

三种饵料微藻在凡纳滨对虾育苗中的饲喂效果评价

俞建中¹, 梁欣欣¹, 魏东¹, 李色东²

(1. 华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510640) (2. 湛江恒兴南方海洋科技有限公司, 广东湛江 524072)

摘要: 以对虾幼体存活率和水质状况为考察指标, 研究了牟氏角毛藻、眼点拟微球藻和钝顶螺旋藻在凡纳滨对虾 N-M₁ 期幼体饲喂中的效果评价。结果表明, (1) 牟氏角毛藻按 2.5×10^5 cells/mL 浓度每天投喂三次, 幼体存活率最高, 达到 82.79%, 幼体变态正常、活力强; (2) 单独投喂或与牟氏角毛藻混合投喂的结果都证实, 眼点拟微球藻均会导致幼体变态拖期、挂脏等现象, 不适合作为凡纳滨对虾幼体的饵料; (3) 钝顶螺旋藻可以部分替代牟氏角毛藻, 混合投喂时最高幼体存活率 88.23%, 显著高于对照组, 虾苗变态发育正常, 活力好, 但水质受一定影响; (4) 投喂牟氏角毛藻和眼点拟微球藻能明显降低氨氮、亚硝氮和菌落数等指标, 净化水质。说明在凡纳滨对虾育苗中, 合理使用三种饵料微藻能提高幼体存活率和净化水质。

关键词: 微藻; 凡纳滨对虾; 幼体; 存活率; 水质

文章编号: 1673-9078(2013)4-762-767

Feeding Effect Evaluation of Three Microalgae in the Larval Rearing of *Litopenaeus vannamei*

YU Jian-zhong¹, LIANG Xin-xin¹, WEI Dong¹, LI Se-dong²

(1. College of Light Industry and Food, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

(2. South Ocean Tech Co., Ltd. of Zhangjiang Everygreen Group, Zhanjiang 524072, China)

Abstract: The feeding effect of three microalgae, *Chaetoceros muelleri*, *Nannochloropsis oculata* and *Spirulina platensis* in larval rearing of *Litopenaeus vannamei* was studied. Survival rate of larval prawn (N-M₁) and water quality of the culture system were detected to assay the effect of microalgae. The results showed that a better survival rate was achieved as 82.79% when *Chaetoceros muelleri* biomass of 2.5×10^5 cells/mL was fed by three times per day. The larval prawn showed activated and metamorphosis regular. *Nannochloropsis oculata* was unsuitable for *Litopenaeus vannamei* larvae feeding whether fed as independent or combined with *Chaetoceros muelleri*, since it induced metamorphosis delay and body surface attachment. Larval prawn survival rate was improved to 88.23% when combined feeding by *Spirulina platensis* and *Chaetoceros muelleri* instead of *Chaetoceros muelleri* independent feeding. The larval prawn showed activated and metamorphosis regular, but the water quality was affected. Flesh *Chaetoceros muelleri* and *Nannochloropsis oculata* could reduce NH₃-N, NO₂-N and aerobic plate count distinctly. This research suggested that larval prawn survival rate improving and water quality optimizing could be achieved by reasonable application of these three microalgae in *Litopenaeus vannamei* larval rearing.

Key words: microalgae; *Litopenaeus vannamei*; larval prawn; survival rate; water quality

饵料微藻是水产养殖动物育苗和养成过程中食物链的起点, 在鱼、虾、蟹、贝等水产动物育苗中不可或缺^[1]。常用饵料微藻约有 40 多个种, 包括绿藻、硅藻、金藻等多个门类^[2]。饵料微藻营养丰富, 通常含有 30~40% 的蛋白质、10~20% 的脂肪酸、5~15% 的碳水化合物^[3-5], 尤其是某些种类富含 EPA、ARA 和 DHA

收稿日期: 2012-11-16

资助项目: 广东省教育部产学研结合重点项目 (2011A090200073); 广东省科技攻关计划项目 (20052050166); 国家海洋局海洋可再生能源专项资金项目 (GHME2011SW04)

