

益生菌对海水虾池浮游生物的生态调控效果研究

张汉华, 李卓佳, 郭志勋, 曹煜成, 贾晓平

(农业部渔业生态环境重点开放实验室, 中国水产科学研究院 水产种质资源与养殖技术重点开放实验室, 中国水产科学研究院 南海水产研究所, 广东 广州 510300)

摘要: 研究了益生菌对海水虾池浮游生物的生态调控效果。通过对对虾养殖系统中浮游动物与浮游植物进行为期3个月的监测, 结果表明试验池的浮游植物数量表现为前期低, 种类以硅藻类为主, 中期迅速增长, 后期达顶峰, 并维持在 $70 \times 10^6 \sim 160 \times 10^6$ 个/L 的水平, 种类则以绿藻类为主; 不施加益生菌制剂的对照池则在后期出现较大比例的有害的蓝藻类, 而试验池的蓝藻类只占较少的数量, 说明益生菌群能抑制蓝藻类的繁殖, 促进有益藻类生长; 同时试验池浮游动物的数量也保持稳定增长态势, 并在养殖后期维持在顶峰水平, 密度达到 $25 \times 10^3 \sim 30 \times 10^3$ 个/m³, 种类以广盐、适低盐的沿岸种为主, 优势种明显, 而对照池的浮游动物数量较低且起伏较大。浮游动物与浮游植物的数量变动趋势基本一致, 两者之间呈现较为密切的线性关系, 两者之间的线性系数平均为 0.724; 多样性指数在 1.1~1.6 之间, 低于自然海区; 种类均匀度则较高, 与自然海区相当, 在 0.5~0.7 之间, 试验池比对照池的养殖效果好。

关键词: 益生菌; 海水虾池; 浮游生物; 多样性指数; 优势种

中图分类号: S968.22

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2009)01-0012-09

浮游植物和浮游动物是水域生态系统的初级和次级生产者之一, 在物质和能量流动中占有十分重要的地位。在对虾养殖池中, 维持良好的水质和藻相是养虾成功的重要保证, 浮游植物的作用主要体现在三个方面, 一是可增加水中的溶解氧, 二是可以遮阴, 避免对虾直接在阳光下照射; 三是可以通过浮游植物-浮游动物食物链, 给虾苗提供优质天然饵料。浮游动物是早期虾苗的优质饵料, 对虾通过捕食浮游动物, 能增强虾苗体质, 提高虾苗成活率。目前在有益微生物对虾池的生态调控研究方面, 主要研究了对虾养殖池中浮游植物和异养细菌之间的关系^[1], 有益菌在对虾养殖中的应用效果^[2-4], 光合细菌对养殖水体的生态调控作用^[5,6]。池塘生态方面, 研究了池塘浮游动物对浮游植物的摄食情况和虾池放养密度对浮游生物群落的影响^[7,8], 河口区和淡化池塘浮游植物、浮游动物的丰度和组成以及淡水轮虫培养池中的不同粒级浮游植物生产量等方面的内容^[9-11]。在自然海区方面, 还研究了水华的发生与浮游动物的关系^[12]。本研究内容是通过在南方典型海水集约化对虾养殖池中人工投放有益微生物, 探讨这些有益微生物对规模化对虾养殖环境

生态中的主要因子——浮游生物的生态调控效果, 研究了整个养虾过程浮游生物的时空变化、生态特征及种群多样性, 以及浮游动植物之间的相关关系, 并与不投放活菌制剂的对照池进行了对比分析研究, 为对虾健康养殖研究提供科学依据。

1 材料与方法

试验地点设在深圳市东部海岸水产有限公司虾场, 选择了有代表性的 3 个斑节对虾(*Penaeus monodon*)精养池进行试验研究, 每个池塘的面积约为 1.33 hm², 3 个池塘的放苗时间为 2001 年 5 月 3 日, 养殖过程常规操作措施基本相同, 采取半封闭控水方法。虾苗放养密度为 75×10^4 尾/hm², 3[#]池和 4[#]池在 2001 年 4 月 29 日施用益生菌群制剂 1.5 mg/L,

收稿日期: 2006-04-30; 修回日期: 2006-08-10

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(2007ZD01); 广东省 2000 年科技创新百强项目(2KB05401N); 广东省重大科技专项(2004A30501001)

作者简介: 张汉华(1963-), 男, 广东揭阳人, 研究员, 从事海水养殖及海洋生态学研究, E-mail: zhh502@163.net

以后每隔 15 d 添加 0.75 mg/L, 至收获, 5[#]池为空白对照。试验期为 2001 年 4 月初至 7 月底。整个养虾期, 每隔 7 d 采样一次。益生菌(芽孢杆菌)是从养殖环境中分离、筛选、强化培养的多株益生菌, 经培养、组配成复合菌剂, 含有效活菌 20×10^8 个/g。

