

菲律宾蛤仔育苗垦区浮游植物群落结构及其与水质因子的关系

祁剑飞, 郑雅友, 巫旗生, 宁岳, 郭香, 曾志南*

(福建省水产研究所, 福建省海洋生物增养殖与高值化利用重点实验室, 福建省海洋生物资源开发利用协同创新中心, 福建 厦门 361013)

摘要: 为研究菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*) 育苗垦区浮游植物群落和水质因子的变化特征, 在育苗期定期取样检测垦区水质因子和浮游植物群落的变化情况, 并分析了两者的相关性。结果显示: 在菲律宾蛤仔育苗垦区共鉴定浮游植物 3 门 46 属 123 种, 其中硅藻占绝大多数; 浮游植物种群与水质因子的冗余分析表明温度、盐度和活性磷酸盐是影响浮游植物分布的三大因素, 因此在实际生产过程中增加磷肥的投放有助于低水温期浮游植物密度的增加。

关键词: 菲律宾蛤仔; 育苗; 垦区; 浮游植物; 水质; 冗余分析

中图分类号: S 931 **文献标志码:** A

菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*) 是一种适应性强, 分布广, 生长快, 肉质鲜美的优良经济贝类, 是我国单品种养殖产量最高的海洋生物物种。2017 年全国蛤类产量达 417.79 万 t, 占全国海水养殖产量的 20.88%^[1], 其中菲律宾蛤仔产量超过 300 万 t。遍及全国沿海的大规模菲律宾蛤仔养殖活动得益于福建省大规模苗种供应, 据业内估计, 福建省菲律宾蛤仔苗种产量占全国的 90% 以上, 这得益于 20 世纪 90 年代菲律宾蛤仔垦区人工育苗技术的突破。垦区育苗优势在于培育稚贝产量大、产值高。稚贝平均密度可达 6.98 万粒/m², 一个面积 865 800 m² 的垦区可培育 2 mm 的稚贝 604.9 亿粒^[2]。目前垦区菲律宾蛤仔苗种产量已占福建省总产量的 60%。

菲律宾蛤仔主要直接和间接从藻类获取营养^[3], 在垦区育苗中保持大水体浮游植物种类结构优化和细胞密度的稳定, 是育苗成功的重要保证。赵文等^[4]研究了菲律宾蛤仔工厂化育苗用水系统中浮游生物群落特征, 共检出浮游植物 62 种, 是初级生产力较高的人工生态系统; 据徐晓津等^[5]报道, 其研究的菲律宾蛤仔养殖池塘中共检出浮游植物 34 种, 通过对水质因子和生物多样性分析说明池塘中大量施肥已很大程度影响了浮游植物的种类组成和细胞丰度。但关于菲律宾蛤仔育苗垦区浮游植物特征及其与水质因子的关系未见报道。本

收稿日期: 2018-12-28 **录用日期:** 2019-06-11

基金项目: 国家贝类产业技术体系专项(CARS-49); 国家科技基础条件平台建设运行项目(2016DKA30470); 福建省政府种业工程项目(2014S1477-9)

***通信作者:** xmzzn@sina.com

研究在菲律宾蛤仔垦区育苗期间，检测并分析其浮游植物和水质数据，采用冗余分析(RDA)方法研究了两者之间的关系，以期为完善菲律宾蛤仔垦区育苗技术提供参考。

1 材料与方法

1.1 采样地点

实验地点位于福建省福清市龙田镇东壁岛围垦区，垦区面积 199.8 万 m^2 (图 1, 红色边界内)，4 条堤坝均设有水闸与邻近水体相通，稚贝期每天换水量 10~15 cm。育苗期间按常规方式施肥(每天每公顷添加 2 250 g 氮磷钾复合肥，750 g 尿素)培养天然藻类。垦区内设置 2 个采样点(池边 A、池中央 B)，采样时间为整个育苗期(2017 年 9 月—12 月)。

