

文章编号: 1674-5566(2012)03-0363-05

## 大鳞鲃耗氧率和窒息点的测定

耿龙武, 徐伟, 李池陶, 金国雄

(中国水产科学研究院黑龙江水产研究所, 黑龙江 哈尔滨 150070)

**摘要:** 实验测定了不同温度、不同规格大鳞鲃(*Barbus capito*)的耗氧率和窒息点。水温 16~34 °C 范围内,大鳞鲃 1 龄鱼[(24.78±2.19) g]和 2 龄鱼[(185.94±5.53) g]的耗氧率和窒息点随温度的升高都表现出上升的趋势。水温 26 °C 时,随着体重规格(10 g、30 g、180 g)的增大,大鳞鲃的耗氧量逐渐升高,耗氧率逐渐下降。1 龄大鳞鲃[(34.61±3.75) g]白天的耗氧率显著高于夜间耗氧率,白天 12:00~14:00 最高,平均耗氧率为(0.195 8±0.037) mg/(g·h),夜间 22:00~24:00 最低,平均耗氧率为(0.145 9±0.029) mg/(g·h)。测得 1 龄大鳞鲃在水温 26~32 °C 时的窒息点为 0.180 5~0.525 2 mg/L, 2 龄大鳞鲃的窒息点为 0.292 1~0.588 8 mg/L。

**研究亮点:** 大鳞鲃是从乌兹别克斯坦引进的耐盐碱鱼类新品种,目前尚没有进行人工饲养,可供参考的养殖生物学资料较少。本实验首次测定了不同温度、不同规格大鳞鲃的耗氧率和窒息点,这些实验结果为该鱼池塘养殖的水质管理提供了科学依据。首次将温度对鱼类耗氧的影响划分为 3 个阶段,分别阐述了每个阶段的特点及原因,完善了温度对鱼类耗氧的影响规律,提出了新的见解。

**关键词:** 大鳞鲃; 耗氧率; 窒息点

**中图分类号:** S 917; S 965.1

**文献标识码:** A

大鳞鲃(*Barbus capito*)属鲤科(Cyprinidae)、鲃亚科(Barbinae)、鲃属(*Barbodes*),原产于乌兹别克斯坦的咸海。它具有食性广、生长速度快、肉质鲜美、耐盐碱、适应性强等优良性状,其最大个体长 70 cm、重 12 kg,是当地重要的大型经济鱼类<sup>[1]</sup>。2003 年黑龙江水产研究所将该鱼引入我国,旨在增加内陆盐碱水域鱼类养殖品种,以促进盐碱水域的开发和利用。

鱼类大多数代谢活动与氧的利用有关,耗氧率能够直接或间接地反映新陈代谢规律、生理和生活状况<sup>[2]</sup>,因此,对耗氧率的测定不仅在鱼类生理学研究上具有重要意义,而且在养殖上也有指导意义<sup>[3]</sup>。有关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>[4-8]</sup>,但未见大鳞鲃耗氧率和窒息点的研究报道。本文通过测定不同水温、不同规格大鳞鲃的耗氧率和窒

息点,以期为大鳞鲃的人工增养殖技术提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 实验鱼和用水

实验鱼为池塘人工养殖的 1 龄(20.3~42.6 g)和 2 龄(176.4~189.9 g)鱼种,在室内水族箱暂养 7 d,实验前停食 1 d 排空体内粪便。实验用水为鼓风机曝气 3 d 的自来水,利用自动控温系统调节水温,温差为±0.5 °C。

#### 1.2 耗氧量和耗氧率的测定

耗氧量和耗氧率的测定参照国家标准<sup>[9]</sup>,呼吸室为自制直径 24 cm、高 30 cm 的有机玻璃圆桶型容器。测定开始前 1 d 将实验鱼放入呼吸室适应环境。

不同温度的耗氧量和耗氧率测定,水温设定

收稿日期: 2011-11-09 修回日期: 2011-12-19

**基金项目:** 黑龙江水产研究所基本科研业务费专项(2007HSYZX-YZ-04); 黑龙江水产研究所基本科研业务费专项(2009HSYZX-YY-09); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(201007); 农业部水产生物技术重点开放实验室项目(2010NYBSJ-03); 农业部“948”引进项目(2001-479-5)

