

凡纳滨对虾设施化养殖塘中浮游植物的动态变化

蔡林婷, 陈 晨, 王一农*, 刘 静, 吴菊音, 马俊峰, 钟硕楠

(宁波大学 海洋学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 2012年3月20日~8月24日, 对宁波地区凡纳滨对虾设施化养殖塘水体中的浮游植物进行调查分析. 结果表明: 养殖塘中共鉴定出浮游植物6门24种. 其中硅藻门15种, 占藻类种类数的62.5%; 蓝藻门3种, 占13%; 绿藻门3种, 占13%; 黄藻门、金藻门、甲藻门各1种. 养殖早期浮游植物藻密度 $1.019 \times 10^5 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$, 生物量 $0.17 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, 多样性指数为0.926; 养殖后期浮游植物藻密度 $1.301 \times 10^5 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$, 生物量 $0.44 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, 多样性指数为1.547. 浮游植物数量变化总体表现为养殖前期低、后期高的特征.

关键词: 凡纳滨对虾; 设施养殖塘; 浮游植物; 多样性

中图分类号: S963.21⁺3

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2013) 02-0007-05

浮游植物是水环境生态系统中重要的初级生产者, 是食物网的基础, 为水中生活的动物提供食物^[1-2]. 浮游植物是凡纳滨对虾(*Penaeus vannamei*)养殖前期的直接饵料, 对提高养殖塘的溶解氧、维持水环境平衡起到积极的作用^[3-4], 对虾养殖生态系统的物质循环和能量转化起着重要的作用^[5-6]. 笔者选择宁波地区凡纳滨对虾设施养殖塘, 研究浮游植物的种类组成、数量变化等在凡纳滨对虾设施化养殖过程中的动态变化规律, 为对虾塘浮游植物调控提供基本理论依据.

1 材料和方法

1.1 养殖塘环境

宁波鄞州区瞻岐椿霖养殖场凡纳滨对虾设施养殖塘6个, 分别编号1#、2#、3#、4#、5#、6#. 每个养殖塘面积为 $1\,667.5 \text{ m}^2$, 水深2.8 m, 对虾放养密度为 $64 \text{ inds} \cdot \text{m}^{-3}$, 按照虾体重的3%~5%投喂标准配合饲料, 早期(3月~5月)4次 $\cdot \text{d}^{-1}$, 后期(6月~8月)3次 $\cdot \text{d}^{-1}$. 养殖期间排底污 $160 \sim 180 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, 水位约下降10 cm, 排水量小于总水体的5%; 隔3 d加水至原来水位.

1.2 样本采集及处理

浮游植物样本采集按照海洋调查规范中浮游植物调查规范进行. 按实际养殖情况, 每隔4~19 d进行浮游植物采样, 同时监测水质. 采样水深1 m, 在养殖塘四周距塘边1 m处, 用2.5 L采水器各采水样1份, 混合后, 用25号浮游植物网过滤, 滤过液全部转入250 mL采样瓶, 鲁哥氏液固定保存, 带回实验室后, 按规范将样本定容到200 mL.

1.3 种类鉴定及计数

定性样本: 参考相关资料鉴定物种^[7-10].

定量样本: 用移液枪取0.1 mL在浮游植物方格计数板计数, 重复2次取平均值, 计算全网的个数 n .

1.4 数据处理

所得的数据通过以下公式进行处理^[11]:

藻密度($\text{cell} \cdot \text{mL}^{-1}$): $D = n / v$,

其中, n 为方格计数板记得的藻的个数; v 为浓缩后样品的体积;

生物量($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$): 某种藻的生物量 $= D \times R$,

其中, D 为藻密度; $R_{\text{小型藻}}=0.002 \text{ mg}$, $R_{\text{中型藻}}=0.02 \text{ mg}$, $R_{\text{大型藻}}=0.05 \text{ mg}$;

收稿日期: 2012-12-19.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://nbdxlg.paperopen.com/>

基金项目: 中央财政支持地方高校专项(2011532); 宁波市科技局项目(2012C91028).

第一作者: 蔡林婷(1989-), 女, 浙江诸暨人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 水产养殖、渔业资源. E-mail: cailinting71@163.com

*通信作者: 王一农(1964-), 男, 浙江宁波人, 副教授, 主要研究方向: 水产养殖、渔业资源. E-mail: wangyinong@nbu.edu.cn

Shannon-Wiener 多样性指数:

$$H' = -\sum P_j \times \ln P_j, j = 1, 2, \dots, s,$$

其中, P_j 为第 j 种的个体数与该群落总个体数之比; s 为总种数.

