

## 牙鲆幼鱼能量代谢的初步研究

张美昭 张兆琪

(青岛海洋大学养殖开放实验室, 266003)

郑春波 李吉清

(山东省文登市水产局, 264400)

**摘要** 对个体重2.5~87.6 g的牙鲆幼鱼的代谢进行测试。结果表明:温度和体重对牙鲆幼鱼的耗氧率及二氧化碳排出率有明显的影响;牙鲆幼鱼的呼吸商为 $0.82 \pm 0.08$ , 氧氮比为 $23.8 \pm 6.6$ , 其能源物质以蛋白质和脂肪为主;牙鲆在盐度为30、25、20和15的水中, 平均代谢率分别为3.08、3.07、3.87和3.28 J/g·h, 说明牙鲆幼鱼适盐较广, 在本实验盐度阈值内, 对鱼体代谢基本没影响。

**关键词** 牙鲆, 温度, 体重, 盐度, 能量代谢

牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)属鲽形目、鲆科、牙鲆属, 因其生长速度快, 肉质好, 经济价值高, 目前已成为我国北方工厂化养殖的鱼类品种。该鱼的养殖方式以陆上水泥池及海上网箱养殖为主, 然而目前国内无论以何种养殖方式, 其饵料皆依靠天然小杂鱼。这种以鱼养鱼的生产方式, 是自然资源和能量学上的浪费。关于鱼类能量学的研究已有过许多报道, 崔奕波对鱼类生物能量学的理论和方法已作了述评<sup>[1]</sup>。本试验主要研究不同体重的牙鲆幼鱼在不同温度及盐度下的气体代谢和氮氮排泄, 探讨该鱼的能源物质以及能量代谢的变化规律, 以期为提高其养殖技术提供能量学理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料

实验于1996年4~9月进行, 试验用鱼选取文登市水产综合育苗实验基地提供的人工培育越冬鱼种及威海市海珍品育苗厂培育的鱼种, 个体重2.5~87.6 g, 体长5.4~18.3 cm, 计78尾。用大广口瓶作为代谢瓶。考虑到代谢瓶中水与鱼的比例, 根据鱼体大小, 分别选取0.5、1.0、2.5和5.0 L 4种规格的广口瓶作为测试容器。

#### 1.2 步骤

实验温度分设12、17、22和27℃, 每个温度范围控制在 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。升温采用加热棒, 降温以冷却至6℃左右的过滤海水调节。实验盐度分设30、25、20和15, 以砂滤海水与当地育苗场的井水配制。实验前先将选出的鱼种放入水族箱中进行驯养, 然后逐步过度到所需试验条件下暂养2 d以上, 实验前停食2~4 d。每一代谢瓶中放1尾鱼, 用塑膜封口, 并设一空白对照组。将同一批鱼的试验瓶放入一大型水族箱中, 以保持同一温度。根据水温不同持续试验1~3 h。

#### 1.3 测定项目及数据处理

以碘量法测定实验前后水中的溶解氧; 以次溴酸钠氧化法测定实验前后水中的氨氮含量; 用电位法测定 $\text{CO}_2$ 含量<sup>[2]</sup>。参考有关经验模型<sup>[1]</sup>, 对所测数据进行常规回归分析<sup>[3]</sup>。

### 2 结果

#### 2.1 温度、体重与牙鲆标准代谢的关系

结果见表1。牙鲆的耗氧率( $Q_{\text{O}_2}$ )由12℃时的0.104 mg/g·h上升到27℃的0.345 mg/g·h,  $\text{CO}_2$ 排出率( $Q_{\text{C}}$ )与氨氮排泄率( $Q_{\text{N}}$ )也呈同样的趋势, 分别由12℃时的0.114 mg/g·h和3.96  $\mu\text{g/g}\cdot\text{h}$ 上升到0.411 mg/g·h和11.94  $\mu\text{g/g}\cdot\text{h}$ 。由于本实验每组温度所用实验鱼的体重相差很大, 故单从以上结果很难说明温度对其代谢的影响。综合考虑体重

