

# 尖吻鲈幼鱼耗氧率初步研究

李 加 凡

(中国水产科学研究院南海水产研究所, 广州)

研究鱼类的代谢水平, 不仅在鱼类呼吸生理研究上有重要意义, 而且在养殖学上也具有应用价值, 可以为养殖生产及活鱼运输过程中进行水质调节, 为确定合理的放养和装运密度, 增氧流水, 防止泛池, 合理地利用饵料, 提供科学依据。

关于鱼类耗氧率的测定, 国内外学者作了很多工作, 我国学者对几种淡水养殖鱼类作了较系统地测定<sup>[1,2]</sup>, 但对海产经济鱼类方面的研究报告, 尚不多见<sup>[3]</sup>。

## 一、材料与方 法

试验在泰国宋卡府国立海水养殖研究所(NICA)进行, 试验幼鱼系该所人工繁殖所得。根据试验项目要求, 每次测定前1—3天, 从培苗池中随机捞取, 暂养于100dm<sup>3</sup>有机玻璃水槽中, 进行充气, 投喂丰年虫无节幼体、对虾颗粒饵料或不投喂, 试验用海水, 经沙滤沉淀处理, 盐度为23, 按不同要求, 加淡水稀释成不同盐度。

耗氧率测定, 用透明塑料管加工成流水式密闭呼吸室, 利用水位差, 使水经虹吸管从贮水箱经水位保持平衡箱而流入呼吸室, 呼吸室的出水管直插到水样瓶底部, 让水样瓶装满水并溢出2—3倍后即固定并测试。

试验鱼窒息点的测定, 系将鱼密封在水样瓶中, 完全排除气泡, 当鱼开始死亡、半数死亡和全部死亡时立即固定并测定瓶中溶氧量。

水中溶氧量的测定, 是采用Winkler氏法, 每次试验均设一空白对照组, 每组均同时采两个水样, 取其平均值。

测定开始前, 让鱼先在呼吸室中适应两小时, 测定结束后, 幼鱼用感量0.01g的电子天平称重, 以试验组和空白组海水水溶氧量之差与水流量之乘积, 除以鱼体总体重或尾数, 即得每小时耗氧率( $\cdot 10^{-6}$ )或每小时耗氧量(mg/尾)。

试验期间水温变化为25.3—28.7℃, 为了便于比较分析, 将实验结果一律换算成20℃的水平(Винберг, 1956)<sup>[4]</sup>。

采用Винберг氏平衡等式<sup>[4]</sup>, 计算幼鱼的饵料消耗量。

## 二、结 果

### 1. 尖吻鲈幼鱼代谢水平与体重的关系

本文于1989年10月28日收到, 修改稿于1990年6月5日收到。

表 1—3 表明, 在本实验 3 个不同盐度 (2、12、23), 水温 20℃ 条件下, 尖吻鲈幼鱼的耗氧量与体重有密切关系, 总的趋势是耗氧量随着鱼的生长而上升, 若以体重 (kg) 为自变量 ( $x$ ), 每小时耗氧量 (mg/尾) 为因变量 ( $y$ ), 则两者相关关系可用幂函数回归方程式来表达:  $y = 269.02x^{0.71 \pm 0.05}$  ( $r = 0.9917$ ,  $p < 0.01$ ) (图 1)。另一方面, 每小时耗氧率 ( $\times 10^6$ ) 随着鱼的生长而下降, 其关系式可用直线方程表达:  $y = 413.9949 - 59.2012x$  ( $r = -0.9353$ ,  $p < 0.01$ ) (图 2)。

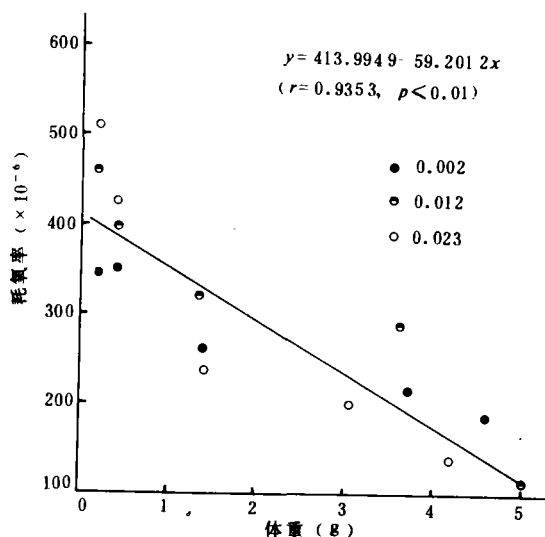
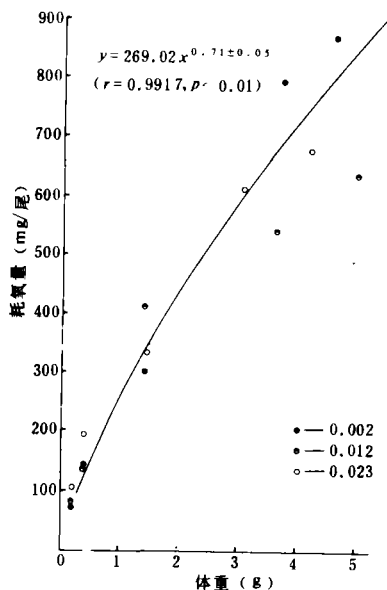


