

文章编号: 1004-7271(2006)01-0118-05

·研究简报·

## 花鲢耗氧率和窒息点的初步研究

顾若波, 徐钢春, 闻海波

(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 江苏 无锡 214081)

**摘要** 实验测定了花鲢的耗氧率和窒息点, 并对耗氧率的昼夜变化规律以及体重对其窒息点的影响进行了研究。结果表明, 在实验温度(10~25℃)条件下, 花鲢的耗氧率随温度的升高而增大, 随体重的增加而降低; 耗氧率( $R_0$ )与温度( $T$ )和体重( $W$ )的二元线性回归方程是:  $R_0 = 0.022T - 0.001W - 0.05$ , 复相关系数为 0.926,  $F$  检验表明, 花鲢的耗氧率与温度和体重之间有极显著复相关关系, 花鲢的耗氧率具有昼夜节律性, 耗氧高峰出现在凌晨 3:00, 低谷是在上午 11:00; 花鲢的窒息点与体重显著相关, 窒息点  $A$  (mg/L) 与体重  $W$  (g) 的相关关系表示为:  $A = 0.2671W^{0.2801}$ , 随体重的增加而升高。

**关键词** 花鲢; 耗氧率; 窒息点

中图分类号 S 912 文献标识码: A

## Studies on the oxygen consumption rate and asphyxiant point of *Hemibarbus maculatus* Bleeker

GU Ruo-bo, XU Gang-chun, WEN Hai-bo

(Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, China)

**Abstract** The oxygen consumption rate (OCR) and the effect of body weight on the asphyxiant point (AP) of *Hemibarbus maculatus* Bleeker were studied. The results demonstrated that under the controlled temperature (10–25℃) the OCR increased while temperature rose, and decreased while body weight increased; The linear regression relationships of oxygen consumption rate ( $R_0$ ) with temperature and body weight ( $W$ ) can be described as  $R_0 = 0.022T - 0.001W - 0.05$ , and the multiple relation coefficient was 0.926; Daily fluctuation of the OCR could also be observed in the experiment, the highest and lowest of which occurs at 3:00, 11:00 a.m respectively; The positively exponential regressive function  $A = 0.2671W^{0.2801}$  expressed that the AP, significantly correlated with body weight, rose with the increase of body weight.

**Key words** *Hemibarbus maculatus*; oxygen consumption rate (OCR); asphyxiant point (AP)

花鲢 (*Hemibarbus maculatus* Bleeker) 隶属于鲤科、鲃亚科、鲢属<sup>[1]</sup>, 俗称季鱼、季郎鱼、鸡骨郎。花鲢肉质鲜美, 营养丰富、蛋白质含量高。近年来, 由于过度捕捞等因素的影响, 江浙沪一带湖泊中花鲢的野生资源日益减少, 而人工养殖刚刚起步, 许多与养殖相关的应用基础理论尚未弄清, 需要进行深入研究。

鱼类耗氧率是鱼体内代谢活动的重要标志, 它反映了鱼类的生理状况, 也反映了鱼类在外界环境条

件下的生活状况,窒息点则是鱼类忍受低氧的极限指标。研究花鲢的耗氧率和窒息点,不仅具有一定的理论意义,而且在养殖上也有应用价值,可以为养殖生产及活鱼运输中进行水质调控、确定合理的放养和装运密度、合理利用饵料、找到花鲢的最适生活条件等提供科学依据。有关淡水鱼类的耗氧率和窒息点的测定,国内外学者已经做了许多研究工作<sup>[2-7]</sup>,但未见有花鲢耗氧率和窒息点的研究报告。本实验初步研究了不同水温对不同规格花鲢耗氧率的影响、耗氧率的昼夜变化以及花鲢窒息点与体重的关系,以为花鲢生理学研究提供理论依据,为花鲢的人工养殖提供技术资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验鱼与试验用水

实验鱼为淡水渔业研究中心科研实验基地繁育的花鲢,试验鱼在实验室的水族箱中驯养 7~10 d,实验前停食 2 d,使鱼处于饥饿状态。实验用水为曝气三天以上的自来水,pH 值为  $8.0 \pm 0.2$ ,溶氧量在 5 mg/L 以上。

