

文章编号: 1000-0615(2000)03-0240-07

对虾池的放养密度对浮游生物群落的影响

卢 静, 李德尚, 董双林
(青岛海洋大学水产学院, 山东 青岛 266003)

摘要:于1998年7~9月在山东海阳养虾场运用陆基围隔实验生态学方法,研究了对虾与罗非鱼在五种放养密度下浮游生物群落的变动情况。结果表明:可能浮游动物的摄食对浮游植物产生影响,二者数量的消长在大多数围隔都呈负相关;纤毛虫的数量与浮游植物的总生物量呈负相关;随着养殖密度的增加,浮游植物生物量减少,而浮游动物却有所增加,前者的优势类群由硅藻变为甲藻、蓝藻和隐藻,后者的种类组成中镖水蚤数量减少而剑水蚤、无节幼体、轮虫和原生动物等小型种类有所增加;纤毛虫在高密度围隔中大量繁殖,说明水质已逐渐恶化。

关键词:对虾池;浮游生物;放养密度;陆基围隔

中图分类号: S968.22 文献标识码: A

The impact of stocking density on plankton community in shrimp pond

LU Jing, LI De shang, DONG Shuang lin
(College of Fisheries, Ocean University of Qingdao, Qingdao 266003, China)

Abstract: This paper deals with the variations of plankton communities in enclosures in which shrimp and tilapia were stocked in five densities: $2.8 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$, $5.6 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$, $8.4 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$, $11.2 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$, $14.0 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$. The study was conducted in a shrimp farming pond from July to September, 1998 with the enclosure-experimental method. The following results were obtained: (1) Because zooplankton feed on phytoplankton, their quantities were in negative correlation in the most enclosures; (2) The total biomass of ciliates showed no significant correlation with the biomass of zooplankton, but showed negative correlation with the biomass of phytoplankton; (3) The biomass of phytoplankton was decreased and the saprophyllous forms of *Pyrrrophyta*, *Cryptophyta*, *Cyanophyta* instead of *Bacillariophyta* and *Chrysophyta* became dominant group in the enclosures with higher shrimp, but zooplankton's biomass was increased, supported by the smaller ones; (4) Ciliates breed abundantly in higher stocking enclosure, which showed the quality of water becoming bad.

Key words: shrimp pond; plankton; stocking density; land-based enclosure

近些年我国养虾业发展迅速,但是许多人受暂时和局部的利益所驱使,进行超负荷养殖,这不但使近海水域受到严重污染,而且造成虾病蔓延。如何把握好养殖密度是摆在我们养殖工作者面前的新课题。浮游生物作为虾池生态系统重要的组成部分,既对虾池水质调节起着不可忽视的作用,又是水质好坏的指标。本文采用陆基围隔实验法研究了养殖中、后期五种养殖密度下,浮游生物群落的变动情况并

收稿日期: 1999-06-07

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(39430150); 国家“九五”攻关专题(96-922-02-02)

作者简介: 卢静(1975-),女,硕士,现在农业部全国水产技术推广总站工作。Tel: 010-64195072, E-mail: aquaacc@agri.gov.cn

对合理的养殖密度做了初步的探讨。

1 材料与方法

1.1 围隔构造

以高密度两面涂塑的聚乙烯稀织布作为围隔幔, 架设于虾池中, 长、宽都为 5m, 高为 2.2m(其中 40cm 埋于地下)。围隔幔相对两边上、下分别设 1m 长的垂直尼龙拉链, 用以进排水。围隔中央设一搅水机, 以模拟池塘水的自然涡动与混合。围隔内实行封闭式养殖, 仅适时补充蒸发和渗漏的水份。

1.2 实验设计

本研究结合封闭式综合养殖和养殖容量的研究同时进行。共分为五个处理, 每个处理两个重复, 共计 10 个围隔。五个处理的养殖密度见表 1。

表 1 各处理对虾和罗非鱼的养殖密度(尾/围隔)

Tab. 1 The culture density of penaeid shrimp and tilapia of each standard(ind/enclosure)

