

海水池塘混合施肥养殖台湾红罗非鱼的鱼产力和负荷力*

杨红生 李德尚 董双林 卢敬让 徐 宁 张鸿雁

(青岛海洋大学水产学院 青岛 266003)

摘要 于1995年7—9月,在烟台市黄海水产集团公司第二养虾场,采用围隔实验法研究了海水池塘混合施肥养殖台湾红罗非鱼的鱼产力、负荷力和最适放养量。实验中每个围隔面积为 $5\text{m} \times 5\text{m}$,各设1台90W的搅水机(4 800r/h)。每日施肥基准为:鸡粪干物质,25kg/ha;氮肥, $\text{N } 0.15 \times 10^{-6}$;磷肥, $\text{P } 0.015 \times 10^{-6}$ 。结果表明,静水海水池塘混合施肥的鱼产力为 $0.79\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,池塘对台湾红罗非鱼的负荷力为1 796.0kg/ha,鱼(体重70g/ind)的最适放养量约为8 000ind/ha。

关键词 海水池塘 围隔 施肥 台湾红罗非鱼 鱼产力 负荷力

学科分类号 S965.125

池塘施肥养殖是低投入、高产出的一种养殖方式,也是中国传统的养鱼技术中重要的组成部分。淡水池塘的施肥理论和技术已相当成熟,而海水池塘施肥养殖尚处于探索阶段(李德尚,1993)。中国传统淡水池塘养殖习惯使用粪肥(张扬宗等,1989)。近年来,各地在池塘中使用化肥也取得了较高的经济效益。粪肥和化肥各有其优点,两者混合施入可以弥补各自的不足。本文报告了海水池塘粪肥和化肥混合施用养殖罗非鱼的鱼产力、负荷力及最适放养量的初步结果,以期为中国海水池塘施肥养殖的进一步发展提供科学依据。

1 材料与方法

实验于1995年7月10日—9月16日进行,历时67d,实验期间水温为 $19.7\text{—}31.9^\circ\text{C}$,盐度为30.0—35.5。

1.1 材料

包括台湾红罗非鱼(*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*) (以下称罗非鱼)、池塘、围隔、肥料、搅水机等,见杨红生等(1998a)。

1.2 实验设计

在 B_1 、 B_2 、 B_3 和 B_4 四个围隔中,分别以8 000ind/ha、12 000ind/ha、16 000ind/ha和20 000ind/ha四个密度水平放养罗非鱼,其中25%的鱼在网箱中养殖(网箱规格为 0.5m^3 ,每个网箱中的鱼数不超过5ind),以便于检查生长。每日施肥基准为:鸡粪干物质,25kg/ha;氮肥, $\text{N } 0.15 \times 10^{-6}$;磷肥, $\text{P } 0.015 \times 10^{-6}$ 。原则上每天施肥一次,根据透明度(SD)和

* 国家自然科学基金重点项目,39430102号;国家攀登计划B资助项目,PDB-6-7-3号。杨红生,男,出生于1964年12月,现工作单位中国科学院海洋研究所,研究员,E-mail: hshyang@ms.qdio.ac.cn

收稿日期:1997-01-28,收修改稿日期:1998-04-29

溶解氧(DO)的实测值,适当增加或减少施肥用量;施肥前进行限制性营养盐分析,以最佳氮磷比施入。搅水机每日开机2次(04:00—05:00,14:00—15:00),每次30min。

1.3 罗非鱼生长观测

每隔10—20 d抽查一次鱼类生长情况,瞬时增重率(IGR_w)的计算按公式:

$$IGR_w = [(\ln w_2 - \ln w_1) / (t_2 - t_1)] \times 100$$

式中, w_2 和 w_1 分别表示两次测定时的体重; t_2 和 t_1 分别表示两次测定的时间。

1.4 鱼产力和负荷力的判断

以最大日产量代表海水池塘的鱼产力,以鱼类瞬时增重率接近零时的最大载鱼量代表池塘的负荷力。

1.5 氮、磷利用率及养殖效益指标的计算方法

为了对各围隔的养殖效果进行评判,本文使用了氮、磷的绝对利用率、相对利用率、“综合效益指标”和“相对综合效益指标”,分别定义为:

