ind/m^3 (407 ind/m^2)、 800 ind/m^3 (592 ind/m^2)。

表 3 试验期间不同养殖密度组水质指标测定结果
Tab 3 The effect of different stocking densities on growth of *Macrobrachium rosenbergii*

| 生长指标 | 密度 (ind/m^3) | | | |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 150 | 400 | 550 | 800 |
| 成活率 (%) | 74.9 ± 4.0 ^a | 51.8 ± 1.9 ^b | 42.9 ± 14.6 ^b | 34.6 ± 1.4 ^b |
| 增长率 (%) | 187.1 ± 2.9 ^a | 140.6 ± 0.8 ^b | 129.6 ± 8.3 ^{bc} | 113.6 ± 11.2 ^c |
| 单位水体产量 (kg/m^3) | 0.451 ^a | 0.625 ^a | 0.618 ^a | 0.740 ^a |

注:上标字母相同的表示无显著性差异 ($P > 0.05$)。

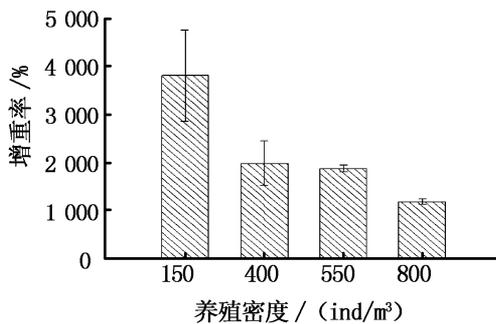


图 1 养殖密度对罗氏沼虾幼虾增重率的影响
Fig 1 The effect of different stocking densities on weight gain rate of juvenile shrimps *Macrobrachium rosenbergii*

2.3 试验虾体长与体重、体长与养殖天数的关系

将各密度组不同生长阶段所测幼虾体长 (L) 和体重 (W) 以及体长 (L) 和养殖天数 (d) 分别作散点图, 发现体长和体重关系符合幂函数 (图 2), 体长和养殖天数关系呈线性相关 (图 3)。第 1 组—第 4 组幼虾体重和体长关系式为

$$\begin{aligned} \text{第 1 组 } W &= 0.0141 L^{4.889} \quad R^2 = 0.9898 \\ \text{第 2 组 } W &= 0.0132 L^{4.848} \quad R^2 = 0.9939 \\ \text{第 3 组 } W &= 0.0137 L^{5.021} \quad R^2 = 0.9954 \end{aligned}$$

第 4 组 $w=0.0151 E^{.433}$ $R^2=0.9980$

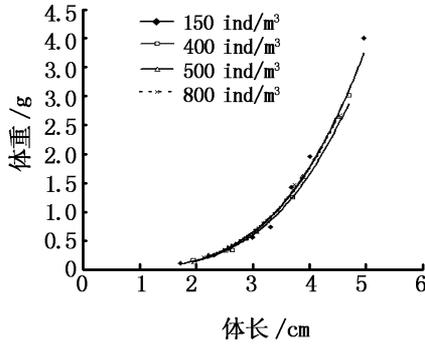


图 2 不同密度组罗氏沼虾体重与体长的关系曲线
Fig. 2 The relationship of body weight and length of Macrobrachium rosenbergii in different densities groups

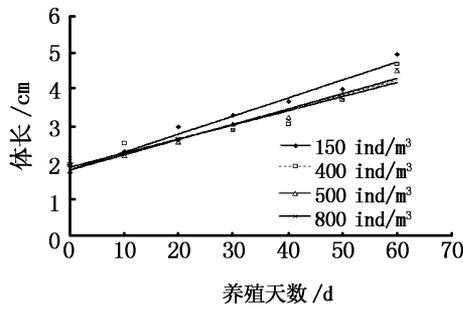


图 3 不同密度组罗氏沼虾体长与养殖天数的关系曲线

Fig. 3 The relationship of body length and culture days of Macrobrachium rosenbergii in different densities groups