处理	I	II	III	IV	V
对虾	70	140	210	280	350
罗非鱼	1	2	3	4	5

1.3 测定项目及方法

实验时间为 1998 年 7 月 26 日~ 9 月 15 日。每 10d 用 5L 的有机玻璃采水器采一次中层水样。浮游植物和小型浮游动物的测定方法是: 采水 1.00L, 以 10% 的 Logul 溶液固定, 在室内静置 24h 后, 浓缩、定容至 30mL, 取 0.10 mL 用计数框视野计数法在 400× 显微镜下计数小型浮游植物, 用全片计数法在 100× 显微镜下计数大型浮游植物和小型浮游动物。大型浮游动物是用 350 目的浮游生物网过滤 10L 水样, 以 4% 甲醛溶液固定, 在室内静置 24h 后浓缩、定容至 40mL, 取 1.00 mL 用计数框全片计数法在 100× 显微镜下计数。计数中分别抽测优势种的体积, 密度以水的计算, 求出每升海水中浮游生物的生物量, 即生物量。

2 结果

2.1 浮游动物与浮游植物的数量变化

图 1 绘出了每次采样中浮游植物和浮游动物生物量的变化情况。从图 1 可以看出: 除了 III-2 围隔浮游动物和浮游植物的变动情况基本趋于一致, V-1 围隔浮游植物生物量极低, 浮游动物数量的变动几乎不受其影响外, 其余各围隔在每次采样中二者的生物量基本上呈负相关。当浮游植物数量处于高峰期时, 浮游动物一般位于低谷。而且前者生物量上升时, 后者往往表现出下降趋势。这一规律在养殖密度较低的围隔尤为明显。