绝对利用率(%)=(罗非鱼产量中氮或磷含量/施入氮或磷量)×100%;

相对利用率=某组利用率/各组平均利用率;

“综合效益指标”=(鱼产量×平均尾增重×氮磷平均相对利用率)^{1/3};

“相对综合效益指标”=某组“综合效益指标”/各组平均“综合效益指标”。

2 结果与分析

2.1 不同放养密度下的鱼产量

4个围隔中养殖的罗非鱼的成活率、净产量和日产量见表1。由表1可知,罗非鱼具有很好的耐盐性,成活率为100%。不同密度的净产量在398.0—531.6kg/ha之间,日产量在0.59—0.79g/(m²·d)之间。B₂围隔(放养密度为12 000ind/ha)的净产量和日产量最高,由此判定混合施肥鱼产力为0.79g/(m²·d),此鱼产力明显高于施无机肥养殖的鱼产力[0.44g/(m²·d)],却低于全施鸡粪的鱼产力[1.06g/(m²·d)](杨红生等,1998b)。

表1 罗非鱼的放养密度和鱼产量

Tab.1 Stocking densities and yields of *O. mossambicus*×*O. niloticus* in enclosures

围隔号	放养情况			收获情况				
	密度	规格	重量	规格	成活率	净产量	日产量	毛产量
	(ind/ha)	(g/ind)	(kg)	(g/ind)	(%)	(kg/ha)	g/(m ² ·d)	(kg/ha)
B ₁	8 000	69.3±7.4	554.4	130.5±18.4	100	489.6	0.73	1 044.0
B ₂	12 000	68.6±8.6	823.2	112.9±24.4	100	531.6	0.79	1 354.0
B ₃	16 000	74.1±10.1	1185.6	105.8±38.7	100	506.8	0.77	1 692.0
B ₄	20 000	69.9±8.9	1398.0	89.8±32.7	100	398.0	0.59	1 796.0

2.2 罗非鱼的生长及负荷力

各围隔中罗非鱼的生长情况见表2。实验表明,前期各围隔中罗非鱼生长较快,而在后期生长速度逐渐下降。在B₄围隔(放养密度为20 000ind/ha)中,罗非鱼的瞬时增重率接近于零,此时其负荷量(毛产量)为1 796.0kg/ha,这也就是在温度为19.7—31.9℃、盐度

为 30.3—35.5 的条件下,混合施肥养罗非鱼的海水池塘对鱼的负荷力。

表2 不同放养密度围隔中罗非鱼的日产量 $g/(m^2 \cdot d)$ 和瞬时增重率

Tab.2 The daily productivity $g/(m^2 \cdot d)$ and instantaneous growth rate (by body weight) of *O. mossambicus* × *O. niloticus* in enclosures stocked with different densities

时间 (月.日)	B ₁			B ₂			B ₃			B ₄		
	规格	日产量	IGR _w	规格	日产量	IGR _w	规格	日产量	IGR _w	规格	日产量	IGR _w
07.10	69.3			68.6			74.1			69.9		
07.31	93.5	0.92	1.43	86.7	1.03	1.11	86.8	0.97	0.75	77.3	0.70	0.48
08.10	108.9	1.23	1.52	101.4	1.76	1.57	98.5	1.87	1.26	83.5	1.24	0.77
08.20	120.6	0.94	1.02	108.3	0.83	0.66	103.9	0.86	0.53	88.4	0.98	0.57
08.30	127.0	0.51	0.52	111.5	0.38	0.29	105.9	0.18	0.11	89.6	0.24	0.13
09.15	130.5	0.18	0.17	112.9	0.10	0.08	105.8	0.08	0.05	89.8	0.04	0.00

注: IGR_w表示瞬时增重率;“规格”的单位为g/ind

2.3 肥料用量及罗非鱼对施入氮、磷的绝对利用率

实验期间,共施鸡粪 87 次,施化肥(尿素和磷酸二铵)97 次,实际施肥用量、每次平均用量见表 3。鸡粪平均用量为 13.4—18.33kg/(ha · d),尿素为 2.5—3.32kg/(ha · d)、磷酸二铵为 0.55—0.73kg/(ha · d)。较为适宜的施肥量,即日产量最高的围隔的实际日平均用量为:鸡粪 14.94kg/(ha · d)、尿素 2.69kg/(ha · d)和磷酸二铵 0.59kg/(ha · d)。

