

泉州湾虾池浮游植物种类多样性研究

李雪松, 梁君荣, 陈长平, 谢文玲, 高亚辉*

(厦门大学生命科学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 2003 年 11 月 ~ 2004 年 5 月对福建泉州湾东海虾池进行定点采样, 并分析其浮游植物的种类多样性和种群动态。结果表明, 泉州湾虾池共有浮游植物 42 属 166 种, 硅藻为优势种群, 共 35 属 154 种; 甲藻 3 属 6 种。新月圆柱藻 *Cylindrotheca closterium*、微小环藻 *Cyclotella caspia*、狭窄双眉藻 *Amphora angusta*、菱形藻属 *Nitzschia* 为主要优势种, 它们在浮游植物群落总细胞数中的百分比平均高达 34.8%。通过对水温、营养盐、浮游植物种群密度及群落的多样性指数和均匀度的分析, 发现虾池高强度的排污排废所引起的富营养化已很大程度影响了浮游植物的群落结构和时空分布, 使生物多样性和均匀度下降, 少数优势种类大量繁殖。硅藻和甲藻赤潮的发生机会增多。

关键词: 虾池养殖; 浮游植物; 种类组成

中图分类号: S 963.21 Q 178.532 Q 179.1 文献标识码: A 文章编号: 0438-0479(2006)S-0234-06

在近海或港湾海洋养殖水域, 浮游植物是重要的生物类群, 与养殖容量密切相关^[1]。在虾池生态系中, 一个适宜和稳定的浮游植物群落对改善虾池环境、降低 NH_3 和 H_2S 等有害物质的含量、抑制病原菌和维持虾池正常生产有重要意义^[2]。同时, 浮游植物作为海洋中的初级生产力, 其数量是估算幼对虾生态容量的重要依据, 其结构特征关系到幼对虾对浮游植物饵料的喜好程度^[3]。另一方面, 浮游植物在一定条件下形成赤潮又可能对养殖动物造成危害。因此, 深入研究虾池浮游植物的生态特征, 对阐明虾池生态系结构与功能、维持适宜的浮游植物群落及预防赤潮等都有重要意义^[2,4]。

泉州湾地处福建省东南部, 总面积 $7\,039\text{ km}^2$, 年平均表、底层水温分别为 $20.89\text{ }^\circ\text{C}$ 和 $20.57\text{ }^\circ\text{C}$; 盐度分别为 27.98 和 30.79。土壤为河口及滨海滩涂淤泥和沙质淤泥^[2]。泉州湾水域肥沃, 滩涂广阔, 非常适合发展浅海及滩涂养殖。自 80 年代以来养殖业发展迅速, 养殖面积、养殖产量、养殖种类、养殖技术和经营方式等各方面都有很大的发展, 近年来养殖产量多达 10 多万 t ^[5]。然而在养殖业迅速发展的同时, 忽视养殖生物及养殖业本身对养殖海域生态生产的重要影响, 忽视养殖业在维持养殖海域生态平衡中应采取的必要措施, 使局部海域养殖业受损, 其恶果危及养殖业继续发展。因此, 加强某些环境生态及养殖生物生态的基础研究, 探索养殖水域生物与环境因子之间的关系及其影

响因素就显得尤为重要。

本文以泉州湾东海虾池的浮游植物为研究对象, 研究虾池内浮游植物种类组成多样性, 并探讨其与虾池养殖环境的关系, 为养殖业持续发展提供参考依据。

1 材料与方法

浮游植物样品采集时间与地点: 2003 年 11 月至 2004 年 5 月期间, 每月采样 2 次。采样地点为福建省泉州湾东海虾池 (东经 $118^\circ 41' 16.1''$; 北纬 $24^\circ 53' 68''$), 包括新建虾池与毗邻的 15 年池龄的旧虾池, 面积均为 $1.3 \times 10^4\text{ m}^2$, 水深 1.5 m 左右, 养殖以南美白对虾为主, 配养一定数量的梭子蟹。采用纳潮排污及半精养的养殖管理模式。