2 结果

2.1 养殖塘水环境

实验期间, 对虾设施养殖塘水温 $22\sim 31^{\circ}\text{C}$, pH 为 $7.1\sim 9.0$, 盐度 $20\sim 24$, 氨氮 $0.02\sim 16.75\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 亚硝酸氮 $0\sim 15.05\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 氨氮和亚硝酸氮的含量从养殖前期到养殖后期呈现升高趋势, 并于养殖后期达到最高; 养殖初期溶解氧较高, 为 10.42

$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 养殖中后期最低, 为 $3.85\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; 前期(4月~5月)采用底充氧, 后期(6月~8月)采用水车式增氧.

2.2 种类分布

共鉴定浮游植物 6 门 24 种, 其中硅藻门最多, 为 15 种, 占 62.50%; 蓝藻门 3 种, 占 12.50%; 绿藻门 3 种, 占 12.50%; 黄藻门、金藻门、甲藻门各 1 种. 每次采样, 各塘出现的最频繁的浮游植物为硅藻、蓝藻、绿藻 3 个门共 21 种(表 1).

2.3 种类组成

浮游植物种类数随时间推移, 呈现少—多—少的趋势. 养殖前期种类数最少, 养殖中期达到最

表 1 凡纳滨对虾养殖塘浮游植物种类组成与分布

种名	采样日期与塘号																							
	04-06 至 04-10						04-29 至 05-09						05-19 至 05-27						06-02 至 06-11					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
骨条藻(<i>Skeletonema costatum</i>)	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
平板藻(<i>Merismopedia</i> sp.)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
窄隙角毛藻(<i>Chaetoceros affinis</i>)	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
相似曲舟藻(<i>Simile canticum</i>)	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
圆筛藻(<i>Circulariscribrum</i> sp.)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
菱形藻(<i>Nitzschia</i> sp.)	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
桥弯藻(<i>Pontemakashiwo</i> sp.)	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
弯曲菱形藻(<i>Nitzschia flexa</i>)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
新月菱形藻(<i>Nitzschia closterium</i>)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+
舟形藻(<i>Navicula</i> sp.)	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
直链藻(<i>Melosira juergensi</i>)	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
小环藻(<i>Cyclotella</i> sp.)	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
双菱藻(<i>Surirella</i> sp.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
曲舟藻(<i>canticumnavi</i> sp.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
盒型藻(<i>Archa</i> sp.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
林氏藻(<i>Lyngbya</i> sp.)	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
色球藻(<i>Chroococcus</i> sp.)	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
胶鞘藻(<i>Plasticvagina</i> sp.)	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
日内瓦柯式藻(<i>Nonumy</i> sp.)	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
团藻(<i>Volvox</i> sp.)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
小球藻(<i>Chlorella</i> sp.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
棘球藻(<i>Echinococcus</i> sp.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
棕鞭藻(<i>Carteria</i> sp.)	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
裸甲藻(<i>Gymnodinium</i> sp.)	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

注: “-”表示该种未出现; “+”表示该种出现.

大. 1#塘种类数从3种增加到8种, 在5月27日达到最多; 3#塘种类数从0种增加到7种, 在4月29日达到最多; 2#、4#、5#、6#塘都在5月9日达到最大(图1).

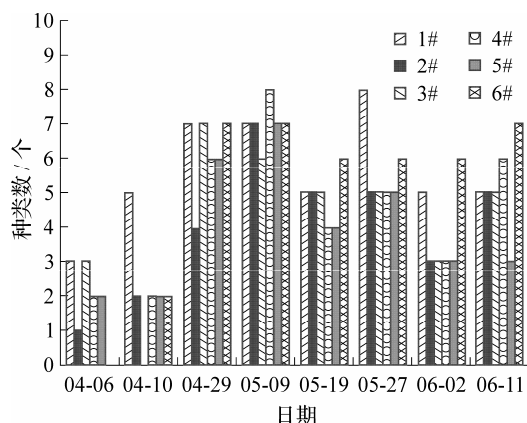


图1 各塘各时间阶段浮游植物种类组成

2.4 群落结构

随时间的推移, 绿藻门种类数基本不变, 养殖后期蓝藻门和硅藻门的种类数比前期种类数要多. 养殖初期(4月6日), 硅藻3种、蓝藻1种; 养殖后期(5月27日)硅藻种类5种、蓝藻3种、绿藻2种. 随着养殖时间的推移, 浮游植物群落组成呈现出由简单到复杂的趋势, 从开始的单一到后期的丰富(图2).

