

杨志强,李潇轩,韩 飞. 锦鲤的耗氧率和窒息点[J]. 江苏农业科学,2019,47(1):174-176.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.01.042

锦鲤的耗氧率和窒息点

杨志强,李潇轩,韩 飞

(江苏省淡水水产研究所,江苏南京 210017)

摘要:用呼吸室法测定体质量分别为 (9.81 ± 0.84) 、 (26.93 ± 1.35) 、 (748.42 ± 5.61) g 的锦鲤在不同水温(5、10、15、20、25、30 ℃)下的耗氧量、耗氧率,并测定体质量分别为 (9.78 ± 0.56) 、 (26.45 ± 1.05) 、 (750.87 ± 4.93) g 的锦鲤窒息点的变化。结果表明,相同水温时,锦鲤的耗氧量与体质量呈正相关关系,耗氧率与体质量呈负相关关系,窒息点与体质量呈负相关关系;相同体质量时,锦鲤的耗氧量、耗氧率随水温的升高先增大后减小,在水温 25 ℃时达到最大值;窒息点与水温呈正相关关系;锦鲤的耗氧率存在明显的昼夜变化规律,高峰时段出现在 14:00—16:00;锦鲤窒息点为 $(0.17 \pm 0.01) \sim (0.63 \pm 0.03)$ mg/L,表明其耐低氧能力较强,对水中溶解氧要求不高,在生产上适合高密度集约化养殖。

关键词:锦鲤;耗氧量;耗氧率;窒息点;昼夜变化规律;合理养殖密度

中图分类号: S965.812 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)01-0174-03

锦鲤(*Cyprinus carpio*)隶属于鲤形目鲤科鲤属,是风靡世界的高档观赏鱼,有水中活宝石、会游泳的艺术品之称^[1]。我国锦鲤市场近年来发展迅速,受到广大投资者和养殖户的青睐,很多地区将其列为水产养殖结构调整的首选对象,整个行业在消费和投资市场受到广泛重视,将成为未来休闲渔业、观光农业的主导产品。

鱼类耐低氧能力和溶氧量需求通常以耗氧率和窒息点作为重要的理论指标,且鱼类新陈代谢活动能间接或直接地由这 2 个指标反映^[2]。国内外渔业科技工作者已经测定和研究了不同种类鱼类的耗氧率和窒息点,但尚未见有关锦鲤耗氧率和窒息点的研究报道。测定和研究锦鲤的耗氧率和窒息点,一方面了解锦鲤生理发育状况以及在锦鲤增养殖学上具有重要的参考价值,另一方面可以为锦鲤人工养殖的开展提供科学依据,有助于解决放养密度、水质管理、饲料利用和活鱼运输等关键环节问题,为养殖户创造更多的经济价值,并为社会创造更多的经济效益。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验地点在江苏省淡水水产研究所扬中基地,试验鱼为基地 2016 年及 2017 年繁殖培育锦鲤。试验鱼从养殖池塘拉网后须在水族箱中暂养 1 个星期,于试验开始前 1 d 停食。所有试验鱼健康无病、体质良好且相同组别试验鱼规格均匀。选用 3 组不同规格锦鲤用于耗氧率试验,体长分别为 (8.32 ± 0.19) 、 (12.28 ± 0.26) 、 (23.43 ± 0.35) cm,体质量分别为

(9.81 ± 0.84) 、 (26.93 ± 1.35) 、 (748.42 ± 5.61) g。窒息点试验选用 3 组不同规格锦鲤,体长分别为 (8.30 ± 0.17) 、 (12.25 ± 0.27) 、 (23.49 ± 0.29) cm,体质量分别为 (9.78 ± 0.56) 、 (26.45 ± 1.05) 、 (750.87 ± 4.93) g。以曝气充分的自来水为试验用水,pH 值在 7.0~7.2 之间,水体溶解氧浓度 >5 mg/L。

