

# 秦岭细鳞鲑耗氧率和窒息点的初步研究

王高学<sup>①</sup> 周继术<sup>①</sup> 强晓鸣<sup>②</sup>

(<sup>①</sup>西北农林科技大学动物科技学院 陕西 杨凌 712100; <sup>②</sup>陕西牛背梁国家级自然保护区管理局 西安 710100)

**摘要:**对两种不同体重规格的秦岭细鳞鲑(*Brachymystax lenok tsinlingensis*)的耗氧率、耗氧量及窒息点进行了测定,结果表明,秦岭细鳞鲑的耗氧率随温度的升高而增加,随体重的增加而减小,耗氧量和窒息点随温度的升高和体重的增加而增加。温度在10~18℃范围内,平均体重25.15 g的秦岭细鳞鲑的平均耗氧率为1.113 mg/g·h,平均耗氧量为9.244 mg/尾·h;平均体重45.93 g的秦岭细鳞鲑平均耗氧率为0.856 mg/g·h,平均耗氧量为13.104 mg/尾·h。在10~20℃温度范围内,体重15.30 g的秦岭细鳞鲑,窒息点为(1.487±0.04)mg/L,平均体重48.36 g的秦岭细鳞鲑窒息点为(1.830±0.03)mg/L。在同一适温(14℃)条件下,秦岭细鳞鲑耗氧率呈明显的昼夜变化规律,夜间耗氧率明显大于白天。

**关键词:**秦岭细鳞鲑 耗氧率 窒息点

中图分类号: 文献标识码:A 文章编号: 0250-3263(2006)02-72-04

## Preliminary Studies on Oxygen Consumption Rate and Suffocated Point of *Brachymystax lenok tsinlingensis*

WANG Gao-Xue<sup>①</sup> ZHOU Ji-Shu<sup>①</sup> QIANG Xiao-Ming<sup>②</sup>

(<sup>①</sup>College of Animal Science and Technology, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100;

<sup>②</sup>Niubeiliang National Nature Reserve of Shaanxi, Xi'an 710100, China)

**Abstract:** The oxygen consumption rate, oxygen consumption and suffocated point were measured with two groups of *Brachymystax lenok tsinlingensis* with different average body weight. The results showed that: the oxygen consumption rate rose as the water temperature increasing, however, the increase rate was smaller in group with heavier body weight; the oxygen consumption and suffocated point rose as the increasing of water temperature and body weight. When water temperature range is 10℃ to 18℃, the average oxygen consumption rate and oxygen consumption was 1.113 mg/g·h and 9.244 mg/ind.·h in smaller fish group (25.15 g/ind.), 0.856 mg/g·h and 13.104 mg/ind.·h in heavier group (45.93 g/ind.) respectively. The average suffocated points was 1.487±0.04 mg/L for smaller fish (15.30 g/ind.) and 1.830±0.03 mg/L for heavier one (45.93 g/ind.) while water temperature ranged from 10℃ to 20℃, respectively. The oxygen consumption rate of each fish was distinctively higher at night than that in daytime when water temperature was lower than 14℃, the suitable temperature for this fish.

**Key words:** *Brachymystax lenok tsinlingensis*; Oxygen consumption rate; Suffocation point

秦岭细鳞鲑(*Brachymystax lenok tsinlingensis*)为我国二级保护野生动物,隶属鲱形目(Clupeiformes)鲑科(Salmonidae)细鳞鲑属(*Brachymystax*),为我国所特有,局部性分布,仅限于陕西秦岭山脉的太白山东麓的黑河、北麓的石头河及南麓的胥水河和太白河,东至西安

地区,西至甘肃东部天水一带。生活在水质清澈、湍急、水温低、含氧足、水底为石质、沉水植

基金项目 陕西省牛背梁自然保护区资助项目;