作者简介: 俞建中 (1977-), 男, 博士后, 研究方向: 微藻生物工程

通讯作者: 魏东 (1966-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 工业生物技术

等多不饱和脂肪酸, 对幼苗变态发育具有重要作用^[6]; 同时还含有抗坏血酸、β-胡萝卜素、生物素、B族维生素、维生素A、D、E等维生素类物质^[7-8], 最适宜作为对虾幼苗的开口饵料^[9]。鲜活饵料微藻比非活性饵料更适于幼体生长, 能促进对虾幼体变态发育、存活率高^[10-11]、明显改善育苗水体的水质、抑制细菌繁殖、提高幼虾的抗逆性^[12-13]。

眼点拟微球藻 (*Nannochloropsis oculata*) 和牟氏角毛藻 (*Chaetoceros muelleri*) 是对虾育苗中的常用种类, 富含 EPA^[14-16]; 钝顶螺旋藻 (*Spirulina platensis*) 富含蛋白质, 含量可达 65%^[17], 可全部或部分替代鲜活饵料, 促进虾苗生长、提高存活率和出苗率^[18]。本

研究系统比较了这三种饵料微藻在凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*) 育苗中的使用方法和投喂效果的系统评价, 为凡纳滨对虾育苗生产提供了指导。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

眼点拟微球藻 (*Nannochloropsis oculata*) 浓缩液由山东东营大振生物工程有限公司提供; 钝顶螺旋藻 (*Spirulina platensis*) 新鲜藻泥由广西北海生巴达生物科技有限公司提供; 牟氏角毛藻 (*Chaetoceros muelleri*) 鲜藻液由湛江恒兴南方海洋科技有限公司提供。

1.2 实验方法

1.2.1 对虾幼体培养

对虾幼体培养实验在湛江恒兴南方海洋科技有限公司凡纳滨对虾育苗车间进行。幼体培养使用20 L塑料桶, 加入10 L消毒海水, 每桶放3000条活力充沛的无节幼体, 培养到M₁期。培养过程中控制通气量0.2 vvm、水温30.5~32 °C, 海水相对密度为1.02~1.03, 盐度为31‰, 总碱度为123~125, pH为7.8~8.0。每个实验桶, 每天上午随机取样6次, 估算幼体数, 记录发育情况。

1.2.2 牟氏角毛藻投喂实验设计

牟氏角毛藻投喂浓度设计: 幼体过料开始投喂角毛藻, 单次投喂设置4个细胞浓度梯度, 分别为0.5、1.5、2.5、3.5 ($\times 10^5$ cells/mL)。每天投喂3次, 投喂时间为7:00、15:00和23:00, 每次投喂前后观察幼体摄食和拖便情况, 每组设三个平行。

牟氏角毛藻投喂频率设计: 幼体过料开始投喂角毛藻, 针对不同时期幼体, 每天投喂的总浓度为: Z₁期, 4×10^5 cells/mL; Z₂期, 5×10^5 cells/mL; Z₃期, 6×10^5 cells/mL。每天分别均分为1次、2次和4次投喂, 1次投喂时间为7:00, 2次投喂时间设为7:00和19:00, 4次投喂时间设为7:00、13:00、19:00和1:00。每次投喂前后观察幼体摄食和拖便情况, 每组设三个平行。

1.2.3 眼点拟微球藻投喂实验设计

眼点拟微球藻投喂浓度设计: 幼体过料开始投喂眼点拟微球藻, 单次投喂浓度设置为5个梯度, 分别为1、3、6、9、12 ($\times 10^5$ cells/mL), 对照投喂 2.5×10^5 cells/mL 角毛藻。每天投喂3次, 投喂时间为7:00、15:00和23:00。每次投喂前后观察幼体摄食和拖便情况, 每组设三个平行。

牟氏角毛藻与眼点拟微球藻混合投喂: 幼体过料开始投喂牟氏角毛藻和眼点拟微球藻, 针对不同时期幼体, 每天投喂的牟氏角毛藻总浓度为: Z₁期, 4×10^5

cells/mL; Z₂期, 5×10^5 cells/mL, Z₃期, 6×10^5 cells/mL。分别按牟氏角毛藻与眼点拟微球藻细胞浓度比为8:1、4:1、2:1、1:1添加眼点拟微球藻, 均分成4次投喂; 对照仅投喂牟氏角毛藻, 4次投喂时间为7:00、13:00、19:00和1:00。每次投喂前后观察幼体摄食和拖便情况, 每组设三个平行。