1.1 水质理化因子监测

水质监测项目包括水温、盐度、透明度、pH、水色、溶解氧(DO)、化学耗氧量(COD)、营养盐(NO₂-N、NO₃-N、NH₄-N、PO₄-P)等。在每个虾池的四周设定固定采样点, 分别在水下 50 cm 处用容量为 3 L 的有机玻璃采水器收集水样, 所采水样混合后装瓶, 水样的保存和各环境因子的分析测定均按《海洋监测规范》规定的方法进行。化学耗氧量和营养盐在实验室测定完成, 而其余项目在现场测定完成, 并取结果的平均值。

1.2 浮游生物的测定

浮游植物的测定利用采水法, 每个水池四周采 1 000 mL 混合水样 1 个, 现场用 1.5% 鲁哥氏液固定, 带回实验室, 静置 24 h 后浓缩, 用高倍数显微镜进行种类鉴定和数量分析。浮游动物采样方法是在每个虾池四周现场利用浅水 II 型浮游生物网由底至表垂直拖曳, 每池各采 4 个样, 混合后用 5%

福尔马林固定, 然后带回实验室进行种类鉴定和数量分析。

1.3 浮游生物多样性指数计算

浮游生物多样性指数和均匀度的计算采用 Shannon-Weaner 公式和 Pielou^[13] 公式来测定。

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

$$J = H' / \log_2 S$$

式中: H' 为种类多样性指数; S 为样品中的种类总数; P_i 为第 i 种的个体数与总个体数的比值; J 为种类均匀度; Y 为优势度; N_i 为第 i 个种的个数; N 为总个体数; f_i 是第 i 种在各站的出现频率。

2 结果与讨论

2.1 试验池塘的理化特征

试验期间水温 27.2~32.6℃, 盐度 12.28~29.60, 透明度为 40~210 cm, pH 值为 7.15~8.92, 溶解氧质量浓度为 3.42~10.61 mg/L (平均 7.01~7.71 mg/L)。3[#]、4[#]和 5[#] 3 个池塘 COD 平均值分别为 4.84, 3.05, 4.91 mg/L; NH₄-N 质量浓度平均值分别为 3.73, 4.89, 3.39 μmol/L; PO₄-P 质量浓度平均值分别为 2.42, 1.77, 3.49 μmol/L (表 1)。

表 1 试验期间池塘的基本情况

Tab. 1 The basic situation of experiment ponds

项目	虾池编号		
	3 [#]	4 [#]	5 [#]
水温 (°C)	29.40±2.20	29.6±2.40	29.9±2.70
盐度	20.34±7.46	19.84±7.56	21.06±8.54
透明度(cm)	125±85	125±75	125±75
pH	7.99±0.85	8.08±0.74	8.12±0.81
DOC(mg/L)	7.01±3.61	7.11±1.31	7.71±2.67
COD(mg/L)	4.87±4.06	3.05±2.45	4.91±3.73
NH ₄ -N(μmol/L)	3.73±2.74	4.89±2.82	3.39±0.74
NO ₃ -N(μmol/L)	10.66±7.84	18.37±15.37	2.43±0.47
NO ₂ -N(μmol/L)	1.25±0.88	2.68±1.95	1.31±0.71
PO ₄ -P(μmol/L)	2.42±1.62	1.77±1.37	3.49±2.99

2.2 浮游植物的测定结果

2.2.1 浮游植物丰度

试验进行了 3 个多月, 开始的 1 个月(5 月 6 日至 6 月 5 日)内, 2 个试验池和对照池的浮游植物生物量一般只有 $0.96 \times 10^3 \sim 3.13 \times 10^3$ 个/L, 从 6 月中旬开始, 2 个试验池的浮游植物数量呈成倍增长状

态, 其中 4[#]池 6 月 12 日比 6 月 5 日增长了近 20 倍, 3[#]池和 5[#]池 6 月 12 日分别比 6 月 5 日增长了 9.6 倍和 5.4 倍; 以后 4[#]池数量呈稳步增长态势, 至 7 月 10 以后, 数量基本稳定在 $50 \times 10^6 \sim 160 \times 10^6$ 个/L 的量级水平; 3[#]池的浮游植物数量也呈稳步增长状态, 并维持在较高的数量水平; 而作为对照池的 5[#]

