

中国对虾与罗非鱼施肥混养的基础研究*

杨红生** 李德尚 董双林 王克行
(青岛海洋大学, 266003)

摘要 用4个海水池塘陆基围隔(5m×5m),进行了封闭式施肥混养中国对虾(*Penaeus chinensis*)与台湾红罗非鱼(*Oreochromis mossambicus*×*O. niloticus*)的基础研究。结果表明,在不同密度条件下,对虾成活率45.0%~86.7%(平均66.2%),产量为75.7~111.8 kg/hm²(57 d),生产力为0.19/m²·d。池塘对中国对虾的负荷力为170.0 kg/hm²。其中某些围隔对虾死亡较多的原因是负荷量超过了负荷力,发生饵料缺乏和自残。在限定罗非鱼放养量(8×10³尾/hm²)的条件下,鱼虾最适放养尾数配比为1:3,中国对虾(体长5.55 cm)的最适放养量为24×10³尾/hm²左右。

关键词 中国对虾,红罗非鱼,海水池塘,施肥,鱼虾混养,生产力,负荷力

混养是我国淡水池塘养鱼重要特点之一,也是提高产量、减污防病、提高物质利用率的重要措施。随着世界性虾病的蔓延,海水池塘鱼虾混养的研究逐渐引起各国学者的重视。近年来,各国养殖专家对施肥养虾有着浓厚的兴趣,研究对象主要是斑节对虾(*Penaeus monodon*)、南美白对虾(*P. vannamei*)和淡水养殖罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)。我国前一阶段的对虾池塘养殖多在养殖初期施肥培养基础饵料,而完全采用施肥养成中国对虾(*P. chinensis*)的研究,尚未见报道,本研究采用围隔实验法,探索了封闭式施肥鱼虾混养的最适搭配、最适放养量、生产力及负荷力。

1 材料与方法

实验于1995年在山东省烟台市黄海水产集团公司第二养虾场进行。

1.1 实验池塘、围隔及实验材料

实验池塘及围隔的条件和结构以及台湾红罗非鱼(*O. mossambicus*×*O. niloticus*)的来源等皆同文献[1]。实验用中国对虾取自黄海水产集团公司二场20号虾池。

1.2 实验设计与管理

4个围隔分别放养中国对虾(12、24、36和48)×10³尾/hm²,而台湾红罗非鱼4个围隔

收稿日期:1997-01-23

* 本研究是国家攀登计划B:PD-B6-7-3专题“对虾池生态系及其结构与功能的优化”及国家自然科学基金重点项目(39430102号)“对虾池综合养殖生态系优化结构的研究”的部分成果。

** 杨红生现为中国科学院海洋研究所博士后。

均放养同一密度 8×10^3 尾/ hm^2 。罗非鱼用浮式网箱养殖。每次施肥的基准为:施鸡粪时 $25 \text{ kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{d}$, 施化肥时氮肥 $0.15 \text{ mg}/\text{g}$ (N) 和磷肥 $0.015 \text{ mg}/\text{l}$ (P)。原则上每日施肥 1 次, 根据透明度实测值调整实际施肥量, 尽量保持 4 个围隔透明度在 $40 \sim 60 \text{ cm}$ 范围内。据限制性营养盐测定结果调整施肥的 N:P 比。搅水机每日开机 2 次 ($4:00 \sim 5:00$, $14:00 \sim 15:00$), 每次开机 30 min, 实验期间不换水, 仅补充蒸发和渗漏的水量。

1.3 鱼虾生长检查

每 10~15 d 检查 1 次鱼虾生长情况。对虾采用诱捕法随机抽样测定, 罗非鱼全部测定, 并计算瞬时体长增长率和瞬时增重率。

1.4 生产力和负荷力的判断

以 4 个围隔中的最大对虾日产量代表池塘的对虾生产力, 以瞬时增重率接近零时的最大负荷量作为池塘的对虾负荷力^[4]。

1.5 氮、磷利用率及养殖效益指标的计算方法

为了对养殖效果进行评判, 本文使用了氮、磷的绝对利用率、相对利用率、“综合效益指标”、“相对综合效益指标”和“鱼虾总综合效益指标”。其中前几项的求法见文献[1], 最后一项的求法为:

“鱼虾总综合效益指标” = (鱼的“相对综合效益指标” + $a \times$ 虾的“相对综合效益指标”) / ($a + 1$), 其中 a = 虾价格/鱼价格, 本文暂定 $a = 5$ 。

2 结果与分析

中国对虾于 1995 年 7 月 20 日放养, 台湾红罗非鱼于 7 月 28 日放养, 实验于 9 月 15 日结束, 虾历时 57 d, 鱼历时 49 d, 实验期间水温 $19.7 \sim 31.9^\circ\text{C}$, 盐度 $30.0 \sim 35.5$ 。