1.2 试验方法

1.2.1 耗氧量与耗氧率的测定 用于试验测定的封闭流水式装置参考王艺磊等的方法^[3]并稍作改进。呼吸室由塑料袋改装而成,依据试验需要塑料袋容积为 50~70 L。呼吸室置于水浴箱内,试验所需水温由水浴箱控制。试验设计温度分别为 5、10、15、20、25、30 ℃。试验鱼为 3 个不同体质量组锦鲤,3 组锦鲤按体质量从大到小试验尾数分别为 4、6、10 尾,每组 3 个重复。试验开始前,先将鱼放在水族缸中暂养数小时,让其排空粪便。试验鱼装入呼吸室活动相对稳定后判断试验鱼已适应环境,因此试验鱼装入呼吸室前须在所测温度下暂养 1~2 h。试验鱼装入呼吸室后须适应 2~3 h,此时试验鱼游动正常且呼吸室内溶氧相对稳定,方可进行试验测定。测定流入与流出呼吸室中水体的溶氧量及流经呼吸室的水体流量,分别取 3 次测量结果的平均值。用碘量法^[4]测定溶解氧。计试验鱼尾数并称取试验鱼体质量。锦鲤耗氧率的昼夜变化测定试验为白天采用自然光照,夜间不加遮光装置,但试验鱼须处于黑暗之中。根据下列公式计算平均每尾鱼单位时间内的耗氧量(mg/h)和单位时间、单位体质量的耗氧率 $[\text{mg}/(\text{g} \cdot \text{h})]$:

$$\text{耗氧量} = (D_0 - D_1) \times F/T;$$

$$\text{耗氧率} = (D_0 - D_1) \times F/m。$$

式中: D_0 、 D_1 分别为流入与流出呼吸室中水体的溶氧量(mg/h); F 为流经呼吸室的水体流量(L/h); T 为试验鱼尾数(尾); m 为试验鱼总质量(g)。

1.2.2 窒息点的测定 窒息点测定装置是在耗氧率测定装置的基础上将进、出水口封闭。呼吸室是由塑料袋改装而成,

收稿日期:2017-09-02

基金项目:2018 年江苏省级水产三新工程项目(编号:D2018-2)。

作者简介:杨志强(1990—),男,江西赣州人,硕士,研究实习员,主要从事水产动物遗传育种研究。E-mail:1242432873@qq.com。

通信作者:李潇轩,硕士,高级工程师,主要从事水产动物遗传育种研究。E-mail:32099811@qq.com。

依据试验需要塑料袋容积为 50 ~ 70 L。呼吸室置于水浴箱内,试验所需水温由水浴箱控制。试验设计温度分别为 5、10、15、20、25、30 ℃。试验鱼为 3 个不同体质量组锦鲤,3 组锦鲤按体质量从大到小试验尾数分别为 4、6、10 尾,每组 3 个重复。分别测定试验前水体的初始溶氧及试验鱼死亡半数时水体的溶氧量,取 3 次测量结果的平均值,试验鱼死亡半数时水体的溶氧量即是该温度下的室息点。

1.3 数据处理

用平均值 ± 标准差表示数据结果,使用 Excel 2013 和 SPSS 21.0 分析数据,以 $P < 0.05$ 作为差异显著水平。

2 结果与分析

2.1 温度对不同体质量锦鲤耗氧量、耗氧率的影响

不同体质量、不同水温下锦鲤的耗氧量和耗氧率测定结果见表 1。3 组不同体质量的锦鲤在水温 5 ~ 30 ℃ 下的耗氧量、耗氧率分别在 $(1.58 \pm 0.33) \sim (149.80 \pm 23.57)$ mg/h、