池的数量虽然也呈现稳步增长态势,但后期的数量变化起伏较大,数量只有4#池的一半左右,最后的数量下降较为明显(图1)。

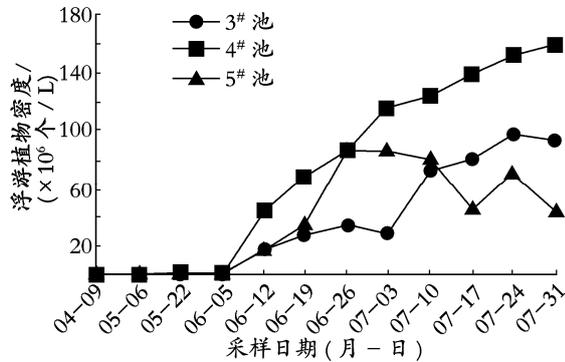


图1 3个池塘浮游植物的密度变化

Fig.1 Dynamics of phytoplankton density in three culture ponds

2.2.2 种类组成及优势种

试验开始时的5~6月初,浮游植物种类组成以硅藻类为主,主要优势种是伏氏海毛藻(*Thalassiothrix frauenfeldii*)、菱形海线藻(*Thalassionema nitzschioides*)、日本星杆藻(*Asterionella japonica*)、丹麦细柱藻(*Leptocylindrus danicus*)、中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)、洛氏角毛藻(*Chaetoceros lorenzianus*)、柔弱菱形藻(*Nitzschia delicatissima*)等,3个池的水色呈现浅褐色和浅黄褐色;6月中旬以后,种类组成则主要以绿藻类为主,优势种主要有绿藻类的绿球藻(*Chlorococcus* sp.)、栅列藻(*Scenedesmus*

表2 3个对虾养殖池浮游植物多样性指数和均匀度

Tab. 2 Diversity indexes and evenness of phytoplankton in the three shrimp culture ponds

日期 (月-日)	3#		4#		5#	
	H	J	H	J	H	J
05-06	3.14	0.73	2.44	0.59	2.64	0.62
05-22	2.83	0.67	2.18	0.52	3.14	0.73
06-05	3.16	0.74	2.45	0.61	1.84	0.42
06-12	2.12	0.53	1.32	0.31	1.78	0.44
06-19	2.33	0.58	1.35	0.29	1.81	0.43
07-03	1.95	0.5	1.17	0.29	1.55	0.37
07-10	2.10	0.59	1.28	0.31	1.47	0.34
07-17	1.15	0.29	0.98	0.21	1.46	0.35
07-24	0.59	0.14	1.19	0.3	1.26	0.29
07-31	1.12	0.27	1.24	0.27	1.78	0.43

sp.)、实球藻(*Pandorina* sp.)、直板藻(*Penium* sp.)、盘星藻(*Pediastrum* sp.)和硅藻类的中肋骨条藻、柱状小环藻(*Cyclotella stylum*)、洛伦藻菱形藻密条变种(*Nitzschia lorenziana* v. *densestriata*)等,水色呈浅绿色和黄绿色;而对照的5#池在后期水色则呈现蓝绿色和浅蓝色,主要是出现了较大比例的有害蓝藻类颤藻(*Oscillatoria* sp.),甚至在7月底成为该池的优势种,而试验池的3#和4#则未出现这种情况(图2)。

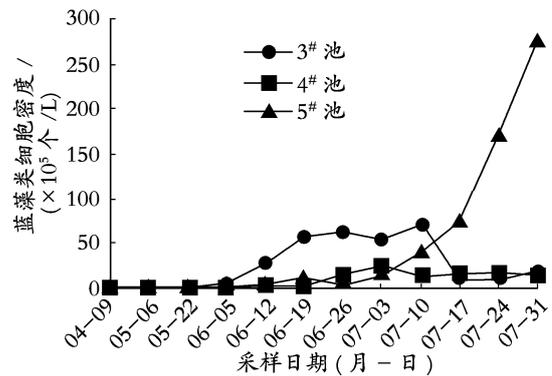


图2 3个池塘蓝藻类的密度变化

Fig.2 Dynamics of Cynophyta density in three culture ponds

2.2.3 多样性指数及均匀度

3个养虾池浮游微藻多样性指数和均匀度的变化情况基本一致,表现为养殖前期较高,养殖后期随着优势种的迅速繁殖而呈现逐渐降低的趋势,3#、4#和5#池多样性指数平均分别为2.13、1.60和1.92,均匀度平均分别为0.51、0.38和0.46(表2)。

2.3 浮游动物的测定结果

2.3.1 密度

养殖试验共进行了3个多月,开始的1个月(5月6日至6月5日)内,4#试验池和对照池的浮游动物密度较低,维持在 5.0×10^3 个/ m^3 以下;而3#试验池的浮游动物密度较高,但呈现逐渐下降的趋势。但到了6月5日开始的1个月内,3#池的变化有些起伏,但4#试验池和5#对照池的栖息密度均表现出稳步增长状态,3个池在7月3日均比6月5日增长了2~5倍。7月份,3个池的数量变化较为复杂,其中3、4#池的数量在7月10以后基本维持稳步增长态势,至7月中下旬数量均达到 $25 \times 10^3 \sim 30 \times 10^3$ 个/ m^3 的量级水平;而作为对照池的5#池的数量虽然也呈现稳步增长状态,但7月17日以后的数量增长较慢,密度也只有试验池的2/3左

