

文章编号: 1000-0615(2018)10-1589-07

DOI: 10.11964/jfc.20170910980

罗氏沼虾不同养殖模式对水体浮游生物的影响

吕林兰¹, 董学兴^{1,2*}, 赵卫红¹, 欧江涛¹, 何枫¹

(1. 盐城工学院海洋技术系, 江苏省沿海池塘养殖生态重点实验室, 江苏 盐城 224051;

2. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306)

摘要: 通过围隔实验比较罗氏沼虾不同养殖模式对水体浮游生物的影响。实验设置6种养殖模式: 罗氏沼虾单养(MP)、罗氏沼虾+浮萍(水面覆盖率5%)(PP)、罗氏沼虾+鲢(PF)、罗氏沼虾+背角无齿蚌+鲢(PMF)、罗氏沼虾+背角无齿蚌+浮萍(PMP)、罗氏沼虾+背角无齿蚌+浮萍+鲢(PMPF)。养殖64 d后, 测定不同模式中浮游植物和三大类浮游动物(轮虫、枝角类及桡足类)的种类和数量。结果显示, 上述6种模式中浮游植物共同优势种有4种, 但优势度指数最大的浮游植物不同, MP组是锥囊藻属, 有浮萍的PP和PMP组均为细小平裂藻, 混养鲢的PF、PMF和PMPF组均为针杆藻。不同养殖模式无共同的浮游动物优势种。养殖模式对浮游生物密度具有显著影响, PF组浮游植物密度最高, MP组浮游植物密度最低, PF组浮游植物密度比MP、PP和PMP组分别高78%、53%和61%。相反, 浮游动物密度MP组最高, PF组最低。混养鲢的PF、PMF和PMPF组浮游动物密度显著低于其他3组。研究表明, 罗氏沼虾养殖中混养鲢可增加浮游植物密度而降低浮游动物密度, 浮萍和鲢影响池塘优势种。

关键词: 罗氏沼虾; 鲢; 背角无齿蚌; 浮萍; 养殖模式; 浮游生物

中图分类号: S 966.12

文献标志码: A

罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)又称马来西亚大虾或泰国虾, 其食性广、生长快、肉质鲜嫩、抗病力强, 是目前世界上养殖产量最高的三大虾种之一。自1976年引进该种以来, 罗氏沼虾养殖在中国得到迅猛发展。但是, 罗氏沼虾养殖目前面临着种质退化、养殖环境恶化引发病害等诸多问题。浮游生物是养殖池塘水域生态系统的重要组成部分, 可作为鱼虾直接或间接的生物活饵料, 浮游植物还是池塘初级生产力的主要贡献者, 对水中溶解氧(DO)、pH和各种营养盐的含量具有重要影响, 其组成种类、数量是水质好坏的指示。目前, 有关凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)养殖池塘浮游植物种类、演替规律、多样性指数、主要水质因子及浮游植物与理化因子的关系等方面的研究较多, 不同养殖模式对凡纳滨对虾养殖池塘浮游

生物的种类和生物量具有不同影响^[1-4]。但关于罗氏沼虾养殖模式对池塘浮游生物的研究较少, 黄翠等^[5]研究发现, 罗氏沼虾与三角帆蚌(*Hyriopsis cumingii*)混养可明显降低浮游甲壳动物多样性、密度和生物量。本实验设计了6种罗氏沼虾养殖模式, 研究了各模式水体中浮游生物的组成种类、密度以及多样性指数, 以期对罗氏沼虾养殖模式的优化提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验方法

养殖实验于2014年7-9月进行, 实验围隔设置在江苏盐城工学院校内水域。围隔(规格: 5 m×3 m×1.8 m)采用防水刀刮布制作。共24个围隔, 配备1.5 kW增氧机1台。养殖实验共设6组: 单养

收稿日期: 2017-09-23 修回日期: 2017-12-04

资助项目: 江苏省2016年苏北专项(BN2016127); 盐城市科技项目(YKN2014002)