采集地点营养盐的测定: 无机氮 (包括 $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_3\text{-N}$) 和无机磷 ($\text{PO}_4\text{-P}$), 水样经 $0.45\text{ }\mu\text{m}$ 醋酸纤维滤膜现场过滤后, 用分光光度计按《海洋调查规范》(GB12763.14-91) 现场测定。

样品的处理与观察: 浮游植物样品分网采 (定性) 和瓶采 (定量)。定性样品采用标准浮游植物网 (网目孔径 $70\text{ }\mu\text{m}$) 从水面至水下 100 cm 拖网。定量样品用颠倒式采水器采集水面以下约 50 cm 的次表层水 1~1.5 L。在现场样品用 40% 的福尔马林溶液固定至终浓度为 5%。在实验室内, 定量水样静置 24~48 h 后, 用虹吸管小心吸去上清液, 反复多次, 最后浓缩至 10~100 mL。分析时取均匀样品 0.1 mL 注入浮游植物计数框中, 样品在 OLYMPUS (BH-2) 光学显微镜下鉴定并计数。每个浮游植物样品中计数 2~3 次, 结果取平均值。对于一些样品溶液泥沙较多, 浮游植物中的微型藻类 (直径 $< 20\text{ }\mu\text{m}$) 及其壳面花纹在光学显微镜下难以辨别的硅藻种类, 则需通过酸化, 借助电子显微镜

收稿日期: 2005-10-29

基金项目: 国家自然科学基金 (30270118 40476055 30499340) 资助

作者简介: 李雪松 (1972-), 女, 实验师。cedrus2652@sina.com

* 通讯作者: 0592-2181386, gaoyh@xmu.edu.cn

鉴定. 因此, 另取部分样品加等量盐酸, 煮沸 20 min, 加蒸馏水水洗至中性. 取 5 μ L 在铜网上, 在 H-600 透射电子显微镜下拍照、鉴定.

2 结 果

2.1 虾池环境因子的季节变化

水温: 采样期间虾池水温的季节变化较明显, 变化范围在 12.8~27.5℃. 2 月份最低, 月平均值 14.4℃; 5 月份最高, 月平均值为 27.3℃.

盐度: 采样期间虾池盐度变化不很明显, 变化范围为 16~20. 冬季盐度相对较高, 为 20, 随着水温的升高, 海水盐度略有下降. 这与采样虾池所处的地理位置相关, 该地是由晋江与洛阳江形成的冲积平原上的滩涂开发而成, 晋江和洛阳江在此汇合入海, 属于典型的河口半封闭性海湾^[5]. 外海水对该区影响较小, 因此海水的盐度变化小, 且明显低于一般的海水盐度 (30).

营养盐: 虾池中的氨氮盐、硝酸氮盐及磷酸盐的季节变化, 如图 1 所示. 从图中可以看出磷酸盐的变化趋势不明显, 且浓度较低; 而氨氮和硝氮在不同季节的差异较大, 冬季由于爆发了甲藻赤潮, 消耗掉大量营养盐; 而春、秋季温度适宜, 易于养殖动物生长繁殖, 同时雨水也带来了丰富的营养盐. 因此呈现出春、秋季营养盐浓度较高, 冬季较低的趋势. 而新池中营养盐水平又较旧池波动明显, 氨氮的浓度变化最大 (0.08~5.85 μ mol/L).

2.2 浮游植物的种类组成及其季节分布

(1) 泉州湾虾池浮游植物的种类组成

所有采集的样品中共计有浮游植物 166 种, 其中硅藻 35 属 154 种, 占总数的 89.4%. 甲藻 3 属 6 种; 黄藻 1 属 1 种; 金藻 1 属 1 种; 绿藻 2 属 4 种. 硅藻以菱形藻属 (26 种)、舟形藻属 (13 种) 为优势类群, 分别占硅藻总种数的 16.9% 和 8.4%. 小环藻属、海链藻属、

骨条藻属等微型硅藻在多数月份均有存在. 甲藻以原甲藻属为优势类群. 在 12、1 月份细胞数达 $10^7 \sim 10^8$ cells/L, 占浮游植物细胞数量的 23% 和 42.3%. 同期内微型硅藻数量激增, 如微小环藻, 达 6.36×10^8 cells/L, 而其它种类数量值仅为 $10^2 \sim 10^4$ cells/L, 且种类较少.