右,而且到了下旬,其数量反而下降,下降的幅度占其总数量的1/4左右(图3)。

2.3.2 种类组成

3个养殖池的浮游动物种类组成均呈现明显的暖水性沿岸种群区系特征,以广盐、适低盐的沿岸、内湾的生态广布种为主,2个试验池和对照池的种类组成从总体上来看较为一致。从3个多月水域环境中的盐度变化曲线可看出,养殖池海水的盐度是逐渐下降的,开始时盐度较高,种类以沿岸广布种为主;到了后半养殖周期盐度是逐渐下降的,种类组成略有变化,出现较多的咸淡水种甚至淡水种。3个养殖池塘共出现浮游动物5个类群17属或种,其中以桡足类种类最多,有9种;其次是毛颚类,有3种;轮虫类和浮游幼虫则各有2种,纤毛虫类有1种(表3)。

表3 深圳东海岸对虾养殖池塘浮游动物的种类组成

Tab.3 The species composition of zooplankton in shrimp-growing pond, Donghaian of Shenzhen

种类或属	虾池编号		
	3#	4#	5#
纤毛虫类	Ciliophora		
拟铃虫			
<i>Tintinnopsis</i> sp.	+	+	+
轮虫类	Rotatoria		
壶状臂尾轮虫			
<i>Brachionus ureeus</i> (Linnaeus)	+	+	
臂尾轮虫			
<i>Brachionus</i> sp.	+	+	+
桡足类	Copepode		
亚强真哲水蚤			
<i>Eucalanus subcrassus</i> Giesbrecht			+
强额拟哲水蚤			
<i>Paracalanus crassirostris</i> Dahl	+		
双齿许水蚤			
<i>Schmackeria dubia</i> (Kiefer)	+	+	+
披针纺锤水蚤			
<i>Acartia southwelli</i> Sewell	+		+
纺锤水蚤			
<i>Acartia</i> sp.			+
长腹剑水蚤			
<i>Oithona</i> sp.	+	+	+
中华异水蚤			
<i>Acartiella sinensis</i> She et Lee			+
杂刺镖剑水蚤			
<i>Cyclopina heterospina</i> Shen et Bai	+		+
其他桡足类			
Other Copepod	+	+	+
毛颚类	Chaetognatha		
弱箭虫			
<i>Sagitta delicata</i> Tokioka	+	+	+
肥胖箭虫			
<i>Sagitta enflata</i> Grassi		+	
箭虫			
<i>Sagitta</i> sp.		+	
浮游幼虫	Larval Plankton		
多毛类幼虫			
Polychaeta larva	+	+	+
六肢幼虫			
Nauplius larva	+	+	+

注: +表示出现

2.3.3 优势种及优势度指数

3 个养殖池的优势种在养殖前期和后期略有不同, 整个养殖周期均有出现的优势种有沿岸生态广布种长腹剑水蚤、披针纺锤水蚤、双齿许水蚤和六肢幼虫等, 但养殖前期出现较多的还有弱箭虫, 后期出现较多的则为河口区咸淡水代表种壶状臂尾轮虫和拟铃虫等。各优势种在各养殖池的优势度指数见表 4。

表 4 浮游动物的优势种及其优势度指数

Tab. 4 The dominant species and dominance indexes of zooplankton

优势种	优势度指数		
	3 [#]	4 [#]	5 [#]
壶状臂尾轮虫	0.318	0.407	0.194
六肢幼虫	0.200	0.124	0.135
长腹剑水蚤	0.192	0.228	0.382
披针纺锤水蚤	0.102	-	-
双齿许水蚤	0.095	0.223	0.160
拟铃虫	0.085	-	-

表 5 3 个对虾养殖池浮游动物的多样性指数和均匀度

Tab. 5 Diversity index and evenness of zooplankton in the three shrimp culture ponds

日期 (月-日)	3 [#]		4 [#]		5 [#]	
	<i>H</i>	<i>J</i>	<i>H</i>	<i>J</i>	<i>H</i>	<i>J</i>
05-06	0.723 1	0.361 6	1.181 4	0.590 7	1.504 2	0.752 1
05-22	0.644 6	0.277 6	1.505 3	0.648 3	1.829 6	0.788 0
06-05	1.240 4	0.534 2	0.069 8	0.044 0	1.795 8	0.897 9
06-12	0.237 8	0.150 0	1.048 1	0.661 3	1.221 4	0.610 7
06-19	1.388 5	0.598 0	0.626 1	0.395 0	1.543 2	0.771 6
07-03	0.809 0	0.510 4	1.255 8	0.627 9	0.856 7	0.540 5
07-10	1.546 1	0.975 5	1.593 4	0.796 7	1.588 9	0.684 3
07-17	2.061 5	0.887 8	1.773 3	0.763 7	1.856 3	0.928 2
07-24	1.352 2	0.676 1	1.059 9	0.530 0	1.827 1	0.786 9
07-31	1.689 7	0.727 7	1.169 5	0.503 7	1.957 4	0.843 0
平均	1.169 3	0.569 9	1.128 3	0.556 1	1.598 1	0.760 3

