

卵形鲳鲹幼鱼耗氧率和排氨率的初步研究

王刚^{①②} 李加儿^{①*} 区又君^① 胡玲玲^{①②} 张建生^③

(① 中国水产科学研究院南海水产研究所 广州 510300; ② 上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306;

③ 省级饶平石鲈科鱼类良种场 广东 饶平 515723)

摘要: 运用封闭流水式实验方法对不同体重和放养密度的卵形鲳鲹 (*Trachinoms ovatus*) 幼鱼耗氧率和排氨率进行了初步的研究。结果表明,卵形鲳鲹幼鱼的耗氧率随着鱼体重的增加而逐渐下降,排氨率总体上也呈降低的趋势,体重对卵形鲳鲹耗氧率、排氨率的影响均达到显著水平 ($P < 0.05$);光照对卵形鲳鲹幼鱼的耗氧率和排氨率影响非常显著 ($P < 0.01$),幼鱼在遮光条件下的耗氧率和排氨率分别比在自然光照条件下要低 25.18% ~ 40.76% 和 16.28% ~ 40.28%;随着放养密度的增加,卵形鲳鲹幼鱼的耗氧率逐渐降低,排氨率随着密度的增加呈先上升后下降的趋势,放养密度对卵形鲳鲹耗氧率、排氨率的影响均达到显著水平 ($P < 0.05$)。卵形鲳鲹的耗氧率和排氨率具有明显的昼夜变化,白天的耗氧率和排氨率均高于夜间值,耗氧率的低谷值为高峰值的 69.68%,排氨率的低谷值为高峰值的 30.91%。卵形鲳鲹幼鱼的窒息点溶解氧含量为 (0.991 ± 0.058) mg/L。

关键词: 卵形鲳鲹;幼鱼;耗氧率;排氨率;窒息点

中图分类号:Q493 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2010)03-116-06

Oxygen Consumption and Ammonia Excretion of the Juvenile *Trachinoms ovatus*

WANG Gang^{①②} LI Jia-Er^{①*} OU You-Jun^① HU Ling-Ling^{①②} ZHANG Jian-Sheng^③

(① South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300;

② College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306;

③ Provincial Well-bred Pomadasids Fish Farm, Raoping 515723, China)

Abstract: The effects of weight and stocking density on oxygen consumption and ammonia excretion of *Trachinoms ovatus* were determined by the closed flow experimental methods. The results showed that the oxygen consumption of juvenile *T. ovatus* decreased as its weight increased ($P < 0.05$). Light had significant effects on oxygen consumption and ammonia excretion. The oxygen consumption and ammonia excretion of the fry under dark condition was 25.18% - 40.76% and 16.28% - 40.28% lower than these in the natural light conditions. The oxygen consumption of *T. ovatus* increased with the increase of stocking density. Ammonia excretion of *T. ovatus* showed the trend of hyperbola with stocking density increasing ($P < 0.05$). Diurnal variation of oxygen consumption rate and ammonia excretion rate in *T. ovatus* was significant, average oxygen consumption and ammonia excretion in day time were higher than these at night, oxygen consumption in valley bottom value being 69.68% of that of peak value and ammonia excretion in valley bottom value being only 30.91% of that of peak

基金项目 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目 (No. 2008YD02);

* 通讯作者, E-mail: lje001@126.com;

第一作者介绍 王刚,男,硕士研究生;研究方向:水产养殖基础生物学;E-mail: gangg1111@126.com。

收稿日期:2009-10-28,修回日期:2010-03-04

value. The asphyxiation point of juvenile *T. ovatus* was 0.991 ± 0.058 mg/L.

Key words: *Trachinotus ovatus*; Juvenile; Oxygen consumption rate; Ammonia excretion rate; Asphyxiation point

卵形鲳鲹 (*Trachinotus ovatus*) 隶属于鲈形目 (Perciformes) 鲈科 (Carangidae) 鲳鲹亚科 (Trachinotinae) 鲳鲹属, 俗称黄腊鲳、卵鲳、金鲳、红三等^[1]。卵形鲳鲹为暖水性鱼类, 在中国分布于东海、南海和黄海, 主要集中在广东、广西、海南、福建等省沿海^[2]。

呼吸和排泄是反映鱼体内代谢活动的主要标志, 能直接或间接地反映鱼类的新陈代谢规律、生理和生存状况, 对鱼类能量代谢的研究起重要作用, 不仅在鱼类生理和鱼类阶段发育的研究方面有着重要意义, 而且在鱼类养殖学上也具有理论和应用价值。通过对鱼类呼吸生理的研究, 了解鱼类养殖及运输过程中对溶解氧的要求, 准确地测定其耗氧率和窒息点, 可为实际生产应用提供技术参考。因此, 开展鱼类耗氧率和排氨率的研究, 是鱼类生理学研究的重要内容。有关鱼类的呼吸与排泄问题, 国内外学者进行了大量研究^[3-10], 目前国内外对卵形鲳鲹的繁殖生物学、养殖技术及发育生物学等方面均已做了较多的研究^[11-13], 而有关耗氧率和排氨率的研究较少。本文旨在探讨卵形鲳鲹幼鱼呼吸和排泄的基本规律, 为其生理学研究提供基础资料, 并对卵形鲳鲹养殖的放养密度和水质管理等方面提供依据。