1.2.4 钝顶螺旋藻替代部分牟氏角毛藻投喂实验设计

幼体过料开始投喂牟氏角毛藻和钝顶螺旋藻。牟氏角毛藻单次投喂浓度分别为0.75、0.5、0.25和0 ($\times 10^5$ cells/mL), 相应螺旋藻的投喂量(按干重计)见表1。对照组只投喂牟氏角毛藻 (2.5×10^5 cells/mL)。牟氏角毛藻每天投喂2次, 投喂时间为7:00和19:00; 螺旋藻每天投喂3次, 投喂时间为11:00、15:00和23:00。每次投喂前后观察幼体摄食和拖便情况, 每组设三个平行。

表1 螺旋藻和角毛藻混合投喂浓度设置表

Table 1 Mixed feeding concentration of *Spirulina* and *Chaetoceros*

发育阶段	角毛藻投喂浓度/次(10^5 cells/mL) 对照				
	0.75	0.5	0.25	0	2.5
螺旋藻投喂组合	1	2	3	4	
Z ₁ ~Z ₂ 期	0	0.5	1	1.5	0
Z ₂ ~Z ₃ 期	0.5	1	1.5	2	0
Z ₃ ~M ₁ 期	2	3	4	6	0

1.3 水质检测方法

水质氨态氮用纳氏试剂法测定, 亚硝酸盐氮采用重氮一偶氮光度法测定, 菌落数检测采用涂平板计数法^[9], 各指标均在实验结束时 (M₁) 取水样检测。

2 结果与讨论

2.1 牟氏角毛藻浓度对凡纳滨对虾幼体存活率和水质的影响

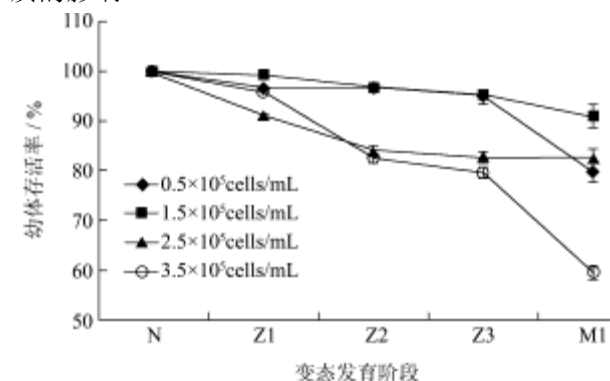


图1 不同浓度角毛藻喂养对虾苗存活率的影响

Fig.1 Effect of survival rate of larval shrimp by feeding *Chaetoceros* of various concentrations

图1为牟氏角毛藻在不同投喂浓度下喂养对虾幼

体存活率变化。由1图可知,按 1.5×10^5 cells/mL 浓度投喂时发育至 M_1 期幼体的存活率最高,达到 90.98%;其次是 2.5×10^5 cells/mL, M_1 期幼体存活率达到 82.79%, 但该组幼体活力较强,且至 M_1 期变态发育所需时间少于前者约 1 天。可能由于投喂量不足导致饥饿,使 0.5×10^5 cells/mL 浓度投喂组在 $Z_2 \sim Z_3$ 阶段出现严重拖期,并在 Z_3 期存活率急剧下降。其余各组均能正常发育,但 3.5×10^5 cells/mL 浓度组存活率最低,仅为 59.63%。因此可考虑在 Z_2 期之前投喂 0.5×10^5 cells/mL/次, Z_2 期之后增加至 1.5×10^5 cells/mL/次以上, Z_3 期增加至 2.5×10^5 cells/mL/次。

有研究表明,在 3 L 玻璃方缸内投放幼体密度约 100 尾/L,用 2.0×10^5 cells/mL 浓度的牟氏角毛藻喂养,得到 80.8% 的存活率^[10];在 30 m³ 水泥池中,当幼体投放密度为 100 尾/L,池中维持角毛藻浓度为 0.6×10^5 cells/mL 时,存活率最高达到 84.0%^[12];在 118 L 塑料桶中,利用多种饵料及饵料组合饲喂虾苗(投放密度 40~50 尾/L),实验发现使用角毛藻 (1.0×10^5 cells/mL) 及角毛藻强化营养的轮虫作为饵料, $Z_1 \sim M_1$ 过程中幼体存活率 >60%^[20]。本研究结果也表明,角毛藻是对虾幼体培育的优良饵料,幼体存活率高、变态发育正常。但要注意角毛藻最佳投放密度应根据培养设施、幼体投放密度及发育期而异。