2.4 浮游动物与浮游植物的相关关系

2.4.1 数量变化的关系

从浮游动物与浮游植物的数量变化曲线(图 4、图 5、图 6)可以看出, 二者的栖息密度变化趋势较为一致。其中 3[#]和 4[#]试验池在整个养殖周期均呈现稳步增长的状态, 到最后的 10 d, 其数量均达到和

3[#]池优势度指数最高的是壶状臂尾轮虫, 其次为六肢幼虫和长腹剑水蚤; 4[#]池优势度指数最高的也是壶状臂尾轮虫, 其次是长腹剑水蚤和双齿许水蚤; 5[#]池优势度指数最高的则是长腹剑水蚤, 其次为壶状臂尾轮虫和双齿许水蚤。

2.3.4 生物多样性及均匀度

3 个对虾养殖池种类多样性指数和种类均匀度的周期变化情况详见表 5。3[#]池多样性指数平均为 1.1693, 种类均匀度平均为 0.5699; 4[#]池多样性指数平均为 1.1283, 种类均匀度平均为 0.5561; 5[#]池多样性指数平均为 1.5981, 种类均匀度平均为 0.7603。平均多样性指数最高出现在 5[#]对照池, 其次 3[#]池, 4[#]池最低; 种类均匀度的平均值也表现为 5[#]池>3[#]池>4[#]池。但总的来说, 其多样性指数均较低, 平均只有 1.1~1.6, 比自然海区低^[14], 这主要与对虾养殖池在蓄水时的过滤(滤去大量浮游动物及幼体)和在整个养殖周期基本处于封闭状态有关, 但种类均匀度则较高, 与自然海区相当。