(2) 泉州湾虾池浮游植物的优势种及其数量分布在调查分析的样品中, 硅藻占绝对优势 (见表 1). 小型硅藻优势属种主要有狭窄双眉藻、根管藻、新月筒柱藻、簇生菱形藻、微缘舟形藻斯莱变种、椭圆双壁藻、斜纹藻等, 微型硅藻主要优势属种有中肋骨条藻、微小环藻、角毛藻、海链藻属等, 其分布的数量占据着绝对优势. 中肋骨条藻、根管藻、角毛藻、椭圆双壁藻在新池中为主要优势属种, 而新月筒柱藻、双眉藻属、菱形藻属在旧池中数量较多, 小环藻和海链藻属在两池中均有大量分布. 在个别月份, 甲藻数量略显优势, 微小原甲藻、海洋原甲藻均为主要优势属种.

10 月份, 新池中中肋骨条藻、脆根管藻为主要优势属种, 占细胞数量的 30%, 11、12 月新池中的根管藻属仍为主要优势种, 占细胞总数的 50%~60%. 而旧池中的营养盐浓度升高, 浮游植物中硅藻的数量也随之增加, 较大型的硅藻如新月筒柱藻, 丹麦细柱藻, 克罗脆杆藻等大量繁殖起来, 12 月两池中甲藻的数量上升, 达细胞总数 20% 左右, 做为养殖动物营养饵料的新月筒柱藻则较 11 月下降了一个数量级. 12、1 月份虾池中的硝氮、磷酸盐呈较低趋势, 甲藻细胞数量急剧增加, 虽然硅藻细胞在总体上仍显优势, 但主要是微型硅藻. 1 月新池中微小环藻和原甲藻数量达到高峰, 分别为 10^8 cells/L 和 10^7 cells/L, 占绝对优势. 3~5 月份种类较多, 由于雨季影响, 盐度略有降低, 一些低盐性的种类如新月筒柱藻、簇生菱形藻、琴氏菱形藻、淡褐双壁藻、亚盐角毛藻成为该区优势种. 其余优势种在整个采样期间均属常见种类.

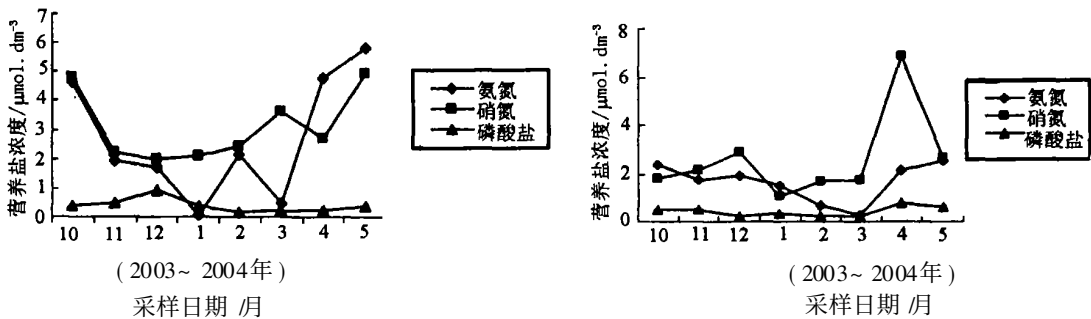


图 1 泉州湾虾池主要营养盐的季节变化
Fig 1 Seasonal variation of nutrients in shrimp pond areas in Quanzhou Bay from October 2003 to May 2004

表 1 2003-10~ 2004-05 泉州湾虾池浮游植物主要种类及其细胞密度

Tah 1 List of the predom inant phytoplankton species and its cell density in shrimp culture areas in Quanzhou Bay during Oct 2003 to May, 2004