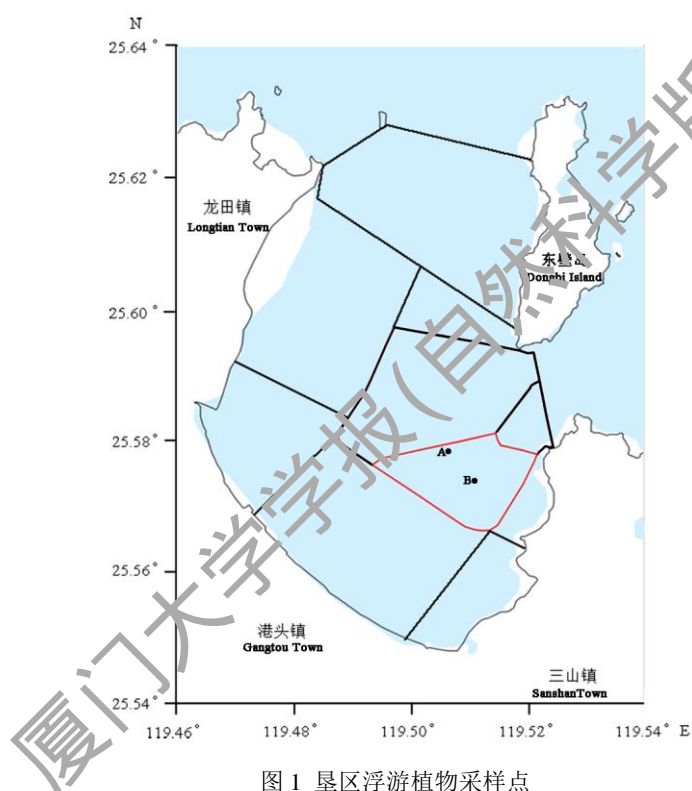


图 1 垦区浮游植物采样点

Fig.1 Sampling sites of phytoplankton in the breeding pond

1.2 浮游植物和水质检测

每半个月采集表层水样检测浮游植物和水质因子(温度、盐度、pH、氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、活性磷酸盐、溶解氧)。海水温度、盐度、pH 和溶解氧在现场采用哈希 HQ30D 多参数水质分析仪(产地:美国)测定;氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮和活性磷酸盐分别采用次溴酸盐氧化法、萘乙二胺分光光度法、锌镉还原比色法和磷钼蓝分光光度法测定^[6];浮游植物采样和检测按照 GB 17378.7—2007 中第 5 条进行^[7]。

1.3 数据分析

采用 Excel 2007 进行数据处理；应用 PRIMER 5 计算不同时间各站位香浓-维纳多样性指数；优势度 Y 计算公式为 $Y=n_i/N \times f_i$ (n_i 为样品中第 i 种浮游植物的密度， N 为样品中浮游植物的总密度， f_i 为第 i 种浮游植物出现的概率，若 $Y \geq 0.02$ ，则认定为优势种) [8]。

应用 CANOCO 4.5 对浮游植物与水质因子进行排序分析。用于排序的物种为各月优势种，物种数据和环境数据经 $\lg(x+1)$ (x : 原始数据) 转换，先通过除趋势对应分析 (DCA) 判断应用典范对应分析 (CCA) 还是 RDA。

2 结果与分析

2.1 浮游植物种类组成

2017 年 9—12 月在蛤仔育苗垦区共鉴定出浮游植物 3 门 46 属 123 种：其中硅藻门 (Bacillariophyta) 的种类占绝大多数，达 39 属 116 种，占比 94.3%；甲藻门 (Pyrrophyta) 的次之，为 6 属 6 种；裸藻门 (Euglenophyta) 的最少，为 1 属 1 种。不同采样时间和站位的浮游植物种类数如表 1 所示，从总体趋势看，9—12 月浮游植物种类数逐渐减少，且站位 A 的浮游植物种类数大于站位 B。

表 1 不同时间不同站位浮游植物种类组成
Tab.1 Species number of phytoplankton at different date

采样时间	站位 A			站位 B		
	门	属	种	门	属	种
9 月 6 日	硅藻	15	26	硅藻	14	30
				甲藻	1	1
9 月 21 日	硅藻	7	13	硅藻	10	18
	甲藻	3	3	甲藻	1	1
10 月 8 日	硅藻	17	27	硅藻	16	25
	甲藻	1	1	甲藻	1	1
	裸藻	1	1			
10 月 23 日	硅藻	15	19	硅藻	15	20
	甲藻	5	5	甲藻	2	2
11 月 8 日	硅藻	7	7	硅藻	15	19
	甲藻	1	1	裸藻	1	1
11 月 23 日	硅藻	17	24	硅藻	11	17
	甲藻	1	1			
12 月 8 日	硅藻	9	14	硅藻	9	12
	甲藻	1	1			
12 月 24 日	硅藻	9	16	硅藻	10	15