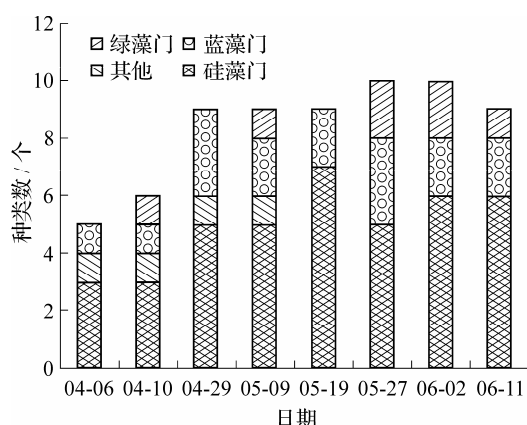


图2 各时间阶段的浮游植物种类组成

1#塘出现种类数最多, 为18种; 6#塘其次, 为14种; 2#和5#相同, 最少, 为11种. 硅藻出现种类数趋势与总体趋势相同, 即1#塘最大, 2#和5#最小; 蓝藻出现种类数为1#和4#最多, 剩下的塘相同; 绿藻出现种类数各塘相差不多. 黄藻门、金藻门、甲藻门3种藻类在1#塘出现次数最多(图3).

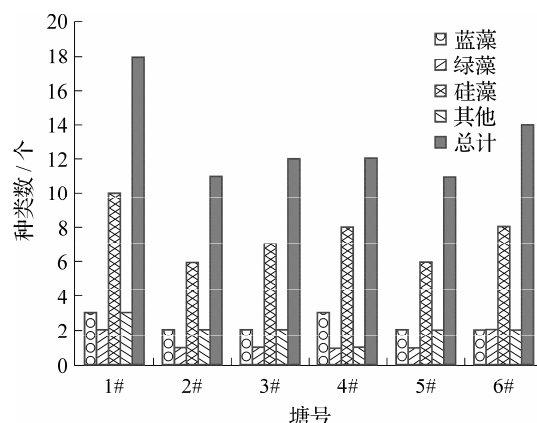


图3 各塘浮游植物的种类组成

2.5 数量变化

从时间分布上看, 对虾塘浮游植物的藻密度和生物量趋势相似, 养殖前期至后期呈上升趋势(图4、图5), 藻密度为 $8.6 \times 10^4 \sim 4.825 \times 10^6 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$, 生物量为 $0.1725 \sim 9.53 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$. 其生物量和藻密度均在5月27日达到最高点, 分别为 $9.53 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 和 $4.825 \times 10^6 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$.

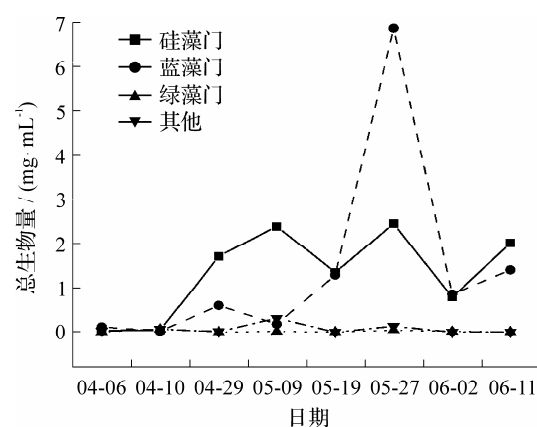


图4 不同时间浮游植物的生物量

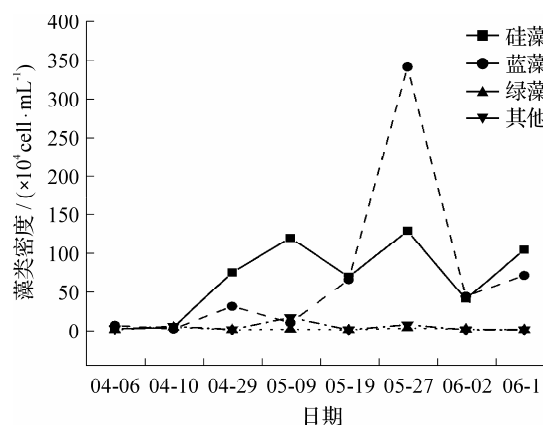


图5 不同时间浮游植物的藻密度

从群落组成来看, 蓝藻门占绝对优势, 生物量达 $6.89 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, 藻密度达 $3.445 \times 10^6 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$; 其次是硅藻门, 其藻密度达 $1.199 \times 10^6 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$, 生物量达 $2.398 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$. 而绿藻门的总生物量和藻密度相对要小得多, 4月6日、4月29日、5月19日都为0. 按各时段藻密度和生物量分析, 硅藻较平衡, 其中有5个时间段生物量都超过了 $1 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, 藻密度有3个时间段超过了 $1 \times 10^6 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$.