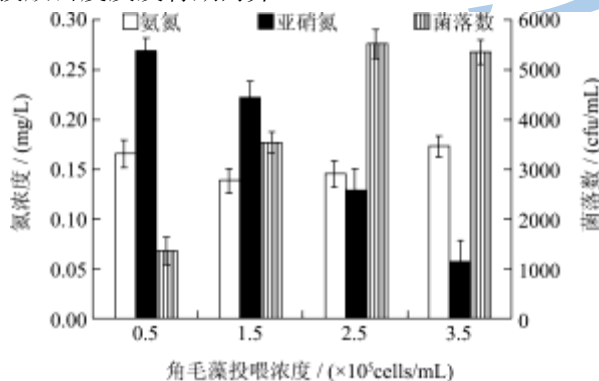


图2 投喂不同浓度角毛藻对育苗水质的影响

Fig.2 Effect of feeding concentrations of *Chaetoceros* on water quality in culture water body

投喂不同浓度角毛藻时主要水质指标变化情况见图 2。实验水体中虽然氨氮和亚硝氮总浓度随投喂浓度的增加而增加,尤其是亚硝氮浓度增势明显。这有可能是高浓度投苗和投藻情况下,幼体摄食与排泄旺盛导致的指标增加。有研究发现,在微藻浓度为 $0.2 \sim 1 \times 10^5$ cells/mL 区间内,虾苗池中氨氮和亚硝氮浓度随微藻浓度增加而降低,浓度区间分别为 $3.1 \sim 1.7$ mg/L 和 $0.37 \sim 0.14$ mg/L^[12]。该报道与本研究结果略有差异,但是本研究中各组氨氮均低于 0.2 mg/L,显著低于前者;亚硝氮浓度在 0.10~0.28 mg/L 之间,与前

者结果差异不大,同时本研究显示菌落数随微藻投喂浓度的上升而显著下降,说明该投喂浓度范围适当,不会引起水质恶化。

2.2 角毛藻投喂频率对幼体存活率和水质的影响

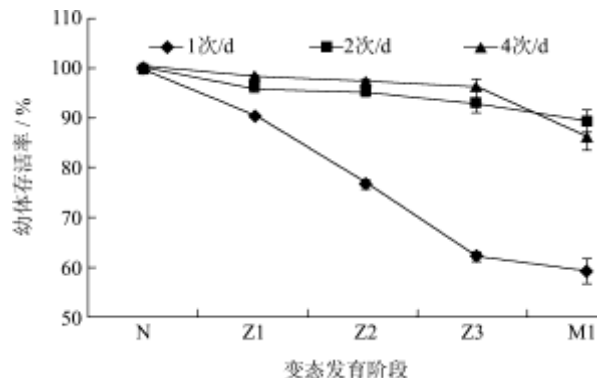


图3 不同角毛藻投喂频率对幼体存活率的影响

Fig.3 Effect of survival rate of larval shrimp by feeding

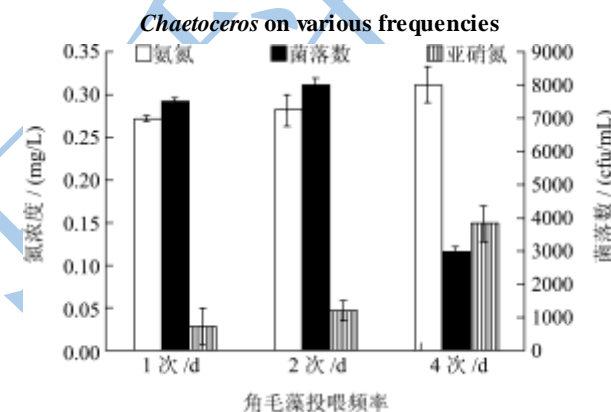


图4 不同角毛藻投喂频率对育苗水质的影响

Fig.4 Effect of various feeding frequencies of *Chaetoceros* on water quality in culture water body