垦区浮游植物密度总体呈现出 9 月最高，10—12 月快速降低的趋势，最高值出现在 9 月 21 日站点 B，达 4.9×10^6 cell/L，最低值出现在 12 月 24 日站点 B，只有 3.2×10^3 cell/L；站点 A 和 B 总趋势一致，但波动情况存在差异，站点 A 进入 10 月后密度快速下降至 10^5 cell/L 数量级，12 月降至 10^3 cell/L 数量级；站点 B 在 10 月初下降至 10^5 cell/L 数量级，10 月底又恢复至 10^6 cell/L 数量级，到 11 月底迅速降至 10^3 cell/L 数量级（图 2）。

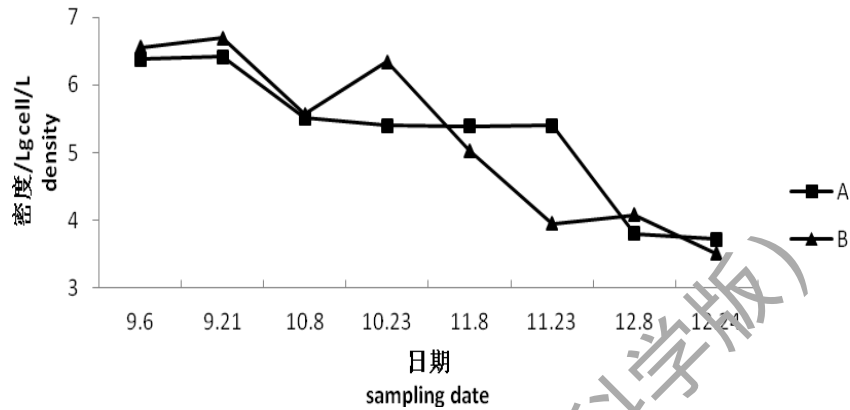


图 2 垦区浮游植物密度变化

Fig.2 Density of phytoplankton of different sites at different date

垦区浮游植物香浓维纳多样性指数在 9—12 月间呈波动变化，站点 A 变化范围为 1.478~2.353，站点 B 变化范围为 0.536~2.543，且站点 B 的波动性较站点 A 更大（图 3）。对比图 1 和图 2 的变化趋势，有些月份当密度上升时，香浓维纳多样性指数下降，这说明某些优势种极大的密度比例导致多样性指数降低。

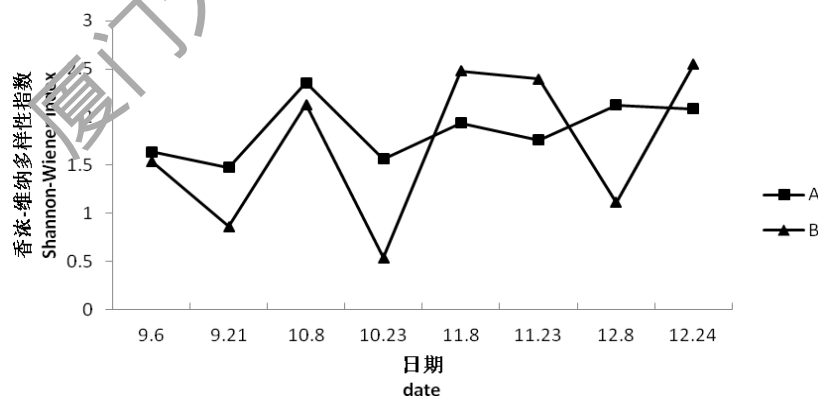


图 3 垦区浮游植物香浓维纳多样性指数变化

Fig.3 Shannon-wiener index of phytoplankton of different sites at different date

经计算共有 17 种浮游植物为优势种（表 2），且均属硅藻门。各月优势种有明显差异，说明不同月份浮游植物组成不同。9 月优势种有 4 种，其中柔弱拟菱形藻属绝对优势 ($Y=0.50$)；

10 月优势种有柔弱拟菱形藻、中肋骨条藻、菱形海线藻和海链藻，其中海链藻绝对优势 ($Y=0.67$)；11 月份优势种最多，共 8 种，优势度相当，其中旋链角毛藻也是 9 月优势种，中肋骨条藻和菱形海线藻也是 10 月优势种；12 月优势种 5 种，圆口舟形藻、直舟形藻优势度较高。