**作者简介:** 耿龙武(1978—),男,硕士,助理研究员,研究方向为水产遗传育种。E-mail:lweng2004@126.com

**通讯作者:** 徐伟,E-mail:xwsc23@tom.com

为6个梯度组16℃、20℃、24℃、28℃、32℃、34℃,用自动控温系统逐级升高温度,达到预定的实验温度后稳定1d,然后分别测定耗氧量和耗氧率。按1龄鱼[(24.78±2.19)g]和2龄鱼[(185.94±5.53)g]两种规格分两次进行,实验鱼分别为25尾和4尾。不同体重规格的耗氧量和耗氧率在水温为26℃下进行,体重分为3个梯度组10g、30g、180g,实验鱼分别为50尾、25尾和4尾。每个实验组设两个平行,测定时间为上午9:00~11:00,每隔1h测定1次连续测定3次,每次分别采集进、出口水样(2个平行)测量溶解氧,结果取平均值。昼夜耗氧率的测定连续进行24h,每2h测量一次,白天光照晚上避光以模拟自然环境的变化。溶解氧的测定采用碘量法<sup>[10]</sup>。

### 1.3 窒息点的测定

采用直径24cm、容积10L的广口玻璃瓶作为呼吸室,将呼吸室置于同温度的水浴中,减少外界气温的影响。1龄、2龄鱼的窒息点实验分别放鱼12尾与6尾。以液体石蜡封住水面,从底部的阀门采取水样,分别测定大鳞鲃临界缺氧点、临界窒息点和窒息点时的溶氧,记录开始→临界缺氧点、临界缺氧点→临界窒息点及临界窒息点→窒息点所需的时间,并观察大鳞鲃缺氧窒息时的症状。临界缺氧点:一尾鱼翻白失去平衡时水体溶解氧。临界窒息点:一尾鱼死亡时水体溶解氧。窒息点:半数实验鱼死亡时水体溶解氧。实验鱼死亡标准为鱼体丧失游动能力、失去平衡,鱼鳃停止呼吸。

### 1.4 数据处理

实验所得结果数据用SPSS 12.0软件作统计分析,分析结果用EXCEL做图。

## 2 结果

### 2.1 大鳞鲃的耗氧量与耗氧率

水温16~34℃范围内,大鳞鲃1龄鱼和2龄鱼的耗氧量与耗氧率结果见图1和图2。由图可以看出,两种规格鱼的耗氧量和耗氧率都随着温度的升高而增大。水温20℃~28℃时,大鳞鲃的耗氧量和耗氧率受水温变化影响较小。当水温低于20℃时,耗氧量和耗氧率迅速降低;当水温高于28℃时耗氧迅速升高,水温32℃时的耗氧最高,而后耗氧量和耗氧率开始下降。

水温26℃的条件下,大鳞鲃耗氧量随体重

的增加显著升高( $P < 0.05$ ),耗氧率随体重的增加而明显下降( $P < 0.05$ ),测定的结果见表1。

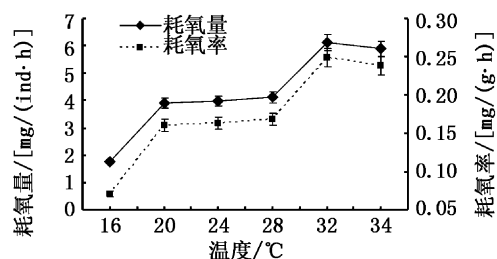


图1 1龄大鳞鲃不同温度的耗氧量与耗氧率

Fig. 1 Oxygen consumption and oxygen consumption rate of one-year old *Barbus capito* at different temperature