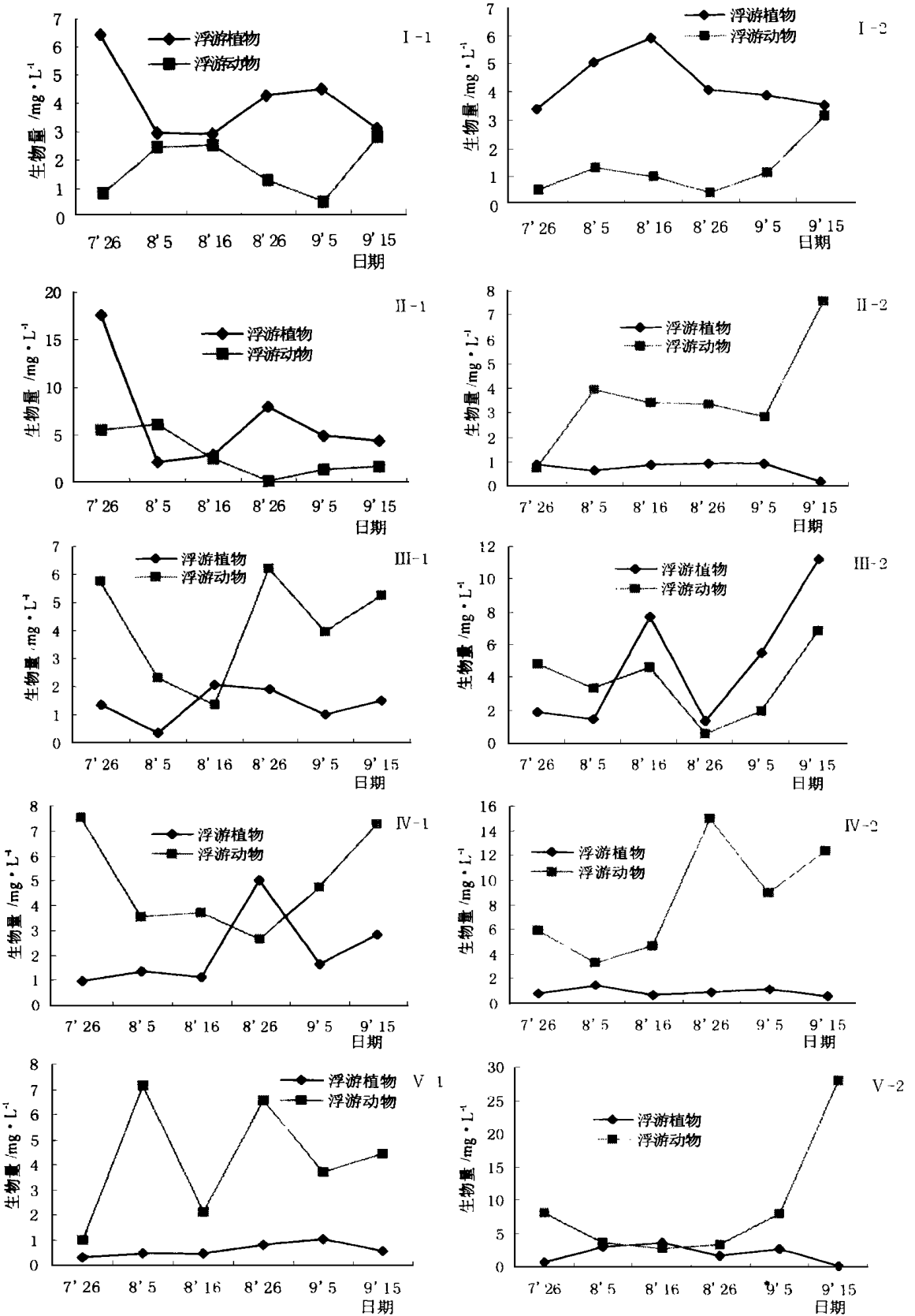


图1 各围隔浮游植物和浮游动物生物量的变化

Fig. 1. Variation of the biomass of phytoplankton and zooplankton in each enclosure.

2.2 不同养殖密度围隔浮游植物和浮游动物总生物量的比较

从图 2 显示的结果来看, 浮游植物与浮游动物的平均生物量之间也大致呈负相关。在浮游植物生物量较高的 I-1、I-2、II-1 和 III-2 围隔, 浮游动物数量都相对较少, 而且 IV-2 和 V-2 围隔的浮游动物生物量高出浮游植物几倍。除 III-2 围隔浮游植物与浮游动物的生物量几乎相当外, 其它围隔二者相差都较大。低容量的围隔浮游植物占优势, 随着养殖密度的增大, 情况逐渐向相反的方向发展, 在 IV、V 水平的围隔中浮游动物则占了绝对优势。

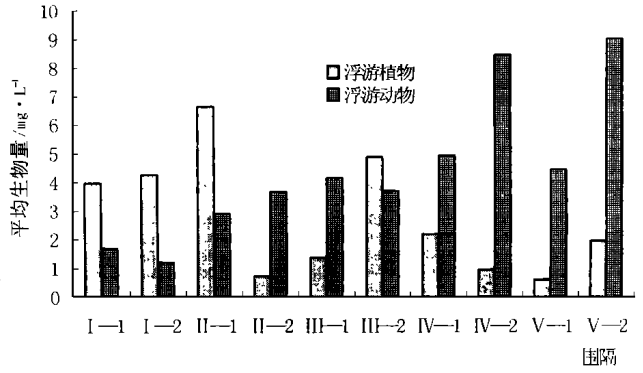


图 2 实验期间各围隔浮游植物和浮游动物的平均生物量

Fig. 2 The mean biomass of phytoplankton and zooplankton in each enclosure

2.3 不同养殖密度的围隔中浮游植物的优势类群

表 2 各围隔浮游植物的优势类群及其占浮游植物总生物量的百分比

Tab. 2 The dominant group of phytoplankton and its percentage in each enclosure

水 平	I		II		III		IV		V	
1 号围隔	舟形藻 25.6%	金藻 21.4%	角毛藻 39.9%	蓝球藻 27.8%	舟形藻 30.8%	蓝球藻 19.0%	裸甲藻 30.3%	隐藻 16.6%	蓝球藻 53.8%	金藻 34.8%
2 号围隔	小环藻 40.9%	小球藻 32.6%	蓝球藻 44.9%	舟形藻 23.2%	小环藻 54.4%	裸甲藻 19.2%	裸甲藻 26.1%	隐藻 20.4%	裸甲藻 51.6%	衣藻 13.0%