表 2 不同月份浮游植物的丰度和优势度 ($n=16$)

Tab.2 Abundance and dominace of phytoplankton species in different months ($n=16$)

编号	优势种	丰度/ ($\times 10^4 \text{cell/L}$) (优势度)			
		9 月	10 月	11 月	12 月
s1	柔弱拟菱形藻	169.41 \pm 162.72	5.16 \pm 2.45		
	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	(0.50)	(0.06)		
s2	丹麦细柱藻	80.01 \pm 21.76			
	<i>Leptocylindrus danicus</i>	(0.24)			
s3	旋链角毛藻	26.92 \pm 42.13		1.48 \pm 1.04	
	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	(0.08)		(0.07)	
s4	拟旋链角毛藻	11.71 \pm 21.79			
	<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>	(0.03)			
s5	中肋骨条藻		2.47 \pm 0.79	1.39 \pm 2.49	
	<i>Skeletonema costatum</i>		(0.04)	(0.07)	
s6	菱形海线藻		4.06 \pm 4.69	7.37 \pm 3.78	
	<i>Thalassionema nitzschioides</i>		(0.09)	(0.05)	
s7	短孢角毛藻			2.41 \pm 4.83	
	<i>Chaetoceros brevis</i>			(0.04)	
s8	扭链角毛藻			1.28 \pm 2.56	
	<i>Chaetoceros tortissimus</i>			(0.02)	
s9	并基角毛藻			0.45 \pm 0.21	
	<i>Chaetoceros decipiens</i>			(0.03)	
s10	海链藻		53.31 \pm 98.85		
	<i>Thalassiosira</i> sp.		(0.67)		
s11	聚生角毛藻			2.83 \pm 5.67	
	<i>Chaetoceros socialis</i>			(0.04)	
s12	桥联角毛藻			0.77 \pm 1.43	
	<i>Chaetoceros anastomosans</i>			(0.02)	
	Grunow				
s13	长菱形藻			0.04 \pm 0.05	
	<i>Nitzschia longissima</i>			(0.03)	
s14	短纹楔形藻			0.05 \pm 0.06	
	<i>Licmophora abbreviata</i>			(0.04)	
s15	派格棍形藻			0.03 \pm 0.04	
	<i>Bacillaria paxillifera</i>			(0.02)	
s16	圆口舟形藻			0.10 \pm 0.10	
	<i>Navicula circumsecta</i>			(0.11)	
s17	直舟形藻			0.25 \pm 0.44	
	<i>Navicula directa</i>			(0.27)	

2.2 水质因子变化

海水温度在9月21日最高,为29.5℃,此后逐渐降低至12月24日的最低值11.6℃;整个实验期间,盐度从29.8缓慢上升至30.7,而pH和溶解氧波动较小,基本保持稳定(图4)。