年-月	浮游植物优势种	新池 (细胞丰度 × 10 ³ cells/L)	所占比例 / %	旧池 (细胞丰度 × 10 ³ cells/L)	所占比例 / %
2003-10	中肋骨条藻 <i>Skeletonema costatum</i>	94.4	31.45		
	脆根管藻 <i>Rhizosolenia fragilissima</i>	49.6	16.52		
	微小原甲藻 <i>Prorocentrum minimum</i>	51	16.99	486	49.89
	裸甲藻 <i>Gymnodinium</i> sp	21	6.99	12	1.23
	海洋原甲藻 <i>Prorocentrum micans</i>	10	3.33	65	6.67
	微小小环藻 <i>Cyclotella caspia</i>	9.8	3.26	335	34.39
	十字舟形藻 <i>Navicula crucicula</i>	8.8	2.93	17	1.75
	多枝舟形藻 <i>Navicula ramosissima</i>				
	淡褐双壁藻 <i>Diploneis fusca</i>				
	簇生菱形藻 <i>Nitzschia fasciculata</i>				
2003-11	热带骨条藻 <i>Skeletonema troicum</i>				
	柔弱根管藻 <i>Rhizosolenia delicatula</i>	514	61.78		
	中华根管藻 <i>Rhizosolenia sinensis</i>	66	7.93		
	微小小环藻 <i>Cyclotella caspia</i>	52	6.25	574	30.53
	微缘舟形藻斯莱变种 <i>Navicula viridula</i> var <i>slesvicensis</i>	38	4.57		
	大西洋角毛藻 <i>Chaetoceros atlanticus</i>	32	3.85		
	新月筒柱藻 <i>Cylindrotheca closterium</i>			356	18.94
	中肋骨条藻 <i>Skeletonema costatum</i>			116	6.17
	克罗脆杆藻 <i>Fragilara crotonensis</i>			328	17.44
	丹麦细柱藻 <i>Leptocyindrus danicus</i>			300	15.96
2003-12	脆根管藻 <i>Rhizosolenia fragilissima</i>	3496	51.38		
	微小小环藻 <i>Cyclotella caspia</i>	1563	24.44	40	23.36
	微小原甲藻 <i>Prorocentrum minimum</i>	1564	24.46	59	34.46
	新月菱形藻 <i>Nitzschia closterium</i>	63	0.98		
	簇生菱形藻 <i>Nitzschia fasciculata</i>	24	0.38		
	中肋骨条藻 <i>Skeletonema costatum</i>	58	0.91		
	狭窄双眉藻 <i>Amphora angusta</i>			31.6	18.46
	新月筒柱藻 <i>Cylindrotheca closterium</i>			20.4	11.92
2004-01	微小小环藻 <i>Cyclotella caspia</i>	63600	93.14	28	19.57
	微小原甲藻 <i>Prorocentrum minimum</i>	46500	6.81	48	33.54
	中肋骨条藻 <i>Skeletonema costatum</i>	144	0.02		
	弯菱形藻 <i>Nitzschia signa</i>			29.2	20.41
2004-02	中肋骨条藻 <i>Skeletonema costatum</i>	210	28.93		
	新月筒柱藻 <i>Cylindrotheca closterium</i>	68	9.37		
	簇生菱形藻 <i>Nitzschia fasciculata</i>	68	9.37	10	
	尤氏直链藻 <i>Melosira juergensii</i>	40	5.51		
	小环藻 <i>Cyclotella</i> sp	62	8.54	162	30
	微缘舟形藻斯莱变种 <i>Navicula viridula</i> var <i>slesvicensis</i>	76	10.49	40	7.41
	多枝舟形藻 <i>Navicula ramosissima</i>	36	4.96	10	
	淡褐双壁藻 <i>Diploneis fusca</i>	28	3.86		
	椭圆双壁藻 <i>Diploneis elliptica</i>	32	4.41		
	狭窄双眉藻分离变种 <i>Amphora angusta</i> var <i>diducta</i>			94	17.41
	菱形藻 <i>Nitzschia</i> sp			24	4.44

