

铜绿微囊藻对凡纳滨对虾低盐度养殖的危害研究^{*}

查广才, 周昌清, 牛晓光

(中山大学生命科学学院, 广东 广州 510275)

摘 要: 通过池塘陆基围隔实验, 研究了铜绿微囊藻对凡纳滨对虾低盐度养殖的危害。实验结果铜绿微囊藻在 2‰~6‰ 低盐度养殖水体中可大量爆发, 形成单一优势种, 种群增长快、持续时间长, 种群密度和优势度高达 $5.39 \times 10^7 \text{个} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 88.9%。铜绿微囊藻毒性表现为时间和密度双重效应。对虾养殖期, 微囊藻作为优势种持续时间 30 d 以上, 平均密度达到 $1.0 \times 10^7 \text{个} \cdot \text{L}^{-1}$ 或优势度达到 35%, 均致养殖对虾发病, 并随密度升高和持续时间延长, 对虾病情加重; 平均密度低于 $4.0 \times 10^6 \text{个} \cdot \text{L}^{-1}$ 或优势度低于 15%, 对虾养殖正常, 平均密度低于 $2.0 \times 10^6 \text{个} \cdot \text{L}^{-1}$ 或优势度低于 6% 对虾养殖安全。微囊藻为主要优势种, 对虾养殖成活率平均为 16.6%, 体长和体质量平均生长速度为 1.21 mm/d 和 0.15 g/d, 对虾养殖成活率和生长速度显著降低。

关键词: 铜绿微囊藻; 凡纳滨对虾; 低盐度养殖

中图分类号: S968.22 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2007) 02-0064-04

铜绿微囊藻作为淡水蓝藻水华优势种广泛分布于世界各地^[1], 其细胞内和分泌到胞外的微囊藻毒素对人、哺乳动物、鱼类及水蚤的毒害作用已有众多研究^[2-3], 对毒素的分子结构及作用机理也比较明确^[4-5]。铜绿微囊藻主要爆发于淡水富营养化水体, 高盐度水体并不常见, 对海水对虾养殖的危害也未见报导, 随着凡纳滨对虾低盐度淡化养殖在我国迅速崛起, 铜绿微囊藻在低盐度养殖水体中大量爆发及其对虾类养殖的危害也时有发生^[6], 但相关研究还未见报导。本文通过池塘陆基围隔实验, 研究了铜绿微囊藻种群数量及变化与凡纳滨对虾低盐度养殖间的关系, 对控制微囊藻和对虾低盐度健康养殖具有一定的理论意义。

1 材料与方法

1.1 围隔设置及调控

铜绿微囊藻对凡纳滨对虾低盐度养殖的危害研究在受控陆基池塘围隔中进行^[7], 围隔设在珠海市斗门区横山镇一个大小为 0.3hm^2 的空白虾池内, 虾池经过清淤暴晒和严格消毒, 共设立 10 个大小为 $5 \text{m} \times 5 \text{m} \times 1.6 \text{m}$ ($l \times b \times d$) 的陆基围隔, 围隔水深保持在 1.3~1.5 m。

每个围隔于 6 月 24 日统一放养 2 000 尾, 体长 10 mm 的健康虾苗, 平均放养密度 $80 \text{尾} \cdot \text{m}^2$, 养殖时间 85 d, 养殖过程全封闭不换水, 由天然降

雨和围隔渗透作用而自然淡化, 不使用任何化学消毒剂和抗生素。各围隔养殖水体调控措施相同, 根据藻类生长不定期施肥, 每隔 5~8 d 施 EM 复合菌液 1 次, 水体解毒剂和底质改良剂主要在水质变差时施用。

1.2 调查取样方法

围隔实验采取间隔取样, 对水体浮游藻类及对虾生长进行调查分析。浮游藻类取样, 在每个围隔四角及中央用 2 L 采水器各取水样 1 份混匀, 取 1 L, 用鲁哥氏液固定沉淀 48 h 以上, 浓缩至 100 mL 甲醛保存。藻类定量分析是将定量样品摇匀, 取 0.1 mL 置于计数框, 在显微镜下计数。对虾生长抽样, 采用缏网捕捞, 体长用毫米刻度尺测量, 体质量用感量为 1 mg 电子天平称量, 每个围隔每次取样在 30 尾虾以上, 测完后放回原围隔中继续饲养。微囊藻爆发期对虾体长和体质量生长率 = $[(9 \text{月} 17 \text{日体长 (体质量)} - 7 \text{月} 9 \text{日体长 (体质量)}) / \text{养殖时间 (d)}, \text{体长为全长 (mm)}, \text{体质量为湿质量 (g)}, \text{对虾养殖成活率为养成对虾数量占放苗量的百分比}]$ 。