第一作者介绍 王高学,男,副教授,博士,研究方向:水生生物技术等;E-mail: wanggaoxue@126.com

收稿日期: 2005-08-08, 修回日期: 2006-01-17

物少或者没有的河道<sup>[1]</sup>。秦岭细鳞鲑为肉食性冷水鱼类,不但肉质鲜美、营养丰富,而且具有很大的驯化养殖价值。近年来,秦岭细鳞鲑的数量剧减,有的地方甚至绝迹(如陕西省渭南市),造成这种现象的主要原因是秦岭细鳞鲑栖息地的人为破坏,包括许多河流上游的森林砍伐和水源地的人为破坏,且炸鱼、毒鱼、电鱼等人为捕杀现象严重,秦岭细鳞鲑已经濒临灭绝。

自 1962 年李思忠教授首次在太白山的东侧和南侧发现秦岭细鳞鲑,并于 1966 年命名报道<sup>[2]</sup>以来,先后有秦岭细鳞鲑的分布、食性、分类等方面的探讨<sup>[3]</sup>,王典群<sup>[4]</sup>对该鱼的神经系统进行了初步观察,但此后,有关其研究的报道很少。本实验是在位于西安市长安区的国家牛背梁自然保护区内进行,保护区位于北纬 33°47' ~ 33°55'、东经 108°47' ~ 109°03',海拔为 1 300 ~ 2 802 m。以保护区河流内的野生秦岭细鳞鲑幼鱼为研究对象,对其在不同条件下的耗氧率、耗氧量及窒息点规律的研究,以期为秦岭细鳞鲑的保护、驯化养殖等方面提供基础资料。

## 1 材料与方 法

**1.1 实验材料** 2002 年 4 ~ 5 月,先后于西安市长安区的国家牛背梁自然保护区,经同意后捕捞获得该流域内野生的健康秦岭细鳞鲑。实验前将两类不同体重规格(25.15 g/尾、45.93 g/尾)的试验鱼分别进行暂养。实验用水为秦岭的山泉水,水温 10 ~ 16℃。暂养期间每天投喂小鲫鱼苗或黄粉虫。暂养时间为 15 d。实验前先在水族箱暂养 2 ~ 3 h,待无粪便排出后备用。

**1.2 实验方法** 将 2 个玻璃蓄水瓶(容量为 9 600 ml)用橡皮管将进出水口串接,自制成带两个呼吸室的流水式呼吸实验装置。

**1.2.1 耗氧率与耗氧量的测定** 实验时将两呼吸室溢满水并置于能控温的水箱中。第一呼吸室(前)起恒压作用,第二呼吸室(后)放试验鱼。调节水流速度,使流量恒定,并测定水流量(ml/h)。首先将两种不同规格的鱼 3 ~ 5 尾放入呼吸室内,并调节水流量,进行预试验,根据

结果,在正式实验进行时应将每一规格的试验鱼 5 尾放入第二呼吸室适应 2 ~ 3 h,待其呼吸平稳后开始测定。

调控水温,采用碘量滴定法<sup>[5]</sup>,测量 10℃、11℃、12℃、13℃、14℃、15℃、16℃、17℃和 18℃水温条件下两种规格鱼在呼吸室的进水、出水口的溶氧量,整个过程避免直射光照射,再控制水温在 14℃下,连续 24 h 测定两种规格鱼在呼吸室的进水、出水口的溶氧量,每隔 1 h 测定 1 次,在夜间避免灯光,按正常昼夜条件进行试验。测量分两个平行,每个平行分 3 次重复。耗氧率及耗氧量按以下公式计算:

$$\text{耗氧率 (mg/g} \cdot \text{h)} = (A - B) \times V / W$$

$$\text{耗氧量 (mg/尾} \cdot \text{h)} = (A - B) \times V / M$$

公式中  $A$ 、 $B$  分别是进水、出水的溶氧量(mg/L), $V$  是单位时间流量(L/h), $W$  是鱼体重(g), $M$  为鱼尾数(尾)。

