

# 静水海水池塘投饵养殖非鲫的鱼产力和负荷力

杨红生 李德尚 徐 宁

(青岛海洋大学水产学院, 266003)

**摘 要** 用 8 个 3 m×8 m 的实验围隔,研究了静水海水池塘对投饵养殖台湾红非鲫 (*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*) 的鱼产力和负荷力。放养量为 0.67、1.00、1.33、1.67 尾/m<sup>2</sup> 四个水平。每日投喂颗粒饲料(粗蛋白为 32%) 4 次,投饵量以鱼体重的 3% 为基础,再根据鱼的摄食情况加以调整,以 1.5 h 内吃完为准。实验中监测了水体理化因子——水温(WT)、盐度(SAL)、透明度(SD)、pH、溶解氧(DO)、化学耗氧量(COD)、总磷(TP)、总氮(TN)、总氨氮(TAN)和非离子氨(UIA)的变化。当放养量较高的组水质超过水质标准,生态系趋于崩溃,即剩余组水质正常且能保持稳定时,则其中载鱼量最大的一组代表水体对鱼的负荷力。其投饵量代表水体对饵料的负荷力。实验表明静水海水池塘的鱼产力为 2.00 g/(m<sup>2</sup>·d),对鱼的负荷力为 2 150 kg/hm<sup>2</sup>,对饵料的负荷力为 48 kg/(hm<sup>2</sup>·d)。放养量以 10 000 尾/hm<sup>2</sup> 为宜。

**关键词** 海水池塘,投饵,负荷力,鱼产力,围隔,台湾红非鲫

近年来,养殖对养殖水体自身的污染及其对近海的污染逐渐引起人们的重视[王安利 1991,王诗成 1991,Pillay 1992]。主要污染源包括残饵、饵料的溶失和鱼虾贝的排泄物等。饵料中只有 15%~22% 的氮被同化,而 78%~85% 的氮残留在环境中;有 50% 的磷从养殖水体中流出。采用高密度、高投饵率和高换水率的我国对虾养殖业的污染物十分惊人。十分集中的对虾养殖场,也加剧了邻近海域的污染,尤其严重的是不少养殖区排出的污染海水又重新入池,不断循环。这可能是对虾暴发性流行病的主要起因。同时,有关海水池塘对投饵养鱼负荷力的研究尚未见有报道。因此,研究海水池塘对投饵养鱼虾贝的负荷力及其对饵料的负荷力,查明最适放养量和最适生产量,保持海水养殖的持续性,是养殖生态学急需解决的问题之一。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验池塘,实验鱼,围隔及网箱

实验在胜利石油管理局农工商总公司水产公司进行。池塘面积 1.6 hm<sup>2</sup>,水深 1.5 m。台湾红非鲫 (*O. mossambicus* × *O. niloticus*) 取自山东胶州市金州淡水水产良种场。实验前进行适应盐度驯化,从盐度 10 开始,每天可以提高 3~5,一周后可驯化到盐度 30。围隔以高密度涂塑聚乙烯编织布为围隔幔,以木桩和青竹为支架,架设于池塘中,每个围隔面积为 3 m×8 m,围隔幔超出水面 0.5 m,埋入池底 0.5 m,围隔间距 3 m。围隔中设置 0.7 m×0.7 m×1 m 浮式网箱,网目大小为 2.5 cm,鱼养在网箱中,便于检查和防逃。采用胜利石油管理局农工商总公司水产公司生产的台湾红非鲫颗粒饲料(粗蛋白为 32%),粒径为 2 mm。

## 1.2 实验设计

8个围隔,分为4组,每组2个重复,放养量为0.76、1.00、1.33、1.67尾/m<sup>2</sup>四个水平。在实验中跟踪监测各围隔组的水质变化,当放养量较高的组水质超过水质标准(表4,参考各种水质标准),生态系趋于崩溃,即剩余组水质正常且能保持稳定时,则其中载鱼量最大的一组代表水体对养鱼的负荷力[李德尚 1992]。其投饵量代表水体对投饵的负荷力,日产量最高的代表鱼产力。