表3 各围隔中肥料种类、总用量(kg/ha) 及平均每天用量[kg/(ha · d)]

Tab.3 Kinds, total quantities (kg/ha) and average daily ration [kg/(ha · d)] of fertilizers applied in each enclosure

项 目	B ₁			B ₂			B ₃			B ₄		
	鸡粪	尿素	磷酸二铵	鸡粪	尿素	磷酸二铵	鸡粪	尿素	磷酸二铵	鸡粪	尿素	磷酸二铵
总用量	1 162.6	238.8	53.4	1 300.6	261.4	56.8	1 390.0	261.4	62.3	1 562.6	321.6	70.4
施肥次数	87	97	97	87	97	97	87	97	97	87	97	97
平均每天 用量	13.40	2.50	0.55	19.40	2.69	0.59	16.00	3.00	0.64	18.00	3.32	0.73

各围隔施肥的氮磷比及罗非鱼对施入氮磷的绝对利用率见表 4。实验中,罗非鱼对氮的绝对利用率为 7.20%—11.91%,对磷的绝对利用率为 3.21%—5.27%。其中在 B₁(放养密度为 8 000ind/ ha)和 B₂(放养密度为 12 000ind/ ha)两个围隔中罗非鱼对氮磷的绝对利用

表4 各围隔中罗非鱼对施入氮、磷的利用率

Tab.4 Utilization ratios of nitrogen and phosphorus by *O. mossambicus* × *O. niloticus* in each enclosure

项 目	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
施入氮总量(kg/ha)	131.88	144.59	161.83	177.28
施入磷总量(kg/ha)	18.30	19.88	21.56	24.32
实际施入N:P比	7.20	7.27	7.51	7.29
鱼利用氮量(kg/ha)	15.70	17.05	16.26	12.77
鱼利用磷量(kg/ha)	0.96	1.05	1.00	0.78
氮的绝对利用率(%)	11.91	11.79	10.05	7.20
氮的相对利用率	1.16	1.15	0.98	0.70
磷的绝对利用率(%)	5.25	5.27	4.63	3.21
磷的相对利用率	1.14	1.15	1.01	0.70

率较为接近;而在另外两个放养密度较高的围隔(B₃、B₄)中,罗非鱼对氮磷的绝对利用率较低。

2.4 罗非鱼的最适放养量

罗非鱼的最适放养量是根据“相对综合效益指标”评判的。“相对综合效益指标”计算结果见表 5。分析结果表明,B₁围隔的“相对综合效益指标”最高(1.23)。因此可以初步认为,罗非鱼的最适放养量(体重 70g/尾)以 8 000ind/ ha 左右为宜。

表5 各组围隔养殖效果的评估

Tab.5 Assessment of production efficiency in the enclosures

项 目	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
产量(kg/ha)	489.6	531.6	506.8	398.0
平均尾增重(g)	61.2	44.3	31.7	19.9
氮磷平均相对利用率	1.15	1.15	1.00	0.70
“综合效益指标”	32.5	30.0	25.2	17.7
“相对综合效益指标”	1.23	1.14	0.96	0.67