$(0.07 \pm 0.02) \sim (0.37 \pm 0.04)$ mg/(g · h) 范围内。水温 5 ℃、体质量 (9.81 ± 0.84) g 时,耗氧量最小,为 (1.58 ± 0.33) mg/h;水温 25 ℃、体质量 (748.42 ± 5.61) g 时,耗氧量最大,为 (149.80 ± 23.57) mg/h。水温 5 ℃、体质量 (748.42 ± 5.61) g 时,耗氧率最小,为 (0.07 ± 0.02) mg/(g · h);水温 25 ℃、体质量 (9.81 ± 0.84) g 时,耗氧率最大,为 (0.37 ± 0.04) mg/(g · h)。相同温度时,耗氧量随试验鱼体质量的增加而增大,耗氧率随试验鱼体质量的增加而减小,耗氧量与体质量呈正相关关系,耗氧率与体质量呈负相关关系。相同体质量时,锦鲤的耗氧量、耗氧率随水温的升高先增大后减小,在水温 25 ℃ 时达到最大值,此规律与廖朝兴等报道的草鱼在不同水温下耗氧率的变化规律^[5] 相似。5、10 ℃ 与 20、25、30 ℃ 耗氧量、耗氧率差异显著;15 ℃ 与其他 5 个温度耗氧量差异不显著;15 ℃ 与 5、10、20 ℃ 耗氧率差异不显著,但与 25、30 ℃ 耗氧率差异显著。

表 1 不同体质量、不同水温下锦鲤的耗氧量和耗氧率

温度 (℃)	(9.81 ± 0.84) g		(26.93 ± 1.35) g		(748.42 ± 5.61) g	
	耗氧量(mg/h)	耗氧率[mg/(g · h)]	耗氧量(mg/h)	耗氧率[mg/(g · h)]	耗氧量(mg/h)	耗氧率[mg/(g · h)]
5	1.58 ± 0.33a	0.16 ± 0.02a	2.71 ± 0.67a	0.10 ± 0.02a	52.46 ± 15.36a	0.07 ± 0.02a
10	1.78 ± 0.45a	0.18 ± 0.03a	3.24 ± 0.43a	0.12 ± 0.01a	67.47 ± 22.96a	0.09 ± 0.03a
15	2.46 ± 0.41ab	0.25 ± 0.02ab	4.87 ± 1.05ab	0.18 ± 0.03ab	89.85 ± 8.16ab	0.12 ± 0.01ab
20	3.36 ± 0.78b	0.34 ± 0.05bc	7.05 ± 1.70b	0.26 ± 0.05bc	127.27 ± 8.44b	0.17 ± 0.01bc
25	3.65 ± 0.70b	0.37 ± 0.04c	7.85 ± 1.50b	0.29 ± 0.04c	149.80 ± 23.57b	0.20 ± 0.04c
30	3.45 ± 0.59b	0.35 ± 0.03c	7.29 ± 0.90b	0.27 ± 0.02c	142.27 ± 16.03b	0.19 ± 0.02c

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$),相同小写字母表示差异不显著 ($P > 0.05$)。表 2 同。

2.2 温度对不同体质量锦鲤室息点的影响

不同体质量、不同水温下锦鲤的室息点测定结果见表 2。3 组不同体质量的锦鲤在水温 5 ~ 30 ℃ 的室息点在 $(0.17 \pm 0.01) \sim (0.63 \pm 0.03)$ mg/L 范围内。水温 5 ℃、体质量 (750.87 ± 4.93) g 时,室息点最低,为 (0.17 ± 0.01) mg/L;水温 30 ℃、体质量 (9.78 ± 0.56) g 时,室息点最高,为 (0.63 ± 0.03) mg/L。相同温度时,3 组不同体质量的锦鲤从小到大室息点依次减小,室息点与体质量呈负相关关系。相同体质量时,锦鲤的室息点随水温的升高而增大,室息点与水温呈正相关关系。体质量 (9.78 ± 0.56) g 组,5、10 ℃ 与 15、20、25、30 ℃ 室息点差异显著;15、20、25 ℃ 与 30 ℃ 室息点差异显著。体质量 (26.45 ± 1.05) 、 (750.87 ± 4.93) g 组,5、10 ℃ 与 15、20、25、30 ℃ 室息点差异显著;15 ℃ 与 20 ℃ 室息点差异不显著,但 15 ℃ 与 25、30 ℃ 室息点差异显著;20 ℃ 与 25 ℃ 室息点差异不显著,但 20 ℃ 与 30 ℃ 室息点差异显著。

