

不同放养密度对工厂化养殖南美白对虾生长及存活率的影响研究

英昌学 卢强

山东省日照市东港区涛雒镇乡村振兴中心

DOI:10.12238/as.v8i10.3363

[摘要] 本研究通过设置300、500、800和1000尾/ m^3 四个放养密度梯度,系统评估了工厂化循环水养殖模式下南美白对虾的生长性能、存活率、水质动态及经济效益。结果表明,放养密度显著影响对虾的特定生长率、存活率和饲料转化效率($P<0.05$)。随着密度增加,对虾个体生长速率和存活率下降,但单位产量提高;同时,水体氨氮、亚硝酸盐浓度显著上升,水质恶化。综合生长、存活和经济性,确定500–800尾/ m^3 为工厂化养殖南美白对虾的适宜放养密度范围,为优化养殖模式、提升生产效益提供了科学依据。

[关键词] 放养密度; 南美白对虾; 生长; 存活率

中图分类号: S955 文献标识码: A

Effects of Different Stocking Densities on the Growth and Survival Rate of Pacific Whiteleg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Intensive Aquaculture

Changxue Ying Qiang Lu

Rural Revitalization Center, Taoluo Town, Donggang District, Rizhao City, Shandong Province

[Abstract] This study systematically evaluated the growth performance, survival rate, water quality dynamics, and economic benefits of Pacific whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) under an intensive recirculating aquaculture system by setting four stocking density gradients: 300, 500, 800, and 1000 individuals/ m^3 . The results indicated that stocking density significantly affected the specific growth rate, survival rate, and feed conversion efficiency of the shrimp ($P < 0.05$). As the density increased, the individual growth rate and survival rate decreased, but the unit yield improved. Concurrently, the concentrations of ammonia nitrogen and nitrite in the water increased significantly, indicating water quality deterioration. Considering growth, survival, and economic efficiency, the suitable stocking density range for Pacific whiteleg shrimp in intensive aquaculture was determined to be 500–800 individuals/ m^3 . This provides a scientific basis for optimizing aquaculture practices and enhancing production efficiency.

[Key words] Stocking density; Pacific whiteleg shrimp; Growth, Survival rate

引言

南美白对虾(*Litopenaeus vannamei*),又称凡纳滨对虾,是当前全球水产养殖中最为广泛养殖的对虾品种之一^[1],其具有生长速度快、抗病能力强、适应盐度广等显著优点^[2]。近年来,随着传统池塘养殖模式面临的环境污染、病害频发等问题日益突出,工厂化养殖模式因其环境可控、生产周期短、单位产量高等优势,逐渐成为对虾养殖业的重要发展方向^[3]。

在工厂化养殖系统中,放养密度是影响养殖成败的关键因素之一^[4]。不合理的放养密度不仅会制约对虾的生长性能,还会引发水质恶化、疾病暴发等一系列问题。过低的放养密度会导致养殖设施利用率低下,影响经济效益;而过高的放养密度则会引起对虾应激反应,增加相互蚕食几率,恶化养殖环境,最终影响产量和品质^[5]。因此,探索工厂化养殖模式下南美白

对虾的适宜放养密度,对于实现科学养殖、高效生产具有重要意义。

目前,尽管已有一些关于对虾养殖密度的研究,但多集中于传统池塘养殖模式或特定育苗阶段,针对完整的工厂化养殖周期中不同放养密度对南美白对虾生长、存活及养殖环境影响的系统研究仍较为缺乏。本研究通过构建工厂化循环水养殖系统,设置多个放养密度梯度,全面评估不同密度条件下南美白对虾的生长性能、存活率、水质指标及经济效益,以确定最优放养密度范围,为南美白对虾工厂化养殖的标准化生产提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 实验设计

本研究采用单因素完全随机设计,设置了4个放养密度梯

度：300尾/m³、500尾/m³、800尾/m³和1000尾/m³。每个密度组设3个重复，共12个实验单元。实验虾苗来源于当地正规育苗场提供的SPF(无特定病原)苗种，初始体长为0.8~1.2cm。实验周期为85天，覆盖从虾苗到商品虾的完整养殖阶段。

1.2 养殖系统

实验在室内工厂化循环水养殖系统中进行，每个养殖池为圆形水泥池，容积50m³，池底设有中央排污口，便于残饵和粪便的收集与排出。

养殖系统包括：(1)物理过滤系统。采用微滤机去除水体中大颗粒杂质；(2)生物滤池。利用硝化细菌降解氨氮和亚硝酸盐；(3)紫外线消毒系统。杀灭水体中病原微生物；(4)曝气增氧系统。确保水体溶解氧维持在4mg/L以上。