### 1.2 耗氧率的测定

耗氧率的测定是采用流水式的密封装置,实验装置仿陈宁生等<sup>[4]</sup>的装置加以改造,呼吸室采用长、宽、高分别为 30 cm × 20 cm × 15 cm 的玻璃容器改装而成。测定开始前 1 天随机选取花鲢放入呼吸室以适应环境,上口玻璃盖用硅酮玻璃胶密封。

实验设计 10 °C、15 °C、20 °C、25 °C 4 个温度梯度,同一温度下不同规格的花鲢每个处理设 3 个平行实验组和一个空白对照组。根据花鲢规格大小呼吸室所放鱼的尾数分别为小规格 7 尾、大规格 3 尾,流速以能充分供给花鲢正常呼吸所需溶氧以及能明显测出进出水溶氧的差异为宜。实验前先让鱼在流水环境中适应 1 h 以上,待其呼吸平稳后开始实验,每组测定在 2 个时间段内:9:00-10:00 和 18:00-19:00,每次测定重复 2 次,结果取两次测定的平均值。昼夜耗氧率的测定,连续测定 24 h,每 2 h 测定一次,取双样,结果取平均值,晚上避光以排除光照对花鲢生理活动的影响。溶解氧的测定采用碘量法<sup>[8]</sup>。按下式计算耗氧率:

$$R = \frac{(C_0 - C_A) - (C_0 - C_B)}{W} \times V$$

式中,R 为耗氧率 [mg/(g·h)], $C_0$  为流入呼吸室的水溶氧量 (mg/L), $C_A$  为实验组流出呼吸室的水溶氧量 (mg/L), $C_B$  为空白对照组流出呼吸室的水溶氧量 (mg/L), $V$  为经过呼吸室的水流速度 (L/h), $W$  为实验鱼总体重 (g)。

### 1.3 窒息点的测定

采用 58.5 cm × 29 cm × 17 cm 的玻璃缸作为呼吸室,以液体石蜡封面,用虹吸法取水样。呼吸室中放不同规格的花鲢 10 尾,为减少气温的影响,将呼吸室置于水浴箱中,恒温 20 °C。分别测定死亡半数时的溶氧量,并以半数死亡时的溶氧量为窒息点,并观察花鲢窒息时的症状。

### 1.4 数据分析

实验所得数据以 SPSS11.0 软件作统计分析并用 Excel 作图。

## 2 结果

### 2.1 温度对两种不同规格的花鲢耗氧率的影响

温度、体重对花鲢耗氧率的影响如表 1、图 1 所示,在相同温度下,花鲢耗氧率随个体的增大而降低。在实验温度 10~25 °C 之间时,同规格花鲢的耗氧率随温度升高而增大。小规格花鲢在 10~15 °C 和 15~20 °C 时耗氧率缓慢增大 ( $P > 0.05$ ),20~25 °C 时耗氧率则极显著增大 ( $P < 0.01$ );大规格鱼在 10~15 °C 时其耗氧率就极明显随温度升高而增大 ( $P < 0.05$ ),15~20 °C 时增大缓慢 ( $P > 0.05$ ),20~25 °C 时则极显著增大 ( $P < 0.01$ )。

表 1 不同温度下两种规格花鲮的耗氧率

Tab.1 Oxygen consumption rate of two sizes *H. maculatus* at different temperatures

规格	温度 (°C)	尾数 (ind)	平均体长 (cm)	总重 (g)	耗氧率 (mg/g·h)
小规格	10°C	7	8.56 ± 0.64	6.70 ± 1.38	0.204 2 ± 0.013 4
	15°C	7	8.67 ± 0.26	6.84 ± 0.72	0.250 3 ± 0.048 3
	20°C	7	8.70 ± 0.22	6.84 ± 0.85	0.284 6 ± 0.037 3
	25°C	7	8.67 ± 0.33	6.79 ± 1.00	0.552 2 ± 0.025 4
大规格	10°C	3	15.3 ± 0.35	41.97 ± 3.16	0.122 9 ± 0.019 3
	15°C	3	14.9 ± 0.53	38.93 ± 7.46	0.233 2 ± 0.026 9
	20°C	3	15.0 ± 0.70	38.03 ± 7.32	0.275 3 ± 0.019 3
	25°C	3	15.2 ± 0.38	42.63 ± 3.43	0.473 3 ± 0.049 5