收稿日期: 1997-06-29

与温度的复合关系,分别符合下列模式:

$$Q_O = 0.0633W - 0.2028e^{0.0797T} \quad (R = 0.938)$$

$$r_{QW,T} = -0.755 \quad r_{QT,W} = 0.926 \quad n = 78)$$

$$Q_C = 0.0609W - 0.1616e^{0.0829T} \quad (R = 0.865)$$

$$r_{QW,T} = -0.504 \quad r_{QT,W} = 0.851 \quad n = 78)$$

$$Q_N = 4.114W - 0.3217e^{0.0682T} \quad (R = 0.951)$$

$$r_{QW,T} = -0.896 \quad r_{QT,W} = 0.918 \quad n = 78)$$

经统计检验表明,该回归方程的复相关系数均达到极显著水平( $p < 0.01$ )。对偏相关系数进行显著性检验,无论是体重还是温度对其代谢也都达极显著水平( $p < 0.01$ ),只是体重与标准代谢呈负相关,温度与标准代谢呈正相关。

表1 牙鲆的耗氧率( $Q_O$ )、 $CO_2$ 排出率( $Q_C$ )、氨氮排泄率( $Q_N$ )、呼吸商(RQ)和氧氮比(O:N)

Table 1 Oxygen consumption,  $CO_2$  production and  $NH_3-N$  excretion rate, respiratory quotient and oxygen nitrogen ratio of *Paralichthys olivaceus*

| 体重/g<br>body weight | 温度/℃<br>water temp. | 尾数<br>numbers | $Q_O/(mg \cdot g^{-1} \cdot h^{-1})$ | $Q_C/(mg \cdot g^{-1} \cdot h^{-1})$ | $Q_N/(\mu g \cdot g^{-1} \cdot h^{-1})$ | RQ        | O:N      |
|---------------------|---------------------|---------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|-----------|----------|
| 3.7~66.7<br>(25.9)  | 12                  | 19            | 0.062~0.142<br>(0.104±0.023)         | 0.073~0.162<br>(0.114±0.026)         | 2.04~5.03<br>(3.96±0.83)                | 0.80±0.09 | 23.3±3.9 |
| 3.0~71.1<br>(26.4)  | 17                  | 19            | 0.064~0.183<br>(0.129±0.033)         | 0.072~0.196<br>(0.138±0.034)         | 3.06~8.12<br>(5.18±1.30)                | 0.78±0.04 | 22.1±4.3 |
| 3.4~87.6<br>(30.2)  | 22                  | 20            | 0.116~0.288<br>(0.199±0.051)         | 0.129~0.354<br>(0.224±0.065)         | 3.85~16.73<br>(8.17±3.79)               | 0.82±0.08 | 23.8±6.6 |
| 2.5~80.2<br>(27.0)  | 27                  | 20            | 0.173~0.520<br>(0.345±0.094)         | 0.190~0.618<br>(0.411±0.120)         | 5.42~22.02<br>(11.94±5.66)              | 0.86±0.09 | 28.4±8.0 |

注:括号内为平均±标准误差。Values in parentheses represent mean±standard error.

## 2.2 牙鲆体重与标准代谢的关系

牙鲆体重与标准代谢的关系见图1。从图中可以看出:耗氧率、 $CO_2$ 排出率以及氨氮排泄率皆随体重的增加而降低,呈负相关,回归方程见图1(Y代表标准代谢,X表示体重)。相关系数较低,但仍达极显著水平( $p < 0.01$ ),这主要是由于温度的影响掩盖了体重的作用;上述偏相关系数的显著性检验也证明了这点。

## 2.3 盐度对其代谢率的影响

结果见表2。在自然温度(22℃左右)下,在本实验盐度阈值内,不同的盐度,对耗氧率、 $CO_2$ 排出率并没有产生明显的影响;只有氨氮排泄率呈现出随盐度降低而下降的趋势,由盐度为30组的9.99  $\mu g/g \cdot h$ 下降到15组的6.13  $\mu g/g \cdot h$ 。

## 2.4 牙鲆的呼吸商

由表1可知,在适温域的不同温度条件下,牙鲆的呼吸商差异不大,变化范围在0.78~0.86之间,且没有呈现明显的规律性。

表2 不同盐度下牙鲆的耗氧率( $Q_O$ )、 $CO_2$ 排出率( $Q_C$ )及氨氮排泄率( $Q_N$ )