2.1 鱼虾的产量及对虾的生产力

4 个围隔中鱼虾的成活率, 净产量, 平均日产量及负荷量见表 1、2。中国对虾的成活率与密度呈负相关 ($r = -0.9902$); 日产量 $0.19 \text{ g}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 可代表封闭式施肥鱼虾混养模式中中国对虾的生产力。台湾红罗非鱼的成活率高达 100%; 净产量与对虾的放养量呈负相关 ($r = -0.9702$), 日产量也与对虾放养密度呈负相关 ($r = -0.9694$)。

表 1 各围隔中国对虾的放养量及收获情况

Table 1 Informations of stocking and harvest of shrimp in the enclosures

围隔 Enclosures	放养 Stocking				收获 Harvest					
	尾数/ ($10^3 \text{ ind} \cdot \text{hm}^{-2}$)	体长/cm Body length	体重/ ($\text{g} \cdot \text{ind}^{-1}$) Body weight	重量/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) Total weight	成活率/% Survival rates	体长/cm Body length	体重/ ($\text{g} \cdot \text{ind}^{-1}$) Body weight	净产量/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) Net production	负荷量/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) Standing crop	日产量/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$) Daily production
	Numbers									
D ₁	12	5.55 ± 0.54	1.69 ± 0.49	20.28	86.7	9.58 ± 0.57	9.67 ± 1.16	80.29	100.59	0.14
D ₂	24	5.55 ± 0.54	1.69 ± 0.49	40.56	71.7	9.26 ± 0.78	8.86 ± 1.34	111.83	152.93	0.19
D ₃	36	5.55 ± 0.54	1.69 ± 0.49	60.84	53.3	8.98 ± 0.87	8.12 ± 1.46	98.31	169.15	0.17
D ₄	48	5.55 ± 0.54	1.69 ± 0.49	81.12	45.0	8.53 ± 1.02	7.26 ± 1.57	75.70	156.82	0.12

2.2 鱼虾的生长及对虾的负荷力

各围隔中中国对虾的生长测定结果见表 3。大约在养殖 30 d 后, 各围隔中对虾的生长

(体长和体重)速度明显变慢。生物饵料的减少可能是这一变化的主导因素。对虾最终平均体长和平均体重都与放养密度呈负相关($r = -0.9946$, $r = -0.9996$)。对虾在后期的瞬时增长(重)率都接近 0, D_2 , D_3 , D_4 3 围隔的对虾负荷量比较接近, 而以 D_3 为最高。由此可以判定, 封闭式施肥鱼虾混养模式中池塘对对虾的负荷力为 169.15 kg/hm^2 。

定期测定台湾红罗非鱼生长的结果见表 4。可以看出, 罗非鱼的生长大约在养殖开始后 20d 左右最快, 然后逐渐减慢。生长速度的减慢可能既受生长速度与规格负相关这种一般规律的支配, 也与鱼虾负荷量的增大有关。

表 2 各围隔台湾红罗非鱼的放养及收获情况

Table 2 Stocking and harvest of Taiwan red tilapia in the enclosures

围隔号 Number of enclosures	放养 Stocking				收获 Harvest			
	尾数/ (10^3 ind hm^{-2}) Numbers	体长/ ($\text{g} \cdot \text{ind}^{-1}$) Size of fish	重量/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) Total weight	规格/ ($\text{g} \cdot \text{ind}^{-1}$) Size of fish	成活率/ % Survival rates	总产量/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) Gross production	净产量/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) Net production	日产量/ ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$) Daily production
D_1	8	113.2 ± 11.2	905.6	138.5 ± 42.6	100	1108.0	202.4	0.41
D_2	8	81.3 ± 12.7	650.4	103.5 ± 40.6	100	828.0	177.6	0.36
D_3	8	88.9 ± 13.1	711.2	109.9 ± 58.2	100	879.2	168.0	0.34
D_4	8	89.7 ± 11.6	717.6	109.4 ± 40.5	100	875.2	157.6	0.32

表 3 各围隔中国对虾的瞬时增重率

Table 3 The instantaneous weight - growth rate (IGRw) of shrimp in the enclosures

时间 Sampling time	D_1	D_2	D_3	D_4
1995-08-02	6.02	5.45	5.16	5.00
1995-08-12	5.46	5.65	5.16	4.72
1995-08-22	3.13	3.00	2.63	2.71
1995-09-01	1.49	1.31	1.57	1.03
1995-09-15	0.19	0.05	0.09	0.07

表 4 各围隔中罗非鱼的生长情况(观测体重, $X \pm S(g)$ 及瞬时增重率 $R_{IG}(W)$)Table 4 The growth (measured body weight and instantaneous weight - growth rate, $R_{IG}(W)$) of Taiwan red tilapia in the different enclosures