注 表中耗氧率是 9:00~10:00 和 18:00~19:00 两时间段内耗氧率的平均值

花鲮耗氧率( $R_0$ )与温度( $T$ )、体重( $W$ )的二元线性回归方程为: $R_0 = 0.022T - 0.001W - 0.05$ 。对此方程进行显著性检验(表 2),显示  $F > F_{0.01}$ ,同时其复相关系数为  $r = 0.926$  ( $r > r_{0.01} = 0.917$ ),说明花鲮的耗氧率与温度和体重之间有极显著复相关关系。

表 2 花鲮耗氧率与温度和体重的二元线性回归方程变量分析结果

Tab.2 The results of ANOVA relating to duality regress equation about oxygen consumption rate between temperature and weight of *H. maculatus*

方差来源	自由度 $df$	平方和 $SS$	均方 $MS$	$F$ 值 $S$	$F_{0.05}$ 值 $F_{0.05}$	$F_{0.01}$ 值 $F_{0.01}$	显著性水平
回归	2	0.122	0.061	15.015	5.79	13.27	0.008
剩余	5	0.20	0.004				
总和	7	0.142					

2.2 花鲮耗氧率昼夜变化曲线图

花鲮耗氧率的昼夜变化测定结果如图 2 所示,花鲮在上午 11:00 耗氧率最低,为 0.214 3 mg/(g·h); 11:00~3:00 花鲮的耗氧率逐渐升高,3:00 最高,为 0.612 4 mg/(g·h),约为最低值的 3 倍;3:00 以后,耗氧率又逐渐下降。若将测定值按 7:00~17:00 时划为白天和 19:00~5:00 时划为夜间两阶段,白天平均耗氧率为 0.281 4 ± 0.100 6 mg/(g·h),夜间平均耗氧率为 0.428 0 ± 0.114 0 mg/(g·h),经双尾  $t$  检验,  $P < 0.05$ ,昼夜耗氧率差异显著,表明花鲮夜间活动强度大于白天。

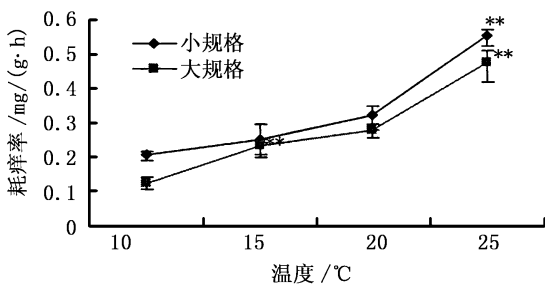


图 1 温度对不同规格花鲮耗氧率的影响

Fig.1 The effects of temperature on oxygen consumption rates of different sizes *H. maculatus*