Table 2 Oxygen consumption and excretion rate for  $CO_2$ ,  $NH_3-N$  of *Paralichthys olivaceus* at different salinity

| 盐度<br>salinity | 体重<br>body weight/g | 尾数<br>numbers | $Q_O/(mg \cdot g^{-1} \cdot h^{-1})$ | $Q_C/(mg \cdot g^{-1} \cdot h^{-1})$ | $Q_N/(\mu g \cdot g^{-1} \cdot h^{-1})$ | 代谢率<br>metabolism rate/( $J \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}$ ) |
|----------------|---------------------|---------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 30             | 4.2~24.3            | 11            | 0.231±0.040                          | 0.230±0.041                          | 9.99±2.79                               | 3.08                                                     |
| 25             | 4.9~19.3            | 6             | 0.223±0.070                          | 0.251±0.046                          | 8.73±1.96                               | 3.07                                                     |
| 20             | 3.6~8.5             | 6             | 0.288±0.044                          | 0.274±0.020                          | 7.36±1.07                               | 3.87                                                     |
| 15             | 7.2~25.1            | 9             | 0.242±0.053                          | 0.247±0.084                          | 6.13±0.26                               | 3.28                                                     |

## 3 讨论

### 3.1 牙鲆的能源物质

3.1.1 牙鲆的呼吸商 根据呼吸商的大小,可以判断鱼类的能源物质<sup>[4,5,8]</sup>。牙鲆的平均呼吸商为0.

82±0.08,说明牙鲆体内的氧化物主要是蛋白质和脂肪。本实验中也有少数个体的呼吸商大于1,这除了与鱼体内碳水化合物进行无氧酵解外<sup>[4,8]</sup>,还可能与以下原因有关:①代谢瓶中溶解氧水平的不断降低(最低达3.01 mg/L)、代谢废物的逐渐增加;

②实验鱼并不完全处于安静状态中。

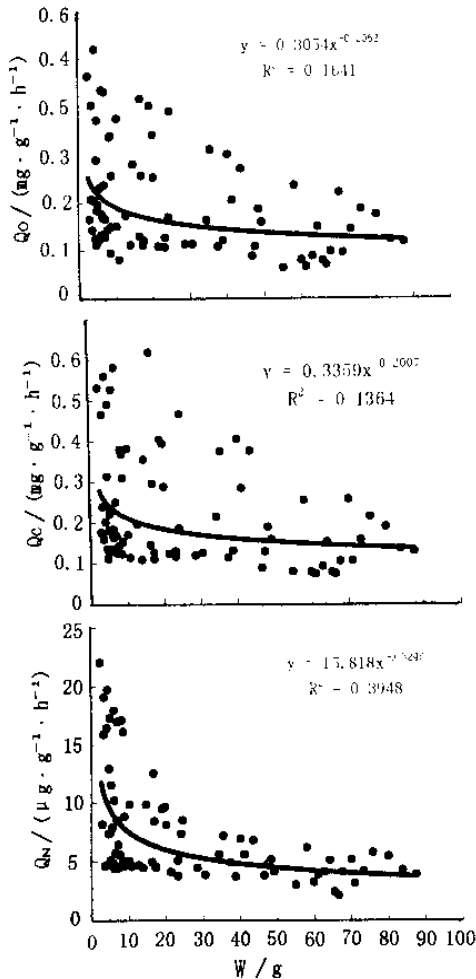


图1 牙鲆的代谢率与体重的关系

Fig.1 Relationship between metabolism and body weight of *Paralichthys olivaceus*

**3.1.2 牙鲆能源物质的比率及氧氮比** 根据蛋白质、脂肪、碳水化合物的氧化分解量和实测的耗氧率、 $\text{CO}_2$  排出率及氮氮排泄率, 以及配用蛋白质、脂肪、碳水化合物在体内燃烧时产生的热量值<sup>[8,9]</sup>, 计算不同温度条件下蛋白质、脂肪、碳水化合物所提供的能量比, 分别为: 12℃时 33.6:46.6:19.8, 17℃时 35.6:52.0:12.4, 22℃时 36.1:37.8:26.1, 27℃时 30.3:25.4:44.3, 总平均为 33.1:35.8:31.1。可见, 牙鲆利用的能源物质有所不同。在生长适温范