通信作者: 董学兴, E-mail: dxx@ycit.cn

罗氏沼虾(MP)、罗氏沼虾+浮萍(*Lemna minor*, 5%覆盖率)(PP)、罗氏沼虾+鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)(PF)、罗氏沼虾+背角无齿蚌(*Anodonta woodiana*)+鲢(PMF)、罗氏沼虾+背角无齿蚌+浮萍(5%覆盖率)(PMP)、罗氏沼虾+鲢+背角无齿蚌+浮萍(5%覆盖率)(PMPF)。每组4个平行, 养殖模式、放养密度见表1。罗氏沼虾(全长5~8 cm), 鲢为夏花鱼种(5 g左右), 背角无齿蚌为成体。

表1 罗氏沼虾养殖模式

Tab. 1 Cultural patterns of *M. rosenbergii*

组别 group	养殖对象 cultured species
MP	罗氏沼虾(100 g/m ²)
PP	罗氏沼虾(100 g/m ²)+浮萍(覆盖率5%/箱)
PF	罗氏沼虾(100 g/m ²)+鲢(10尾/箱)
PMF	罗氏沼虾(100 g/m ²)+背角无齿蚌(4只/箱)+鲢(10尾/箱)
PMP	罗氏沼虾(100 g/m ²)+背角无齿蚌(4只/箱)+浮萍(覆盖率5%/箱)
PMPF	罗氏沼虾(100 g/m ²)+背角无齿蚌(4只/箱)+鲢(10尾/箱)+浮萍(覆盖率5%/箱)

1.2 饲养管理

整个实验期间不换水。每天投喂3次, 投饲率为虾体质量的3%~4%, 具体根据虾的摄食情况和天气情况调整投喂量。养殖期间水温21.4~31.7 °C。

1.3 水样的采集

养殖64 d后采集浮游生物样本。浮游植物采集方法: 用采水器于水面下30 cm处采集水样1 L, 立即用15 mL鲁哥氏液进行固定, 固定后的水样用分液漏斗静置沉淀48 h, 然后将沉淀液转入定量瓶中, 浮游植物最终定量为50 mL。浮游动物样本采集: 用采水器采集水样20 L, 通过25#浮游生物网过滤, 定量至100 mL, 加入甲醛试剂固定。定量瓶放置于阴凉处保存^[6]。

1.4 浮游生物的定量分析

浮游生物种类分类参照《中国淡水藻类》^[7]和《淡水微型生物图谱》^[8]进行分类鉴定。浮游植物数量采用血球计数板计数。计数时先将浓缩样本摇匀, 用吸管迅速吸取0.1 mL, 滴入0.1 mL浮游生物计数框内, 盖上盖玻片, 于显微镜下计数, 每个样品计数2片, 每次计数20个视野,

并用视野法公式换算成每升细胞个数^[6]。

浮游动物采用1 mL浮游动物计数框计数, 在低倍镜下全片计数轮虫、枝角类和桡足类数量, 每样品计数2片, 最后取其平均值^[6]。

1.5 数据分析

根据每个种的优势度值(Y)确定浮游生物优势种, 优势度按以下公式计算^[9]:

$$Y = \frac{n_i}{N} \times f_i$$

式中 n_i 为第 i 种生物的个体数; N 为所有种类的总个体数; f_i 为第 i 种生物的出现频率。 $Y > 0.02$ 为优势种。

浮游生物多样性指数(H')根据Shannon-Wiener公式计算^[10]:

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

式中 P_i 为第 i 种生物占总样品数量的个体比例; S 为样品中的物种个数。

2 结果

2.1 罗氏沼虾养殖水体中浮游生物的种类

24个围隔水样共观察到6门32属46种浮游植物。在46种浮游植物中, 金藻门(Chryso-phyta, 占总种类6%)、甲藻门(Pyrophyta, 占4%)、裸藻门(Euglenophyta, 占7%)、硅藻门(Bacillariophyta, 占4%)藻类种数较少, 而绿藻门(Chlorophyta)藻类种数最多(占总种类57%), 蓝藻门(Cyanophyta)次之(占22%)。