**1.2.2 窒息点的测定** 采用同上装置,在耗氧率测试结束后,关闭进水、出水开关,把鱼密闭在呼吸室中,待其 80% 死亡时视为其死亡临界状态,记录此时水的溶氧量,作为窒息点。在 10℃、15℃、20℃下,测两种不同体重规格鱼的窒息点。

**1.3 数据处理** 所得数据在 Excel 中处理,经过  $t$ -检验并进行有关的统计及图表分析。

## 2 结 果

**2.1 温度对秦岭细鳞鲑的耗氧率和耗氧量的影响** 实验结果表明,在平均体重 25.15 g/尾和 45.93 g/尾两种规格的秦岭细鳞鲑,随着环境水温的升高,其耗氧量、耗氧率均呈现增大的趋势,在相同的温度下,体重的大小与耗氧率高 低有直接的关系,随着体重的增加,其耗氧率随之减小的趋势,经显著性  $t$ -检验,呈现极显著差异( $P < 0.01$ ),而耗氧量随着体重的增加而增大(表 1)。

**2.2 秦岭细鳞鲑耗氧率昼夜变化** 实验表明,秦岭细鳞鲑耗氧率呈昼夜变化(图 1)。水温恒定在 14℃时,平均体重 25.15 g 的秦岭细鳞鲑,昼夜的平均耗氧率为 1.176 mg/g·h。耗氧率最

高的是夜间 22 :00 时,为 1.610 mg/g·h,最低在 16 :00 时,为 0.845 mg/g·h。日间 7 :00 ~ 18 :00 时的平均耗氧率为 1.010 mg/g·h,夜间 19 :00 ~ 次日 6 :00 时的平均耗氧率为 1.333 mg/g·h,经显著性 *t*-检验,昼夜耗氧率差异极显著( $P < 0.01$ )。

平均体重 45.93 g 的秦岭细鳞鲑,一昼夜的平均耗氧率为 0.837 mg/g·h(图 1)。耗氧率最高的是夜间 22 :00 时(1.105 mg/g·h),最低在 16 :00 时(0.560 mg/g·h)。日间(7 :00 ~ 18 :00 时)的平均耗氧率为 0.737 mg/g·h,夜间(19 :00 ~ 次日 6 :00 时)的平均耗氧率为 0.938 mg/g·h,表现出耗氧率夜间大于白天,经显著性 *t*-检验,呈极显著差异( $P < 0.01$ )。

表 1 温度对两种不同体重规格秦岭细鳞鲑耗氧率、耗氧量的影响

温度(°C)	耗氧率(mg/g·h)		耗氧量(mg/ind·h)	
	规格 I (25.15 g/尾)	规格 II (45.93 g/尾)	规格 I (25.15 g/尾)	规格 II (45.93 g/尾)
10	0.642	0.641	5.380	9.813
11	0.871	0.709	7.300	10.855
12	0.941	0.724	7.900	11.083
13	1.111	0.798	9.300	12.223
14	1.157	0.876	9.700	13.412
15	1.210	0.914	9.966	13.987
16	1.233	0.959	10.160	14.672
17	1.417	1.023	11.674	15.680
18	1.434	1.059	11.813	16.213

的水溶氧较高,鱼表现安静,随着水中溶氧量的下降,受试鱼逐渐表现出不安、张口呼吸、呼吸频率加快,最后呼吸减弱、失去平衡能力、侧身、翻白直到沉底死亡。

由表 2 可以看出,随着温度的升高秦岭细鳞鲑窒息点也增高,在 10°C、15°C 和 20°C 条件下,两种规格受试鱼平均窒息点分别为 1.529 mg/L、1.665 mg/L、1.782 mg/L,经显著性 *t*-检验,差异极显著( $P < 0.01$ ),而且个体大的秦岭细鳞鲑(48.36 g/尾)窒息点大于个体小的细鳞鲑(15.30 g/尾),经显著性 *t*-检验,差异显著( $P < 0.01$ )。表现出秦岭细鳞鲑的窒息点随水温的升高而升高,随体重的增加而升高。