2 结 果

2.1 实验围隔水体理化因子

围隔低盐度养殖实验期间, 各围隔平均水温在

* 收稿日期: 2006-06-01

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目 (5301097); 珠海市科技资助项目 (200310084)

作者简介: 查广才 (1965 年生), 男, 博士, 教授, 现工作单位为韩山师范学院生物系; 通讯联系人: 周昌清;

E-mail: lsszhchq@mail.sysu.edu.cn

29.2~31.6℃，溶解氧 3.9~5.8 mg·L⁻¹，pH 7.8~8.8 化学耗氧量 10.41~12.64 mg·L⁻¹，透明度 20 cm 不同围隔水温、溶氧和 pH 组成及动态变化基本一致，无显著性差异，养殖过程水体理化因子满足凡纳滨对虾低盐度健康养殖需求^[8]。实验围隔养殖水体平均盐度 4 初期盐度为 6 中期 3~4 后期盐度为 2

2.2 实验围隔铜绿微囊藻种群数量及动态

实验结果不同围隔铜绿微囊藻平均密度为 0.23~1.37×10⁷个·L⁻¹，范围 0~5.39×10⁷个·L⁻¹，平均优势度为 6.16%~45.56%，范围 0~88.9%。各围隔微囊藻优势度及密度差别较大，10 号和 8 号围隔优势度最高，7 号和 9 号围隔最低，结果见表 1。6 号围隔最早检测到铜绿微囊藻，最早形成优势种，其它围隔的微囊藻于 7 月 8 日陆续开始形成优势种。铜绿微囊藻从常见种发展为优势种需要 10 d 高峰期在 7 月 17 日~8 月 27 日，其中 1 号、4 号、6 号、8 号、和 10 号围隔的优势度和密度一直保持较高水平，持续时间 40 d 以上，6 号围隔达 80 d 2 号和 5 号围隔持续时间较短，7 号和 9 号围隔中后期基本检测不到微囊藻，其种群动态变化见图 1~2。