6种养殖模式水样中共观察到63种浮游动物, 其中枝角类种类最多(35种), 轮虫20种, 桡足类仅有8种。枝角类和轮虫数量相近, 桡足类最少(表2)。

表2 罗氏沼虾不同养殖模式对三大类浮游动物密度的影响

Tab. 2 Effect of different cultural patterns of *M. rosenbergii* on the density of three categories of zooplankton

浮游动物 zooplankton	MP	PP	PF	PMF	PMP	PMPF	个/L
轮虫 Rotifera	175	105	16	19	110	36	
枝角类 Cladocera	147	103	15	19	117	39	
桡足类 Copepod	3	5	5	6	6	3	

2.2 罗氏沼虾不同养殖模式对浮游生物优势种的影响

实验结果显示, 罗氏沼虾不同养殖模式中浮游生物的优势种并不完全相同(表3)。浮游植物优势种有6~13种, 其中MP具有最多的优势种(13种), PF优势种最少(6种)。6种模式有4种共同浮游植物优势种, 分别为小球藻(*Chlorella vulgaris*)、杂球藻(*Pleodorina* sp.)、细小平裂藻(*Oscillatoria minima*)、针杆藻(*Synedra* sp.)。不同养殖模式的最高优势种存在差异, MP组浮游植物最大优势种是锥囊藻属(*Dinobryon*), 有浮萍的PP和PMP组最大优势种为细小平裂藻, 混养鲢的PF、PMF和PMPF组最大优势种为针杆藻。

罗氏沼虾不同养殖模式无共同浮游动物优势种, 轮虫优势种主要为尾突臂尾轮虫(*Brachionus caudatus*)、前节晶囊轮虫(*Asplanchna priodonta*)、钝角狭甲轮虫(*Colurella obtusa*)、唇形叶轮虫(*Notholca labis*)、腔轮虫(*Lecane*); 枝角类优势种主要为小栉蚤(*Daphnia cristata*); 桡足类则仅有PMF组的单节水生猛水蚤(*Enhydrosoma uniariticulatus*)是优势种, 其余各组中桡足类不形成优势种。

2.3 罗氏沼虾不同养殖模式对浮游生物密度和多样性指数的影响

PF组浮游植物密度最高, MP组浮游植物密度最低, 其中PF组密度比MP、PP和PMP组分别高78%、53%和61%($P < 0.05$), 其余各组差异不显著($P > 0.05$)(图1)。相反, 浮游动物密度MP组最高, PF组最低。混养鲢的PF、PMF和PMPF组浮游动物密度显著低于其他3组($P < 0.05$)(图2)。

各组浮游植物多样性指数为2.62~3.96。MP组浮游植物多样性最高, 其次为PMF组, 分别为3.96和3.79, 最低的PP组为2.62。各组浮游动物多样性指数为3.73~4.44, 最大为MP组(表4)。

3 讨论

研究表明, 养殖水体中的浮游生物不仅受水温、pH、营养盐等环境因子的影响, 还受养殖对象“下行效应”的影响。鲢可以直接滤食水体中的浮游生物, 是典型的滤食性鱼类, 因而成为非经典生物操纵途径控藻的主要研究对象^[11]。目前关于滤食性鱼类对浮游生物量的影响存在争议, 有学者认为放养适当密度的鲢、鳙(*Hypo-*