从表 2 可以看出, 低密度养殖围隔的浮游植物以硅藻为主, 其中舟形藻属 (*Navicula*) 和小环藻 (*Cydotella*) 在生物量上占优势, 其次分别为蓝藻、绿藻、金藻和甲藻。IV、V 水平的围隔以裸甲藻属 (*Gymnodinium*)、蓝球藻属 (*Chroococcus*) 和隐藻属 (*Cryptomonas*) 为主, 尤其是第 V 水平的围隔中, 蓝球藻和裸甲藻的生物量均占该围隔浮游植物总生物量的一半以上。

2.4 不同养殖密度围隔浮游动物的种类组成

研究期间, 随养殖密度的增加, 浮游动物各组成种类占其总量的百分比也有较大变化, 具体情况见图 3。

从图 3 可以看出所有围隔中都是桡足类占大多数, 除 V 水平的围隔剑水蚤为优势类群外, 其它围隔中都是镖水蚤占优势。随着养殖密度的增加镖水蚤在浮游动物中所占的比例有所下降, 而剑水蚤却呈上升趋势。在浮游动物生物量远大于浮游植物的 II-2、III-1、IV-1、IV-2、V-1 和 V-2 围隔(图 2)中, 个体较小的种类: 剑水蚤、无节幼体、轮虫和原生动物占整个浮游动物总量的一半以上, 而其它围隔为个体较大的镖水蚤。

2.5 纤毛虫生物量与浮游动物、植物生物量之间的关系

纤毛虫常作为水质污染的指示生物, 它在虾池中数量的变化也倍受人们的关注, 表 3 列出了纤毛虫、浮游植物和浮游动物的生物量。

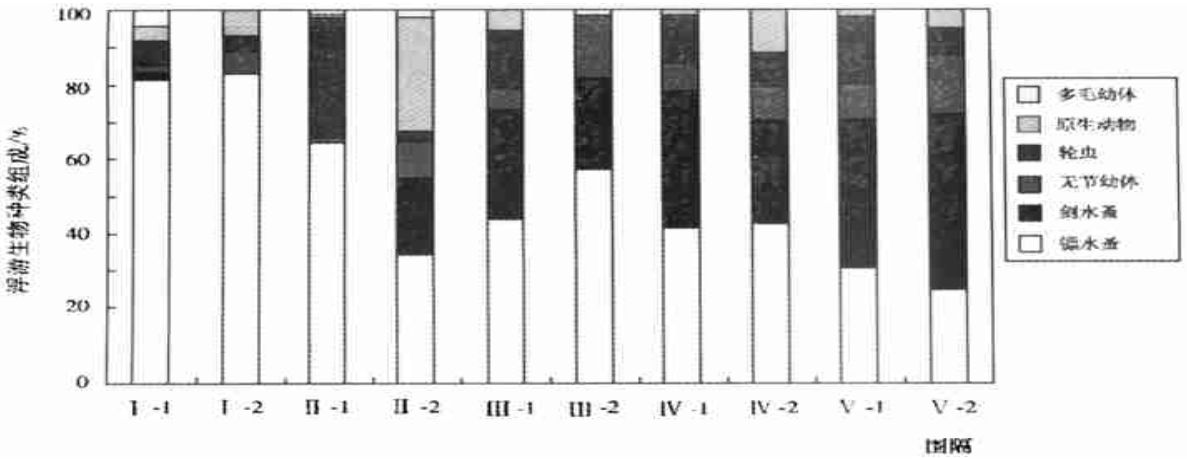


图3 实验期间各围隔浮游动物的种类组成

Fig. 3 Compositions of zooplankton in enclosures during the experiment

表3 六次采样中浮游动、植物和纤毛虫的总生物量

Tab. 3 The total biomasses of phytoplankton, zooplankton and ciliates at six samplings