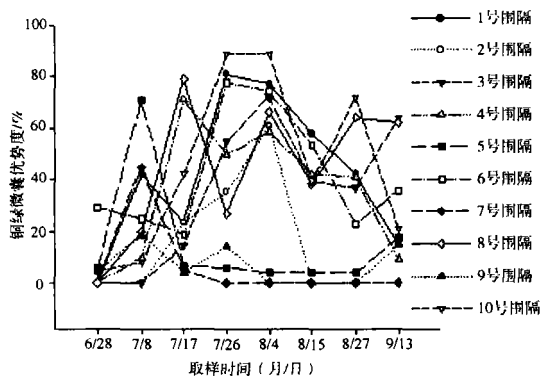


图 1 实验围隔铜绿微囊藻种群优势度动态变化
Fig.1 Changes of *M. aeruginosa* dominance in enclosures

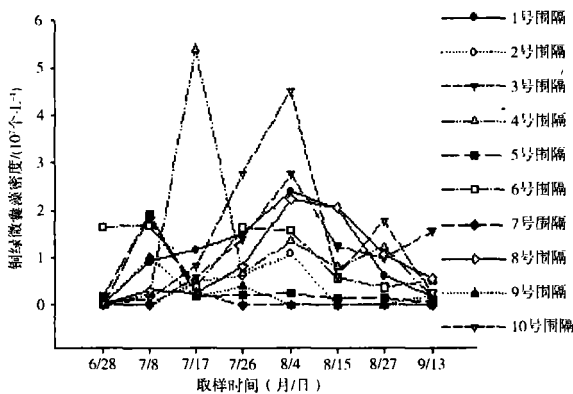


图 2 实验围隔铜绿微囊藻种群密度动态变化
Fig.2 Changes of *M. aeruginosa* densities in enclosures

表 1 铜绿微囊藻种群密度及优势度与对虾养殖结果¹⁾

Tab.1 <i>M. aeruginosa</i> densities, dominance and the shrimp stocking						
围隔	微囊藻优势度 %	微囊藻密度 / 对虾生长 (10 ⁷ 个 · L ⁻¹)	对虾成活率 %	体长生长率 / (mm · d ⁻¹)	体质量增长率 / (g · d ⁻¹)	
1号	42.29	1.10	-	16.2	1.17	0.15
2号	14.88	0.28	+	41.6	1.43	0.21
3号	35.14	1.07	-	19.3	1.24	0.15
4号	35.11	1.24	-	20.7	1.25	0.15
5号	14.74	0.39	+	50.9	1.40	0.19
6号	42.05	1.06	-	15.5	1.11	0.14
7号	6.16	0.26	+	58.4	1.37	0.20
8号	44.50	0.91	-	18.2	1.26	0.17
9号	6.95	0.23	+	56.1	1.39	0.20
10号	45.56	1.37	-	11.7	1.40	0.21

1) 表中 “+” 表示正常，“-” 表示发病；微囊藻优势度和密度为对虾养殖期内（6 月 28 日~9 月 13 日）取样均值；体长和体质量生长速度为微囊藻爆发期间的生长率（7 月 8 日~9 月 17 日）

2.3 实验围隔对虾养殖结果

不同实验围隔凡纳滨对虾养殖存在较大差别，7 号、9 号和 5 号围隔对虾生长健康正常，2 号围隔基本正常，其它围隔对虾在养殖过程中出现不同程度发病和死虾。生长健康正常的 7 号和 9 号围隔养殖成活率最高，分别达到 58.6% 和 56.1%，发病对虾养殖成活低，一般不超过 20%，10 号围隔最低，仅为 11.7%，结果见表 1。经过 85 d 的养殖，不同围隔对虾平均体长达到 115~132 mm，平均生长速度为 1.35~1.55 mm/d 体质量达到 9.91~14.94 g 平均增长速度为 0.12~0.18 g/d 图 3~4 为对虾体长和体质量生长过程，养殖早期对虾均生长正常，差异不明显，且以体长生长为主，体质量增长较慢，差异主要发生在 7 月 28 日对虾开始发病，健康对虾体长生长接近直线，中后期体质量呈加速增长，病虾体长和体质量生长明显降低，甚至出现停滞，T 检验结果，健康对虾与病虾体长和体质量生长率之间差异检验值 $P<0.001$ ，体质量生长降低更为显著。

2.4 铜绿微囊藻与低盐度对虾养殖

实验围隔养殖水体主要环境理化因子基本一致，致围隔养殖对虾发病的直接原因是养殖水体中有毒铜绿微囊藻的大量爆发。长期以铜绿微囊藻为优势种的围隔，养殖对虾均发病，非微囊藻优势种的对虾养殖均健康正常，把微囊藻是否是优势种与对虾养殖是否正常转化为数字进行相关性 T 检验，

结果呈极显著相关。表 1和图 1-4结果, 微囊藻密度、优势度和作为优势种所持续时间, 对对虾低盐度养殖有显著影响。对虾养殖期, 微囊藻平均密度达到 1.0×10^7 个 $\cdot$ L $^{-1}$ 或优势度平均达到 35%以上, 均可导致养殖对虾发病, 并随微囊藻密度或优势度升高病情加重, 对虾养殖成活率和生长速度随之降低。微囊藻平均密度低于 4.0×10^6 个 $\cdot$ L $^{-1}$ 或优势度低于 15%, 对虾养殖均正常, 微囊藻密度或优势度越低, 对虾生长越健康。微囊藻作为优势种所持续时间决定对虾养殖是否正常, 从对虾发病时间, 均为微囊藻优势种持续约 30 d 微囊藻作为优势种, 出现最早和持续时间最长是 6号围隔, 该围隔对虾最早出现停食, 死亡率高, 生长速度最慢; 10号围隔微囊藻平均优势度和密度最高, 对虾成活率最低, 6号和 8号围隔在微囊藻爆发高峰期, 对虾生长基本处于停滞状态。2号围隔出现 20 d微囊藻高峰期, 期间对虾出现短暂停食和个别死虾现象, 但很快恢复正常; 只有 9号和 7号围隔未发生高密度微囊藻, 对虾成活率高, 生长健康快速。表 1为微囊藻爆发期对虾生长速度, 非微囊藻优势种的围隔对虾体长和体质量平均生长率为 1.40 mm /d和 0.20 g /d 微囊藻为优势种的围隔对虾体长和体质量生长率为 1.21 mm /d和 0.15 g /d T检验结果, 二者差异显著。研究还显示, 铜绿微囊藻对低盐度对虾养殖的危害中期比早期和后期大, 说明快速生长的对虾(养殖第 30-60天)对微囊藻毒素较为敏感, 而幼虾和成虾对铜绿微囊藻的毒性表现一定的耐受。