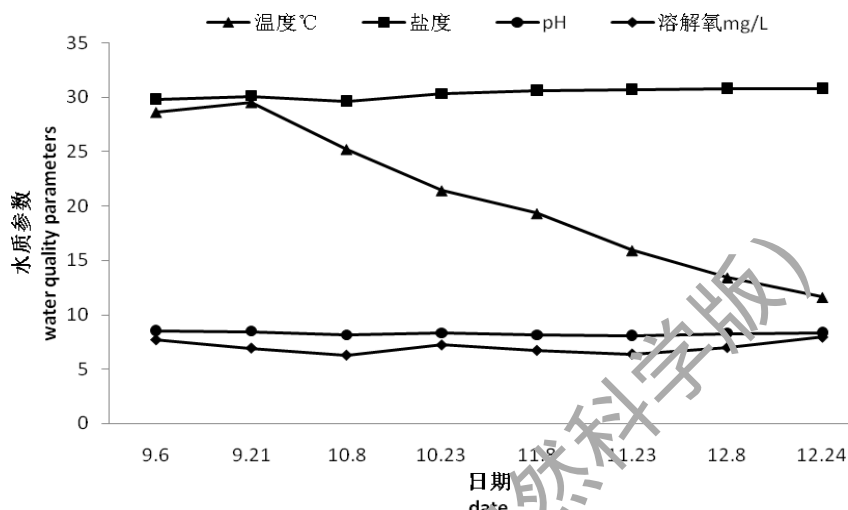


图4 垦区水质因子变化

Fig.4 Water quality parameters at different date

从时间来看,由于人工施肥的干预,各种营养盐指标存在无规律波动;但其中硝酸盐氮和亚硝酸盐氮波动频率一致,同升同降,这可能表明垦区中硝化作用顺畅(图5)。

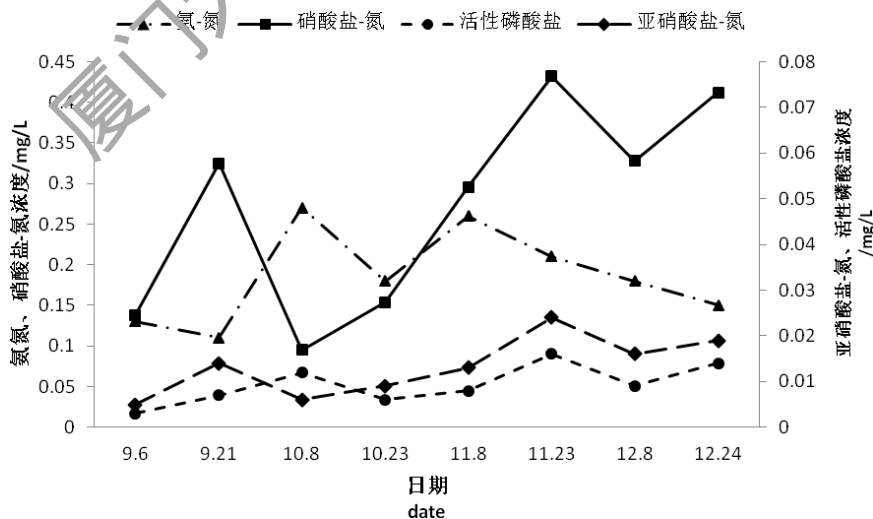


图5 垦区营养盐变化

Fig.5 Nutrient parameters at different date

2.3 浮游植物群落和水质因子的关系

浮游植物种群矩阵 DCA 分析得出 4 个轴最大梯度为 2.99 (小于 3), 因此浮游植物与环境因子排序分析采用基于线性模型的 RDA 分析。由表 3 可知, 浮游植物群落与水质因子 RDA 排序中前两轴特征值为 0.646 和 0.228, 物种-环境相关性均为 1.000, 前两轴物种-环境相关系数很高, 累计解释量为 87.4%, 说明前两轴可以很好反映生物与环境数据的相关关系。

表 3 RDA 排序结果分析

Tab. 3 RDA ordination summary

参数	轴 1	轴 2	轴 3	轴 4
特征值	0.646	0.228	0.126	0
物种-环境相关性	1.000	1.000	1.000	1.000
变量积累百分比				
物种数据	64.6	87.4	100	100
物种-环境关系	64.6	87.4	100	100
所有特征值之和			1	
所有典范特征值之和			1	

表 4 第一排序反映了温度、盐度和活性磷酸盐的变化趋势, 它们与第一排序轴的相关系数为-0.8199、0.5786 和 0.5723, 这表明这 3 个参数对浮游植物影响最大, 其中温度为最大影响因素。

表 4 环境因子与 RDA 排序轴相关性分析

Tab. 4 Correlation matrix between environmental factors with the ordination axis

水质参数	轴 1	轴 2	轴 3	轴 4
温度(T)	-0.8199	0.4914	0.2937	0
盐度(S)	0.5786	-0.7640	-0.2856	0
pH	-0.0538	0.1342	0.9895	0
溶解氧(DO)	0.4538	-0.0802	0.8875	0
氨氮(NH ₃ -N)	0.1042	0.0966	-0.9899	0
亚硝酸氮(NO ₂ -N)	0.4052	-0.8711	-0.2775	0
硝酸氮(NO ₃ -N)	0.2374	-0.9700	0.0527	0
活性磷酸盐(PO ₄)	0.5723	-0.3265	-0.7522	0

在 RDA 排序图 (图 6) 中, 位于轴 1 上侧, 轴 2 左侧的浮游植物种类较多, 主要是出现在 9、10 月份的优势种, 这说明它们的分布相似, 温度是其最主要的影响因素; 位于轴 1 下侧, 轴 2 左侧的优势种在 9—12 月均出现, 它们与氨氮负相关, 而与其他水质因子相关性小; 位于轴 1 下侧, 轴 2 右侧的物种主要是 12 月的优势种, 它们与温度负相关, 与溶解氧、