2.6 多样性指数

对虾塘浮游植物的多样性指数(H')为0.90~1.60(图6). 各个塘多样性指数相差不大, 平均为1.160. 养殖初期为0.926, 养殖中期为1.134, 养殖后期为1.547, 浮游藻类多样性指数总体表现为养殖前期低后期高的特征.

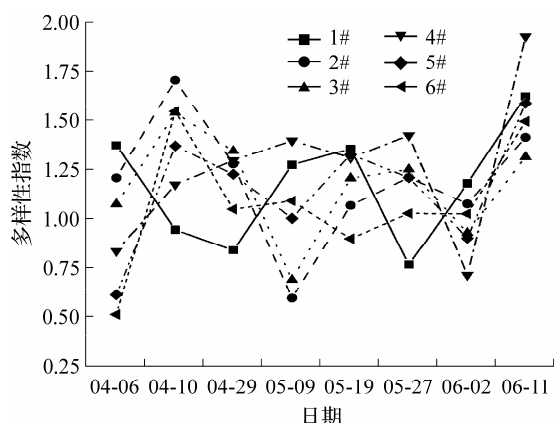


图6 浮游植物多样性指数的变化

3 讨论

3.1 不同时期、不同塘的藻类组成与数量变化

凡纳滨对虾设施化养殖塘浮游植物种类以硅藻和蓝藻为主, 其次是绿藻, 生物量以硅藻占优势. 5月27日蓝藻数量突然增高, 分析原因是前几天饲料投放过量, 导致水中氨氮值增高、水体富营养化, 使蓝藻大量繁殖, 这与陈昌生和裴宇等人研究得出的结果一致^[12-13].

各塘的浮游植物种类数11~18种, 1#塘最多, 6#塘其次, 2#塘和5#塘最少. 硅藻出现种类数1#塘最大, 2#和5#最小; 蓝藻出现种类数为1#和4#最多, 其余塘相同; 绿藻出现种类数各塘相差不大.

从数量变化分析, 浮游植物表现出藻密度、生物量、多样性指数较高的特征. 从群落结构分析, 随着养殖时间的推移, 浮游植物群落组成呈现出

由简单到复杂的趋势, 尤其是在后期蓝藻和硅藻种类占大多数.

3.2 不同养殖类型浮游植物种类差异

南北方对虾养殖塘的浮游植物种类主要与温度有关. 北方(包括辽宁、山东等地区)对虾养殖塘基本以绿藻、硅藻和裸藻为主; 对于南方(包括广东、广西、海南等地区)对虾养殖塘而言, 如查广才等人^[4]对广东珠海的对虾养殖塘的研究显示, 主要以隐藻、甲藻和裸藻等较大型鞭毛藻类为主. 浙江省对虾养殖塘属于中部对虾养殖塘, 如曾建刚等人^[14]对浙江上虞对虾养殖塘进行了研究, 得出优势种为蓝藻、绿藻的结果. 宁波地区虾塘与北方虾塘差异不大, 以硅藻为优势种.

海水淡水养殖、高低位池养殖类型的浮游植物种类主要与盐度有关. 海水养殖的虾池, 如张汉华等人^[15]对海水虾池浮游微藻种类的调查显示, 其主要以海生硅藻类为主, 且盐度对微藻的群落结构影响明显; 淡水养殖以蓝藻为优势种, 微藻密度一般大于海水, 但微藻种类较海水少^[16]. 高位池虾塘盐度较高, 以硅藻、裸藻、蓝藻为优势种; 低位池(标准池)虾塘盐度较低, 以蓝藻为优势种. 随着盐度的升高, 喜海水的硅藻快速繁殖, 而喜淡水的蓝藻较慢繁殖, 两类型虾池浮游植物优势种都为硅藻类^[17]. 盐碱地对虾池塘中的浮游植物群落组成中以蓝藻和绿藻为主, 短时间内以裸藻为主, 隐藻、硅藻、金藻常见, 但所占比例较低^[18-19]. 宁波地区虾塘为海水养殖, 优势种为硅藻, 盐度对群落结构影响明显.