表 2 不同水温下秦岭细鳞鲑窒息点的变化(mg/L)

尾均重(g/尾)	10°C	15°C	20°C	平均窒息点
15.30	1.361	1.468	1.632	1.487
48.36	1.697	1.862	1.931	1.830

### 3 讨论

3.1 温度对秦岭细鳞鲑耗氧率的影响 结果显示,秦岭细鳞鲑的耗氧率随水温的升高而升高,这是鱼和虾等变温动物的共同特征。由于变温动物的代谢水平随温度的增加而提高,而耗氧率的高低是动物代谢水平的反映,所以在适温范围内水温越高,耗氧率越高。秦岭细鳞鲑是冷水性鱼类,其生长适温一般为 15 ~ 20°C,温度过高(如温水性鱼所适宜的水温)均会使鱼不适应,但本实验只测定了最高温度为 18°C 时的耗氧率,高于该温度后秦岭细鳞鲑耗氧率的变化情况还需进一步研究。

3.2 不同规格秦岭细鳞鲑耗氧率的比较 实验中,规格较小的细鳞鲑耗氧率高于规格较大的,这与犬齿牙鲈(*Paralichthys dentatus*)幼鱼<sup>[6]</sup>、真鲷(*Pagrosomus major*)<sup>[7]</sup>、尖吻鲈(*Latescalvifer*)幼鱼<sup>[8]</sup>的耗氧特性是一致的。造成这种结果的原因有两个,一种认为是因为维持鱼体生命活动的重要组织器官在幼小时占整个鱼体重量的比例较大,因而耗氧率也较高,随个体的增大,重要的组织器官所占比例逐渐降低,因

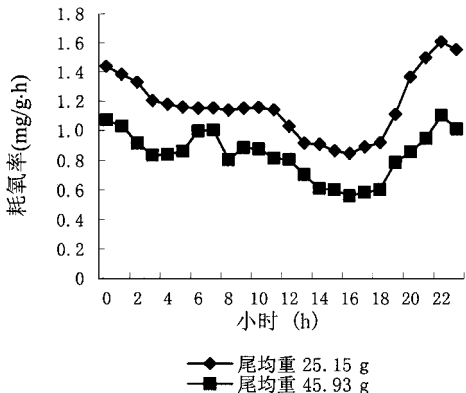


图 1 秦岭细鳞鲑耗氧率昼夜变化

### 2.3 秦岭细鳞鲑的窒息点 开始时,呼吸室中

而耗氧率降低<sup>[6]</sup>。另一种观点认为是由于小规格个体生长迅速、基础代谢高,它必须获得相对较多的营养物质转化为自身物质才能维持正常生命活动,且在自然环境中,其竞争力不如规格大的鱼,为能争取食物逃避敌害,必须保持高强度的生活能力,而在这种状态下,体内的能量代谢相对较高,因而耗氧率也就相对增高<sup>[8]</sup>。

**3.3 秦岭细鳞鲑耗氧率的昼夜变化规律** 鱼类代谢水平的昼夜变化有 3 种类型:白天耗氧大于夜间;夜间大于白天;昼夜差异不明显<sup>[9,10]</sup>。试验测得小规格秦岭细鳞鲑白天、夜间的平均耗氧率分别为 1.001 mg/g·h、1.333 mg/g·h,大规格秦岭细鳞鲑为 0.737 mg/g·h、0.938 mg/g·h。可见秦岭细鳞鲑代谢水平属于夜间耗氧率大于白天的类型。