活性磷酸盐正相关。

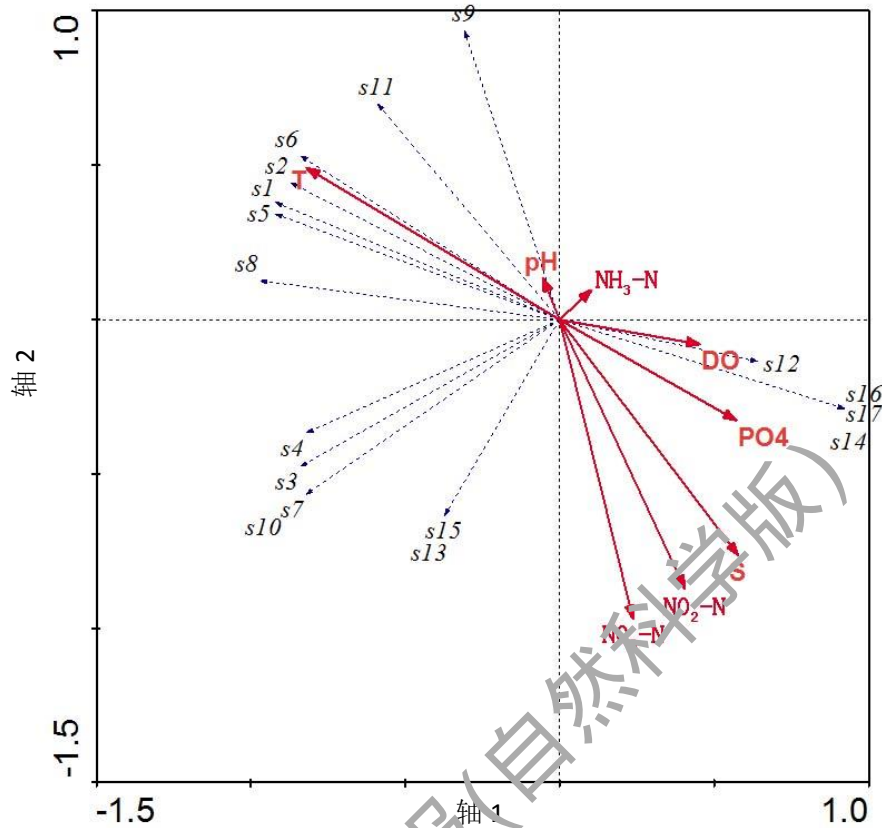


图6 浮游植物和水质因子RDA排序图

Fig.6 RDA ordination of water quality parameters and phytoplankton community

3 讨论

3.1 浮游植物群落特征

从2017年9月初到12月底，检测浮游植物8次，共采集16个样品，每个样品中浮游植物种类数为8~29种，4个月共鉴定出123种，并且不同月份浮游植物优势种组成差别明显（表2），这都说明不同时间垦区浮游植物种类组成变化较大。无论是自然海区^[9-11]还是池塘^[12-14]均存在浮游植物群落的演替，但是由于营养盐的波动导致池塘中的藻类组成变化更频繁^[15]。本研究中浮游植物种类组成以硅藻为主，与有的池塘相似^[16-18]，而有些海水池塘以绿藻（Chlorophyta）为主^[19-20]，这主要与盐度有关，即低盐度池塘以绿藻为主，高盐度以硅藻为主^[21]。

池塘水流慢，悬浮物可以快速沉降，并且水浅，光线可以穿透整个池塘水体，如果营养丰富，藻类容易爆发^[22]。刘乾甫等^[23]报道，珠三角淡水鱼塘浮游植物密度均值达 1.32×10^8 cell/L；但受气温、天气、营养盐等复杂因素影响，池塘中浮游植物密度波动很大，徐晓津

等^[5]报道菲律宾蛤仔养殖池塘中不同月份各池浮游植物细胞丰度的变化范围为 0.02~190×10⁴ cell/L; 本研究中 9 月份垦区浮游植物密度最大达 10⁶ cell/L, 但随着水温降低, 逐渐下降至 3.2×10³ cell/L 左右, 这与胡梦红等^[24]研究结果类似, 在鱼蚌混养池塘中, 9 月中旬后, 池塘浮游植物密度均呈下降趋势。