围内, 主要是以体内的脂肪和蛋白质为能源, 而在 27℃ 的高温环境中, 却改为以碳水化合物为主。因此在养殖过程中, 在保证蛋白质供应量的同时, 提供适量的脂肪是十分必要的。

然而, 由于牙鲆蛋白质代谢的废物并非全部为氨氮, 还有部分其它含氮化合物。其中尿素氮的含量可达氨氮的 12% (体重 1.5~6.5 g) 至 30% (体重 15~91 g)<sup>[10]</sup>。因此蛋白质的实际代谢量要高于表 1 的结果, 从而导致计算的脂肪和碳水化合物所占比例偏高, 由此计算的氧氮比偏高于实际值。至于利用氧氮比估计鱼虾代谢中能源的化学本质, 诸学者已进行了大量研究<sup>[5]</sup>。本实验中牙鲆的氧氮比平均为 24.4, 可见牙鲆能量代谢中的能源物质主要是蛋白质和脂肪。

### 3.2 盐度对标准代谢的影响

对盐度与代谢的研究已较多, 基本总结出 2 种代谢模式<sup>[6]</sup>。而牙鲆与之不同, 它在盐度 15~30 的范围内, 代谢率基本无差异 (表 2), 只有盐度为 20 组的数值偏高, 这可能与实验鱼规格偏小有关。该结果与王涵生<sup>[7]</sup>的实验结果基本一致。他认为, 在盐度 16.0~31.8 的范围内, 盐度对牙鲆仔稚鱼的生长及成活率无显著影响。这意味着在牙鲆养殖生产中, 特别在北方地区, 利用其适盐域较广的特点, 利用低盐井水进行越冬管理, 是非常有意义的。

### 参 考 文 献

- 1 崔奕波. 鱼类生物能量学的理论和方法. 水生生物学报, 1989, 13(4): 369~383
- 2 韩舞鹰, 等. 海水化学要素调查手册. 北京: 海洋出版社, 1986. 58~136
- 3 杜荣蓉. 生物统计学. 北京: 高等教育出版社, 1991. 231~329
- 4 王渊源. 鱼虾营养概论. 厦门: 厦门大学出版社, 1993. 132~149
- 5 周洪洪. 中国对虾亲虾的能量代谢研究. 水产学报, 1990, 14(2): 114~119
- 6 邱德依, 等. 盐度对鲤标准代谢的影响. 大连水产学院学报, 1993, 7(4): 35~41
- 7 王涵生. 海水盐度对于仔稚鱼的生长、存活率及白化率的影响. 海洋与湖泊, 1997, 28(4): 399~405
- 8 荻野珍吉. 鱼类的营养和饲料. 陈国铭, 等译. 北京: 海洋出版社, 1987. 102~106
- 9 P. 斯文森, 等. 动物生理学导论. 邢军等译. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1990. 160~162
- 10 Kotaro kikuchi, Takeda S, Honda H, Kiyono M, et al. Nitrogenous excretion of juvenile and young Japanese flounder. Nippon Suisan Gakkaishi, 1992, 58(12): 2329~2333

## Energy metabolism of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*

Zhang Meizhao Zhang Zhaoqi  
(Ocean University of Qingdao, 266003)

Zheng Chunbo Li Jiqing  
(Wendeng Fisheries Bureau, Shandong, 264400)

**Abstract** The metabolism of juvenile Japanese flounder (individual body weight 2.5~87.6 g) was tested at different water temperatures and salinities. The oxygen consumption, CO<sub>2</sub> production and NH<sub>3</sub>-N excretion rates of the fish were affected significantly by water temperature and body weight. The RQ and ratio of O/N of Japanese flounder were  $0.82 \pm 0.08$  and  $24.4 \pm 6.4$ , which means the energy metabolism of *P. olivaceus* was dominated by the oxidation of their protein and lipid. Their mean metabolism rates at salinity 30, 25, 20, 15 were 3.08, 3.07, 3.87, 3.28 J/g·h, respectively, indicating Japanese flounder can adapt a wide range of salinity.

**Key words** *Paralichthys olivaceus*, water temperature, body weight, salinity, energy metabolism