角毛藻投喂频率对幼体存活率和水质的影响见图 3 和 4。在总投放密度确定的情况下,每天投喂 2 次和 4 次的幼体存活率分别为 89.52% 和 86.53% (图 3), 差异不显著 ($P < 0.05$); 而每天投喂 1 次的存活率显著降低 (仅 59.42%)。这可能是单次投放密度过大,对幼体造成不利影响,这与角毛藻浓度实验中 3.5×10^5 cells/mL 实验组的结果相似。实验水体中氨氮和亚硝氮的浓度均随投喂次数的增加而呈上升趋势,但增幅不明显;每天投喂 4 次的菌落数要显著低于其他两个处理。

2.3 眼点拟微球藻投喂浓度对幼体存活率和水质的影响

眼点拟微球藻投喂浓度对幼体存活率和水质的影响见图 5 和 6。如图 5 所示,仅 6×10^5 cells/mL 浓度组的存活率接近投喂角毛藻的对照组,同时发现各投喂浓度组的幼体变态发育中,在 Z_1 期表现正常,但不能变态至 Z_2 期或出现拖期变态现象,而对照组则能正常

变态发育, 幼体存活率达到 86.52%。如图 6 所示, 实验水体中总菌落数随投喂浓度的增加而降低, 9×10^5 cells/mL 浓度组的菌落数最少, 为 1100 左右; 氨氮浓度随投喂浓度的增加而降低, 包括对照组在内的各投喂浓度间差异不显著; 而亚硝氮浓度呈逐步上升趋势, 但均显著低于对照 ($P < 0.05$)。

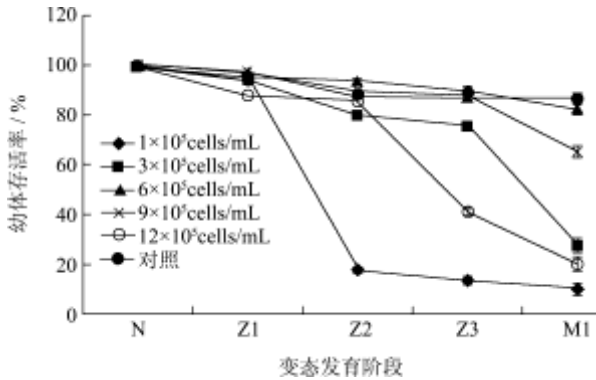


图 5 不同浓度拟微球藻喂养对虾苗存活率的影响

Fig.5 Effect of survival rate of larval shrimp by feeding

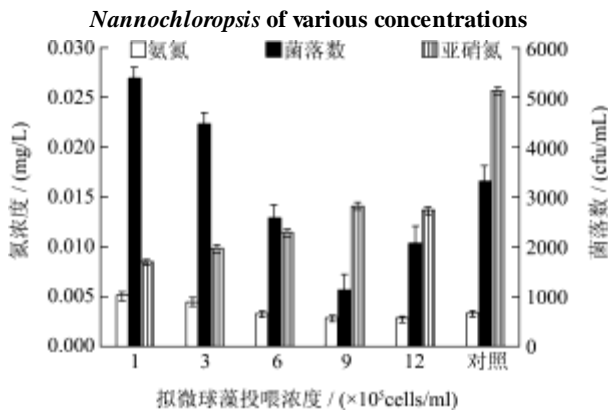


图 6 投喂不同浓度拟微球藻对育苗水质的影响

Fig.6 Effect of feeding concentrations of *Nannochloropsis* on water quality in culture water body

2.4 牟氏角毛藻与眼点拟微球藻混合投喂对幼体存活率和水质的影响

牟氏角毛藻与眼点拟微球藻混合投喂对幼体存活率和水质的影响见图 7 和 8。如图 7 所示, 当角毛藻与拟微球藻细胞浓度比例为 4:1 时幼体的存活率最高, 达到 91.01%; 其次为 8:1 时存活率为 89.1%。仅投喂角毛藻的对照幼体存活率为 86.53%, 略低于以上两组, 但是幼体变态发育正常, 不拖期, 活力好。而添加拟微球藻的各组, 随拟微球藻浓度的加大, 变态拖期和挂脏的现象愈加严重。可能的原因有: (1) 拟微球藻个体较小 ($2 \sim 5 \mu\text{m}$)^[21], 细胞体积仅为角毛藻的 1/4 左右, 且无角毛藻的硅质角毛, 不便于被虾苗抓捕摄食; (2) 拟微球藻虽然也含有丰富的 EPA, 但是对虾苗而言, 综合营养价值或各营养物质配比不如