表 2 不同体质量、不同水温下锦鲤的室息点

温度 (℃)	室息点(mg/L)		
	(9.78 ± 0.56) g	(26.45 ± 1.05) g	(750.87 ± 4.93) g
5	0.25 ± 0.01a	0.21 ± 0.02a	0.17 ± 0.01a
10	0.30 ± 0.01a	0.25 ± 0.01a	0.20 ± 0.01a
15	0.44 ± 0.03b	0.34 ± 0.01b	0.30 ± 0.02b
20	0.47 ± 0.02b	0.38 ± 0.02bc	0.34 ± 0.01bc
25	0.49 ± 0.02b	0.43 ± 0.03c	0.38 ± 0.03c
30	0.63 ± 0.03c	0.59 ± 0.02d	0.47 ± 0.02d

2.3 锦鲤耗氧率的昼夜变化

3 组不同体质量的锦鲤在 25 ℃ 时昼夜 24 h 的耗氧率变化见表 3、图 1。锦鲤的耗氧率存在明显的昼夜变化规律,且 3 组不同体质量的锦鲤耗氧率昼夜变化规律是相似的。白天的平均耗氧率较晚上的平均耗氧率高,白天耗氧率最高时间段为 14:00—16:00,晚上耗氧率最低时间段为 02:00—04:00。体质量 (9.81 ± 0.84) g 组,耗氧高峰值为 (0.43 ± 0.03) mg/(g · h),低峰值为 (0.27 ± 0.02) mg/(g · h);体质量 (26.93 ± 1.35) g 组,耗氧高峰值为 (0.34 ± 0.03) mg/(g · h),低峰值为 (0.17 ± 0.01) mg/(g · h);体质量 (748.42 ± 5.61) g 组,耗氧高峰值为 (0.24 ± 0.03) mg/(g · h),低峰值为 (0.08 ± 0.02) mg/(g · h)。

3 讨论

3.1 锦鲤的耗氧量、耗氧率与体质量、水温的变化关系

鱼类非恒温动物,体内没有自身调节体温的机制,外界水温变化时鱼的体温随之变化。而鱼体内生物化学的反应速度和新陈代谢活动强度主要受体温高低的影响,且鱼体内这些变化的程度由耗氧率直接反映^[2]。因此在一定温度范围内,鱼类的耗氧率总体变化趋势是随水温的升高而增加。

本研究表明,相同水温时,锦鲤的耗氧量随体质量的增加而增大,锦鲤的耗氧率随体质量的增加而减小,耗氧量与体质量呈正相关关系,耗氧率与体质量呈负相关关系,这种变化规律与大多数鱼类耗氧量、耗氧率与其体质量的变化规律相符^[6-10]。相同体质量的锦鲤,5 ~ 10 ℃ 与 20 ~ 30 ℃ 耗氧量、