时间 Sampling time	D_1		D_2		D_3		D_4	
	体重 Body weight $X \pm s(g)$	$R_{IG}(W)$	体重 Body weight $X \pm s(g)$	$R_{IG}(W)$	体重 Body weight $X \pm s(g)$	$R_{IG}(W)$	体重 Body weight $X \pm s(g)$	$R_{IG}(W)$
1995-07-28	113.2 ± 11.2		81.3 ± 12		88.9 ± 13.1		99.7 ± 11.6	
1995-08-10	120.7	0.49	85.5	0.39	95.4	0.54	96.4	0.55
1995-08-20	130.3	0.77	94.7	1.02	103.7	0.83	105.2	0.87
1995-08-30	136.0	0.43	100.8	0.62	108.5	0.45	108.7	0.33
1995-09-15	138.0 ± 42.6	0.11	103.5 ± 40.6	0.17	109.9 ± 58.2	0.08	109.4 ± 40.5	0.04

2.3 各围隔的施肥量及施入氮磷的绝对和相对利用率

实验期间, 共施鸡粪 87 次, 化肥 97 次。日均施肥量随对虾放养密度的增加而增大, 其中鸡粪用量为 $13.23 \sim 19.41 \text{ kg/hm}^2 \cdot \text{d}$, 尿素 $3.71 \sim 4.47 \text{ kg/hm}^2 \cdot \text{d}$, 磷酸二铵 $0.85 \sim 1.05 \text{ kg/hm}^2 \cdot \text{d}$ 。各围隔的氮磷用量及鱼虾对氮磷的绝对和相对利用率见表 5。整个实验期间各

围隔施入氮 136.59~169.04 kg/hm²、磷 17.54~22.82 kg/hm², 施入氮磷比为 7.41~7.79。鱼虾对氮的总绝对利用率为 4.47%~6.69%, 对磷的总绝对利用率为 1.83%~2.96%, 均以 D₁ 最高。鱼虾对氮的总相对利用率以 D₂ 最高; 对磷的总相对利用率以 D₁ 和 D₂ 较高。

表 5 各围隔鱼虾对施入氮、磷的利用率

Table 5 Utilization ratio of N and P by fish and shrimp in different enclosures

围隔号 Numbers of enclosures	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
施入氮总量/kg·hm ⁻² Quantities of applied N	136.59	146.08	157.15	169.04
施入磷总量/kg·hm ⁻² Quantities of applied P	17.54	19.46	21.03	22.82
实际施入 N:P 比 Applied N:P ratios	7.79	7.70	7.47	7.41
鱼虾对 N 的总绝对利用率 Total utilization ratio of N by fish and shrimp	6.69	6.43	5.49	4.47
鱼虾对 N 的总相对利用率 Total relative utilization ratio of N by fish and shrimp	1.12	1.15	0.97	0.77
鱼虾对 P 的总绝对利用率 Total utilization ratio of P by fish and shrimp	2.96	2.66	2.28	1.83
鱼虾对 P 的总相对利用率 Total relative utilization ratio of P by fish and shrimp	1.15	1.15	0.97	0.74

2.4 对虾的最适搭配及最适放养量

对虾的最适搭配及最适放养量均根据鱼虾总综合效益指标评判, 计算结果见表 6。其中, D₂ 的“鱼虾总综合效益指标”最高(1.14)。因此可初步认为, 在限定的罗非鱼放养量(8 × 10³ 尾/hm²)条件下, 鱼虾最适放养尾数配比以 1:3 较为合理, 中国对虾(体长 5.55 cm)的最适放养量以 24 × 10³ 尾/hm² 左右为宜。

表 6 各围隔养殖效果的评比

Table 6 Assessment of production efficiency in the different enclosures

围隔号 Numbers of enclosures	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
鱼的综合效果指标 Synthetic index of fish	32.98	26.65	25.61	23.78
鱼的相对综合效果指标 Relative synthetic index of fish	1.20	0.98	0.93	0.87
虾的综合效果指标 Synthetic index of shrimp	9.13	10.74	9.37	7.34
虾的相对综合效果指标 Relative synthetic index of shrimp	1.00	1.17	1.02	0.80
鱼虾总效果指标 Total synthetic index of fish and shrimp	1.03	1.14	1.01	0.81

3 讨论

3.1 关于施肥养虾的产量

由于养殖对虾种类及所施肥料的不同, 以往报道的产量也不一。Rubright 等^[6]报道施肥、投饵和投饵辅助施化肥养殖红额角对虾(*P. stylirostris*)的产量, 结果表明施化肥的产量为投饵的一半。Subosa 和 Bautista^[7]采用有机肥和无机肥混施养殖斑节对虾的毛产量为 62.9~96.01 kg/hm², 而采用每 hm² 施 1 t 鸡粪, 再辅施无机肥养殖 180 d 的毛产量在 170.0~218.9 kg/hm²。本实验对虾仅养殖 57 d 的毛产量约合 100.59~169.15 kg/hm², 介于 Subosa 和 Bautista 所得产量之间。本实验养殖期短很多, 又为封闭式养殖, 不换水, 也未提前培养基础饵料, 所以产量稍低一些是可以理解的。