图 1 尖吻鲈幼鱼体重与每小时耗氧量的关系曲线 图 2 尖吻鲈幼鱼体重与每小时耗氧率的关系曲线

表 1 在盐度 23 下尖吻鲈幼鱼耗氧量 (20℃)

1988年 8—9 月, NICA

平均体重 (g/尾)	测定尾数	测定次数	每 小 时 耗 氧 量 (mg/尾)	每 小 时 耗 氧 率 ( $\times 10^6$ )
0.199	100	5	105.04	511.28
0.416	100	5	197.69	425.44
1.387	70	7	336.32	235.52
3.060	10	2	611.25	200.35
4.180	10	2	676.92	142.56

表 2 在盐度 12 下尖吻鲈幼鱼耗氧量 (20℃)

1988年 8—9 月, NICA

平均体重 (g/尾)	测定尾数	测定次数	每 小 时 耗 氧 量 (mg/尾)	每 小 时 耗 氧 率 ( $\times 10^6$ )
0.216	80	4	82.54	461.01
0.376	80	4	139.53	398.54
1.368	40	4	412.84	321.57
3.583	10	2	540.29	290.23
4.990	10	2	635.44	114.89

表 3 在盐度 2 下尖吻鲈幼鱼耗氧量 (20℃) 1988年 8—9月, NICA

平均体重 (g/尾)	测定尾数	测定次数	每 小 时 耗 氧 量 (mg/尾)	每 小 时 耗 氧 率 ( $\cdot 10^{-6}$ )
0.200	60	3	77.44	344.42
0.393	80	4	141.52	350.41
1.383	10	1	350.92	257.11
3.700	10	2	792.32	214.06
4.580	10	2	866.98	188.48

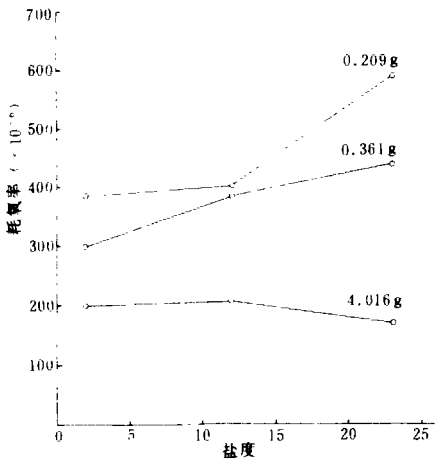


图 3 盐度变化与尖吻鲈幼鱼每小时耗氧率的关系

## 2. 盐度对尖吻鲈幼鱼代谢水平的影响

尖吻鲈幼鱼在三种盐度 (2、12、23) 下的代谢水平测定结果列于表 1。从表中数值可见, 其幼鱼在淡水的耗氧率较低, 随着水盐度增加而提高, 然而, 随着幼鱼长大, 这种差异变得不明显 (图 3)。采用  $R \times C$  联列表无关联性的  $\chi^2$  检验法进行分析, 得  $\chi^2 = 33.1875$ ,  $\chi^2_{0.01} (p < 0.01)$ , 表明盐度对幼鱼代谢水平的影响很大。

表 4 盐度对尖吻鲈幼鱼耗氧率的影响 (20℃) 1988年 8--9月, NICA

盐 度	测 定 尾 数	平均体重 (g/尾)	测 定 次 数	每 小 时 耗 氧 率 ( $\cdot 10^{-6}$ )
2	60	0.202	3	384.85
	60	0.363	4	301.46
	20	1.140	1	201.31
12	60	0.228	3	402.86
	60	0.368	3	378.50
	20	1.287	1	202.56
23	60	0.197	3	589.75
	60	0.352	2	140.42
	20	3.620	1	171.45