池塘中浮游植物群落香浓维纳多样性指数越低, 表明藻类组成越单一, 不利于群落的稳定。图 2 和图 3 比较可知, 有些月份浮游植物的密度上升, 多样性指数则下降, 这种趋势站位 B 表现尤其明显, 这说明由于池塘施肥导致少数优势种大量繁殖, 数量优势突出, 导致群落结构单一, 从而导致多样性指数降低, 造成浮游植物群落稳定性变差, 这也是池塘中的藻类组成变化频繁的一个原因。

3.2 浮游植物与环境因子的关系

池塘是一个受人工干预的相对封闭的生态系统, 有些池塘由于投饵、施肥和养殖生物的排泄, 导致水体富营养化, 蓝绿藻爆发^[25]。与之不同, 本实验垦区只有化肥投放, 营养盐输入有限, 浮游植物种类组成受氮肥影响较小。有研究表明磷是浮游植物, 特别是蓝藻的最大限制性营养盐^[26-27], 而本研究 RDA 分析结果表明活性磷酸盐也是影响浮游植物分布的一个主要因素, RDA 排序图显示其与桥联角毛藻、短纹狭形藻、圆口舟形藻和直舟形藻分布正相关。已有研究表明温度是影响硅藻生物量的最主要因素^[28], 这与本研究 RDA 分析结果一直: 实验垦区以硅藻为主, 且其分布影响最大因素是温度。

浮游植物种类组成和数量分布受温度、pH、溶解氧、营养盐等环境因素影响^[29], 本研究表明菲律宾蛤仔育苗垦区浮游植物最大的影响因素是温度和活性磷酸盐。在实际生产过程中温度无法控制, 增加磷肥的投放或许有助于低水温期浮游植物密度的增加。

参考文献:

- [1] 农业农村部渔业渔政管理局. 2018 年中国渔业年鉴[M]. 中国农业出版社, 2018: 26-27.
- [2] 翁国新. 菲律宾蛤仔大水面人工育苗技术[J]. 福建水产, 2006, 28(4): 85-88.
- [3] 卢敬让, 李德尚, 杨红生, 等. 海水池塘鱼贝施肥混养生态系统种贝类与浮游生物的相互影响[J]. 水产学报, 1997, 21(2): 158-164.
- [4] 赵文, 张国范, 王磊, 等. 菲律宾蛤仔育苗用水系统中浮游生物群落特征的研究[J]. 大连水产学院学报, 2009, 24(8): 288-299.
- [5] 徐晓津, 吴成业, 阎希柱, 等. 菲律宾蛤仔反季节高效生态养殖池中浮游植物生态特征研究[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(6): 60-68.
- [6] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 海洋监测规范 第 4 部分: 海水分析 GB 17378.4—2007 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 海洋监测规范 第 7 部分: 近海污染生态调查和生物监测 GB 17378.7—2007 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [8] 刘长东, 郭晓峰, 唐衍力, 等. 海州湾前三岛人工鱼礁区浮游植物群落组成及其与环境因子的关系[J].

中国水产科学, 2015, 22(3): 545-555.

[9] 赵其彪, 孙军, 李丹, 等. 东海低氧区及邻近水域浮游植物的季节变化[J]. 生态学报, 2015, 35(7): 2366-2379.

[10] 傅明珠, 孙萍, 孙霞, 等. 锦州湾浮游植物群落结构特征及其对环境变化的响应[J]. 生态学报, 2014, 34(13): 2650-2660.

[11] 杨晓改, 薛莹, 咎肖肖, 等. 海州湾及其邻近海域浮游植物群落结构特征及其与环境因子的关系[J]. 应用生态学报, 2014, 25(7): 2123-2131.

[12] 郭丰, 林均民, 黄凌风, 等. 厦门潘涂对虾养殖垦区浮游植物的生态特征[J]. 台湾海峡, 2002, 21(4): 469-482.

[13] 王旭娜, 江敏, 钟锐, 等. 凡纳滨对虾养殖池塘中浮游植物群落结构与水质因子的关系[J]. 水产学报, 2018, 42(11): 1787-1803.

[14] 李云梦, 郑侠飞, 王岩, 等. 绍兴市凡纳滨对虾围垦滩涂养殖池塘的理化环境和浮游植物 [J]. 渔业现代化, 2017, 44(6): 1-8.