实验水温恒定在 14℃,因此耗氧率的昼夜变化不可能是由于水温变化造成的,而是与生活习性有关。Clause<sup>[11]</sup>认为:“鱼类耗氧率有规律的昼夜变化,代表鱼类在自然环境中的活动周期,耗氧率高时表示鱼类进食或进行其他活动”。由于秦岭细鳞鲑主要是冷水性底层鱼类,喜欢光线暗淡的水域,特别是夜间活动强于白天,可能与它夜间进食的习性有关,耗氧率昼夜变化的差异也反映了这一点。因此,秦岭细鳞鲑耗氧率的高低与其生活习性和活动规律是有关系的,这与 Clause 的观点相符。选择夜间对秦岭细鳞鲑进行投饵是符合其摄食规律的,这对生产中秦岭细鳞鲑的人工驯养是重要的。

**3.4 耗氧量与鱼体重、温度的关系** 实验证实,同一水温下,秦岭细鳞鲑的耗氧量随体重的增加而增加,同一规格的鱼,随温度的升高耗氧量增加,这一点和耗氧率相反,因此在秦岭细鳞鲑的运输和养殖过程中,把耗氧率和耗氧量相结合来计算水中的溶氧是不可忽视的。

**3.5 窒息点与其体重、温度的关系** 从表 2 可以看出,秦岭细鳞鲑窒息点的基本特征是随体

重的增加而升高,随温度的上升而升高。另外,秦岭细鳞鲑窒息点的测定结果表明,秦岭细鳞鲑的窒息点高于其他鱼类,如鲤鱼(*Cyprinus carpio*)、鲫鱼(*Carassius auratus*)、黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)<sup>[12-14]</sup>等,说明秦岭细鳞鲑耐低氧能力差,需要生活的水环境溶氧要求较高,同时该鱼不宜于长途运输。

由于秦岭细鳞鲑为国家保护鱼类,没有捕捞大的规格进行实验,加之捕捞数量的限制,尚存在一定的缺陷,需要今后进一步的研究补充。

## 参 考 文 献

- [1] 汪松主编,乐佩琦,陈宜瑜分主编.中国濒危动物红皮书 鱼类.北京:科学出版社,1998,35~37.
- [2] 李思忠.陕西太白细鳞鲑的一新亚种.动物分类学报,1966,3(1):92~94.
- [3] 李思忠.中国鲑科鱼类地理分布讨论.动物学杂志,1984,7(2):76~79.
- [4] 王典群.细鳞鲑神经系统的初步观察.兰州大学学报(自然科学版),1986,22(3):106~113.
- [5] 陈佳荣主编.水化学实验指导.北京:中国农业出版社,1993,120~164.
- [6] 王波,李继强,曹志海.犬齿牙鲈幼鱼呼吸耗氧率的研究.海洋科学进展,2003,21(3):325~330.
- [7] 王艺磊,张子平,张殷鹏.真鲷耗氧率的初步研究.集美大学学报(自然科学版),2002,7(3):193~197.
- [8] 李加儿.尖吻鲈幼鱼耗氧率初步研究.海洋学报,1991,13(3):424~438.
- [9] 丁彦文,李加儿.平鲷幼鱼耗氧率初步研究.湛江海洋大学学报,2000,20(3):8~12.
- [10] 戴庆年,赵莉莉.青石斑鱼耗氧率的研究.水产科学,1994,13(3):6~9.
- [11] Clause R G. Oxygen consumption in freshwater fishes. Ecology, 1936, 17(2):216~226.
- [12] 刘飞,张轩杰.湘云鲫耗氧率和溶解氧临界窒息点.湖南师范大学学报(自然科学版),2000,23(3):72~79.
- [13] 陈琴,章太卓,徐夏声.黄颡鱼耗氧率与窒息点的初步研究.广西水产科技,2001,9(1):14~18.
- [14] 万松良,葛雷,张扬等.瓦氏黄颡鱼与黄颡鱼的耗氧率及窒息点.动物学杂志,2005,40(6):91~95.