角毛藻均衡, 因此不适于喂养虾苗。

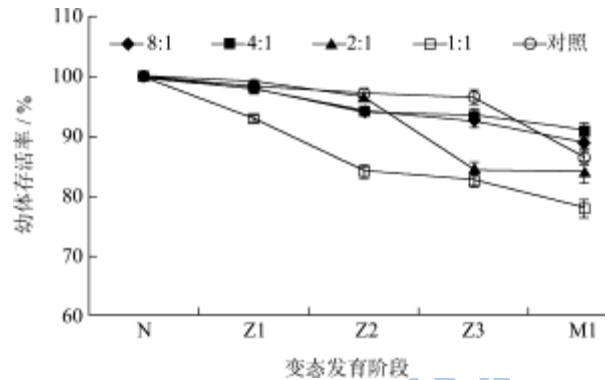


图 7 角毛藻与拟微球藻不同比例混合喂养对虾苗存活率的影响

Fig.7 Effect of survival rate of larval shrimp by feeding *Chaetoceros* and *Nannochloropsis* with various proportions of

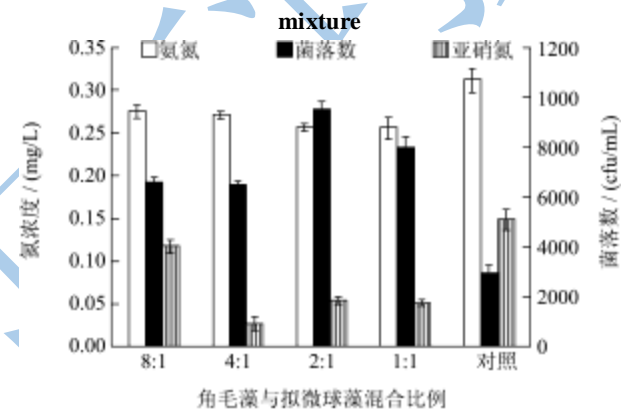


图 8 角毛藻与微拟球藻不同比例混合喂养对育苗水质的影响

Fig.8 Effect of feeding *Chaetoceros* and *Nannochloropsis* with various proportions of mixture on water quality in culture water body

如图 8 所示, 混合投喂各组实验水体的菌落数均高于对照, 但氨氮和亚硝氮的浓度均低于对照, 显示拟微球藻改善水质的能力较优。有研究也发现该藻能显著改善对虾养殖水体的水质, 对虾各个抗病力生化指标均显著提高^[22], 同时该藻能有效地抑制异养菌和弧菌的生长^[23]。

2.5 钝顶螺旋藻部分替代牟氏角毛藻对幼体存活率和水质的影响

钝顶螺旋藻部分替代牟氏角毛藻对幼体存活率和水质的影响见图 9 和 10。如图 9 所示, 组合 2 幼体存活率最高, 在 M₁ 时期高达 88.23%, 活力较好、变态发育正常; 其次组合 1 存活率较高 (79.82%), 但出现拖期变态现象; 组合 3 和 4 存活率较低 (71.02% 和 51.36%), 活力正常但弱于组合 2, 变态发育正常。对照组的存活率为 76.65%, 明显低于组合 2, 幼体活力和变态发育均正常。如图 10 所示, 各投喂组合的水体