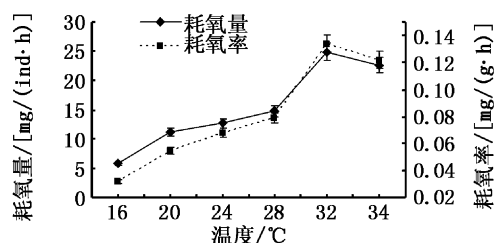


图2 2龄大鳞鲃不同温度的耗氧量与耗氧率

Fig. 2 Oxygen consumption and oxygen consumption rate of two-years old *Barbus capito* at different temperature

表1 不同体重大鳞鲃的耗氧量和耗氧率(26℃)

Tab. 1 Oxygen consumption and oxygen consumption rate at different body weight

水温/℃	体重/g	尾数/ind	耗氧量/[mg/(ind·h)]	耗氧率/[mg/(g·h)]
26	8.55±1.64	50	2.334 5±0.07 <sup>a</sup>	0.270 0±0.008 <sup>c</sup>
26	26.10±3.77	25	4.253 9±0.07 <sup>b</sup>	0.163 3±0.004 <sup>b</sup>
26	181.69±5.32	4	24.178 9±1.63 <sup>c</sup>	0.132 7±0.008 <sup>a</sup>

注:同一列上标有不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

### 2.2 不同温度下大鳞鲃的窒息点

大鳞鲃1龄、2龄鱼的窒息点见表2和表3。从结果可以看出,水温16~32℃范围内,1龄、2龄大鳞鲃的窒息点都随水温的升高而逐渐升高。在相同温度下,1龄鱼的窒息点低于2龄鱼的窒息点,并且1龄鱼临界缺氧点至临界窒息点、临界窒息点至窒息点的时间间隔均大于2龄鱼的时间间隔,也就是说大鳞鲃个体越大,耐低氧能力越差。大鳞鲃在窒息时的主要表现为:在呼吸室内焦躁不安,到处乱窜,呼吸频率加快。接近死

亡时,鳃呼吸缓慢,鱼体失去平衡,偶尔做挣扎性死亡。游动,然后慢慢下沉到水底,最后停止呼吸翻白

表 2 1 龄大鳞鲃不同温度下的窒息点

Tab.2 Suffocation point of one-year old *Barbus capito* at different temperature

水温 / $^{\circ}\text{C}$	体重 /g	初始溶氧 / $(\text{mg/L})$	时间间隔	临界缺氧点 / $(\text{mg/L})$	时间间隔	临界窒息点 / $(\text{mg/L})$	时间间隔	窒息点 / $(\text{mg/L})$
16	7.28 $\pm$ 0.72	9.47 $\pm$ 0.07	44 min 20 s	0.238 9	51 min 86 s	0.212 4	21 min 39 s	0.180 5
20	7.11 $\pm$ 0.54	8.62 $\pm$ 0.15	38 min 26 s	0.270 8	44 min 14 s	0.217 7	14 min 97 s	0.191 2
24	7.43 $\pm$ 0.35	7.84 $\pm$ 0.11	37 min 26 s	0.573 5	42 min 74 s	0.451 3	12 min	0.408 9
28	7.30 $\pm$ 0.26	7.42 $\pm$ 0.04	26 min 41 s	0.621 3	38 min 23 s	0.525 7	7 min 36 s	0.488 5
32	7.00 $\pm$ 1.14	6.94 $\pm$ 0.08	13 min 32 s	0.685 0	9 min 72 s	0.578 2	3 min 30 s	0.525 2

表 3 2 龄大鳞鲃不同温度下的窒息点

Tab.3 Suffocation point of two-years old *Barbus capito* at different temperature

水温 / $^{\circ}\text{C}$	体重 /g	初始溶氧 / $(\text{mg/L})$	时间间隔	临界缺氧点 / $(\text{mg/L})$	时间间隔	临界窒息点 / $(\text{mg/L})$	时间间隔	窒息点 / $(\text{mg/L})$
16	37.77 $\pm$ 2.35	9.36 $\pm$ 0.08	1 h 8 min 36 s	0.403 6	24 min 11 s	0.355 8	12 min 96 s	0.292 1
20	35.90 $\pm$ 4.67	8.83 $\pm$ 0.12	54 min 20 s	0.424 8	16 min 12 s	0.344 8	9 min 89 s	0.302 7
24	30.84 $\pm$ 3.85	7.99 $\pm$ 0.16	50 min 19 s	0.669 0	10 min 22 s	0.578 8	10 min 05 s	0.499 1
28	33.60 $\pm$ 2.71	7.47 $\pm$ 0.05	43 min 57 s	0.716 8	7 min 49 s	0.626 6	4 min 33 s	0.525 7
32	31.93 $\pm$ 3.32	6.89 $\pm$ 0.07	38 min 27 s	0.790 4	3 min 20 s	0.673 7	1 min 91 s	0.588 8