续表 1

年-月	浮游植物优势种	新池(细胞丰度 × 10 ³ cells/L)	所占比例 / %	旧池(细胞丰度 × 10 ³ cells/L)	所占比例 / %
2004-03	长菱形藻 <i>Nitzschia longissima</i>			28	5.19
	大西洋角毛藻 <i>Chaetoceros atlanticus</i>	20	16.13		
	微缘舟形藻斯莱变种 <i>Navicula viridula</i> var <i>slesvicensis</i>	15	12.09		
	新月筒柱藻 <i>Cylindrotheca closterium</i>	6	4.84	23.6	24.61
	钝头菱形藻镰刀变种 <i>Nitzschia obtusa</i> var <i>scapelliformis</i>	5	4.03		
2004-04	圆海链藻 <i>Thalassiosira rotula</i>	8	6.45		
	小环藻 <i>Cyclotella</i> sp.	9	7.26	30	31.28
	新月筒柱藻 <i>Cylindrotheca closterium</i>	248	44.85	9	
	微小环藻 <i>Cyclotella caspia</i>	85	15.37	16	
	亚盐角毛藻 <i>Chaetoceros sub salsum</i>	58	10.49		
	微缘舟形藻斯莱变种 <i>Navicula viridula</i> var <i>slesvicensis</i>	24	4.34	16	
	中肋骨条藻 <i>Skeletonema costatum</i>				
	纤细菱形藻 <i>Nitzschia subtilis</i>	15	2.71	25	2.91
	史密斯双壁藻 <i>Diploneis smithii</i>			32	3.72
	范氏角毛藻 <i>Chaetoceros vanheurnkii</i>			130	15.12
2004-05	狭窄双眉藻 <i>Amphora angusta</i>			310	36.05
	狭窄双眉藻分离变种 <i>Amphora angusta</i> var <i>diducta</i>			101	11.74
	微小环藻 <i>Cyclotella caspia</i>	20	13.7	3.8	
	微缘舟形藻斯莱变种 <i>Navicula viridula</i> var <i>slesvicensis</i>	15	10.27		
	琴氏菱形藻 <i>Nitzschia panduriformis</i>				
	簇生菱形藻 <i>Nitzschia fasciculata</i>	11	7.53		
	中肋骨条藻 <i>Skeletonema costatum</i>	11	7.53	4.8	
	狭窄双眉藻 <i>Amphora angusta</i>	10	6.85	15.2	11.2
	细弱海链藻 <i>Thalassiosira subtilis</i>			12	8.84
	海洋原甲藻 <i>Prorocentrum minimum</i>			35.8	26.36

(3) 泉州湾虾池浮游植物种类的季节分布

整个采样期间, 养殖池浮游植物的种类数随季节变化较明显, 随温度升高呈上升趋势 (见图 2)。10 月份的水温、盐度均为较理想的条件, 在新池中, 其浮游植物种类的数量分布也较为均一, 种类数达最高。而旧池中此时甲藻占主要优势, 其种类数也相对较少。1、2 月份甲藻细胞数量急剧增加, 硅藻个别种如脆根管藻、微小环藻数量也达到赤潮标准, 数量均值为 $10^7 \sim 10^8$ cells/L。整个样品中的其它浮游植物种类较单一。虽然仍存在些常见种, 其细胞数量也极其微小。3、4 月随着水温、营养盐的升高, 由于春季浮游动物对不同粒级的浮游植物没有摄食偏好, 摄食压力相对减少^[6], 浮游植物的种类数达到又一个高峰。5 月份随着营养盐的大量消耗, 浮游植物的种类和数量均有所降低。

(4) 泉州湾虾池在不同季节浮游植物群落结构特征指数

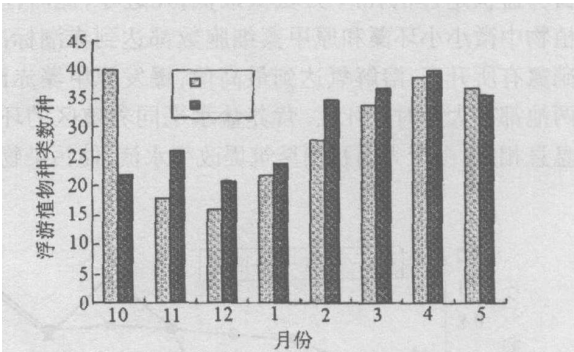


图 2 泉州湾虾池浮游植物种类数的季节变化 (2003-10 ~ 2004-05)