## 1.3 实验管理

每日投饵4次(8:00、11:00、14:00和16:00),投饵量以鱼体重的3%为基础,再根据鱼的摄食情况加以调整,以1.5h内吃完为准。整个实验过程中,围隔中的水保持静水,不更换,亦不搅水充氧。

## 1.4 观测项目及方法

实验于1994年7月26日开始,9月12日结束,历时46天。观测项目有水温(WT)、盐度(SAL)、透明度(SD)、pH、溶解氧(DO)、化学耗氧量(COD)、总磷(TP)、总氮(TN)和总氨氮(TAN),前四项每天测定两次(5:00,17:00),其它各项每10天测定一次。非离子氨(UJA)根据Emersen[1975]公式算出,其它各项采用常规方法进行。

# 2 结果与分析

## 2.1 实验期间的水质变化

水温为20.5~32.2℃,盐度为25.0~29.4。

透明度(SD):实验末期10天各围隔的SD(下午5:00)的变动情况见表1。由于台湾红非鲫是杂食性鱼,既可摄食颗粒饲料,又可大量滤食浮游生物,因此,尽管投饵充足,台湾红非鲫仍会通过滤食影响围隔中水的SD。在生态系即将崩溃时,SD明显下降,甚至达到15cm。而正常组(1、2)的SD变动范围为40~60cm之间。

表1 实验末期10天各围隔组透明度(下午5:00)、pH和DO(上午5:00)的变化  
Table 1 SD(5:00pm), pH and DO(5:00am) measurements in the enclosures in last ten days

观测时间 (天)	透明度(cm)				pH				DO(mg/L)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
37	55	50	35	45	8.00	8.08	8.60	8.05	3.15	3.22	3.16	3.00
38	45	40	15	25	8.02	8.02	8.60	8.04	3.52	4.40	4.42	4.92
39	55	45	18	30	7.92	7.92	8.42	8.02	2.66	2.63	0.83	1.11
40	45	45	45	25	8.00	8.04	8.38	7.82	2.78	3.05	0.23	0.66
41	41	50	55	40	8.04	8.14	8.56	8.59	4.33	4.10	0.70	0.92
42	45	45	75	65	8.20	8.17	8.66	7.70	4.91	4.83	0.29	1.10
43	60	45	55	70	8.25	8.28	8.12	7.90	5.10	4.66	1.60	3.53
44	40	50	35	55	8.18	8.30	8.10	8.08	3.21	4.91	1.48	4.40
45	45	40	45	45	8.32	8.35	8.20	8.24	3.53	4.28	3.36	5.06
46	45	45	35	35	8.38	8.42	8.34	8.38	4.25	4.31	4.74	4.52

pH: 实验末期 10 天各围隔组的 pH(上午 5:00)的变动情况见表 1。3、4 两组的 pH 变动较大,分别为 8.06~8.60,7.7~8.58;而 1、2 两组变动较小,分别为 7.92~8.38,7.92~8.42。pH 的变化与水中 CO<sub>2</sub> 平衡系统的变动有关,可以肯定。pH 变动越大,光合作用和呼吸作用都越强。

溶解氧(DO): 实验前期,均高于 2.5 mg/L, 实验后期 10 天各围隔组 DO(上午 5:00)的变动情况见表 1。3、4 两组有数日清晨溶氧低于 2.5 mg/L,甚至低至 0.23 mg/L。这两组实验鱼均浮头数日,并有鱼死亡,而 1、2 两组 DO 均高于 2.5 mg/L。

总氮(TN)和总磷(TP): 各围隔组 TN 和 TP 的实测值见表 2,在整个实验中,各组 TN 都有下降的趋势,前期 TN 为 2.401~2.987 mg/L,后期 TN 为 1.914~1.937 mg/L, 3、4 两组高于 1、2 两组。在整个实验中,除了第 1 组外,其它各组的 TP 含量都有上升的趋势。实验结束时,正常组(1、2 组)TP 的含量为 21.44~79.92 μg/L,生态系崩溃组(3、4 组)的 TP 为 60.43~167.64 μg/L。在实验初期 N:P 较高,为 51.6~151.4,实验末期时 N:P 降低到 17.89~92.0。尽管目前对海水养殖的 N:P 为多少最为合理,尚未查清,但根据以往的研究结果,本实验的 N:P 较高,应为磷限制。这说明仅采用投饵方式养鱼的海水池塘应加施磷肥,才能满足浮游植物生长的需要。