围 隔	I - 1	I - 2	II - 1	II - 2	III - 1	III - 2	IV - 1	IV - 2	V - 1	V - 2
浮游植物生物量	23.76	25.52	39.80	4.39	8.17	29.24	12.99	5.63	2.99	11.71
浮游动物生物量	10.09	7.22	17.31	21.94	24.82	22.19	29.52	50.67	22.13	54.08
比 值	2.35	3.53	2.30	0.20	0.33	1.32	0.44	0.11	0.14	0.22
纤毛虫生物量	0.45	0.54	0.25	6.75	1.57	0.06	0.43	6.08	4.10	2.86

从表3可以看出, 纤毛虫的生物量与浮游动物总生物量之间无明显的相互关系, 但与浮游植物的总生物量基本上呈负相关。在浮游植物数量较低的V-1、II-2、IV-2、III-1和V-2围隔, 纤毛虫的生物量普遍较高。这一规律在浮游植物与浮游动物生物量比值一栏中也表现得较为明显。也就是说, 在浮游植物生物量占浮游生物总生物量比例较小的围隔中, 纤毛虫的数量较多。

3 讨论

3.1 浮游植物和浮游动物之间的消长关系

影响浮游植物生物量的因素是多方面的, 而滤食性动物的摄食是影响浮游植物生物量的重要因素之一。对图1的分析也看出在浮游植物的高峰期时, 浮游动物往往处于低谷。郑重引用Harvey的“摄食假说”(grazing hypothesis)来阐明二者数量和空间分布上的相反关系^[1]。依照这个假说, 这种相反关系是浮游动物摄食浮游植物的结果。陈济丁等提出浮游动物是生物操纵的关键因子之一, 而大型浮游动物则是最重要的、最可能压低浮游植物数量的因素^[2]。然而摄食关系并非是制约浮游植物消长的唯一因素。例如III-2和V-1两围隔中浮游动物生物量差别不大, 而浮游植物量却相差几倍, 这说明虾池的水质状况及浮游植物种类间的相互制约也起着重要作用。李文权和Eldani等都报道了有机污染严重的养殖水体, 藻类的光合作用和生物量都降低^[3,4]。当蓝球藻(*Chroococcus*)和裸甲藻(*Gymnodinium*)成为优势种时, 二者都能分泌毒素抑制其它藻类生长^[5,6]。这也是高密度围隔中浮游植物生物量较低的原因。同时, 图1显示在浮游植物生物量一直较低的IV-2、V-1围隔, 浮游动物却居高不下, 并以小型的剑水蚤、无节幼体、轮虫和原生动物为主。许多学者都证明了轮虫和原生动物以浮游细菌和有机碎屑为主要饵料^[7,8]。过去的研究也证明了大多数剑水蚤是肉食性的, 并且捕食活动能对其它种的桡足类种群动力学起显著作用^[9]。高养殖密度围隔由于投饵量较大, 因而腐质和细菌也较多, 这种较好的饵料条件促成了浮游动物的大量繁殖和高的生物量。

3.2 原生动物与虾池水质的关系

纤毛虫是一类耐污性较强的生物。目前, 已有许多原生动物纤毛虫的种类可作为环境污染的指示生物。在对佛罗里达州 20 个亚热带湖泊的年均富营养指数(TSI)值和纤毛虫丰度及生物量的相关研究也表明两者之间有显著的正相关性, 这主要是因为纤毛虫以细菌和有机碎屑为主要饵料, 而有机质丰富的水域为纤毛虫的生长和繁殖提供了足够的食物来源^[10]。这同我们的试验结果也是一致的, 纤毛虫一般在有机质含量较大的高密度养殖围隔中大量繁殖。这证明纤毛虫可以作为池水有机质含量和水质好坏的指标。肖华卿报道当纤毛虫达到 $10 \text{ 个} \cdot \text{mL}^{-1}$ 左右, 表明虾池有机物污染较重, 每日最低溶氧经常低于 $3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。当纤毛虫达到 $60 \text{ 个} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时, 白日出现对虾严重缺氧浮头现象^[11]。在本研究中, 纤毛虫生物量较大的围隔日平均溶解氧都在 $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以下, 而其它围隔平均在 $6 \sim 8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 之间。原生动物通过共栖或产生有毒的代谢废物对养殖生物造成危害, 在池塘管理中应着力于减少虾池有机污染, 从而防患于未然。