3 讨论与结语

3.1 关于混合施肥养鱼的鱼产力

中国淡水养殖的普通经验证明:以粪肥为基肥,以化肥为追肥最为适宜,借此不仅可以充分发挥各自的优点,而且可以弥补两者的不足。Fox 等(1992)用发酵豆浆和化肥(N:P:K=8:32:16)养殖大眼梭鲈(*Stizostedion vitreum*),并分析了混合施肥的效果,结果表明:发酵豆浆加化肥混合施入后,池水中总磷含量有所增加,鱼种毛产量比单施发酵豆浆提高了 42%,鱼种规格也增加 1 倍。而本实验结果表明混合施肥却比全施粪肥产鱼量低(杨红生等,1998b),这与混合施肥中粪肥所占的比例有关。如果采用以粪肥为主,化肥为辅,很可能得到在淡水中相同的结果。这是因为粪肥(特别是鸡粪)是有直接营养价值的“肥料”,兼有饵料作用。淡水养鱼的经验证明粪肥的效果比化肥高一倍(Boyd,1982)。Kund-Hunsen 等(1993)施尿素和重过磷酸钙(氮磷比为 4:1),辅加不等量的鸡粪养殖尼罗罗非鱼(*O. niloticus*)的实验结果表明,粪肥的效果不如化肥,这一结果少见而较难理解,有可能是因为无增氧措施,受了溶氧的干扰。

4 个放养密度的日产量在 0.59—0.79g/(m²·d)之间,远比淡水施肥养殖罗非鱼的产量低(Wohlfarth *et al*, 1979),原因可能是多方面的:一是本实验所用的罗非鱼,因近亲繁殖而种质退化,生长性能不良。Pruginin 等(1988)曾比较了奥尼全雄罗非鱼(F1, *O. niloticus* × *O. aureas*)、罗非鱼(*O. mossambicus* × *O. niloticus*)、新加坡红罗非鱼(*O. mossambicus*)和菲律宾红罗非鱼(可能也是 *O. mossambicus* × *O. niloticus*)的生长性能,结果表明,4 种红罗非鱼中,罗非鱼的生长速度和繁殖能力最低。二是盐度的影响。Liao 等(1993)曾报道,罗非鱼在半咸水(盐度为 17)比在海水(盐度为 34)和淡水(盐度为 1.5—2.0)中生长要快。本实验的池水盐度为 30.0—35.5,如此高的盐度可能会限制罗非鱼的生长。

3.2 关于海水池塘施肥养鱼的负荷力

有关混合施肥养鱼的负荷力报道较少。一般淡水水体投饵养鱼的负荷力为 2 000—3 000kg/ ha(Wellborn, 1985;李德尚等,1994)。池塘施肥养殖的负荷力可能要低于此值。

本文的结果与 Wyban 等 (1989) 施肥养殖南美白对虾 (*Penaeus vannamei*) 的负荷力 (1 860 kg/ha) 较接近。影响水体养殖负荷力的因素较多, 如养殖方式、种类、环境条件等。因此必须说明, 本结果只能代表本实验条件下的海水池塘施肥养殖本种罗非鱼的负荷力。

3.3 关于鱼对施入氮、磷的利用率

在众多评价养殖管理技术的指标中, 养殖生物对输入氮磷的利用率是很重要的。Arce 等 (1975) 用化肥养殖奥利亚罗非鱼 (*O. aureas*) 的氮磷利用率分别为 23.7% 和 16.2%; Collis 等 (1978) 施牛粪养殖罗非鱼 (*Tilapia*) 的氮磷利用率分别为 25.6% 和 17.5%。本实验表明, 在海水池塘中混合施肥养殖罗非鱼的氮磷利用率较低, 分别为 7.20%—11.91% 和 3.21%—5.27%, 明显低于上述淡水中分别用化肥和粪肥以及海水中纯用粪肥养殖罗非鱼的氮磷利用率。杨红生等 (1998b) 施有机肥的氮磷利用率分别为 28.08% 和 5.60%。混合施肥的利用率较低的主要原因也是前述的实验鱼种质退化和盐度过高而导致鱼产量低, 以及纯鸡粪的效果优于混合肥料。因此海水池塘施肥养殖罗非鱼应选用耐盐性强、种质优良的品种; 同时全施粪肥 (特别是鸡粪), 也是降低氮磷输入、提高氮磷利用率的有效措施。