### 2.3 昼夜耗氧率的测定

水温 26  $^{\circ}\text{C}$  时,1 龄大鳞鲃[(34.61  $\pm$  3.75) g]的昼夜耗氧率变化规律见图 3。大鳞鲃白天的耗氧率高于夜间耗氧率。白天(6:00 ~ 18:00)大鳞鲃平均耗氧率为 0.183 3 mg/(g · h),12:00 ~ 14:00 大鳞鲃的平均耗氧率最高,为 0.195 8 mg/(g · h)。夜间(18:00 ~ 6:00)大鳞鲃平均耗氧率为 0.162 9 mg/(g · h),22:00 ~ 24:00 平均耗氧最低,为 0.145 9 mg/(g · h)。

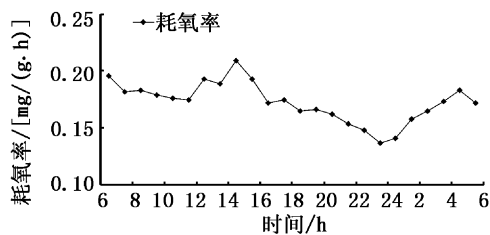


图 3 1 龄大鳞鲃的昼夜耗氧变化

Fig.3 Daily changes of oxygen consumption rate in *Barbus capito*

## 3 讨论

### 3.1 温度对大鳞鲃耗氧的影响

鱼类为变温动物,其生命活动直接受到外界温度的影响<sup>[11-12]</sup>,并且鱼类的代谢活动与氧的

利用有关<sup>[2]</sup>,因而鱼类的耗氧率与温度紧密相关。笔者认为温度对大鳞鲃耗氧率的影响可分为 3 个阶段:(1)低温升高期:由于温度低于适宜生长温度,此时的耗氧率也远低于适温期的耗氧率,但耗氧率随温度的升高上升较快,表现出较强的正相关关系。其原因是随温度的升高,鱼体内维持生命的脑、心、肝等重要组织器官的生理活动增强,各种酶活性逐渐上升,基础代谢活动周期缩短,对氧的消耗就会增加,从而导致鱼体耗氧升高<sup>[13-14]</sup>。大鳞鲃在 16 ~ 20  $^{\circ}\text{C}$  时的耗氧表现出上述特点。(2)适温平稳期:在该温度范围内,鱼类的耗氧率处于较高水平,但随温度的变化耗氧率变化较小。刘飞等<sup>[15]</sup>和朱爱意等<sup>[16]</sup>认为,鱼类在耗氧变幅较小的温度范围内,其新陈代谢异化作用上升的倍率较少或者说呼吸作用消耗的能量上升的倍率较少,即体内储存能量较多,这样有利于鱼体生长。本实验中,大鳞鲃在 20 ~ 28  $^{\circ}\text{C}$  时耗氧率变化较小,可初步认为此温度范围适宜该鱼生长。(3)高温改变期:当温度高于适宜温度后,耗氧率先是继续升高,达到某一温度后耗氧率开始下降。温度过高时耗氧率增加,是由于高温条件下异化作用增强,鱼类对能量的需求增加<sup>[17]</sup>,需要充足的氧进行营养物质的代谢。当温度升至一定温度后,鱼体内的酶活性