## 3. 光照对尖吻鲈幼鱼代谢水平的影响

为了解尖吻鲈幼鱼代谢活动与光照的关系, 用黑塑料布包裹部分呼吸室, 测定幼鱼在遮光条件下的耗氧率, 并与在自然光照条件下的其他组幼鱼作比较, 其测定结果如表 5 所示。试验结果表明, 在不同盐度, 不同摄食状况条件下, 幼鱼在遮光条件下的耗氧率比在自然光条件下要低 9.00%—21.79%。将各种环境条件所获之数值综合进行  $\chi^2$  测验 ( $\chi^2$

$= \frac{\sum (a-t)^2}{t}$ ), 结果得  $x^2 = 24.85 > x^2_{0.01}$ ,  $p < 0.01$ , 表明在各种盐度下, 光照对幼鱼的代谢水平均有一定的影响

表 5 光照对尖吻鲈幼鱼耗氧率的影响 (20℃) 1988年8—9月, NICA

盐 度	光 照 条 件	测 定 尾 数	平均体重 (g/尾)	每 小 时 耗 氧 率 ( $\times 10^{-6}$ )	相对代谢率 (%) <sup>*</sup>
2	自然光	40	0.200	342.00	21.79
	遮 光	40	0.208	280.81	
12	自然光	120	0.213	391.98	10.23
	遮 光	120	0.219	355.61	
23	自然光	40	0.223	450.80	11.36
	遮 光	40	0.238	404.82	
23 (饥饿3天)	自然光	40	0.203	289.51	9.00
	遮 光	40	0.183	263.47	

$$\text{相对代谢率} = \frac{(\text{光照时代谢率} - \text{遮光时代谢率})}{\text{遮光时代谢率}} \times 100$$

#### 4. 取食与饥饿对尖吻鲈幼鱼代谢水平的影响

在盐度23条件下, 测定比较了幼鱼取食和饥饿时的代谢水平差异 (表6)。结果表明, (1) 饥饿3天后幼鱼平均耗氧率下降了33.75%—84.90%; (2) 小鱼 (第I组) 对饥饿的反应比大鱼 (第II组) 更敏感。采用  $t$  测定法 ( $t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{S_{x_1 - x_2}}$ ) 测定差异显著性, 结果:  $t_I = 4.02 > t_{0.01}$ ,  $t_{II} = 2.34 > t_{0.05}$ ,  $p < 0.05$ , 表明饥饿对代谢水平的影响有统计学上的差异。

表 6 在盐度 23 下尖吻鲈幼鱼取食与饥饿时的耗氧率 (20℃) 1988年8—9月, NICA

组 别	状 况	测 定 尾 数	测 定 次 数	平均体重 (g/尾)	每 小 时 耗 氧 率 ( $\times 10^{-6}$ )	相对代谢率 (%) <sup>*</sup>
I	正常摄食	100	5	0.199	511.28	84.90
	饥饿3天	80	4	0.193	276.51	
II	正常摄食	100	5	0.416	425.44	33.75
	饥饿3天	80	4	0.381	318.09	

$$\text{相对代谢率} = \frac{(\text{取食时代谢率} - \text{饥饿时代谢率})}{\text{饥饿时代谢率}} \times 100$$

#### 5. 尖吻鲈幼鱼窒息的临界氧阈

本试验测定了尖吻鲈幼鱼在不同盐度下的窒息点 (表7)。采用  $R \times C$  联列表无关性

的 $\chi^2$ 检验法检测得 $\chi^2 = 0.00723 < \chi_{0.05}^2$ , ( $P > 0.05$ ). 统计结果表明, (1) 盐度变化对幼鱼缺氧窒息的影响不大, 各组的数值没有什么差异; (2) 与其他一些种类相比<sup>[3]</sup>, 死亡一尾, 半数死亡到全部死亡时水中溶氧量之间没有什么差异, 即从开始出现死亡到全部死亡的时间很短。

表 7 尖吻鲈幼鱼窒息点测定结果 (20℃)

1988年8—9月, NICA

盐 度	测 定 尾 数	测 定 次 数	平均体重 (g/尾)	水中溶氧量 (mg/dm <sup>3</sup> )		
				死亡一尾	半数死亡	全部死亡
2	20	2	0.204	0.216	0.235	0.219
12	20	2	0.216	0.282	0.219	0.196
23	20	2	0.202	0.257	0.240	0.229