phthalmichthys nobilis)能显著降低水体中藻类的生物量^[12-13], 另有学者则认为鱼类的滤食能够促进水体中微型浮游藻类生物量的增加^[14-15], 也有研究者认为鲢对浮游生物的影响与水体营养状况、初始浮游生物群落结构、水深、鲢的大小以及放养密度等有关^[12, 14, 16-17]。本实验结果显示, 混养鲢的3种罗氏沼虾养殖模式(PF、PMF和PMPF组)具有较高的浮游植物密度, 其中PF最高, 显著高于没有混养鲢的3种养殖模式(MP、PP和PMP), 而浮游动物密度刚好相反, 这与卢静等^[18]对不同养殖密度对虾影响浮游生物的研究结果一致, 即在低密度围隔中浮游植物和浮游动物的密度呈负相关。本实验PF、PMF和PMPF 3组中浮游植物密度较高可能存在以下3个原因: ①鲢通过滤食轮虫、枝角类和桡足类的幼体, 从而降低了浮游动物对浮游植物的摄食压力^[19-22], 本研究中也发现3种混养鲢的养殖模式水体中轮虫和枝角类的数量大为减少; ②鲢滤食大型浮游植物($> 5 \mu\text{m}$), 使得小型浮游植物的营养竞争压力减小, 又因其具有较强的繁殖能力, 生物量迅速增加; ③围隔水体深度较小, 鲢活动会扰动底质、水界面, 有助于底泥表层的营养物质进入水层, 进而增加浮游植物的生物量。

养殖水体中, 浮游生物优势种组成受温度、季节以及营养盐的影响, 同时还受养殖种类、密度的影响。管理措施也对浮游生物群落产生重要影响, 当管理措施较强且变化较大时, 往往超过养殖对象的影响^[4]。本实验中, 除日常投饵外, 养殖期间未施肥和用药, 各组养殖管理措施相同, 虽然几种养殖模式的围隔中有4种浮游植物为共同优势种(绿藻门2种, 蓝藻门和硅藻门各1种), 但各组最大优势种存在差异, 单养组MP浮游植物优势度最大种是锥囊藻, 有浮萍组的PP和PMP优势度最大种均为细小平裂藻, 混养鲢的PF、PMF和PMPF组优势度最大种均为针杆藻, 说明浮萍和鲢能影响池塘最大优势种的种类。杨建雷^[15]对草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)、鲢、鲤(*Cyprinus carpio*)混养浮游生物的组成特征研究表明, 混养鲢组中隐藻门的隐藻(*Cryptomonas*)与硅藻门的小环藻(*Cyclotella* sp.)、冠盘藻(*Stephanodiscus* sp.)或针杆藻等为优势种, 无鲢混养的草鱼单养及草鲤混养组中色球藻(*Chroococcus* sp.)和螺旋藻(*Spirulina* sp.)大量发生。鲢对浮游植物影响作用的强弱与其放养

表 3 罗氏沼虾不同养殖模式浮游生物优势种类组成及优势度

Tab. 3 Dominant species of plankton and dominance index of different culture patterns of *M. rosenbergii*