受到抑制,物质代谢发生紊乱,此时的耗氧率将会开始明显下降<sup>[15]</sup>。本实验中,大鳞鲃在 34 ℃ 的耗氧率开始下降,说明此时鱼体内的代谢水平开始降低,这与在倒刺鲃<sup>[7]</sup>、花鲢<sup>[18]</sup>、湘云鲫<sup>[15]</sup>、威海卡拉白鱼<sup>[19]</sup>等研究中的结果一致。

### 3.2 大鳞鲃耗氧率的昼夜变化

CLAUSEN<sup>[20]</sup>认为鱼类的耗氧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,耗氧高时代表鱼类进食或其他活动旺盛,相反耗氧低时鱼类摄食和其他活动减少。在水温稳定的情况下(26 ℃),大鳞鲃白天的耗氧高于夜间,可以推测大鳞鲃主要在白天摄食或进行其他活动,这与倒刺鲃<sup>[7]</sup>和中华倒刺鲃<sup>[8]</sup>的生活习性不同。因此,在养殖生产上,在白天尤其是午后水温较高时进行投喂,将提高饵料的利用率,对大鳞鲃的生长更加有利。但在运输过程中,则应尽量避免这一时间段,最好选择耗氧率较低的夜间进行,以降低对氧的消耗,提高运输成活率。

### 3.3 大鳞鲃的窒息点

鱼类的窒息点与个体的生活习性有关。通常栖息于水域中上层的快速游泳鱼类,其窒息点较高;栖息于底层的鱼类,窒息点较低<sup>[18]</sup>。本文测得水温 24 ℃ 时大鳞鲃的窒息点低于相近条件下中华倒刺鲃的窒息点<sup>[8]</sup>,而高于倒刺鲃的窒息点<sup>[7]</sup>,这与大鳞鲃为中下层鱼类,营底栖生活的习性一致。

鱼类窒息点受水温和体重的影响。有关研究<sup>[3-4,11,21]</sup>表明,鱼类窒息点随水温的升高而升高,这是因为水温升高,鱼体对氧需求量增大,导致窒息点也随之升高。大鳞鲃在 16 ~ 32 ℃ 时的窒息点变化符合上述规律。乔德亮等<sup>[13]</sup>认为体重对鱼类窒息点的影响有两种类型。一类呈正相关,即窒息点随体重增加而增加。另一类呈负相关,即随体重增加窒息点反而减小。大鳞鲃的窒息点与体重呈正相关,分析原因为随着个体的长大,耗氧量逐渐增加,对水中溶氧的依赖程度增加,造成大鱼窒息点比小鱼高,不同规格大鳞鲃窒息点的时间间隔也进一步证实了该结论。小规格鱼临界缺氧点→临界窒息点、临界窒息点→窒息点的间隔时间都大于大规格鱼,表明在发生缺氧的情况下,耗氧量大的大鱼会最早出现死亡。因此在养殖过程中,一旦出现缺氧现象,应

先抢救大规格鱼,后抢救小鱼,以减少因缺氧造成的死亡损失。

## 4 结论

在实验水温 16 ~ 32 ℃ 条件下,大鳞鲃的耗氧率随温度升高呈现出上升的趋势,水温 20 ~ 28 ℃ 时耗氧率的变幅最小,初步认为此时适宜大鳞鲃的生长,在养殖中可适当增加投饵量。大鳞鲃的窒息点随水温的升高而升高,随体重的增加而增加,高温季节池塘养殖中,应加强池塘水质管理,谨防缺氧。