### 6. 尖吻鲈幼鱼饵料系数估计

根据 Винберг 平衡等式  $0.8Q = (P - P_0) - T$ , 由耗氧量求出活动代谢量, 依尖吻鲈生长资料<sup>[5]</sup>, 计算尖吻鲈早期各生长阶段的饵料系数, 式中:  $Q$ ——耗饵量 (mg);  $T$ ——活动代谢量 (mg), 等于耗氧量乘以 9.6;  $P_0$ ——幼鱼最初体重 (mg);  $P$ ——幼鱼最后体重 (mg); 0.8——饵料平均消化率, 计算结果见表 8。

表 8 尖吻鲈幼鱼饵料系数估计值 (20℃)

项 目	孵化后	孵化后	孵化后
	30—40d	40—50d	50—60d
日龄 (d)	10	10	10
最初体重 (mg)	100.00	500.00	1200.00
最后体重 (mg)	500.00	1200.00	3500.00
平均日增重 (mg)	40.00	70.00	230.00
耗氧量 (mg)	14.05	24.01	72.11
活动代谢量 (mg)	134.92	230.19	692.29
耗饵量 (mg)	668.65	1463.11	3740.36
饵料系数	1.67	1.67	1.63

## 三、讨 论

研究表明, 在三种盐度下, 尖吻鲈幼鱼代谢水平均随着个体生长和体重增大而逐渐降低, 即按单位体重计算, 小鱼比大鱼有较高的耗氧量, 这种相反的关系, 已见于不少文献<sup>[1-3]</sup>, 从而说明小鱼代谢旺盛, 生长迅速, 生理活性高, 在活鱼运输当中, 往往运大鱼成活率较低, 这可能与大个体生理活性低有关。

鱼体重与耗氧量的关系通常呈幂函数型:  $Y = ax^b$ , 对许多鱼类日常代谢的研究结果发现, 斜率  $b$  值都接近于 0.8, 鲤科鱼类的  $b$  值为  $0.80 \pm 0.044$ ; 鲟科鱼类为  $0.81 \pm 0.01$ ; 鲑科鱼类为  $0.76 \pm 0.032$ <sup>[4]</sup>; 油鲱 (*Brevoortia tyrannus*) 在不同温度 (10—25℃) 的  $b$  值变幅为  $0.72 - 0.82$ <sup>[6]</sup>。本文研究结果, 在尖吻鲈幼鱼,  $b$  值为  $0.71 \pm 0.05$ , 这与大多数

鱼类的研究结果是相似的。

水中含盐量的变化对鱼类的耗氧量有一定的影响, Rao (1968) 报道, 生活在盐度 30 海水中的虹鳟, 其耗氧量比生活在淡水时要高<sup>[7]</sup>, Wohlschlag 和 Moore 测得鲮鱼在海水中耗氧量要比在咸淡水中高<sup>[7]</sup>; Muri 等 (1962) 发现汤鲤 (*Kuhlia sadvicensis*) 的活动代谢和标准代谢水平在盐度 30 海水中要比在淡水中高一些, 他们认为这种差异是由于鱼在海水中要消耗更多的能量来调节其体内的渗透压<sup>[7]</sup>。本试验结果发现, 尖吻鲈幼鱼在早期生活阶段, 对水环境变化的反应比较敏感, 其代谢水平随着盐度增加而提高, 然而, 随着鱼体长大, 代谢水平不再受盐度变化的影响, 这可能是由于大鱼渗透压调节能力较强所致。

一些研究报告指出, 鱼类代谢水平的昼夜变化有三种不同类型: (1) 石鲷、真鲷、草鲷等的耗氧率是白天大于夜间<sup>[2]</sup>, 牙鲆在明状态的耗氧量比暗状态高 20%<sup>[8]</sup>, 油鲱遮光时代谢率约为光照时的 91%<sup>[6]</sup>; (2) 六线鱼、鲮鱼是夜间大于白天; (3) 斑鲆昼夜差异不明显<sup>[2]</sup>。根据本试验结果, 尖吻鲈幼鱼的代谢属于第一种类型, 表明尖吻鲈幼鱼主要在白天取食或进行其他活动。另一方面, 由于在遮光安静条件下, 外界刺激减少, 尖吻鲈幼鱼接近于基础状态, 故在遮光条件下测得的耗氧率可大体代表尖吻鲈幼鱼维持生命活动的标准耗氧率。