中氮、亚硝氮和菌落数均高于对照。

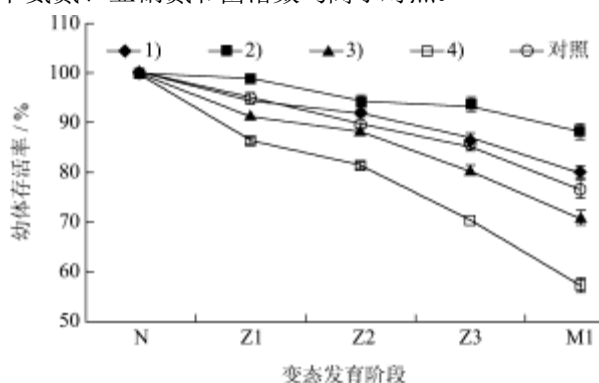


图9 不同螺旋藻与角毛藻投喂组合对虾苗存活率的影响

Fig.9 Effect of survival rate of larval shrimp by feeding

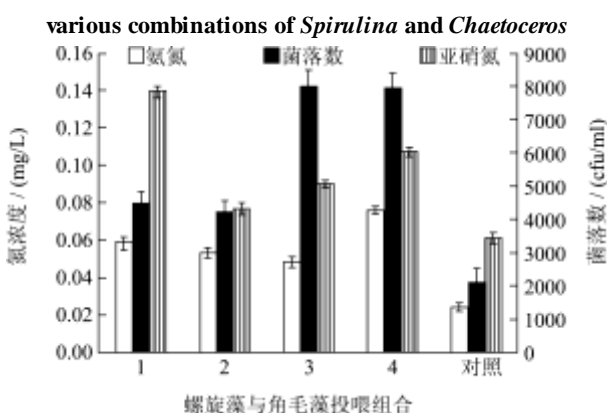


图10 不同螺旋藻与角毛藻投喂组合对水质的影响

Fig.10 Effect of feeding various combinations of *Spirulina* and *Chaetoceros* on water quality in culture water body

已有研究发现，饲喂螺旋藻粉可促进中国对虾（*Fenneropenaeus chinensis*）稚虾的变态发育，抗病力明显增强，出苗率提高^[24-25]。日本对虾（*Penaeus japonicus*）溞状期幼体对螺旋藻消化能力较差，过量投喂会影响溞状期幼体的存活率，具体投喂量需经实验验证^[26]。在 888m³水体生产性实验中，利用螺旋藻粉配合虾片和人工饵料饲喂日本对虾虾苗，虾苗 N~P₇₋₁₀ 的平均存活率达到 63.3%^[27]。在 50 L 玻璃钢水箱中利用螺旋藻粉替代角毛藻饲喂南方滨对虾（*L.schmitti*）虾苗（150尾/L），在 25% 替代率时（角毛藻 3×10⁴ cells/mL，螺旋藻 5 mg/L），虾苗的存活率达到了 82~87%，消化率分别达到了 94% 和 92%^[28]。

本研究以凡纳滨对虾为研究对象，发现在 Z₁~M₁ 期间，角毛藻投喂量为 5×10⁴ cells/mL、螺旋藻在 Z₁、Z₂、Z₃ 三个阶段的投放量分别为 0.5、1.0 和 3.0 mg/mL 时，N~M₁ 期的存活率为 88.23%，而且虾苗活力较好、变态发育正常。这说明螺旋藻可以作为蛋白源替代部分角毛藻用于凡纳滨对虾幼苗的饲喂，一方面减少了角毛藻投喂量，节约成本；另一方面平衡了幼体饵料的营养成分配比，更适合对虾幼体发育的需求，从而