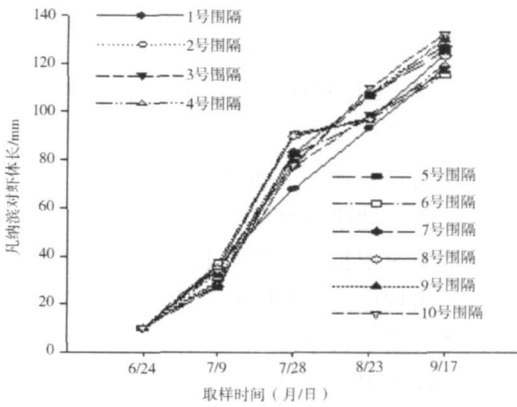


图 3 实验围隔凡纳滨对虾体长生长

Fig.3 Body length growth of *L. vannamei* in enclosures

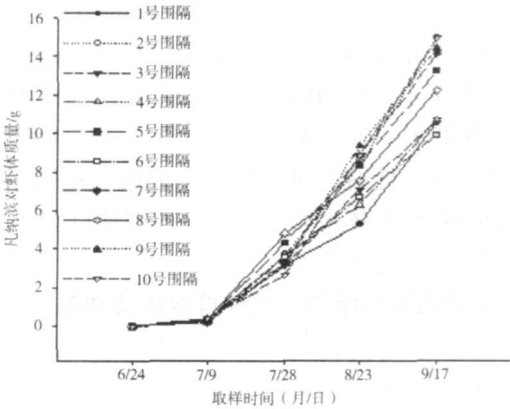


图 4 实验围隔凡纳滨对虾体质量生长

Fig.4 Body weight growth of *L. vannamei* in enclosures

3 讨论

低盐度围隔实验及虾池浮游植物调查^[9]均已证实铜绿微囊藻在 0.2‰~0.6‰低盐度水体中可大量爆发, 容易形成优势种, 且种群密度和优势度高、持续时间长。铜绿微囊藻爆发的主要原因是养殖水体严重富营养化及早期施肥培藻过程中使用了大量无机磷肥^[9], 同时养殖水温及 pH 较高, 水体盐度低至铜绿微囊藻的耐受范围等也是重要原因。高密度铜绿微囊藻所分泌的微囊藻毒素^[1-2]导致养殖环境的胁迫或直接作用于对虾的肝胰脏, 给低盐度对虾养殖造成直接或间接的毒害, 所诱发的虾病呈慢性过程, 主要表现为停食, 空胃、肝胰脏糜烂, 与本实验的观察结果一致。该研究结果显示微囊藻毒性呈时间和密度双重效应^[3], 随微囊藻优势种群持续时间延长和密度升高其毒性加大, 且时间效应比密度效应更加明显。

铜绿微囊藻对低盐度对虾养殖的危害还表现在对浮游藻类组成及群落稳定性的影响, 微囊藻使浮游藻类的丰富度和多样性降低, 造成藻类群落的不稳定性。此外, 铜绿微囊藻作为淡水常见有害藻类, 其毒性与藻株及生长环境有关^[10], 盐度对微囊藻毒性的影响及微囊藻所能耐受的盐度极限, 目前还未见相关资料, 这对有效控制微囊藻的种群数量及其毒性具有重要意义, 有待进一步研究。已有的研究结果, 控制养殖水体无机磷含量及水体富营养化程度等^[10], 对控制铜绿微囊藻种群的爆发具有积极意义。影响凡纳滨对虾低盐度养殖的因素较为复杂, 对虾的生长和成活主要与养殖环境有关, 浮游藻类的种类、数量及群落的稳定性对维持对虾养殖环境的健康稳定至关重要, 对有益藻类的选择培养和有毒微囊藻的控制, 目前尚无有效的解决途