种类 species	属名或种名 genus or species	优势度值 dominance index					
		MP	PP	PF	PMF	PMP	PMPF
蓝藻门具缘微囊藻	Cyanophyta <i>Microcystis marginata</i>	0.026	0.020	0.017	0.044	0.020	0.021
细小平裂藻	<i>Oscillatoria minima</i>	0.100	0.580	0.051	0.040	0.240	0.240
针状蓝纤维藻	<i>Dactylococcopsis acicularis</i>	0.026	0.012	0.072	0.016	0.014	0.026
金藻门	Chrysophyta						
锥囊藻	<i>Dinobryon</i>	0.100	0.035	0.003	0.000	0.042	0.021
链状金星藻	<i>Chrysidiastrum catenatum</i>	0.012	0.010	0.014	0.000	0.006	0.021
硅藻门	Bacillariophyta						
针杆藻	<i>Synedra</i> sp.	0.070	0.034	0.370	0.220	0.063	0.310
绿藻门	Chlorophyta						
杂球藻	<i>Pleodorina</i> sp.	0.031	0.024	0.058	0.089	0.024	0.047
小球藻	<i>Chlorella vulgaris</i>	0.075	0.045	0.060	0.078	0.039	0.045
三角四角藻	<i>Tetradron trigonum</i>	0.029	0.022	0.002 3	0.007	0.017	0.006
二叉四角藻	<i>Tetradron bifurcatum</i>	0.089	0.022	0.007	0.046	0.056	0.014
卵囊藻	<i>Oocystis</i>	0.041	0.023	0.027	0.015	0.012	0.018
盘星藻	<i>Pediastrum</i>	0.014	0.002	0.001	0.022	0.002	0.009
龙骨栅藻	<i>Scenedesmus carinatus</i>	0.016	0.002 2	0.006	0.022	0.002	0.013
被甲栅藻	<i>Scenedesmus armatus</i>	0.029	0.006	0.017	0.036	0.002	0.009
角星鼓藻	<i>Staurastrum</i>	0.030	0.033	0.007	0.037	0.059	0.004
甲藻门	Dinoflagellate						
角甲藻	<i>Cetratium hirundinella</i>	0.044	0.008	0.001	0.003	0.005	0.000
轮虫	Rotifera						
尾突臂尾轮虫	<i>Brachionus caudatus</i>	0.150	0.160	0.000	0.014	0.120	0.000
腔轮虫	<i>Lecane</i>	0.028	0.027	0.110	0.007 1	0.020	0.040
前节晶囊轮虫	<i>Asplanchna priodonta</i>	0.118	0.026	0.000	0.021	0.079	0.000
钝角狭甲轮虫	<i>Colurella obtusa</i>	0.004	0.055	0.019	0.000	0.021	0.061
唇形叶轮虫	<i>Notholca labis</i>	0.092	0.052	0.038	0.014	0.004	0.084
枝角类	Cladocera						
小栉溞	<i>Daphnia cristata</i>	0.160	0.245	0.020	0.016	0.300	0.027
老年低额溞	<i>Simocephalus vetulus</i>	0.021	0.005	0.004	0.002	0.068	0.001
无栉拟裸腹溞	<i>Moinodaphnia macheayii</i>	0.003	0.001	0.080	0.002	0.001	0.013
中型尖额溞	<i>Alona intermedia</i>	0.010	0.001	0.001	0.054	0.007	0.036
点滴尖额溞	<i>Alona guttata</i>	0.004	0.010	0.003	0.029	0.002	0.087
薄片宽尾溞	<i>Eurycercus lamellatus</i>	0.000	0.001	0.000	0.038	0.000	0.003
桡足类	Copepods						
单节水生猛水蚤	<i>Enhydrosoma uniariticulatus</i>	0.000	0.000	0.001 3	0.029	0.000	0.001

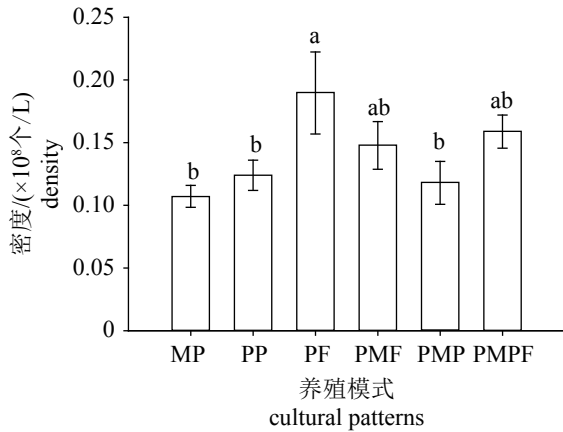


图 1 罗氏沼虾不同养殖模式对浮游植物密度的影响
组间不同字母表示差异显著($P < 0.05$), 下同

Fig. 1 Effect of different cultural patterns of *M. rosenbergii* on the density of phytoplankton

Different letter indicates significant difference between groups ($P < 0.05$), the same below