Fig 2 The seasonal variation in species composition of phytoplankton in Quanzhou Bay from Oct 2003 to May 2004

如图 3 所示, 泉州湾虾池浮游植物的多样性指数和均匀度变化趋势基本一致。新池的多样性指数和均匀度在不同季节的差异较旧池更为明显, 表现为春季

较高, 冬季最低. 分析其原因, 由于新池投入使用的时间较短, 水面较为开阔, 水交换条件明显好于 15 年养殖期的老旧虾池. 营养盐分布较为均匀, 不易聚集, 使得营养盐水平的变化对浮游植物的种类多样性和均匀度都产生了明显的影响. 而养殖旧池经过多年的积累, 已经形成了较稳定的生态系统, 能够自主的调节养殖动物的分泌物及代谢产物, 使池中浮游植物的分布趋于均匀.

3 讨 论

3.1 虾池浮游植物数量和种类组成与环境因子之间的关系

浮游植物的多样性是由环境水体中理化及生物因子多种因素综合的反映. 泉州湾的西北面晋江和洛江的注入为泉州湾带来大量的有机质和营养盐, 因此水质非常肥沃, 生物种类极其丰富. 在多数月份的浮游植物数量和种类组成上都有着很大的差别. 由于东海虾池位于半封闭型港湾——泉州湾, 外海对其影响较小, 盐度以及 pH 波动并不大, 浮游植物中大多数种类为广温低盐种. 忽略动物的摄食压力外, 营养盐是一个影响较大的环境因子. 在没有绝对优势种, 种类分布较为均一的时期, 营养盐浓度较高. 因此, 营养盐与浮游植物之间存在着负相关, 即营养盐的含量随浮游植物的繁殖生长消耗而减少. 同时硝酸盐、氨氮与浮游植物之间的关系较为密切. 10 月份新池中浮游植物的种类数较多, 分布也较为平均, 种类之间的竞争机制使得它们无法大量繁殖, 因此营养盐达到较高值; 11、12 月出现了绝对的优势种, 在适宜的条件下, 大量、快速的繁殖, 营养盐被迅速消耗. 1 月氨氮最低, 几近零, 此时浮游植物中微小环藻和原甲藻细胞数都达到赤潮标准. 硝氮有所升高, 溶解氧达到最高值, 爆发原甲藻赤潮, 两池都有大量对虾死亡. 营养盐水平同养殖区的环境息息相关. 由于大面积围垦筑堤改变水流, 使污染物无法顺利排出海湾, 同时围海筑堤使湿地面积大大缩小,

影响了纳潮量, 减弱水流, 促进淤积和污染物聚集, 造成泉州湾养殖水域的富营养化, 各种有毒藻类和赤潮的发生在所难免, 而养殖区的富营养化也使得浮游植物的多样性大大降低.

3.2 微型浮游植物在养殖区浮游植物动态变化中的作用

在近海或港湾海洋养殖水域, 硅藻是海洋养殖水域浮游植物和底栖藻类中的最主要类群, 硅藻不仅是滤食性鱼类、贝类和虾类的重要饵料生物, 还可以通过光合作用放出氧气, 在一定范围内净化养殖环境. 因此养殖水域硅藻的种类和数量也同时影响养殖动物产量和质量. 近几年来, 由于养殖容量及其海水的富营养化问题, 在养殖区经常发生硅藻和甲藻的赤潮. 赤潮期间, 不仅饵料硅藻的种类和数量都大大降低, 加上有些赤潮藻本身带有毒素, 更是给养殖业带来巨大的损失.

然而在泉州湾虾池的数据分析中可看出, 不是所有的甲藻赤潮都伴随着硅藻的种类和数量减少的. 如图 4, 可看到一个明显的趋势是: 在甲藻大量出现的多数季节中微型硅藻的数量也发生剧增. 2003 年 10 月的旧池中微小环藻和微小原甲藻的细胞数之和占了总数的 80% 以上, 在 1 月的新池中更高达 99%, 几乎很少见到其它种类. 在另外几个样品中细胞数量也近半数.