表 2 实验中各围隔组总氮、总磷的含量(mg/L)及氮磷比

Table 2 Concentrations of TN(mg/L), TP(mg/L) and N:P ratios in different groups of enclosures

日期	1			2			3			3		
	TN	TP	N:P	TN	TP	N:P	TN	TP	N:P	TN	TP	N:P
08-03	2.635	0.051	51.6	2.432	0.016	151.4	3.203	0.023	139.3	2.990	0.202	149.5
08-13	3.261			2.838	0.023	123.4	2.828	0.051	55.6	2.881		
08-23	2.860	0.046	58.3	2.933	0.059	49.7	2.780	0.076	36.6	2.603	0.046	56.6
09-02	1.933	0.021	92.0	1.914	0.030	23.9	2.987	0.167	17.9	2.401	0.060	40.0
x	2.627	0.039		2.527	0.045		2.965	0.079		2.720	0.042	
(s)	(0.544)	(0.017)		(0.465)	(0.030)		(0.180)	(0.062)		(0.269)	(0.020)	

化学耗氧量(COD): 整个实验过程中,各围隔组的 COD 十分接近,范围在 4.65~6.83 之间(表 3),这说明池水有机质含量并不高。

亚硝态氮(NO<sub>2</sub>-N): 实验末期,3、4 两组亚硝态氮含量高于 1、2 两组。第 3 组含量最高,为 96.46 μg/L,已接近一般养殖中限定的亚硝态氮的含量(0.1 mg/L)(表 3)。

表 3 实验中各围隔组 COD、NO<sub>2</sub>-N 和 TAN 的含量

Table 3 Concentrations of COD, NO<sub>2</sub>-N and TAN in different groups of enclosures (mg/L)

日期	COD				NO <sub>2</sub> -N				TAN			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
08-03	5.98	5.42	5.91	5.46	6.09	2.56	4.14	3.84	10.06	16.66	24.78	30.10
08-13	5.49	4.63	4.90	5.12	2.79	15.90	8.38	5.22	8.08	18.62	12.18	13.98
08-23	5.64	5.94	5.85	5.94	6.94	5.21	11.62	4.62	10.25	10.15	13.20	11.06
09-03	6.65	6.15	6.83	6.23	9.00	15.10	96.66	48.16	1.15	7.71	61.60	49.14

总氮氮(TAN):1、2两组 TAN的含量在实验末期最低,为 1.148~7.714  $\mu\text{g/L}$ ,而 3、4 组的 TAN 含量在末期最高,为 49.14~61.61  $\mu\text{g/L}$ 。由于当时 pH 为 8.0~8.5,故非离子氨(UIA)远未达到鱼类的最大忍受浓度(0.1 mg/L)(表 3、4)。

## 2.2 鱼产力及负荷力的判断

实验结束时各围隔组指标性水质因素的实测极值与水质标准的限定值系统比较见表 4。不难看出,3、4 两组的水质实测极值超标,生态系崩溃,并发生死亡,而 1、2 两组水质实测值符合标准。

1、2 两围隔组的养鱼结果见表 5,为了评比养鱼效果最高的实验组,使用了养鱼效益综合指标(SI),该指标定义为:

$$SI = (Y_n \times \Delta W \times K)^{1/3}$$

式中, $Y$ —围隔净产量(g), $\Delta W$ —平均尾增重量(g), $K$ —饲料效率(%)。

将符合水质标准的 1、2 两组围隔进行综合评判(表 6),第 2 组的养鱼效益综合指标高于第 1 组。由此可见,静水海水池塘投饵养台湾红非鲫的鱼产力为 2.00  $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ,放养量以 10 000 尾/ $\text{hm}^2$  为宜。第 2 组的负载量也高于第 1 组,这表明静水海水池塘养鱼的负荷力为 2 150  $\text{kg}/\text{hm}^2$ 。由表 7 可以看出,静水海水池塘对饵料的负荷力为 48  $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{d})$ 。