与所有动物一样, 鱼类饥饿时的代谢水平显著降低, 据 Jobling (1980) 测定, 经停食 35 天后, 体重 30—60 g 的鳎鱼 (*Pleuronectes platessa*) 每小时耗氧率从 3 446.8 ( $\mu\text{g}/\text{尾}$ ) (第 3 天) 降至 2 915.2 ( $\mu\text{g}/\text{尾}$ )<sup>[9]</sup>; 据 W. F. Hettler (1976), 油鲱停食 7 天, 耗氧率成对数型下降, 其关系式为: 耗氧率 =  $0.312 - 0.047 \text{Ln}(\text{停食天数})$ <sup>[6]</sup>, 这些代谢水平的降低可以认为是鱼类适应停食的表现。本试验结果, 小鱼对饥饿的适应反应比大鱼更为强烈, 反映了在幼鱼阶段需要摄取更多的物质和能量用于生长。

鱼类的窒息点具有种间差异, 据叶奕佐 (1959) 测定结果, 几种淡水养殖鱼类窒息点为 0.11—0.89  $\text{mg}/\text{dm}^3$ <sup>[1]</sup> 养殖于淡水中的梭鱼 (*Mugil soiyuy*) 在 37℃ 的窒息点为 0.70—0.93  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , 在 25—28℃ 时为 0.52—0.42  $\text{mg}/\text{dm}^3$ <sup>[10]</sup>, 而海水和咸淡水鱼类黄鳍鲷 (*Sparus latus*) 窒息点为 0.927—1.97  $\text{mg}/\text{dm}^3$  (李加儿等, 1985)<sup>[3]</sup>, 鲮鱼 (*Mugil cephalus*) 在 12—19℃ 当氧分压降到约 20 hPa (约为 0.842  $\text{mg}$ ) 时表现为呼吸困难 (Itazawa, 1959)<sup>[7]</sup>。本试验测得尖吻鲈幼鱼在 20℃ 时的窒息点为 0.219—0.240  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , 这些差异反映了不同种鱼具有不同的生境, 生活方式以及不同的代谢类型和生理状况, 表明与一些海水或咸淡水种类相比, 尖吻鲈幼鱼忍耐缺氧环境的抵抗力较强。

由 Винберг 平衡等式求得, 尖吻鲈孵化后 30—60 天的饵料系数为 1.63—1.67, 这些数据与直接饲养观察所得的饵料系数相差不大<sup>[11]</sup>, 表明该平衡等式同样适用于尖吻鲈。

## 参 考 文 献

- [1] 叶奕佐, 鱼苗、鱼种耗氧率、能量量、窒息点和呼吸系数的初步报告, 动物学报, 11 (1959), 2: 112—135.
- [2] 上海市水产研究所养殖研究室人工控制养殖研究组, 鳊鱼耗氧量的研究, 水产科技情报, 5 (1975), 12—16.
- [3] 李加儿等, 黄鳍鲷 *Sparus latus* Houttuyn 幼鱼耗氧率的初步研究, 生态科学, 1 (1985), 62—66.

- 4 B. C. Hirsch 著, 张幼敏译, 计算鱼类成长中耗饵量的方法, 水产译丛, **3** (1965), 33—35.
- 5 Pintj Kungvankij *et al.*, Biology and culture of seabass (*Lates calcarifer*), *NACA Training Manual Series*, 1986, 3.
- 6 Hettler, W. F., Influence of temperature and salinity on metabolic rate and growth of young Atlantic menhaden, *J. Fish Biol.*, **8** (1976), 55—65.
- 7 Kutty, M. N., Energy metabolism of mullets, *O. H. Oren, Aquaculture of Grey Mullet*, Cambridge University Press, 1981, 219—261.
- 8 田中克, 稚仔鱼(5)酸素消费量与摄食量, 养殖, **25** (1988), 2: 106—109.
- 9 Jobling, M., Effects of starvation on proximation chemical composition and energy utilization of plaice *Pleuronectes platessa* L., *J. Fish Biol.*, **17** (1980), 3: 325—331.
- 10 梭鱼研究组, 梭鱼的临界温度和临界氧量, 水产学报, **8** (1983), 1: 75—78.
- 11 Parat Kosutarak, Study on the effects of adding animal feed supplement when feeding fish meat to juvenile seabass *Lates calcarifer*, *Japan International Cooperation Agency, Report of Thailand and Japan Joint Coast Aquaculture Research Project*, 1986, 2: 79—85.