获得较高的虾苗成活率并提高了虾苗质量。需要注意的是，使用螺旋藻粉会导致育苗水体中氮、亚硝氮和菌落数升高，水质控制是首要任务。

参考文献

- [1] Brown M R, Jeffrey S W, Garland C D. Nutritional aspects of microalgae used in mariculture; a literature review [M]. CSIRO Marine Laboratories Report, 1989
- [2] de Pauw N, Persoone G. Micro-algae for aquaculture[M]. In: Micro-algal Biotechnology, Borowitzka M A, Borowitzka L J (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, U. K., 1988
- [3] Brown M R, Jeffrey SW, Volkman J K, et al. Nutritional properties of microalgae for mariculture [J]. Aquaculture, 1988
- [4] Renaud S M, Thinh L V, Parry D L. The gross composition and fatty acid composition of 18 species of tropical Australian microalgae for possible use in mariculture [J]. Aquaculture, 1999, 170: 147-159
- [5] Fujii K, Nakashima H, Hashizume Y, et al. Potential use of the astaxanthin-producing microalga, *Monoraphidium* sp. GK12, as a functional aquafeed for prawns [J]. J Appl Phycol, 2010, 22: 363-369
- [6] Brown M R. Nutritional value and use of microalgae in aquaculture [M]. In: Cruz-Suarez L E, Ricque-Maried D, Tapia-Salazar M, et al (Eds.). Avances en Nutrición Acuicola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México., 2002
- [7] Seguineau C, Lashi-Loquerie A, Moal J, et al. Vitamin requirements in great scallop larva [J]. Aquacult Int, 1996, 4: 315-324
- [8] Brown M R, Mular M, Miller I, et al. The vitamin content of microalgae used in aquaculture [J]. J Appl Phycol, 1999, 11: 247-255
- [9] Coutteau P, Geurden I, Camara M R, et al. Review on the dietary effects of phospholipids in fish and crustacean larviculture[J]. Aquaculture, 1997, 155: 149-164
- [10] 张翠英. 投喂牟氏角毛藻对对虾幼体变态的效果[J]. 水产科技情报, 1982, 5: 18-20
- [11] Robert R, Trintignac P. Substitues for live microalagae in mariculture: a review[J]. Aquat Living Resour, 1997, 10: 315-327
- [12] 黄翔鹤, 李活, 李长玲, 等. 牟氏角毛藻对对虾育苗水质及抗逆性的影响[J]. 广东海洋大学学报, 2008, 28(6): 46-50

- [13] 张学超,杨立平,刘缙延,等.对虾育苗中常用海洋微藻抑菌作用的研究[J].水产科学,2010,29(2):112-114
- [14] Völkman J K, Brown M R, Dunstan G A, et al. The biochemical composition of marine microalgae from the class Eustigmatophyceae[J]. J Phycol, 1993, 29: 69-78
- [15] Muller-Feuga A. The role of microalgae in aquaculture: situation and trends[J]. J Appl Phycol, 2000, 12: 527-534
- [16] Liang Y, Mai K S, Sun S C. Total lipid and fatty acid composition of seven *Chaetoceros* strains [J]. Trans Oceanol Limnol, 2000, 3: 29-33
- [17] Hu Q. Industrial production of microalgal cell-mass and secondary products-major industrial species [M]. In: Richmond A (Ed.). Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology, Blackwell Science, Oxford, England, 2004
- [18] 唐理舟.螺旋藻在水产饲料中的应用[J].中国饲料,1999, 12:23-24
- [19] 雷衍之.养殖水环境化学实验[M].北京:中国农业出版社,2006
- [20] 王家伟,戴习林,谢剑,等.不同饵料搭配对凡纳滨对虾幼体与仔虾的影响[J].湖南农业科学,2011,15:157-161
- [21] Hu H, Gao K. Optimization of growth and fatty acid composition of a unicellular marine picoplankton, *Nannochloropsis sp.*, with enriched carbon sources [J]. Biotechnol Lett, 2003, 25: 421-425
- [22] 黄翔鹤,李长玲,刘楚吾,等.两种微藻改善虾池环境增强凡纳对虾抗病力的研究[J].水生生物学报,2002,26(4):342-347
- [23] 郑莲,黄翔鹤,刘楚吾,等.两种微藻对凡纳滨对虾养殖环境中细菌数量变化的影响[J].台湾海峡,2005,24(2):178-182
- [24] 郑永允,刘克夫.用螺旋藻粉培育对虾苗的试验[J].海水养殖研究简报,1995,1:78-79
- [25] 卢澄清.螺旋藻开发研究及其应用[J].福建水产,1994 2: 51-53
- [26] 钟硕良.提高日本对虾人工育苗成活率的研究[J].热带海洋,1999,18(3):74-81
- [27] 林琼武,单保党,黄加祺.不同饵料搭配对日本对虾人工育苗存活率的影响[J].台湾海峡,2001,20(增):44-48
- [28] Jaime-Ceballos B J, Hernandez-Lamas A, Garcia-Galano T, et al. Substitution of *Chaetoceros muelleri* by *Spirulina platensis* meal in diets for *Litopenaeus schmitti* larvae[J]. Aquaculture, 2006, 260(1-4): 215-220