表 4 各围隔组水质状况与水质标准的比较

Table 4 Comparisons of the extreme values of the water quality factors in the enclosure groups with the water quality standards

项 目	组 别				预定水质标准	超标组
	1	2	3	4		
pH	7.92~8.38	7.92~8.42	8.06~8.60	7.70~8.59	7.0~8.5	3、4
DO(mg/L)	2.66~5.01	2.63~4.91	0.23~6.42	0.66~5.92	>2.5	3、4
UIA( $\mu\text{g/L}$ )	0.11	0.79	11.37	3.58	<20	

表 5 各围隔组台湾红非鲫的放养及收获情况

Table 5 Body weight, survival and net production of red tilapia hybrid in different groups of enclosures

组别	放养规格 (g/ind.)	放养 尾数	放养量 (g)	收获规格 (g/ind.)	收获 尾数	成活率 (%)	收获量 (g)	净产量 (g)	增重 倍数	日产量 ( $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ )
1	165.6±20.4	16	2650	260.6±30.6	16	100	4170	1570	0.59	1.38
2	122.9±18.7	24	2950	245.7±29.1	21	87.5	5160	2210	0.75	2.00
3	120.6±18.4	32	3860	189.0±25.2	20	62.5	3780			
4	135.8±19.6	40	5430	202.6±26.4	25	62.5	5090			

表 6 最佳载鱼量围隔的评比

Table 6 Assessments of fish production efficiency in the enclosures groups with water quality up to the standards

组别	日产量( $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ )	围隔净产量(g)	平均尾增重(g)	饲料效率(%)	养鱼效益综合指标
1	1.37	1 520	95.0	28.9	161
2	2.00	2 210	100.3	21.6	169

表7 实验结束时各围隔的载鱼量和饲料消耗量

Table 7 The final standing crop of fish and the loading quantity of foodstuff

项目	1	2	3	4
载鱼量(kg/hm <sup>2</sup> )	1 738	2 150	1 575	2 121
饲料负载量(g)	3 595	5 317	4 773	4 830
每公顷负载量(kg/hm <sup>2</sup> )	1 498	2 215	1 968	2 001
每日每公顷负载量(kg/(hm <sup>2</sup> ·d))	33.2	48.2	43.2	43.5

### 3 讨论

本研究表明,静水海水池塘在没有搅水和换水的情况下,投饵养台湾红非鲫的鱼产力为 2.00 g/(m<sup>2</sup>·d),低于养于淡水中的鱼产力,与其它类似实验相比,也是较低的。实验表明,静水、高盐度(25.0~29.4)等因素都影响台湾红非鲫的生长。本实验查明,静水海水池塘投饵养台湾红非鲫对鱼的负荷力为 2 150 kg/hm<sup>2</sup>。Wellborn[1985]介绍美国池塘养斑点叉尾鲟(*Ictalurus punctatus*),在不使用增氧机的情况下最大鱼产量为 2 500~3 000 kg/hm<sup>2</sup>。李德尚等[1994]测得水库网箱养鱼负荷力为 3 000 kg/hm<sup>2</sup>。由此可见,本研究结果与类似研究相接近。由于围隔中的水为静水,故围隔底部缺氧,从而降低了其应有的承载力。此外,由于海水的溶解氧的饱和度比淡水低,因此,海水池塘的负荷力也相应的低于淡水池塘。水库的水深大于池塘,所以负荷力大于池塘,亦可理解。

实验表明,静水海水池塘对饵料的负荷力为 48 kg/(hm<sup>2</sup>·d)。整个实验期间饵料的最高用量为 2 115 kg/hm<sup>2</sup>(表 7)。就对虾养殖而言,如果饵料系数以 2.5 计,那么,封闭式养虾池塘的计算产量为 886 kg/hm<sup>2</sup>,目前我国半封闭式养虾的最高产量为 900 kg/hm<sup>2</sup>[王金山等 1994]。两个数字十分接近。如果考虑到围隔内水成停滞状态,条件不如池塘,则可推断产量尚有较大潜力。