3.3 五种养殖密度下浮游生物群落特点的比较

3.3.1 浮游生物生物量的比较

前面已指出随着养殖密度的增大, 浮游植物生物量下降而浮游动物却明显上升。适当的浮游植物生物量对维持虾池中正常的溶氧、氨氮和 pH 值至关重要。我们每日对溶解氧的测定结果也表明, 溶解氧的日平均值由 I 水平的 $7.23 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 逐渐下降到 V 水平的 $3.81 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。姚宏禄报道浮游植物光合产氧常占高产鱼池溶解氧来源的 $80\% \sim 90\%$ ^[12]。浮游动物对浮游植物的摄食一方面可抑制虾池中的“水华”, 但当其数量过大时则限制了后者的发展, 其排泄物同时又加大了虾池的有机污染, 对浮游植物的繁殖更加不利。所以, 二者在数量上应处于一定范围内的平衡状态, 而在高密度养殖下, 人工增氧措施是非常必要的。

3.3.2 浮游生物种类组成的比较

前三个水平围隔中浮游植物的优势类群以硅藻为主, 而后两个水平的围隔中占优势的为裸甲藻、蓝球藻和隐藻。Davis^[13]认为封闭水体浮游植物的演替顺序是: 先硅藻, 后鞭毛藻, 最后是鞭毛藻中的甲藻占优势。从浮游动物的种类来看, IV、V 水平的围隔中剑水蚤、轮虫和原生动物等小型种类占优势, 由于它们的摄食使细菌到浮游动物, 浮游动物到浮游动物这两条食物链发展起来。浮游动物数量的增长就很难受浮游植物的控制, 造成二者发展的不平衡。

3.3.3 适宜的养殖密度

适宜的养殖密度能保证物质循环和能量流动处于良性状态。从前面的结果看, 密度过大的围隔生物和水质状况都不利于对虾生长, 加上有机污染严重, 从而为致病微生物大量繁殖提供了条件, 故易发生病害。比较实验中五个水平围隔的总体情况, 从水质条件看前三个水平较为理想, 在考虑经济效益的情况下, 则第三个水平的养殖密度最为适宜, 即 $8.4 \text{ 尾} \cdot \text{m}^{-2}$ 。养殖密度是否适宜还与养殖管理水平有关, 在本研究所采取的管理水平下, 该密度应该说是生态效益和经济效益的最适结合点。

参考文献:

- [1] 郑 重. 浮游生物学概论[M]. 北京: 科学出版社, 1964. 211~ 212.
- [2] 陈济丁, 任久长, 蔡晓明. 利用大型浮游动物控制浮游植物过量生长的研究[J]. 北京大学学报(自然科学版), 1995, 31(3): 373~ 381
- [3] 李文权, 郑爱榕, 李淑英. 海水养殖与生态环境关系的研究 I 无机氮对浮游生物生长的影响[J]. 热带海洋, 1993, 12(3): 46~ 51.
- [4] Eldani A, Primavera J H. Effect of different stocking combinations on growth, production and survival of milkfish (*Chanos chanos* Fouskål) and prawn (*Penaeus monodon* Fabricius) in polyculture in brackishwater ponds[J]. Aquac, 1981, 23: 59~ 72
- [5] 林 昱, 唐森铭, 庄栋法等. 海洋围隔生态系中无机氮对浮游植物演替的影响[J]. 生态学报, 1994, 14(3): 322~ 326.
- [6] Smith D W. Biological control of excessive phytoplankton growth and enhancement of aquacultural production[J]. Can J Fish Aquat Sci, 1985,

42: 1940~ 1945.