维持在顶峰的状态, 对照养殖池浮游动物的数量跟随浮游植物反而有一定程度的下降。

2.4.2 数量的线性回归关系

将浮游动物个体数的周平均值分别与浮游植物总细胞数的周平均值进行线性回归分析。结果表明, 虾池浮游动物与浮游植物的关系在数量方面呈

现较为密切的线性关系，两者之间的线性系数平均为 $R=0.7240$ ，其中线性关系最高为4[#]池，其次3[#]池，最低为5[#]池(图7)。

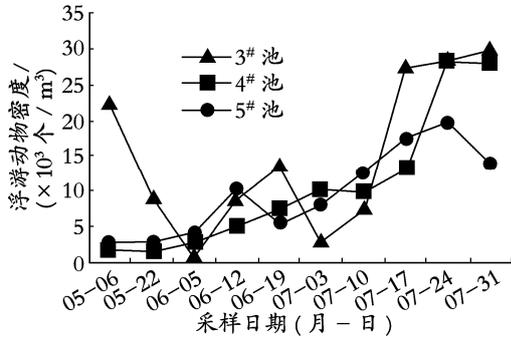


图3 3个虾池浮游动物的密度变化

Fig.3 Dynamics of zooplankton density in three culture ponds

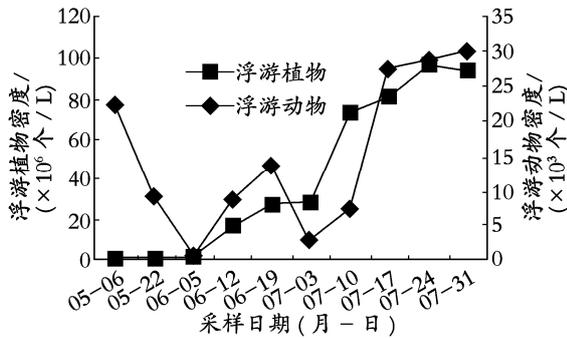


图4 3[#]池浮游动物与浮游植物的关系

Fig. 4 The relationship between zooplankton and phytoplankton in pond 3

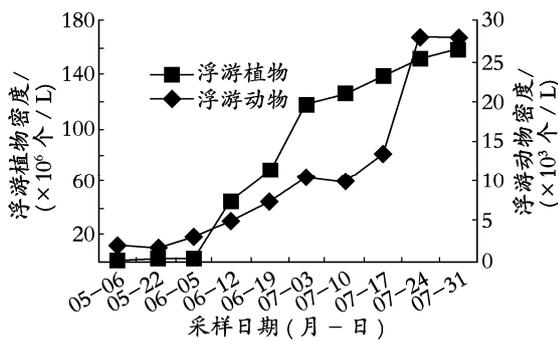


图5 4[#]池浮游动物与浮游植物的关系

Fig. 5 The relationship between zooplankton and Phytoplankton in pond 4

2.4.3 相关分析

无论是试验池还是对照池，浮游动物与浮游植物的数量周期变化趋势一致，关系十分密切。通过

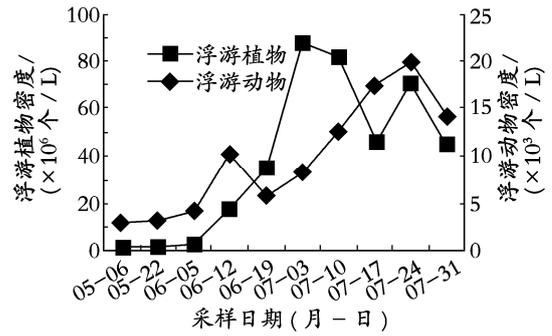


图6 5[#]池浮游动物与浮游植物的关系

Fig. 6 The relationship between zooplankton and phytoplankton in pond 5

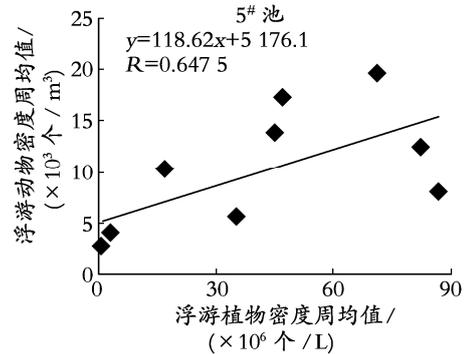
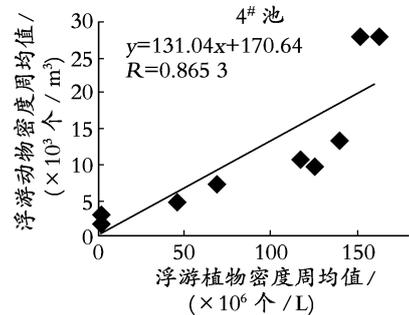
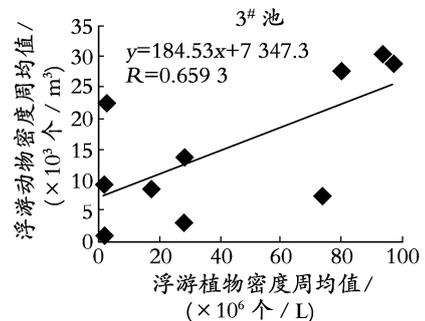


图7 3个虾池浮游动物与浮游植物数量的线性回归关系
Fig. 7 The linear regression analysis of the zooplankton and phytoplankton numbers in the three ponds

回归分析表明，两者在数量方面呈现较为密切的线

性关系, 线性系数平均达到 0.724 0。3[#]池在养殖开始时浮游动物数量较高, 但在 1 个月内, 有一个急剧下降的过程, 这可能与前期虾苗的摄食有关之外, 还可能与前期浮游植物较为稀少有关, 浮游动物主要依靠浮游植物的摄食来完成其能量的转换^[11, 12]。随着藻类的增长, 浮游动物也大量繁殖, 使浮游动植物呈现同步交叉增长状态, 最后达到数量的顶峰, 这是由于添加了有益微生物后, 虾池维持良好的藻色, 促进了有益藻类生长, 从而保障了浮游动物的营养需求、繁殖和生长, 形成浮游植物-浮游动物繁殖和生长的良性循环(4[#]池的情况也相类似), 同时提高水体中的溶解氧含量, 降低氨氮等有害物质, 形成藻、菌的生态平衡, 促进对虾的生长^[1]。而 5[#]对照池由于不添加有益微生物制剂, 使后期出现较大比例的有害蓝藻类, 从而抑制了浮游动物的繁殖和生长, 使后期两者的数量有一定程度的下降。

2.4.4 益生菌对虾池浮游生物的生态调控效果及作用机理

通过将“单细胞藻类生长素”与加强型“利生素”微生物制剂在养殖试验池的配合使用, 使养殖试验池的水色保持良好状态。从 3 个多月水域环境中的盐度变化曲线可看出, 海水盐度是逐渐下降的, 开始时盐度较高, 浮游植物的种类组成以适应较高盐度的硅藻类为主, 后来随着盐度的逐渐下降, 种类组成则以适盐范围较低的绿藻类占了主导地位。“利生素”能抑制蓝藻类的繁殖与生长, 使 3[#]池和 4[#]池的蓝藻的繁殖受到抑制, 蓝藻占总藻类数量的 20% 以下, 且能促进有益藻类(硅藻和绿藻)的繁殖和生长, 并保持平稳增长的状态, 而未添加“利生素”的对照池则有益藻类的数量相对较少且较不稳定, 到了后来还出现了较大数量的蓝藻, 蓝藻占藻类数量的 60%, 成为优势种。