本工作中卢敬让博士、张鸿雁硕士给予了很大帮助,特此致谢。本研究是国家自然科学基金重点项目(39430102)“对虾池综合养殖生态系优化结构的研究”和国家攀登计划 B:PD-B6-7-3 专题“对虾池生态系及其结构与功能的优化”及鲁科计(93)项目第 42 号“海水池塘无污染综合养殖的研究”的部分成果。杨红生现为中国科学院海洋研究所博士后。

### 参 考 文 献

- 王安利. 1991. 对虾养殖, 陆源污染与赤潮灾害. 海洋与海岸带开发, (4): 43~44.
- 王金山. 1994. 半封闭养虾技术研究. 齐鲁渔业, 11(3): 13~15.
- 王诗成. 1991. 渤海沿岸赤潮危害的成因与防治. 齐鲁渔业, 8(3): 30~31.
- 李德尚. 1992. 水库对投饵网箱养鱼负荷力的研究方法. 水利渔业, (3): 3~5.
- 李德尚等. 1994. 水库对投饵网箱养鱼负荷力. 水生生物学报, 18(3): 223~229.
- Emersen K, et al. 1975. Aqueous ammonia equilibrium calculation. Effect of pH and temperature. J Fish Res Board Can, 32: 2329~2333.
- Pillay T V R. 1992. Aquaculture and the environment. Fishing News Books. Osney England. 189.
- Wellborn T L. 1985. An overview of commercial catfish culture. In: Tucker C S, ed. Channel catfish culture. Development in aquaculture and Fisheries Science, Elsevier. Science Publishers, B V, 12: 1~12.

# FISH PRODUCTIVITY AND CARRYING CAPACITY FOR FEEDING TAIWAN RED TILAPIA CULTURE IN STATIC SEAWATER PONDS

YANG Hong-Sheng, LI De-Shang, XU Ning

( Fisheries College, Ocean University of Qingdao, 266003)

**ABSTRACT** Fish productivity and carrying capacity of static seawater ponds for feeding tilapia culture were studied in 8 enclosures each of 3 m × 8 m stocked with Taiwan red tilapia (*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*). The environmental factors, including water temperature (WT), salinity (SAL), Secchi disk depth (SD), pH, dissolved oxygen, chemical oxygen demand (COD), total nitrogen (TN), total phosphorus (TP), total ammonia nitrogen (TAN), nitrite nitrogen (NO<sub>2</sub>-N) and un-ionized ammonia (UIA) had been monitored during the experiment from June 26 to Sept. 12, 1994. Fish productivity was 2.00 g/(m<sup>2</sup>·d) in static seawater ponds, and the carrying capacity for fish and foodstuff was about 2 150 kg/hm<sup>2</sup> and 48 kg/(hm<sup>2</sup>·d), respectively.

**KEYWORDS** Seawater ponds, Feeding, Carrying capacity, Fish productivity, Enclosure, Taiwan red tilapia

## 新书简介

### 海洋生态学

《海洋生态学》(修订版)一书由厦门大学海洋系沈国英、施并章编写,包括绪论、海洋生态系统概述、理化环境因素与海洋生物的关系、种群的结构与数量变动、种间关系、海洋生物群落、海洋初级生产力、海洋生态系统的能量流及次级生产力、海洋生态系统的物质循环、生态系统的发展与生态平衡、海洋渔业资源的科学管理和海洋污染共 11 章。该书从海洋环境中的个体、种群、群落的生态系统等组织层次阐述了生态学的基本原理,反映了现代海洋生态学的研究进展,同时也介绍海洋生物资源的科学管理和海洋环境污染防治等应用生态学问题。全书共 37.2 万字,内容比较丰富,是国内首部海洋生态学教材性著作,可作为大专院校海洋科学各有关专业的基础教材或教学参考书,还可供海洋生态学科研人员和海洋渔业、环保等专业工作与参考。

该书 1996 年 12 月由厦门大学出版社出版(书号 ISBN 7-5615-0267-2/Q.9),每册定价 18.8 元,订购者请与厦门大学海洋系郭 丰联系,邮编 361005。