注: \* \* 表示差异极显著

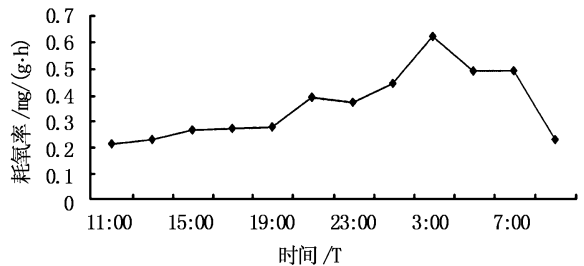


图 2 花鲮耗氧率的昼夜变化

Fig.2 Daily changes of oxygen consumption rate in *H. maculatus*

## 2.3 花鲢窒息点与体重的关系

花鲢的窒息点与体重的关系见表 3。统计分析表明,花鲢的窒息点  $A$  (mg/L) 与体重  $W$  (g) 的相关关系表示为,

$$A = 0.267 1W^{0.280 1}, n = 30, r = 0.998 5, P = 0.011 < 0.05$$

表明个体越小,花鲢的耐低氧能力越强。

表 3 花鲢窒息点与鱼体体重的关系

Tab.3 Correlation between asphyxiant point and body weight in *H. maculatus*

规格		试验鱼尾数(尾)	窒息点(mg/L)
体长(cm)	体重(g)		
8.61 ± 0.37	6.55 ± 1.23	10	0.4529
15.27 ± 1.75	44.84 ± 14.54	10	0.7694
18.21 ± 0.37	82.73 ± 7.93	10	0.9248

花鲢在窒息时的行为表现为:开始时,在呼吸室内焦躁不安,呼吸频率加快,上下不断窜动,接近临界溶氧时,身体失去平衡,无力游动,呼吸频率明显减慢,最后沉死在水底,腹面朝上,口和鳃盖张开,脊椎强直反弯。

## 3 讨论

### 3.1 温度对两种不同规格花鲢耗氧率的影响

从图 1 可以看出,两种花鲢的耗氧率在水温 10 °C 下与 15 °C 下差异显著,20 °C 下与 25 °C 下差异极显著,而 15 ~ 20 °C 下花鲢的耗氧率差异并不明显。刘飞等<sup>[6]</sup>认为,耗氧率在某一温度范围内,如果耗氧率变化小,即其新陈代谢过程中的异化作用随温度升高而变化小,这对其生长是有利的。因此,我们推断 15 ~ 20 °C 是花鲢生长发育的适温范围。从 20 ~ 25 °C 时耗氧率的升高明显,说明 20 ~ 25 °C 时花鲢的代谢比 15 ~ 20 °C 时旺盛。而更高温度的影响则有待于进一步研究。

从图 1 可以看出,同一水温下,大规格花鲢的耗氧率均小于小规格花鲢的耗氧率,这种变化与众多对其他鱼类研究的结果相吻合<sup>[2-7,9,12-14]</sup>。

### 3.2 耗氧率的昼夜变化

一般认为鱼类代谢水平的昼夜变化有 3 种类型:1)白天大于夜间;2)夜间大于白天;3)昼夜差异不明显。本实验结果表明,花鲢的代谢水平属于第二种类型。由于实验水温较稳定,故耗氧率变化不会是水温变化造成的,而应该是由鱼类呼吸生理所决定,与其生活习性有关。Clauser<sup>[10]</sup>认为鱼类的耗氧率日夜间呈有规律的变化,这种变化代表着鱼类在自然环境中的活动周期,耗氧率高时代表鱼类进食或进行其他活动。根据所测得的耗氧率昼夜变化推测,花鲢主要在夜间取食或进行其他活动,这与陆红法等<sup>[11]</sup>报道的花鲢昼伏夜出的生活习性一致。因此,在养殖生产上,在凌晨对其进行投喂,这样对其生长将更加有利,但在运输过程中,则应尽量避免这一时间段,选择上述耗氧率低谷时间进行,以延长运输时间,提高运输成活率。此外,从实验结果得知,花鲢一天中耗氧最大值是在凌晨 3:00 左右,此时正是池塘中溶氧较低的时刻,因此,在花鲢的养殖过程中,凌晨要注意及时增氧,以满足花鲢代谢高峰时期氧的需要量,保证花鲢正常摄食和进行必要的生理活动。

### 3.3 窒息点与体重的关系

在相同水温条件下,花鲢的窒息点随着花鲢体重的增加而升高,这与杨春等<sup>[12]</sup>研究潘阳湖鳊鱼的结论相似,但与长薄鳊和月鳊等鱼的窒息点与体重关系的结论<sup>[13,14]</sup>不一致,其原因有待于进一步研究。

研究鱼类的窒息点,弄清鱼类对水中溶氧的最低需求,在养殖生产实践中是非常重要的。本实验测得体重为 82.73 ± 7.93 g 的花鲢的窒息点为 0.9248 mg/L,这与相近体重和水温条件下的长薄鳊<sup>[13]</sup>的窒