益生菌有助于硅藻和绿藻繁殖的作用机理主要是通过通过这些益生菌在自身繁殖的同时, 快速降

解、转化有机物质, 为有益藻类的繁殖提供营养元素, 所以藻菌关系得以共生和互生, 而池塘本身自有的菌群降解和转化物质得能力弱, 自身的繁殖无法提供有益藻类的繁殖生长提供营养元素, 所以出现对照池后期的有益微藻数量减少的情况。而有益微生物对有害藻类的抑制机理主要是通过有益菌分泌代谢产物, 还是营养或生态位的竞争有待今后进一步深入研究和探讨。

通过浮游动物对浮游植物的牧食作用, 使浮游动物的数量保持稳定增长态势, 并在养殖后期维持在顶峰水平, 密度达到 $25 \times 10^3 \sim 30 \times 10^3$ 个/ m^3 , 而不投有益微生物的对照池的浮游动物数量虽然前期也能稳步增长, 但其密度较低且起伏较大, 而且后期随着浮游藻类的下降而下降。

2.4.5 浮游生物多样性指数和均匀度

整个养虾周期无论是浮游植物还是浮游动物, 其多样性指数均较低, 前者平均在 1.6~2.13, 后者平均只有 1.1~1.6, 比自然海区的种类多样性指数低, 一般自然海区如粤东柘林湾的浮游动物多样性指数为 2~2.87^[14], 粤东开阔海域浮游植物为 2.78^[15], 而养殖池塘多样性指数平均为 1~2。这主要与对虾养殖池在蓄水时的过滤(滤去大量浮游动物及幼体)和在整个养殖周期基本处于封闭状态有关, 但种类均匀度则较高, 与自然海区相当。

2.5 投放与不投放益生菌的养殖效果比较

如表 6 所示, 投放益生菌养殖的斑节对虾成活率高, 规格大, 产量高, 饲料系数低。而且, 斑节对虾健康、活力强, 大小均匀, 体色清洁透明, 没有外观病症, 池塘水质清爽, 没有浮泥, 呈黄绿色、黄褐色。底质干净, 无黑化和异味, 不投放益生菌池塘养殖的斑节对虾体色较为暗淡, 鲜艳度较差, 池塘水质略浑浊, 呈蓝绿色, 底质略有黑化和异味。

表 6 投放与不投放益生菌的养殖效果比较

Tab. 6 Comparison of culture effects of test pond and control pond

养虾池	放苗量 (万尾/ hm^2)	养殖时间 (d)	产量 (kg/hm^2)	成虾规格 (尾/kg)	成活率 (%)	饲料 系数
试验池	52.6	99	6 375	61	73.89	1.28
对照池	52.5	99	5 529	65	68.45	1.38

3 结论

通过在海水虾池添加有益微生物,使养殖试验池保持良好水色,前期以硅藻类为主,而后期则以绿藻类为主,试验池的蓝藻类只占较小的比例,藻相好,其数量维持在较高的水平,达到 $50 \times 10^3 \sim 160 \times 10^3$ 个/mL,而对照池的有益藻类数量较低,且较不稳定。

有益微生物能抑制有害藻类的繁殖。后期对照池出现较大比例的有害蓝藻类,甚至在7月底成为该池的优势种,而试验池未出现这种情况,说明芽孢杆菌群能抑制有害藻类的繁殖,并维持藻-菌的相对平衡状态,在其他养虾措施做得好的前提下,取得良好的养虾效果。

整个养殖周期试验虾池浮游动物密度保持稳定增长态势,并在养殖后期维持在顶峰水平,数量达到 $25 \times 10^3 \sim 30 \times 10^3$ 个/ m^3 ,种类以广盐、适低盐的沿岸种为主,但优势种明显;而对照池的浮游动物数量较低且起伏变化较大,说明有益微生物对浮游动物的影响主要是通过通过对浮游植物的牧食作用影响的。

浮游植物多样性指数在 1.1~1.6 之间,浮游动物多样性指数在 1.1~1.6 之间,低于自然海区;种类均匀度则较高,浮游植物在 0.38~0.51 之间,浮游动物在 0.5~0.7 之间,与自然海区相当。

投放益生菌养殖的斑节对虾成活率高,规格大,产量高,饲料系数低,对虾活力强,大小均匀,池塘水质清爽,底质干净;而不投放益生菌池塘养殖的对虾成活率较低,规格较小,产量相对较低。体色鲜艳度较差,池塘水质略浑浊,呈蓝绿色,底质略有黑化和异味。

参考文献:

[1] 李卓佳,郭志勋,张汉华,等. 斑节对虾养殖池塘藻-菌关系初探[J]. 中国水产科学, 2003, **10**(3): 262-264.