在硅藻和甲藻群落动态变化的相关研究中很少有人提到微型硅藻在其中的作用^[7~8]. 由于养殖区的营养盐较其它海域丰富, 在多数养殖环境的浮游植物中, 硅藻在种类和数量上都占有优势. 当细胞密度过高时, 硅盐被大量消耗, 浓度迅速降低, 硅藻内的有机氮和有机磷成分将迅速地循环再生回到无机氮和无机磷状态, 而硅藻的再生周期长, 所以在硅藻赤潮消亡后, 水域将形成一种新的营养盐组合, 即含有丰富的 N 和 P, 但硅盐缺乏, 此时的环境非常利于甲藻生长, 迅速繁

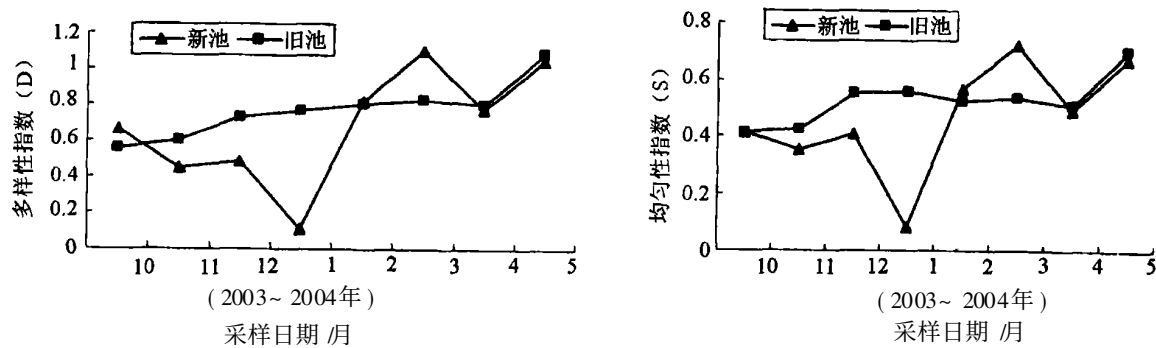


图 3 泉州湾虾池浮游植物多样性指数 (D) 和均匀度 (S) 的季节变化 (2003-10~2004-05)
Fig 3 The seasonal variation of species diversity and evenness index of phytoplankton in Qianzhou Bay from Oct 2003 to May 2004

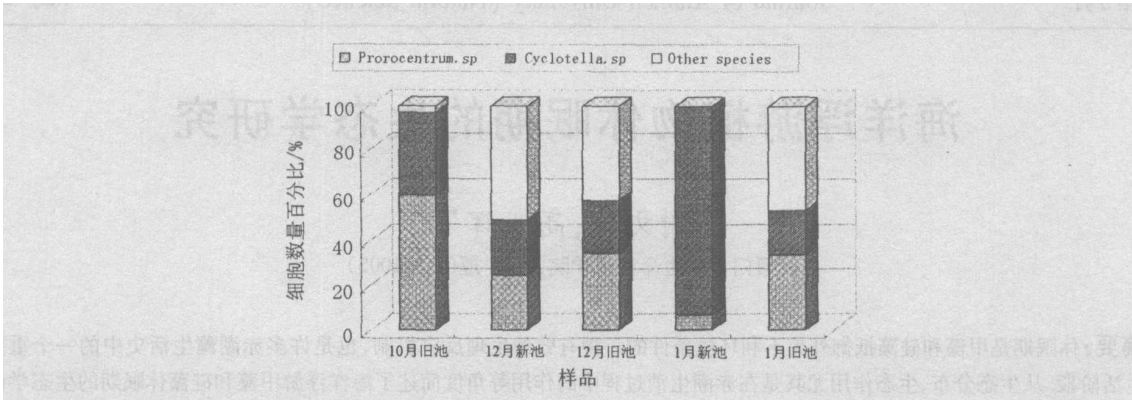


图 4 泉州湾虾池样品中微小原甲藻和微小小环藻细胞数量的百分比 (2003-10, 12, 2004-1)