径,有待进一步研究解决。

参考文献:

- [1] LEHMAN P W, BOYER G, HALL G et al Distribution and toxicity of a new colonial *Microcystis aeruginosa* bloom in the San Francisco Bay Estuary California[J]. Hydrobiologia 2005 541: 87-99.
- [2] DEMOTT W R, ZHANG Q X, CARMICHAEL W W. Effects of toxic cyanobacteria and purified toxins on the survival and feeding of a copepod and three species of *Daphnia*[J]. Limnol Oceanogr, 1991, 36: 1346-1357.
- [3] RABERGH C M I, BYLUND G, ERIKSSON J E. Histopathological effects of MC-LR, a cyclic peptide toxin from the cyanobacterium (blue green alga) *Microcystis aeruginosa* on common carp (*Cyprinus carpio* L.) [J]. Aquat Toxicol 1991, 20: 131-146.
- [4] RNEHART K L, NAMKOSHIM, CHID B W. Structure and biosynthesis of toxins from bluegreen algae (cyanobacteria) [J]. Journal of Applied Phycology 1994, 6: 159-176.
- [5] YOSHIZAWA S, MATSUSHIMA R, WATANABE M, et al. Inhibition of protein phosphatases by microcystins and nodularin associated with hepatotoxicity[J]. J Cancer Res Clin Oncol 1990, 116: 609-614.
- [6] 查广才, 周昌清, 黄建荣, 等. 凡纳对虾淡化养殖虾池微型浮游生物群落及多样性[J]. 生态学报, 2004, 24(8): 1748-1755.
- [7] 李德尚, 扬红生, 王吉桥, 等. 一种池塘陆基实验围隔[J]. 青岛海洋大学学报, 1998, 28(2): 199-203.
- [8] 查广才, 周昌清, 黄建荣, 等. 凡纳对虾淡化养殖健康虾池水体生态研究[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2005, 44(1): 78-83.
- [9] SIVONNEN K. Effects of light, temperature, nitrate or thophosphate and bacteria on growth and hepatotoxin production by *Oscillatoria agardhii* strains[J]. Appl Environ Microbiol 1990, 56: 2658-2666.
- [10] VASCONCELES V, OLIVEIRA S, TELES F O. Impact of a toxic and a non toxic strain of *Microcystis aeruginosa* on the crayfish *Procambarus clarkii*[J]. Toxicon 2001, 39: 1461-1470.

Ham of *Microcystis aeruginosa* to *Litopenaeus vannamei* Low Salinity Stocking

ZHA Guang-cai, ZHOU Chang-qing, NIU Xiao-guang

(School of Life Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract Ten enclosures were set up in the shrimp pond to study *Microcystis aeruginosa* population dynamics and its ham to *Litopenaeus vannamei* low salinity stocking. The results showed that *M. aeruginosa* could bloom at 2‰~6‰ salinity levels, its density and dominance reached 5.39×10^7 cells L^{-1} and 88.9%, respectively, formed a dominant species with high rate of population increasing and long-term bloom. *M. aeruginosa* toxicity had effect of time and density. When its average densities reached 1.0×10^7 cells L^{-1} or dominance approached to 35% and population went on 30 d in the course of *L. vannamei* stocking, it could cause shrimp diseases outbreak. The diseases would be more serious due to *M. aeruginosa* population density increasing and time prolong. But shrimp culture was normal while *M. aeruginosa* was lower in 4.0×10^6 cells L^{-1} or dominance below 15%. *M. aeruginosa* density below 2.0×10^6 cells L^{-1} or dominance under 6% were safe level for shrimp stocking. When *M. aeruginosa* formed dominant species, the mean survival rates of shrimp was merely 16.6 percent, shrimp body length and weight growth rates were 1.21 mm/d and 0.15 g/d, respectively, as a result *M. aeruginosa* made shrimp growth and survival rates decline obviously.

Key words *Microcystis aeruginosa*; *Litopenaeus vannamei*; low salinity stocking