[2] Devaraja T N, Yusoff F M, Shariff F M. Changes in bacterial populations and shrimp production in ponds treated with commercial microbial products[J].

Aquaculture, 2002, **206** (3-4): 245-256.

[3] Rengpipat S, Phianphak W, Piyatiratitivorakul S, *et al.* Effects of probiotic bacterium on black tiger shrimp *Penaeus monodon* survival and growth[J]. *Aquaculture*, 1998, **164** (1-4): 301-313.

[4] Shariff M, Yusoff F M, Devaraja T N, *et al.* The effectiveness of a commercial microbial product in poorly prepared tiger shrimp *Penaeus monodon* (Fabricius) ponds[J]. *Aquaculture Research*, 2001, **32** (3): 181-187.

[5] 倪纯治,叶德赞,周宗澄,等. 光合细菌对养殖水体的生态调控作用[J]. 台湾海峡, 1997, **16**(3): 265-269.

[6] 刘文华,倪纯治,叶德赞,等. 光合细菌净化对虾养殖水质的研究[J]. 台湾海峡, 1997, **16**(4): 455-457.

[7] 赵文,刘国才. 海水养虾池浮游动物对浮游植物牧食力的研究[J]. 生态学报, 1999, **19**(3): 217-222.

[8] 卢静,李德尚,董双林. 对虾池的放养密度对浮游生物群落的影响[J]. 水产学报, 2000, **24**(3): 240-246.

[9] 陈亚瞿,徐兆礼,王云龙,等. 长江口河口锋区浮游动物生态研究 II 种类组成、群落结构、水系指示种[J]. 中国水产科学, 1995, **2**(1): 59-63.

[10] 王丽卿,王为东,藏维玲,等. 河口区斑节对虾淡化养殖塘浮游生物状况[J]. 上海水产大学学报, 2002, **11**(2): 118-123.

[11] 赵文,李晓东,徐纪军. 轮虫培育池不同粒级藻类对浮游植物生物量和生产量的贡献[J]. 水产学报, 2004, **28**(2): 167-174.

[12] 韩希福,王荣. 海洋浮游动物对浮游植物水华的摄食与调控作用[J]. 海洋科学, 2001, **25**(10): 31-33.

[13] Wilhm J L. Use of biomass units in Shannon's formula [J]. *Ecology*, 1968, **49**(1): 153-156.

[14] 黄长江,陈善文,何歆,等. 2001-2002 年粤东柘林湾浮游动物的生态学研究[J]. 海洋与湖沼, 2003, **34**(2): 117-124.

[15] 李纯厚,贾晓平,林钦,等. 粤东沿海养殖水域浮游植物的生态特征[J]. 湛江海洋大学学报, 2002, **22**(1): 24-29.

The effects of probiotics on plankton ecological characteristics in shrimp maricultural ponds

ZHANG Han-hua, LI Zhuo-jia, GUO Zhi-xun, CAO Yu-cheng, JIA Xiao-ping

(Key Lab of Fishery Ecology Environment, Ministry of Agriculture; Key Laboratory of Fishery Genetic Resources and Aquaculture, Chinese Academy of Fishery Sciences; The South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China)

Received: Apr.,30, 2006

Key words: Probiotics; maricultural ponds; plankton; diversity index; dominant species

Abstract: The influences of probiotics on ecological characteristics of plankton in the shrimp maricultural ponds, including zooplankton and phytoplankton, had been studied for three months. The results showed that phytoplankton densities were lower in prophase and dominant species was diatom, but it increased rapidly in metaphase and reached a maximum in anaphase, biomasses of phytoplankton were $70 \times 10^6 \sim 160 \times 10^6$ cells/L, the dominant species also became chlorophyta. Compared with test ponds, Cyanophyta biomass of control ponds increased rapidly at later culture stage, it was indicated that bacillus could inhibit the Cyanophyta reproduction, and promote the growth of beneficial algae. Zooplankton densities of test ponds increased steadily, biomasses were $25 \times 10^3 \sim 30 \times 10^3$ Ind/m³, and maintained the highest level in metaphase and anaphase, the main species were euryhalinous and coastal species and the dominant species were very evident. However, in the control ponds, the zooplankton biomasses were relative lower and not stable. There was a close linear relationship between zooplankton and phytoplankton, the density changing trend was similar, and the average linear correlativity coefficient was 0.724. The diversity index ranged from 1.1 to 1.6, lower than nature waters and species evenness was higher at 0.5~0.7, similar to natural waters. In conclusion, the effects of shrimp culture in test ponds were better than that of control ponds.

(本文编辑:张培新)