参考文献:

- [1] 申玉春, 熊邦喜, 叶富良, 等. 南美白对虾高位池浮游生物和初级生产力的研究[J]. 水利渔业, 2004, 24(3):8-10.
- [2] 郑杰民, 叶乐, 朱小明. 对虾池塘养殖生态系的研究进展[J]. 福建水产, 2006, 8(3):74-76.
- [3] 黄翔鹤, 王庆恒. 对虾高位池优势浮游植物种群与成因研究[J]. 热带海洋学报, 2002, 21(4):36-44.
- [4] 查广才, 麦雄伟, 周昌清, 等. 凡纳滨对虾低盐度养殖池浮游藻类群落研究[J]. 海洋水产研究, 2006, 27(1):1-7.
- [5] 张梅, 李原, 王若南. 滇池浮游植物的生物多样性调查研究[J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2005, 27(2):170-175.

- [6] 周一兵, 刘亚军. 虾池生态系能量收支和流动的初步分析[J]. 生态学报, 2000, 20(3):474-481.
- [7] 赵文. 水生生物学[M]. 北京:中国农业出版社, 2005: 7-125.
- [8] 黄宗国, 林茂. 中国海洋生物图集(第一册)[M]. 北京: 海洋出版社, 2012:10-283.
- [9] 杨世民, 董树刚. 中国海域常见浮游硅藻图谱[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2006:2-265.
- [10] 黄宗国. 中国海洋生物种类与分布[M]. 北京: 海洋出版社, 1994:15-248.
- [11] 李卓佳, 张汉华, 贾晓平, 等. 虾池浮游微藻的种类组成、数量和多样性变动[J]. 湛江海洋大学学报, 2005, 25(3):29-34.
- [12] 陈昌生, 黄标, 叶兆弘, 等. 南美白对虾摄食、生长及存活与温度的关系[J]. 集美大学学报, 2001, 6(4):297-300.
- [13] 裴宇, 黎东, 朱春华. 凡纳滨对虾与金钱鱼混养模式水质理化因子及浮游生物群落结构的变化[J]. 广东海洋大学学报, 2012, 32(1):69-74.
- [14] 曾建刚, 蒋霞敏. 对虾养殖塘浮游植物的动态变化[J]. 海洋湖沼通报, 2010(1):71-81.
- [15] 张汉华, 李卓佳, 郭志勋, 等. 有益微生物对海水养殖池浮游生物生态特征的影响研究[J]. 南方水产, 2005, 1(2):7-14.
- [16] 彭聪聪, 李卓佳, 曹煜成, 等. 虾池浮游微藻与养殖水环境调控的研究概况[J]. 南方水产, 2010, 6(5):75-80.
- [17] 谢立民, 林小涛, 许忠能, 等. 不同类型虾池的理化因子及浮游植物群落的调查[J]. 生态科学, 2003, 22(1): 34-37.
- [18] 杨秀兰, 王爱敏, 薄学锋, 等. 浮游生物在盐碱地封闭式对虾养殖中的生态作用[J]. 齐鲁渔业, 2002, 19(10): 5-9.
- [19] 巩俊霞, 段登选, 王志忠, 等. 重盐碱地南美白对虾池塘浮游植物的研究[J]. 河北渔业, 2009, 8:10-11, 28.

Dynamic Change of the Phytoplankton in the Breeding Ponds of *Penaeus Vannamei*

CAI Lin-ting, CHEN Chen, WANG Yi-nong*, LIU Jing, WU Ju-yin, MA Jun-feng, ZHONG Shuo-nan
(School of Marine Science, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: We conduct the survey and analysis on phytoplankton based on the data collected from the aquaculture ponds of *Penaeus vannamei* in Ningbo between March 20th, 2012 and August 24th, 2012. The result shows that the total number of species of phytoplankton is 24, out of which Bacillariophyta takes up 15 species, accounting for 62.5%; The Cyanophyta has 3 species, accounting for 13%; The Chlorophyta has 3 species, accounting for 13%; The Xanthophyta has one specie and Chrysophyta has one specie. In the early breeding stage, the biomass of phytoplankton is $0.17 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ and Population density is $1.019 \times 10^5 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$. Diversity index is 0.926. In the late breeding period, the biomass of phytoplankton is $0.44 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ and population density is $1.301 \times 10^5 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$. Diversity index is 1.547. The total number of Phytoplankton is characterized by being low in the early breeding stage and being high in the late period.

Key words: *Penaeus vannamei*; facilities aquaculture ponds; phytoplankton; diversity

(责任编辑 章践立)