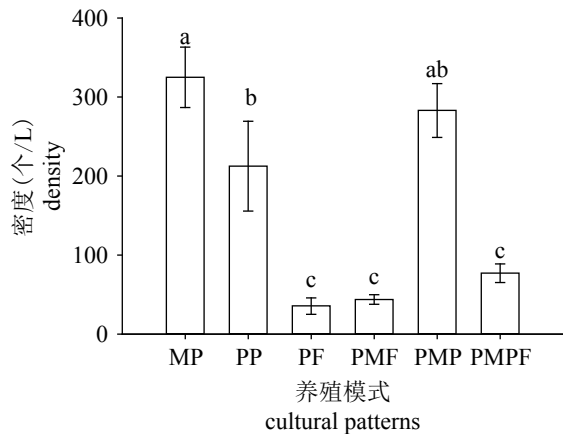


图 2 不同罗氏沼虾养殖模式对浮游动物密度的影响

Fig. 2 Effect of different cultural patterns of *M. rosenbergii* on the density of zooplankton

表 4 罗氏沼虾不同养殖模式对浮游生物多样性指数的影响

Tab. 4 Effect of different cultural patterns of *M. rosenbergii* on biodiversity index of plankton

组别 group	浮游植物 phytoplankton	浮游动物 zooplankton
MP	3.96	4.44
PP	2.62	3.85
PF	3.02	3.83
PMF	3.79	4.25
PMP	2.80	3.80
PMPF	3.21	3.73

密度密切相关, 其对池塘浮游植物优势种的影响较为复杂, 主要原因: ①鲢对食物颗粒大小具有选择性; ②鲢对各种藻的消化能力不同; ③鲢可通过影响营养盐而影响藻类的生长; ④鲢可通过抑制浮游动物捕食压力而间接影响浮游植物。浮萍是漂浮植物, 对其他浮游藻类有荫蔽作用, 而且具有较高氮磷吸收能力, 从而影响藻类光合作用、生长繁殖。因此, 浮萍对浮游植物优势度的影响, 可能与它们之间对营养盐及生态位的竞争有关, 具体影响机制还有待进一步研究。

多样性指数是反映群落稳定性的重要指标。本研究中6种罗氏沼虾养殖模式的浮游生物多样性都大于2.5, 表明围隔水体生物多样性丰富, 生物群落较稳定。本研究表明混养鲢可增加罗氏沼虾养殖水体浮游植物的密度, 轮虫和枝角类的密度则降低。加入浮萍或者混养鲢会影响水体中浮游生物优势种的种类结构, 尤其是最大优势种。

参考文献:

[1] 刘孝竹, 李卓佳, 曹煜成, 等. 低盐度养殖池塘常见浮游微藻的种类组成、数量及优势种群变动[J]. 南方水产, 2009, 5(1): 9-16.
Liu X Z, Li Z J, Cao Y C, et al. Common species composition, quantity variation and dominant species of planktonic microalgae in low salinity culture ponds[J]. South China Fisheries Science, 2009, 5(1): 9-16(in Chinese).

[2] 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.
Zha G C, Mai X W, Zhou C Q, et al. Study on the planktonic algae community in low salinity culture ponds of *Litopenaeus vannamei*[J]. Marine Fisheries Research, 2006, 27(1): 1-7(in Chinese).

[3] 刘军, 戴习林, 臧维玲. 凡纳滨对虾温棚高位池养殖密度及简易水质调控措施效果研究[J]. 上海海洋大学学报, 2016, 25(2): 189-197.
Liu J, Dai X L, Zang W L. Research of breeding density and water quality control measures in *Litopenaeus vannamei* greenhouse high-intensive ponds[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2016, 25(2): 189-197(in Chinese).