养殖期间，水温控制在28~32℃，pH维持在7.8~8.6，盐度调节为3~5‰，每日水体循环次数为3~5次。

1.3 养殖管理

(1)投喂管理。实验采用高蛋白配合饲料(粗蛋白含量38%~42%)，根据对虾不同生长阶段调整饲料粒径和投喂量。每日投喂4~6次，投喂量按对虾体重的3%~8%计算，并根据摄食情况及时调整。每次投喂后1小时观察残饵情况，避免过度投喂。(2)水质监控。每日定时测定水温、溶解氧、pH值等基本水质参数，每周检测氨氮、亚硝酸盐、硝酸盐等有害物质浓度。每月进行一次全面水质分析，包括总碱度、总硬度等指标。(3)病害防治。严格执行预防为主的原则，每7~10天检测一次病原微生物，发现病虾立即隔离。在饲料中定期添加免疫增强剂(如多糖、维生素C)提高对虾抗病能力。

表2-1 实验密度分组设计

组别	放养密度(尾/m ³)	重复数	初始平均体重(g)	养殖周期(天)
A	300	3	0.02	90
B	500	3	0.02	90
C	800	3	0.02	90
D	1000	3	0.02	90

1.4 数据采集与指标测定

在实验开始后的第30、60和90天，分别从各养殖池随机抽取50尾对虾，测量其体长和体重，计算生长指标。主要测定的指标包括：

(1)生长性能。特定生长率(SGR，%/d)、增重率(WG，%)、饲料转化率(FCR)；(2)存活率。存活率(SR，%)=(收获尾数/放养尾数)×100%；(3)产量。单位水体产量(kg/m³)；(4)水质指标。氨氮(TAN)、亚硝酸盐氮(NO₂-N)、硝酸盐氮(NO₃-N)浓度；(5)免疫指标。血清酚氧化酶活力、超氧化物歧化酶活力等。

特定生长率(SGR)计算公式为：SGR(%/d)=(ln最终体重-ln初始体重)/养殖天数×100%；饲料转化率(FCR)=总投饲量/对虾

总增重量。

1.5 数据处理

实验数据采用SPSS 22.0软件进行统计分析，用单因素方差分析(ANOVA)检验组间差异，显著性水平设为P<0.05。

2 研究结果

2.1 不同放养密度对南美白对虾生长性能的影响

不同放养密度对南美白对虾生长性能的影响见表3-1。数据显示，放养密度显著影响南美白对虾的生长性能。随着放养密度的增加，对虾的最终平均体重和特定生长率呈现逐渐下降的趋势。低密度组(300尾/m³)处理下的对虾生长最快，最终平均体重达到18.6g，显著高于其他组(P<0.05)；而高密度组(1000尾/m³)的最终平均体重仅有13.2g，显著低于低密度组。特定生长率的变化呈现类似规律，300尾/m³组的SGR为6.82%/d，而1000尾/m³组下降至5.76%/d。这表明在高密度环境下，对虾的生长受到了一定程度的抑制。分析原因，可能与高密度条件下生存空间竞争加剧、水质恶化压力增大以及社会应激增强等因素有关。

虽然高密度组的个体生长性能较差，但其单位水体产量却显著高于低密度组。1000尾/m³组的产量达到8.39kg/m³，而300尾/m³组的产量仅有4.12kg/m³。这表明在工厂化养殖中，适当提高放养密度可以提高总产量，但需要权衡个体大小和总产量之间的关系。放养密度显著影响南美白对虾的生长性能(P<0.05)。

表3-1 不同放养密度下南美白对虾的生长性能指标

处理组	初始平均体重(g)	最终平均体重(g)	特定生长率(%/d)	增重率(%)	单位产量(kg/m ³)
A	0.02	18.6±0.93a	6.82±0.15a	92900	4.12±0.25d
B	0.02	16.3±0.78b	6.54±0.12b	81400	5.89±0.31c
C	0.02	14.7±0.82c	6.21±0.14c	73400	8.01±0.42b
D	0.02	13.2±0.63d	5.76±0.11d	65900	8.39±0.38a

2.2 不同放养密度对南美白对虾存活率的影响

不同放养密度对南美白对虾存活率的影响见表3-2。在养殖前期(0-30天)，各密度组之间的存活率无显著差异(P>0.05)，均维持在较高水平(>95%)。进入养殖中后期(31-90天)，各组的存活率开始出现明显分化，高密度组的存活率下降幅度显著大于低密度组。养殖90天时，随着放养密度的增加，对虾的存活率逐渐下降。300尾/m³组的存活率最高，达到89.5%，而1000尾/m³组的存活率降至74.6%。这可能是由于随着对虾个体的生长，高密度条件下的生存压力逐渐增大，同时水质指标(特别是氨氮和亚硝酸盐)的恶化加剧了疾病的发生和传播。在养殖过程中发现，当放养密度超过800尾/m³时，对虾的相互蚕食现象明显增多，这可能是高密度组存活率降低的重要原因之一。此外，高密度环境下对虾的应激反应增强，免疫力下降，也更易感染疾病。

表3-2 不同放养密度下南美白对虾的存活率(%)