3.2 关于施肥养虾的负荷力

我国多在养殖前期采用施肥培养基础饵料, 对虾长到 5~6 cm 就开始投喂鲜活饵料和配合饲料, 施肥单养对虾或以对虾为主的混养研究, 尚未见报道。为预防对虾暴发病的流行, 全国对虾养殖专家顾问组强调前期施肥与中后期投饵相结合的养殖方式。张金城^[2]认

为仅靠培养天然饵料就可使对虾生长到 5~6cm。若按每 hm^2 75×10^3 尾计算, 负荷量约为 $210\text{kg}/\text{hm}^2$ 。本实验所得施肥养虾的承载力为 $170\text{kg}/\text{hm}^2$ 。由于本实验是以虾为主的鱼虾混养, 而且是封闭式, 不换水, 也未提前培养天然饵料, 故池塘对虾的负荷力有所降低。

3.3 关于鱼虾对施入氮、磷的利用率

施肥养虾中对虾对氮、磷的利用率尚未见报道。Hopkins 等^[5]研究集约化养虾的氮收支结果表明, 对虾对饲料中氮的利用率仅为 5.86%~6.47%, 而 Briggs 等人^[3]报道对虾对饲料中氮、磷的利用率分别为 24.0% 和 13.0%, 本实验施肥混养鱼虾对氮、磷的总利用率分别为 6.69% 和 2.96%, 与 Hopkins 的结果较为接近。

参 考 文 献

- [1] 杨红生等. 静水海水池塘投饵养罗非鱼的鱼产力和负荷力. 水产学报, 1997, 21(2): 158~164
- [2] 张金城. 一九九四年我国对虾养殖病害防治对策. 中国水产, 1994, 2: 5~6
- [3] Briggs M, S Funge-Smith. Shrimp farm environmental quality - Its relationship to sustainability. Aquaculture News, 1994, February
- [4] Gonzales-Corre K. Polyculture of the tiger shrimp (*Penaeus monodon*) with Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in brackishwater fishponds. In: R S V Pullin, T Bhukaswan, K Tonguthai, J L Maclean (eds). The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceeding 15, Manila, Philippines. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and International Center for Living Aquatic Management, 1988. 15~20, 623p
- [5] Hopkins J S, et al. Effect of water exchange rate on production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budgets of intensive shrimp ponds. J World Aquat Soc, 1993, 24(3): 304~320
- [6] Rubright J S, et al. Responses of planktonic and benthic communities to fertilizer and feed applications in shrimp mariculture ponds. J World Maricul Soc, 1981, 12: 181~199
- [7] Subosa R R, M N Bautista. Yield of *Penaeus monodon* Fabricius in brackishwater ponds given different fertilizer combinations. Aquaculture, 1991, 94: 39~48

Basic studies on polyculture of Chinese shrimp and Taiwan red tilapia in fertilized seawater ponds

Yang Hongsheng Li Deshang, Dong Shuanglin Wang Kexing
(Ocean University of Qingdao, Qingdao 266003)

Abstract 4 land-based experimental enclosures (each $5\text{m} \times 5\text{m}$ in size) set in a seawater pond were used. Chinese shrimps (*Penaeus chinensis*), and Taiwan red tilapia (*Oreochromis mossambicus* $\times$ *O. niloticus*) with 4 density ratios were stocked in each enclosure separately. The survival rates of shrimp were 45.0%~86.7%, depending on stocking densities. And the yields of shrimp were $75.7 \sim 111.8\text{kg}/\text{hm}^2$ (57d). The productivity of shrimp was $0.19\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ and the carrying capacity of the pond for shrimps was $170.0\text{kg}/\text{hm}^2$. The chief reason for the higher mortality in certain enclosures was that the standing crop was so high that it was beyond the carrying capacity, so the food supply was poor and the shrimps suffered from a cannibalism. The optimum density ratio of fish to shrimp was 1:3 (by number) when the fish stocking density was $8 \times 10^3\text{fish}/\text{hm}^2$ and the optimum shrimp stocking density was $24 \times 10^3\text{shrimp}/\text{hm}^2$ in the fertilized ponds.

Key words *Penaeus chinensis*, *Oreochromis mossambicus* $\times$ *O. niloticus*, Seawater ponds, Fertilization, Fish-shrimp-polyculture, Productivity, Carrying capacity