[4] 王岩, 张鸿雁. 不同单养和混养海水实验围隔浮游生

- 物的研究[J]. 中国水产科学, 1999, 6(3): 49-54.
- Wang Y, Zhang H Y. Studies on plankton in seawater experimental enclosures with different monoculture or polyculture[J]. Journal of fishery Sciences of China, 1999, 6(3): 49-54(in Chinese).
- [5] 黄翠, 胡忠军, 刘其根. 淡水池塘虾蚌混养对浮游甲壳动物群落结构的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2014, 23(2): 186-192.
- Huang C, Hu Z J, Liu Q G. Effect of prawn and pearl mussel polyculture on crustacean plankton community in freshwater ponds[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2014, 23(2): 186-192(in Chinese).
- [6] 张觉民, 何志辉. 内陆水域渔业自然资源调查手册[M]. 北京: 农业出版社, 1991.
- Zhang J M, He Z H. Inland water fisheries natural resources survey manual[M]. Beijing: Agricultural Press, 1991(in Chinese).
- [7] 胡鸿钧, 李尧英, 魏印心, 等. 中国淡水藻类[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1980.
- Hu H J, Li Y Y, Wei Y X, *et al.* Freshwater algae in China[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1980(in Chinese).
- [8] 周凤霞, 陈剑虹. 淡水微生物图谱(第二版)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- Zhou F X, Chen J H. Freshwater micro-organisms map (Second Edition)[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010(in Chinese).
- [9] 孙儒泳. 动物生态学原理[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2001.
- Sun R Y. Principle of zoecology[M]. Beijing: Beijing Normal University Press, 2001(in Chinese).
- [10] Shannon C E. A mathematical theory of communication[J]. ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, 2001, 5(1): 3-55.
- [11] 董双林. 鲢鱼的放养对水质影响的研究进展[J]. 生态学杂志, 1994, 13(2): 66-68.
- Dong S L. Effect of silver carp stocking on water quality: research advances[J]. Chinese Journal of Ecology, 1994, 13(2): 66-68(in Chinese).
- [12] 李琪, 李德尚, 熊邦喜, 等. 放养鲢鱼(*Hypophthalmichthys molitrix* C et V)对水库围隔浮游生物群落的影响[J]. 生态学报, 1993, 13(1): 30-37.
- Li Q, Li D S, Xiong B X, *et al.* Influence of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix* C et V) on plankton community in reservoir enclosures[J]. Acta Ecologica Sinica, 1993, 13(1): 30-37(in Chinese).
- [13] Lu M, Xie P, Tang H J, *et al.* Experimental study of trophic cascade effect of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) in a subtropical lake, Lake Donghu: on plankton community and underlying mechanisms of changes of crustacean community[J]. Hydrobiologia, 2002, 487(1): 19-31.
- [14] Tang H J, Xie P, Lu M, *et al.* Studies on the effects of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) on the phytoplankton in a shallow hypereutrophic lake through an enclosure experiment[J]. International Review of Hydrobiology, 2002, 87(1): 107-119.
- [15] 杨建雷, 高勤峰, 董双林, 等. 草鱼、鲢鱼和鲤鱼混养池塘中浮游生物和悬浮颗粒物组成变化的研究[J]. 中国海洋大学学报, 2011, 41(10): 23-29.
- Yang J L, Gao Q F, Dong S L, *et al.* Effect of silver carp culture on the composition of plankton and suspended particulate matter in polyculture ponds[J]. Periodical of Ocean University of China, 2011, 41(10): 23-29(in Chinese).
- [16] Starling F. Control of eutrophication by silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) in the tropical Paranoá Reservoir (Brasília, Brazil): a mesocosm experiment[J]. Hydrobiologia, 1993, 257(3): 143-152.
- [17] 梁婷, 丁建华, 冯佳, 等. 鲢鱼放养密度对水体中浮游藻类的影响[J]. 水产研究, 2014, 1(1): 29-35.
- Liang T, Ding J H, Feng J, *et al.* Influence of breeding density of *Hypophthalmichthys molitrix* on phytoplankton in ponds[J]. Journal of Fisheries Research, 2014, 1(1): 29-35(in Chinese).
- [18] 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.
- Lu J, Li D S, Dong S L. The impact of stocking density on plankton community in shrimp pond[J]. Journal of Fisheries of China, 2000, 24(3): 240-246(in Chinese).
- [19] Guo L G, Wang Q, Xie P, *et al.* A non-classical biomaniipulation experiment in Gonghu Bay of Lake Taihu: control of *Microcystis* blooms using silver and bighead carp[J]. Aquaculture Research, 2015, 46(9): 2211-2224.
- [20] Wang Y P, Gu X H, Zeng Q F, *et al.* Contrasting response of a plankton community to two filter-feeding fish and their feces: an *in situ* enclosure experiment[J]. Aquaculture, 2016, 465: 330-340.
- [21] Zhang X, Xie P, Hao L, *et al.* Effects of the phytoplanktivorous silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) on