处理组	30天存活率(%)	60天存活率(%)	90天存活率(%)
A	96.5 ± 6.22a	92.8 ± 5.84a	89.5 ± 6.11a
B	96.0 ± 5.33a	88.9 ± 6.15b	85.2 ± 5.84b
C	95.5 ± 6.12a	82.5 ± 5.24c	79.8 ± 5.19c
D	95.2 ± 5.94a	78.2 ± 5.93d	74.6 ± 5.24d

2.3不同放养密度下的水质指标变化

水质监测结果显示,放养密度显著影响养殖水体的氨氮、亚硝酸盐和硝酸盐浓度($P<0.05$)。随着放养密度的增加,各项水质指标均呈现恶化趋势(表3-3)。

在养殖后期(90天),300尾/ m^3 组的氨氮和亚硝酸盐浓度分别维持在0.32mg/L和0.45mg/L的较低水平,而1000尾/ m^3 组的氨氮和亚硝酸盐浓度分别上升至0.84mg/L和1.12mg/L。高密度组的硝酸盐浓度也显著高于低密度组,在养殖结束时达到135.0mg/L。水体的pH值随着放养密度的增加呈现下降趋势,但变化范围(7.31~7.80)仍处于对虾生长的适宜范围内。溶解氧含量则随着密度增加而降低,但在增氧系统的作用下,仍能维持在4.5mg/L以上的安全水平。

表3-3 不同放养密度对水质指标影响

处理组	氨氮(mg/L)	亚硝酸盐(mg/L)	硝酸盐(mg/L)	pH值	溶解氧(mg/L)
A	0.32±0.05d	0.45±0.06d	68.5±5.2d	7.80±0.08a	5.8±0.32a
B	0.48±0.06c	0.63±0.07c	89.7±6.3c	7.72±0.07a	5.5±0.34a
C	0.65±0.07b	0.86±0.08b	112.4±7.8b	7.58±0.09b	5.1±0.43b
D	0.84±0.08a	1.12±0.09a	135.0±8.5a	7.45±0.10b	4.8±0.38b

2.4不同放养密度下的经济效益初步分析

从经济效益角度分析,虽然高密度组的个体生长性能和存活率较低,但其单位水体产量较高,从产值角度更具优势。1000尾/ m^3 组的产量达到8.39kg/ m^3 ,按当前市场价计算,单位水体产值为300尾/ m^3 组的2.1倍。但是高密度养殖也增加了生产成本,包括饲料投入、水电费用(特别是增氧和水处理)和病害防治成本等。1000尾/ m^3 组的饲料系数为1.25,显著高于300尾/ m^3 组

($P<0.05$),表明高密度条件下的饲料利用效率降低。同时,高密度养殖需要更频繁的水质监测和更严格的管理,人工成本也相应增加。综合考虑产量、成本和管理难度,在本实验条件下,500-800尾/ m^3 的放养密度范围在经济效益和管理效率之间取得了较好平衡,推荐作为工厂化养殖南美白对虾的适宜密度区间。

3 结论与展望

本研究通过分析不同放养密度对工厂化养殖南美白对虾生长性能、存活率及养殖环境的影响,研究结果表明,放养密度显著影响南美白对虾的生长速率和存活率,随着放养密度的增加,对虾的特定生长率、最终体重和存活率均呈现下降趋势。300尾/ m^3 组的对虾生长性能最佳,但单位产量最低;1000尾/ m^3 组的对虾生长受到抑制,但单位产量最高。放养密度影响养殖水体质量,高密度养殖导致氨氮、亚硝酸盐和硝酸盐浓度显著升高,水质恶化是影响对虾生长和存活的重要因素。

综合考虑生长性能、存活率和经济效益,500-800尾/ m^3 是工厂化循环水养殖南美白对虾的适宜密度范围。在这一区间内,既能获得较高的单位产量,又能保持较好的对虾健康状态。随着水产养殖业向精细化、智能化方向发展,未来对虾工厂化养殖的密度管理将更加精准。通过应用物联网技术实时监测对虾行为和水质变化,建立动态密度调控模型,有望实现养殖密度的智能化管理。同时,选育适合高密度环境的对虾新品种,开发更高效的水处理技术,也将为突破密度限制提供新的可能。

【参考文献】

[1]王海航,王扬才.南美白对虾集约化养殖尾水处理系统在生产中的应用[J].环境污染与防治,2023,45(4):511-515.
[2]高斐斐.关于30亩土塘养殖南美白对虾的技术总结[J].渔业致富指南,2021(9):45-49.
[3]王雄,王美,郑泽鑫,等.南美白对虾养殖尾水治理工程设计与应用[J].中国给水排水,2024,40(24):117-123.
[4]邵梦亭,车斌,孙琛,等.南美白对虾工厂化养殖成本收益分析——以山东省为例[J].海洋开发与管理,2021,38(9):9-11
[5]张嘉祺,杨春桥,王月琪,等.吉林省南美白对虾池塘养殖试验[J].渔业致富指南,2024(9):70-72.

作者简介:

英昌学(1972--),男,汉族,山东日照人,本科,副高,研究方向:水产养殖技术。