参 考 文 献

- 李德尚主编, 1993. 水产养殖手册. 北京: 农业出版社, 108—128
- 李德尚, 熊邦喜, 李 琪等, 1994. 水库投饵网箱养鱼的负荷力. 水生生物学报, 18(3): 224—229
- 杨红生, 李德尚, 董双林等, 1998a. 海水池塘施肥混养滤食性鱼贝的初步研究. 青岛海洋大学学报, 28(2): 216—219
- 杨红生, 李德尚, 董双林, 1998b. 海水池塘不同施肥种类养殖罗非鱼效果的比较. 水产学报, 22(2): 182—185
- 张扬宗, 谭玉均, 欧阳海, 1989. 中国池塘养鱼学. 北京: 科学出版社, 13—15
- Arce R G, Boyd C E, 1975. Effects of agricultural limestone on water chemistry, phytoplankton productivity and fish production in soft-water ponds. Trans of American Fish Soc, 104:308—312
- Boyd C E, 1982. Water Quality Management for Pond Fish Culture. Amsterdam, Birmingham: Elsevier Scientific Publishing Co., 401
- Collis D A, Smitherman R O, 1978. Production of *Tilapia* Hybrids With Cattlemanure or a Commercial Diet. In: Smitherman R O, Shelton W L, Grover J H, ed. Symposium on the Culture of Exotic Fishes, Fish Culture Section, American Fisheries Section. Bethesda, Maryland, 43—54
- Fox M G, Flowers D D, Watters C, 1992. The effect of supplementary inorganic fertilization on juvenile walleye reared in organically fertilized ponds. Aquaculture, 106(1):27—40
- Knud-Hansen C F, Pautong A K, 1993. The role of urea in pond fertilization. Aquaculture, 114:273—283
- Liao I, Chen T, 1993. Studies on the Feasibility of Red *Tilapia* Culture in Saline Water. In: Fishelson L, Yaron Z ed. International Symposium on *Tilapia* in Aquaculture, Nazareth, Israel, 8—13, May 1993. Israel: Publ Tel Aviv Univ, 588—598
- Pruginin Y, Fishelson L, Koren A, 1988. Intensive *Tilapia* Farming in Brackish Water From an Israeli Desert Aquifer. 75—81, In: Pullin R S V, Bhukaswan T, Tonguthai K *et al.* ed. The Second International Symposium on *Tilapia* in Aquaculture, ILARM Conference Proceedings 15, 623p. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines
- Wellbron T L, 1985. An overview of commercial catfish culture. In: Tucker C S ed. Channel Catfish Culture, Vol. 15. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1—12
- Wohlfarth G W, Schroeder G L, 1979. Use of manure in fish farming—a review. Agr Wastes, 1:279—289
- Wyban J A, Sweeney J N, 1989. Intensive shrimp grow-out trial in a round pond. Aquaculture, 76:215—225

FISH PRODUCTIVITY AND CARRYING CAPACITY OF FERTILIZED SEAWATER PONDS FOR TILAPIA CULTURE

YANG Hong-sheng, LI De-shang, DONG Shuang-lin,

LU Jing-rang, XU Ning, ZHANG Hong-yan

(Fishery College, Ocean University of Qingdao, Qingdao, 266003)

Abstract During July 10—September 15, 1995, the experiment was carried out at No.2 Shrimp Farm, Huanghai Aquatic Product Group Co., Yantai, China. Four land-based enclosures (each 5m × 5m in size) set in a seawater pond and each equipped with a special water stirrer (90W) were used to conduct the experiment. Fish productivity, carrying capacity, and the optimal stocking density of seawater ponds for culturing Taiwan red tilapia (*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*) with a combination of chicken manure and chemical fertilizers (urea and diammonium phosphate) were studied. The standard quantities of fertilizers applied per day in the enclosures were: chicken manure 25kg dry matter / ha, nitrogen 0.15×10^{-6} , and phosphorus 0.015×10^{-6} . During the experiment, the water temperature was 19.7—31.9℃, and the salinity was 30.0—35.5. The results show that the fish productivity of fertilized seawater ponds was 0.79 g / (m² · d), the carrying capacity was 1 796.0 kg / ha, and the optimal stocking density of Taiwan red tilapia (70g / ind.) was about 8 000 ind / ha. The utilization ratios of nitrogen and phosphorus by the tilapia in each enclosure were 7.20%—11.90% in nitrogen and 3.21%—5.27% in phosphorus, respectively.

Key words Seawater pond Enclosure Fertilization Taiwan red tilapia Fish productivity Carrying capacity

Subject classification number S965.125