- plankton and the hepatotoxic microcystins in an enclosure experiment in a eutrophic lake, Lake Shichahai in Beijing[J]. *Aquaculture*, 2006, 257(1-4): 173-186.
- [22] Zhao S Y, Sun Y P, Lin Q Q, *et al.* Effects of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) and nutrients on the plankton community of a deep, tropical reservoir: an enclosure experiment[J]. *Freshwater Biology*, 2013, 58(1): 100-113.

Effects of different cultural patterns of *Macrobrachium rosenbergii* on plankton

LÜ Linlan¹, DONG Xuexing^{1,2*}, ZHAO Weihong¹, OU Jiangtao¹, HE Feng¹

(1. Key Laboratory for Aquaculture and Ecology of Coastal Pool of Jiangsu Province, Department of Ocean Technology, Yancheng Institute of Technology, Yancheng 224051, China;

2. College of Fisheries and Life Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: The plankton in water under six cultural patterns of *Macrobrachium rosenbergii* was evaluated in an enclosure experiment. The cultural patterns included prawn monoculture group (MP), prawn with aquatic plant (*Lemna minor*, water-coverage 5%) group (PP), prawn with silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) group (PF), prawn with mussel (*Anodonta woodiana*) and *H. molitrix* group (PMF), prawn with mussel and aquatic plant group (PMP), prawn with *A. woodiana*, *L. minor* and *H. molitrix* group (PMPF). Four replicates of each treatment were set up in this study. After 64 days of culturing, the phytoplankton and zooplankton (Rotifera, Cladocera and Copepods) in water of each cultural pattern were evaluated. The results showed that there were four common phytoplankton dominant species in all cultural patterns. However, the most dominant phytoplankton species was different. The most phytoplankton dominant species were *Dinobryon* in MP group, and *Oscillatoria minima* in culturing *L. minor* groups (PP and PMP), and *Synedra* sp. in *H. molitrix* polyculture groups (PF, PMF and PMPF). There were no common dominant species of zooplankton in six cultural patterns. The density of phytoplankton in the PF group was the highest, and it was higher than that of MP, PP and PMP by 78%, 53% and 61%, respectively. In contrast, the density of zooplankton was the highest in MP, and that of PF group was the lowest. The density of zooplankton in *H. molitrix* polyculture groups (PF, PMF and PMPF) was significantly lower than that of other three groups. The results showed that the stocking *H. molitrix* in *M. rosenbergii* pond can increase the density of phytoplankton and reduce the density of zooplankton. Both *L. minor* and *H. molitrix* could affect dominant species in pond.

Key words: *Macrobrachium rosenbergii*; *Hypophthalmichthys molitrix*; *Anodonta woodiana*; *Lemna minor*; cultural patterns; plankton

Corresponding author: DONG Xuexing. E-mail: dxx@ycit.cn

Funding projects: Special-funds Project for North Area of Jiangsu Province (BN2016127); Agricultural Science and Technology Guidance Project of Yancheng, China (YKN2014002)