[15] CASE M, LECA E E, LEITAO S N, et al. Plankton community as an indicator of water quality in tropical shrimp culture ponds [J]. Marine Pollution Bulletin, 2008, 56(2008): 1343-1352.

[16] 蔡志龙, 秦美川, 赵文, 等. 两种混养模式海水池塘浮游生物的群落结构及其粒径特征[J]. 大连海洋大学学报, 2016, 31 (6):663-672.

[17] 高欣, 景泓杰, 赵文, 等. 凡纳滨对虾高位养殖池浮游生物群落结构及水质特征 [J]. 大连海洋大学学报, 2017,31(1): 44-50.

[18] 李雪松, 梁君荣, 陈长平, 等. 泉州湾虾池浮游植物种类多样性研究 [J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2006,45(Sup): 234-239.

[19] 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研究 [J]. 海洋水产研究, 2006, 27(1): 1-7.

[20] 李俊伟, 朱长波, 颜晓勇, 等. 池塘分区养殖系统对水质和浮游植物群落结构的影响 [J]. 生态科学, 2017, 36(6): 114-124.

[21] 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调查 [J]. 生态科学, 2003, 22(1): 34-37.

[22] SOLETCHNIK P, FAURY N, RAZET D, et al. Hydrobiology of the Marennes-Oléron bay. Seasonal indices and analysis of trends from 1978 to 1995[J]. Hydrobiologia, 1998, 386(1/2/3):131-146.

[23] 刘乾甫, 赖子尼, 高原, 等. 珠江三角洲地区精养淡水鱼塘浮游植物功能群特征[J]. 中国水产科学, 2018, 25(1):124-136.

[24] 胡梦红, 武震, 周作强, 等. 鱼蚌混养对池塘水质、藻相结构及三角帆蚌生长的影响[J]. 水产学报, 2014, 38(2): 200-207.

[25] SIPAUBA-TAVARES L H, DONADON A R V, MILAN R N. Water quality and plankton population in an earthen polyculture pond[J]. Brazilian Journal of Biology, 2011, 71(4): 845-855.

[26] MOUTIN T, THINGSTAD T T, WAMBEKE F V, et al. Does competition for nanomolecular phosphate supply explain the predominance of the cyanobacterium *Synechococcus*[J]. Limnology and Oceanography, 2002, 47(5):1562-1567.

[27] TANAKA T, RASSOULZADEGAN F, THINGSTAD T F. Orthophosphate uptake by heterotrophic bacteria, cyanobacteria, and autotrophic nanoflagellates in Villefranche Bay, northwestern Mediterranean: vertical, seasonal, and short-term variations of the competitive relationship for phosphorus[J]. Limnology and Oceanography, 2004, 49(4):1063-1072.

[28] 薄芳芳, 杨虹, 左倬, 等. 上海公园水体夏季浮游植物群落与环境因子的关系[J]. 生态学杂志, 2009, 28(7):1259-1265.

[29] MCQUOID M R. Influence of salinity on seasonal germination of resting stages and composition of microplankton on the Swedish west coast[J]. Marine Ecology Progress Series, 2005, 289: 151-163.

Relationship between phytoplankton community structure and water quality factors in the breeding pond of *Ruditapes philippinarum*

QI Jianfei, ZHENG Yayou, WU Qisheng, NING Yue, GUO Xiang, ZENG Zhinan*

(Key Laboratory of Cultivation and High-value Utilization of Marine Organisms in Fujian Province, Fujian Collaborative Innovation Center for Exploitation and Utilization of Marine Biological Resources, Fisheries Research Institute of Fujian, Xiamen 361013, China)

Abstract: This study investigated the phytoplankton community structure and water quality factors in a pond of *Ruditapes philippinarum* during breeding, and then the correlations between phytoplankton community structure and water quality factors were analyzed with redundancy analysis. The results showed that there were 123 species in 46 genera and three phyla identified, of which diatoms were dominant. Redundancy analysis suggested that temperature, salinity, and active phosphate were three major factors affecting phytoplankton community structure, so increasing phosphate fertilizer in the breeding process may contribute to the increase of phytoplankton density during the low water temperature period.

Keywords: *Ruditapes philippinarum*; breeding; pond; phytoplankton; water quality; redundancy analysis