### 参考文献:

- [1] 尼科里斯基 L B. 分门鱼类学[M]. 缪学祖,林福申,田明诚,译. 北京:高等教育出版社,1958:186-189.
- [2] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京:中国农业出版社,1995:89-100.
- [3] 范镇明,赵新红,钱龙. 河鲈鱼苗耗氧率和窒息点的测定[J]. 水生态学杂志,2009,2(4):129-132.
- [4] 徐伟,李池陶,曹顶臣. 乌苏里江唇鲮耗氧率和窒息点的初步研究[J]. 广东海洋大学学报,2007,27(3):11-15.
- [5] 李加儿,刘士瑞,区又君,等. 浅色皇姑鱼幼鱼耗氧率、排氨率及窒息点的初步研究[J]. 海洋学报,2008,30(5):165-170.
- [6] 孙中之,徐永江,韩兵,等. 条石鲷的耗氧率与窒息点研究[J]. 渔业科学进展,2009,30(5):27-33.
- [7] 陈福艳,江林源,梁万文. 倒刺鲃鱼种耗氧率与窒息点初探[J]. 广西水产科技,2003(4):10-15.
- [8] 唐毅,罗莉,郑永华,等. 中华倒刺鲃鱼种耗氧率和窒息点的初步研究[J]. 淡水渔业,2004,34(5):23-26.
- [9] GB/T 18654. 8—2002. 养殖鱼类种质检验第 8 部分:耗氧率与临界窒息点的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2002.
- [10] 沈镇昭. 淡水养殖水化学[M]. 北京:中国农业出版社,2001:219-223.
- [11] 付立霞,乔德亮. 异育银鲫耗氧率和窒息点的研究[J]. 水产养殖,2009,30(4):15-19.
- [12] HAZEL J R, PROSSER C L. Molecular mechanisms of temperature compensation in poikilotherms [J]. *Physiological Reviews*, 1974, 54:620-677.
- [13] 乔德亮,李思发,凌去非,等. 白斑狗鱼耗氧率和窒息点研究[J]. 上海水产大学学报,2005,14(2):202-206.
- [14] 陈宁生,施琰芳. 草鱼、白鲢、花鲢的耗氧率[J]. 动物学报,1955,7(1):34-57.
- [15] 刘飞,张轩杰,刘筠. 湘云鲫耗氧率和溶氧临界窒息点[J]. 湖南师范大学学报:自然科学版,2000,23(3):72-75.
- [16] 朱爱意,赵向炯,付俊. 褐菖鲉耗氧率及窒息点的初步研究[J]. 海洋水产研究,2007,28(1):95-100.

- [17] KEEMBIGHETTY C N, WILSON R P. Effect of water temperature on growth and nutrient utilization of sunshine bass (*Morone chrysops*) fed diets containing different energy/protein rations[J]. *Aquaculture*, 1998, 166: 151 - 162.
- [18] 顾若波,徐钢春,闻海波. 花鲢耗氧率和窒息点的初步研究[J]. *上海水产大学学报*, 2006, 15(1): 118 - 122.
- [19] 耿龙武, 蔺玉华, 强艳玲, 等. 威海卡拉白鱼耗氧率和窒息点的测定[J]. *水产学杂志*, 2007, 20(1): 14 - 20.
- [20] CLAUSEN R G. Oxygen consumption in freshwater fishes[J]. *Ecology*, 1936, 17(2): 216 - 226.
- [21] 潘莹, 唐文乔, 张饮江. 胭脂鱼幼鱼的耗氧率及窒息点研究[J]. *淡水渔业*, 2007, 37(6): 48 - 51.

## Study on oxygen consumption rate and suffocation point of *Barbus capito*

GENG Long-wu, XU Wei, LI Chi-tao, JIN Guo-xiong

(Heilongjiang River Fishery Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Harbin 150070, Heilongjiang, China)

**Abstract:** Oxygen consumption rate and suffocation point of *Barbus capito* with different temperature and body weights were measured. The oxygen consumption rate and suffocation point of 1-year and 2-years *Barbus capito* increase respectively as water temperature go up under a range of 16 - 34 °C. It is demonstrate that oxygen consumption is moving up and oxygen consumption rate is dropping down gradually as body weight under a range of 10 - 180 g at 26 °C. The average oxygen consumption rate of 1-year fish in the day is significantly higher than that at night. The highest value appears between 12:00 and 14:00 on an average of  $(0.1958 \pm 0.037)$  mg/(g · h), the lowest one appears between 22:00 and 24:00 on an average of  $(0.1459 \pm 0.029)$  mg/(g · h). The suffocation point are respective 0.1805 - 0.5252 mg/L and 0.2921 - 0.5888 mg/L for 1-year fish and 2-years fish under a range of 26 - 32 °C.

**Key words:** *Barbus capito*; oxygen consumption rate; suffocation point