- [7] 李纯厚, 林婉莲. 武汉东湖浮游动物对浮游细菌的牧食力研究[J]. 生态学报, 1995, 15 (2): 142~ 174.
- [8] 宋微波, 王梅. 海水养殖水体中的病害纤毛虫[J]. 海洋科学, 1993, (4): 41~ 46.
- [9] 杨宇峰, 杨家新, 黄祥飞. 邻近剑水蚤对浮游动物的摄食[J]. 水生生物学报, 1998, 22 (1): 71~ 78.
- [10] Beaver J R, Crisman T L. The trophic response of ciliated protozoans in freshwater lakes[J]. Limnol Oceanogr, 1982, 27 (2): 246~ 253.
- [11] 肖华卿. 对虾养殖池生态环境生物监控的初步研究[J]. 海洋科学, 1994, (4): 3~ 5.
- [12] 姚宏禄. 综合养鱼高产池塘的溶氧变化周期[J]. 水生生物学报, 1988, 12 (3): 199~ 211.
- [13] Davis C O. The importance understanding phytoplankton life strategies in the design of enclosure experiments[M]. Marine Mesocosms, Springer Verlag, 1982. 332~ 340.

《水产学报》对稿件编辑出版的要求 (2000年6月修订)

1. 论文稿书写的顺序: 中文题名, 作者署名, 作者单位(写至二级)及所在省、市和邮编, 中文摘要(200字左右), 关键词(3~ 8个), 中图分类号, 英文题名, 作者署名, 作者单位(写至二级)及所在市、邮编, 所在国、**Abstract** (与中文摘要相对应, 不超过250个实词), **Key words** (与中文关键词相对应, 研究对象的词应排列在前), 正文, 参考文献。首页脚注处请注明: ①收稿日期; ②基金项目: 资助者(编号), 并附立项或得奖批文的复印件。③作者简介: 姓名(出生年-), 性别(民族——汉族可省略), 籍贯, 职称, 学位, 研究方向。稿件联系人另注明联系地址、邮编、电话、电子信箱。
2. 插图和照片: 要清晰, 插图或图版中的照片编号用软铅笔写在各自的反面。表力求简明, 其内容勿与图及文字表述重复。图、表不单列, 在文稿的相应页面内均应留有适当部位并写明图题, 其题目及图表内各项均须汉英对照。
3. 作者姓名: 汉语拼音或英译采用 WANG Geng-xing (王更兴) 拼写法。
4. 参考文献: 只列确引的、最主要的、国内外公开发表的文献(待刊稿等确需列出者, 标注在当页地脚处, 并以①、②、③连续编号)。每条文献中, 作者姓名不超过三人者, 全部照录; 超过者, 则第三人之后从略, 加“等”或“et al.”之类的相应文种的外文缩写。“参考文献:”列于正文后, 独占一行。所列文献一律采用标准化的顺序编码制, 即把序号置于方括号内, 并视引文的具体情况将序号作为上角标, 或作为引文中的组成部分。每条文献应按类型注明其标识, 参考文献类型及标识:

参考文献类型	期刊文章	专著	论文集	学位论文	报告	报纸文章	标准	专利
文献类型标识	J	M	C	D	R	N	S	P

对于专著、论文集集中的析出文献, 其文献类型标识建议采用单字母“ A”; 对于其他未说明的文献, 建议采用单字母“ Z”。

5. 文后参考文献表编排格式:

- a. 期刊文章

[序号] 主要责任者. 文献题名[J]. 刊名, 年, 卷(期): 起止页码.

- b. 专著、论文集、学位论文、报告

[序号] 主要责任者. 文献题名[文献类型标识]. 出版地: 出版者, 出版年. 起止页码.

- c. 论文集集中的析出文献

[序号] 析出文献主要责任者. 析出文献题名[A]. 原文献主要责任者. 原文献题名[C]. 出版地: 出版者, 出版年.

- d. 报纸文章

[序号] 主要责任者. 文献题名[N]. 报纸名, 出版日期(版次).

- e. 国际、国家标准

[序号] 标准编号, 标准名称[S].

- f. 专利

[序号] 专利所有者. 专利题名[P]. 专利国别: 专利号, 出版日期.