表 3 不同体质量锦鲤耗氧率的昼夜变化

测定时间	耗氧率[$\text{mg}/(\text{g} \cdot \text{h})$]		
	(9.81 ± 0.84) g	(26.93 ± 1.35) g	(748.42 ± 5.61) g
00:00	0.30 ± 0.03	0.21 ± 0.02	0.11 ± 0.01
02:00	0.27 ± 0.02	0.17 ± 0.01	0.08 ± 0.02
04:00	0.28 ± 0.01	0.19 ± 0.02	0.09 ± 0.02
06:00	0.31 ± 0.04	0.22 ± 0.03	0.11 ± 0.01
08:00	0.33 ± 0.03	0.24 ± 0.03	0.14 ± 0.03
10:00	0.36 ± 0.02	0.28 ± 0.01	0.19 ± 0.01
12:00	0.39 ± 0.04	0.29 ± 0.02	0.20 ± 0.02
14:00	0.41 ± 0.03	0.31 ± 0.04	0.23 ± 0.04
16:00	0.43 ± 0.03	0.34 ± 0.03	0.24 ± 0.03
18:00	0.39 ± 0.02	0.29 ± 0.01	0.20 ± 0.02
20:00	0.33 ± 0.04	0.26 ± 0.02	0.17 ± 0.02
22:00	0.31 ± 0.02	0.23 ± 0.02	0.14 ± 0.01

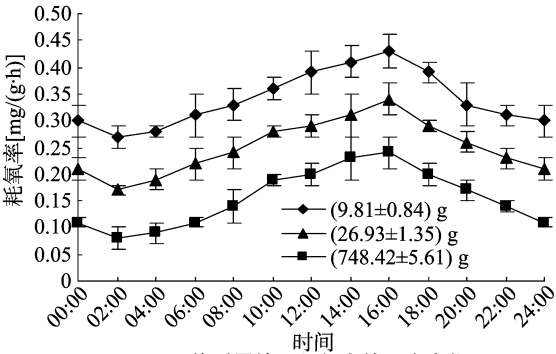


图 1 不同体质量锦鲤耗氧率的昼夜变化

耗氧率差异显著,后者为前者的 2 倍左右。5 ~ 15 ℃ 温度区间,锦鲤对氧的需求量随温度的升高而增大,虽然耗氧量、耗氧率呈增加趋势,但其绝对值依然处于较低水平,机体新陈代谢中的同化作用变化较小。20 ~ 25 ℃ 温度区间,锦鲤的耗氧量、耗氧率变化无显著性差异,且该温度区间耗氧率处于较高水平,锦鲤自身的能量释放较稳定,即机体新陈代谢中的异化作用变化较小。25 ~ 30 ℃ 区间,锦鲤的耗氧量、耗氧率呈下降趋势,此时鱼体内的代谢水平开始降低。这说明锦鲤的耗氧率上升区温度为 5 ~ 15 ℃,耗氧率稳定区温度为 20 ~ 25 ℃,耗氧率下降区温度为 25 ~ 30 ℃。由此可以推断,锦鲤的最适生长水温区间为 20 ~ 25 ℃,此时应加强投喂,促进锦鲤快速生长。因此,在养殖生产实践中须明确锦鲤的最适生长温度范围,以提高锦鲤的平均生长速度,缩短养成周期,有助于养殖户创造更多的经济价值。

3.2 锦鲤的室息点与体质量、水温的变化关系

本研究表明,相同体质量的锦鲤,室息点随水温的升高而增大,两者呈正相关关系。相同水温时,室息点随体质量的增大而减小,呈负相关关系,说明鱼类耐低氧能力随鱼体规格增大而增强^[10]。雷曼红等认为,鱼类室息点能反映其生理机能状态,室息点最低时鱼类抵抗力最强、体质最好、生理机能最佳^[11]。本试验锦鲤室息点存在个体差异,水温处于最低(5 ℃)时,体质量(9.78 ± 0.56)、(26.45 ± 1.05)、(750.87 ± 4.93) g 的锦鲤室息点均最低,分别为(0.25 ± 0.01)、(0.21 ± 0.02)、(0.17 ± 0.01) mg/L,此现象与大多数鱼类不同水温下的呼吸耗氧变化规律相符。与其他鱼类室息点相比(相近温度、体质量),锦鲤的室息点低于瓦氏黄颡鱼^[12](0.91 mg/L)、黄颡鱼(0.75 mg/L)、鳊^[13](0.34 ~