Fig 4 Percentage composition of cell abundance of *P. minimum* and *C. capu* in the samples(Oct、Dec 2003, Jan 2004)

in Quanzhou Bay

殖,爆发赤潮^[9]. 此时虽然硅藻种类减少,多数种类数量降低,然而还有一些微型硅藻如小环藻,由于其细胞微小,代谢活性高,能量转换效率高,并具有较低的营养盐半饱和吸收常数,因此在寡营养的环境中也能迅速繁殖,和甲藻一样成为优势种,它们个体微小,数量众多,其生物量也对甲藻造成生长压力,对甲藻赤潮的消亡起到了促进作用,进而维持整个生态系统的稳定^[10].

参考文献:

[1] 金德祥, 徐凤, 黄宝玉. 厦门附近的牡蛎的食料 [J]. 学艺, 1957, 8- 12

[2] 张岩, 王崇明, 麻次松, 等. 中国对虾池浮游生物与对虾养殖的关系探讨 [J]. 海洋科学, 1993(6): 6~ 9

[3] 董婧, 周玮, 李培军, 等. 黄海北部对虾放流区的浮游植物群落结构 [J]. 海洋环境科学, 1999 18(1): 77- 80

[4] 王安利, 王维娜. 虾池赤潮与环境因子关系的研究 [J]. 海

洋学报, 1995 17(2): 128- 133

[5] 卢振彬, 杜琦, 许翠娅, 等. 福建泉州湾贝类养殖容量评估 [J]. 热带海洋学报, 2005, 24(4): 22- 29

[6] 刘媛, 黄邦钦, 曹振锐, 等. 厦门海域春夏季微型浮游动物对浮游植物的摄食压力初探 [J]. 海洋环境科学, 2005, 24(1): 9- 12

[7] 郭丰, 黄凌风, 林均民, 等. 厦门市潘涂虾池一次简单裸甲藻 (*Gymnodinium simplex* Lohmann) 赤潮的调查等 [J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2001, 40(1): 98- 102

[8] 林昱, 庄栋法, 陈孝麟, 等. 初析赤潮成因研究的围隔实验结果II. 浮游植物群落演替与甲藻赤潮等等 [J]. 应用生态学报, 1994 5(3): 314- 318

[9] 徐宁, 陈菊芳, 王朝晖, 等. 广东大亚湾藻类水华的动力学分析II. 藻类水华与营养元素的关系研究 [J]. 环境科学学报, 2001 21(4): 400- 404

[10] 黄邦钦, 洪华生, 林学举, 等. 台湾海峡微微型浮游植物的生态研究II 1类群组成、生长速率及其影响因子 [J]. 海洋学报, 2003 25(6): 99- 105

Species Diversity of Phytoplanktons in Shrimp Aquiculture Areas in the Quanzhou Bay, Fujian Province

LIXue-song, LIANG Jun-rong, CHEN Chang-ping, XIE Wen-ling, GAO Ya-hui^{*}
(School of Life Sciences, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract The samples for the present study were collected seasonally from the shrimp aquiculture areas in the Quanzhou Bay, Fujian Province during October 2003 to May 2004 and were observed under a light microscope. A total of 166 taxa belonging to 42 genera of phytoplankton were identified. The results showed that the phytoplankton community was mainly composed of diatoms (154 species) and few dinoflagellates (6 species). The seasonal succession of dominant species was remarkable. The most dominant species were *Cyclotella caspia*, *Nitzschia* sp., *Cylindrotheca closterium* (accounting for 34.8% of the total cell densities of phytoplankton). The species composition, cell abundance, seasonal variation, species diversity and evenness index of phytoplankton were used to analyze the characteristics of community structure of phytoplankton in the investigation area. Eutrophic aquatic ecosystem has caused the decline of the species diversity and evenness of phytoplankton and only few dominant species increased rapidly, red tide of diatoms and dinoflagellates occurred frequently.

Key words shrimp culture; phytoplankton; species composition; diversity