息点  $0.83 \sim 0.92 \text{ mg/L}$  相近,比湘云鲫<sup>[6]</sup>的窒息点  $0.113 \sim 0.225 \text{ mg/L}$  要高得多,比草鱼、鳙<sup>[15]</sup>的窒息点  $0.47 \sim 0.78 \text{ mg/L}$  也要高,这表明花鲢个体耐低氧能力较差,对水中溶氧要求较高。众所周知,鱼类的窒息点依种而异,这与各种鱼类的生态习性不同有关。通常栖息于水域中上层的速游鱼类,其窒息点一般比较高,而栖息于底层,活动程度亦较少的鱼类则较低;同时,鱼类的窒息点还依食性而异,通常肉食性鱼类的窒息点较高,温和食性鱼类则较低。花鲢虽属于底层鱼类,但又是偏肉食性鱼种<sup>[16]</sup>,故其窒息点虽低于中上层肉食性鱼类,却高于大多数的底层温和食性鱼类。这一点也说明了在养殖管理中不应将花鲢视为“单纯”的底栖性鱼类来管理,而应同其他肉食性养殖鱼类一样,保持水中较高的溶解氧水平是必要。

总而言之,在花鲢养殖生产上应保证充足的溶氧,经常加注新水和机械增氧,以满足其正常生长发育的需求。

#### 参考文献:

- [1] 苏锦祥,凌国建,吴琴瑟,等.鱼类学与海水鱼类养殖[M].北京:中国农业出版社,2000.183-184.
- [2] 张中英,胡玫,吴福煌.尼罗罗非鱼耗氧率的初步测定[J].水产学报,1982,4(4):369-377.
- [3] 刁小明,苏胜齐.岩原鲤耗氧率和窒息点研究[J].西南农业大学学报,1994,16(3):208-211.
- [4] 陈宁生,施泉芳.草鱼、白鲢和花鲢的耗氧率[J].动物学报,1955,7(1):43-57.
- [5] Fidhiany L, Winckler K. Influence of body mass, age, and maturation on specific oxygen consumption in freshwater cichlid fish, *Cichlasoma nigrofasciatum*[J]. Comp Biochem Physiol, 1998, 119(2):613-619.
- [6] 刘飞,张轩杰,刘筠.湘云鲤耗氧率和溶氧临界窒息点[J].湖南师范大学自然科学学报,2000,23(3):72-75.
- [7] 朱华平,黄樟翰,谢刚,等.翘嘴红鲌鱼苗耗氧率和窒息点的初步研究[J].水利渔业,2003,23(4):10-11.
- [8] 陈佳荣,臧维玲,金送笛,等.水化学实验指导书[M].北京:中国农业出版社,2000.120-123.
- [9] 董存友,张金荣.真鲷窒息点和耗氧率的初步测定[J].水产学报,1992,16(1):75-79.
- [10] Clausen R G. Oxygen consumption in freshwater fishes[J]. Ecology, 1936, 17(2):216-226.
- [11] 陆红法,李智强,方美娟,等.花鲢的生物学特性和人工繁殖初步研究[J].浙江海洋学院学报(自然科学版),2004,23(3):211-213.
- [12] 杨春,李达,徐光龙,等.潘阳湖鳙鱼窒息点与耗氧率的初步研究[J].江西农业学报,1998,10(4):96-98.
- [13] 邹桂伟,罗相忠,胡德高,等.长薄鳅耗氧率与窒息点的研究[J].湖泊科学,1998,10(1):49-54.
- [14] 胡泗才,王尚洪,敖鑫如.月鳢耗氧率与窒息点的初步研究[J].吉首大学学报,2000,21(3):70-74.
- [15] 仇潜如,范兆廷,王令玲,等.主要淡水养殖鱼类种质研究[M].北京:中国科学技术出版社,1991.100-106.
- [16] 郭水荣.花鲢网箱养殖试验[J].淡水渔业,2005,35(2):53-54.