0.72 mg/L)、鳊^[14](0.45 ~ 0.78 mg/L)的室息点,处于较低水平,这说明锦鲤对水体中溶解氧的要求不是太高,耐低氧能力较强。因此,在生产上,锦鲤适合高密度集约化养殖。在实际生产养殖中,要做到定期测量水体溶氧量,当发现水体溶氧量与室息点接近时,须保证池塘增氧,以防养殖鱼类因缺氧而室息死亡,造成经济损失。

3.3 锦鲤耗氧率的昼夜变化规律

大多数鱼类的耗氧率昼夜变化存在明显的规律,锦鲤也不例外。在人工养殖池塘中锦鲤的生理活动周期明显,耗氧率高峰值反映其在进行摄食或其他生理活动,即此时新陈代谢旺盛^[15]。本试验中,不同体质量锦鲤的耗氧率昼夜变化规律是一样的,24 h 内耗氧率变化曲线出现 1 次高峰值,即 14:00—16:00。观察锦鲤的养殖过程,发现在 14:00—16:00 这个时间段,人工投喂时锦鲤抢食凶猛,摄食量较其他时间段大。耗氧率高峰值时段与摄食高峰时段一致。因此,在养殖生产实践中,锦鲤耗氧率高峰值时段应加强投喂,有助于其快速生长,此时须保证池塘水体溶氧量充足,以满足其摄食和进行正常生理活动所需要的溶氧量,保证新陈代谢的顺利进行。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。

参考文献:

[1]梁拥军,孙向军,穆祥兆,等. 锦鲤亲鱼培育与苗种规模化繁育技术[J]. 水产科技情报,2008,35(4):193-196.

[2]周天倪,周 洵,王世恒,等. 鲤耗氧率与室息点的测定[J]. 渔业经济研究,2006(4):37-41.

[3]王艺磊,张子平,张股鹏,等. 真鲷耗氧率的初步研究[J]. 集美大学学报(自然科学版),2002,7(3):193-197.

[4]吴新儒,雷衍之,许昌兴. 淡水养殖水化学[M]. 北京:农业出版社,1980:219-222.

[5]廖朝兴,黄忠志. 草鱼在不同的状况下耗氧率的测定[J]. 淡水渔业,1986(3):14-16.

[6]杨 春,李 达,徐光龙,等. 鄱阳湖鳊鱼室息点与耗氧率的初步研究[J]. 江西农业学报,1998,10(4):96-98.

[7]李祥云,周福荣,王震熙,等. 香鱼苗种室息点与耗氧率的试验观察[J]. 淡水渔业,1986(3):11-13.

[8]罗相忠,邹桂伟. 大口鲇耗氧率与室息点的初步研究[J]. 淡水渔业,1997(3):21-23.

[9]何 亚,王 华,王 伟,等. 温度对不同体质量红鳍东方鲀幼鱼耗氧率和排氨率的影响[J]. 大连海洋大学学报,2014,29(5):481-485.

[10]王晓光,于伟君,李 军,等. 雷氏七鳃鳗耗氧率和室息点的研究[J]. 大连海洋大学学报,2011,26(2):119-125.

[11]雷曼红,陈根元,程 勇,等. 叶尔羌高原鳊耗氧率和室息初步研究[J]. 渔业现代化,2007,34(5):8-10.

[12]万松良,葛 雷,张 杨,等. 瓦氏黄颡鱼与黄颡鱼的耗氧率及室息点[J]. 动物学杂志,2005,40(6):91-95.

[13]刘 飞,张轩杰,刘 筠. 湘云鲫耗氧率和溶氧临界室息点[J]. 湖南师范大学(自然科学学报),2000,23(4):72-76.

[14]司亚光,陈英鸿,曾继参,等. 鳊鱼的耗氧率及其池塘养殖[J]. 水生生物学报,1998,9(4):327-332.

[15]祖岫杰,刘铁钢,李忠强,等. 欧洲丁鲷鱼种耗氧率与室息点的研究[J]. 大连水产学院学报,2007,22(2):156-158.