利用 SPSS13.0 软件对上述四组回归方程分别进行假设, 检验的结果如下。

$F=455.844 > F_{0.01}(1, 5)=16.26$ $F=865.315 > F_{0.01}(1, 5)=16.26$ $F=1464.958 > F_{0.01}(1, 5)=16.26$ $F=2053.909 > F_{0.01}(1, 5)=16.26$ 表明各密度组幼虾体重和体长的回归关系均极显著, 说明体重和体长关系符合幂函数方程。

第 1 组—第 4 组幼虾体长和养殖天数关系式为

- 第 1 组 $L=0.0492 d+1.8011$ $R^2=0.9765$
- 第 2 组 $L=0.0393 d+1.8861$ $R^2=0.8999$
- 第 3 组 $L=0.0415 d+1.8152$ $R^2=0.9759$
- 第 4 组 $L=0.0385 d+1.8859$ $R^2=0.9376$

同样对 4 种密度体长与养殖天数回归方程分别进行假设, 检验的结果如下。

$F=205.373 > F_{0.01}(1, 5)=16.26$ $F=$

$44.624 > F_{0.01}(1, 5)=16.26$ $F=197.997 > F_{0.01}(1, 5)=16.26$ $F=74.631 > F_{0.01}(1, 5)=16.26$ 表明试验组幼虾体长和养殖天数的回归关系均极显著, 说明体长和养殖天数配合线性方程是适合的。郑善坚^[3]与周智勇等^[25]曾分别提出罗氏沼虾体重与体长间存有幂函数关系、体长与养殖天数间呈线性相关。可见, 经 60 d 室内高密度养殖, 罗氏沼虾幼虾体重与体长生长特点仍与他人用室外塘养殖罗氏沼虾研究结果类同。

图 2 显示, 幼虾体长约 3 cm 前, 体长增长速度较快, 且快于体重, 此后则显示体重增长加快, 这与通常虾类养殖特点相一致^[26-27]。结合图 2 和图 3 可看出, 当体长小于 3 cm 时 (约 20 d), 各密度组的体重随体长的变化特点基本相同, 此后幼虾体长直至约 4.5 cm 时, 图 2 曲线显示第 1 组、第 3 组与第 4 组体重随体长的变化特点基本一致, 但第 1 组幼虾在约 55 d 时, 体长即达到 4.5 cm, 而第 3 组与第 4 组试验虾需经 60 d 饲养体长方达到 4.5 cm, 此特点也在上述显著性检验时得以显示, 即第 1 组的增长率与增重率均与其余组存有显著差异。此与查广才等^[28]提出凡纳滨对虾在 40~60 d 的养殖期间蜕壳和体长生长加快相符。但应注意, 这个时期罗氏沼虾蜕壳频繁, 体质较弱, 如果养殖环境恶化或营养不良, 都会造成虾类生长不良或死亡增加, 因此, 这个时期是高密度养殖的关键期。

3 结论

在试验养殖条件下, 4 种不同密度试验池的水质指标 (DQ、PH、TAN、NH₃-N、NO₂⁻-N、COD_{Mn}) 等均控制在罗氏沼虾生长的合适范围内, 密度对主要水质指标未产生显著影响。

不同养殖密度不同程度影响幼虾的成活率与生长状况, 150 ind/m³ 成活率、增长率与增重率与其余组间存有显著与极显著差异。

不同密度组试验虾体重与体长均呈现幂函数关系; 体长与养殖天数间具线性关系。

综合试验结果, 结合苗种与商品虾价格, 建议室内高密度养殖罗氏沼虾幼虾可据自身养殖条件, 参考 150~400 ind/m³ 选用布苗密度。

参考文献:

[1] 潘家模, 孙祖荣, 周国良, 等. 罗氏沼虾养殖技术 [M]. 上

- 海:上海科学技术出版社,1997:1-11
- [2] 王克行. 虾蟹类增养殖学[M]. 北京:中国农业出版社,1996:235-250
- [3] 郑善坚. 罗氏沼虾池塘养殖技术及生长研究[J]. 淡水渔业,1995,25(4):40-41
- [4] 徐桂荣,朱正国,臧维玲,等. 盐度对罗氏沼虾幼虾生长的影响[J]. 上海水产大学学报,1997,6(2):124-127
- [5] 王亚斌,王军霞,刘存歧,等. 水质因子对罗氏沼虾生长及毒性的研究进展[J]. 河北渔业,2008(4):1-3,8
- [6] 邓勇辉,陈文静,周智勇,等. 罗氏沼虾幼虾培育技术[J]. 江西水产科技,2001(3):29-30
- [7] Panicker PK R, Kadri E S. Cage culture experiment on culture of *Macrobrachium rosenbergii* (deMan) [J]. Proceedings of the Short term Training Programme in Brackish Water Prawn and Fish Culture 1984:81-82
- [8] Menasveta P, Piyaratitvokul S. Effects of different culture systems on growth survival and production of the giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) [J]. Elsevier 1982:175-189
- [9] Stanley R W, Moore L B. The growth of *Macrobrachium rosenbergii* fed commercial feeds in pond cages [J]. World Maricult 1983:14:174-184
- [10] Marques H L de A, Lombardi J V, Boock M V. Stocking densities for nursery phase culture of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* in cages [J]. Aquaculture 2000:180(1-2):127-132
- [11] 吴锐全,肖学铮,黄樟翰,等. 罗氏沼虾养殖密度与产量的关系[J]. 淡水渔业,2000,30(3):8-10
- [12] 朱勇夫,南春莲,印杰. 罗氏沼虾池塘不同养殖密度对比试验[J]. 科学养鱼,2006(1):29-30
- [13] 臧维玲. 养鱼水质分析[M]. 北京:中国农业出版社,1991:44-96
- [14] 国家质量技术监督局. 海水分析—海洋监测规范[S]. 北京:中国标准出版社,1998:142-143,150-162
- [15] 蔡一林,岳永生. 水产生物统计[M]. 北京:中国农业出版社,2004:86-87
- [16] 臧维玲,蔡云龙,戴习林,等. 罗氏沼虾育苗循环水处理技术与模式[J]. 水产学报,2004,28(5):529-534
- [17] 陆锦天,林惠山. 罗氏沼虾规模性育苗的水质标准及水质优化技术[J]. 水产科技情报,2001,28(4):157-162
- [18] 臧维玲,杨明,戴习林,等. 凡纳滨对虾室内封闭式养殖水质变化与氮收支的试验研究[J]. 农业环境科学学报,2009,28(5):1019-1024
- [19] 李玉泉,李健,王清印,等. 溶解氧含量和养殖密度对中国对虾生长的影响[J]. 中国水产科学,2005,12(6):751-756
- [20] 刘广斌,马牲. 凡纳滨对虾高密度养殖实验[J]. 海洋湖沼通报,2004(3):54-58
- [21] 张国新. 不同养殖密度对南美白对虾生长的影响[J]. 河北渔业,2008(8):12-15
- [22] 张天时,孔杰,刘萍,等. 饲料和养殖密度对中国对虾幼虾生长及存活率的影响[J]. 海洋水产研究,2008,29(3):41-47
- [23] 徐晓群,朱小明,费亮亮,等. 不同饲料、密度和池底对锯缘青蟹大眼幼体蜕皮变态的影响[J]. 厦门大学学报,2005,44(2):268-271
- [24] 杨国梁,罗坤,孔杰,等. 罗氏沼虾不同养殖条件松下的生长和存活率相关分析[J]. 海洋水产研究,2008,29(3):74-79
- [25] 周智勇,熊国根,陈文静,等. 罗氏沼虾生长研究[J]. 江西水产科技,2001(2):15-18
- [26] 张灵侠,沈琪,胡超群,等. 两个凡纳滨对虾体系体重与体长的关系[J]. 热带海洋学报,2006,25(1):23-26
- [27] Dall对虾生物学[M]. 陈楠生,译. 青岛:青岛海洋大学出版社,1992:229-271
- [28] 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增长规律[J]. 水产学报,2006,30(4):489-494