1 材料与方 法

1.1 实验时间及条件 实验于 2009 年 6 ~ 7 月在广东省饶平县省级石鲈科鱼类良种场进行。实验用水为自然海水沉淀后经二级砂滤, 实验温度为 27.5 ~ 29.0℃, 盐度 29。

1.2 实验用鱼 实验用鱼为人工繁殖培育的苗种, 体重为 0.27 ~ 3.55 g。实验开始前, 于室内水泥池暂养 2 ~ 3 d, 暂养期间水温 (28 ± 0.5)℃, 盐度 29, 每天投喂 2 次配合饲料, 并换水一次。

1.3 实验设计 实验采用封闭流水式实验方

法, 即将实验鱼放入用有机玻璃加工制成的密闭呼吸室中, 流量控制在 100 ml/min, 并保持稳定, 以保证呼吸室内含有一定的溶解氧。实验鱼放入呼吸室后, 排尽呼吸室内空气, 水由贮水箱经进水口进入呼吸室内。实验鱼适应 2 ~ 3 h 后开始取样测定进、出水口的溶氧量、氨氮浓度和水温等数据。每组放实验鱼 8 尾, 同时设 3 个平行和空白对照, 取平均值作为测定结果。

窒息点的测定同样采用该装置, 每一呼吸室内放入 8 尾幼鱼, 关闭进出水口, 将呼吸室整体密闭, 并设 3 个平行组, 实验过程中同时观察鱼的呼吸活动情况, 当呼吸室内的实验鱼半数死亡时, 认为此时水中的溶氧量即为该实验鱼的窒息点。

昼夜变化的测定采用平均体重为 1.16 g、3.55 g 的两组鱼, 每组 8 尾, 同样设 3 个平行, 连续 24 h 进行, 每 3 h 取样一次, 分别测定其耗氧量和排氨量。实验在室内进行, 温度控制在 27.5 ~ 29.0℃。

采用 Winkler 碘量法测定水中的溶解氧含量, 次溴酸盐氧化法测定水中氨氮含量^[14]。

1.4 实验数据处理 数据处理采用李加儿等^[15]的方法。每次实验结束后, 吸干鱼体表水分, 精确称量鱼体重量, 用下列公式计算实验数据。

(1) 耗氧率 (OC) $[\text{mg}/(\text{g} \cdot \text{h})] = [\text{进水溶氧}(\text{mg}/\text{L}) - \text{出水溶氧}(\text{mg}/\text{L})] \times \text{流速}(\text{L}/\text{h}) / \text{实验鱼重量}(\text{g})$; (2) 排氨率 (AE) $[\text{mg}/(\text{g} \cdot \text{h})] = [\text{出水氨氮含量}(\text{mg}/\text{L}) - \text{进水氨氮含量}(\text{mg}/\text{L})] \times \text{流速}(\text{L}/\text{h}) / \text{实验鱼重量}(\text{g})$; (3) 氨商 (AQ) = 排氨率/耗氧率^[16]; (4) 能量代谢率 (Rm) = 氧卡系数 (13.56 J/mg, O₂) × 耗氧率 (OC); (5) 相对代谢率 (%) = (光照代谢率 - 遮光代谢率) × 100/遮光代谢率。

实验结果中数据用平均值 ± 标准误的形式描述, 并采用 SPSS 软件对数据进行统计分析,

利用方差分析来检验不同因子对卵形鲳鲹幼鱼耗氧率、排氮率影响的显著性,组间差异采用 Duncan's 多重比较,显著水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果

2.1 不同光照条件下体重对卵形鲳鲹幼鱼呼吸和排泄的影响 在盐度 29 和水温 (28 ± 0.5) °C 条件下,不同规格的卵形鲳鲹幼鱼耗氧量、排氮量、耗氧率、排氮率测定结果见表 1。卵形鲳鲹幼鱼个体耗氧量和排氮量与体重呈正相关,即鱼体越重其耗氧量和排氮量越大。耗氧率和能量代谢率与鱼体重呈负相关。耗氧率与鱼体重的相关关系可用幂函数方程表示:

$$Y = 2.3032X^{-0.283} \quad (R^2 = 0.9506)$$
 ,式中 Y

为耗氧率, X 为鱼体重,经方差分析,体重对耗氧率的影响显著 ($P < 0.05$)。排氮率在总体上也是呈逐渐降低的趋势,其相关关系可用二次方程 $Z = 0.0038X^2 - 0.0272X + 0.0843$ ($R^2 = 0.9807$) 表示,式中 Z 为排氮率, X 为鱼体重,经方差分析体重对排氮率的影响差异显著 ($P < 0.05$)。

另外,不同体重的卵形鲳鲹幼鱼在自然光照条件下的耗氧率、排氮率和氮商均比在遮光条件下高(表 1)。经方差分析,光照对卵形鲳鲹幼鱼的耗氧和排氮影响非常显著 ($P < 0.01$),幼鱼在遮光条件下的耗氧率和排氮率分别比在自然光照条件下要低 25.18% ~ 40.76% 和 16.28% ~ 40.28%。

表 1 不同体重卵形鲳鲹的耗氧率和排氮率

Table 1 Effect of body weight on oxygen consumption and ammonia excretion in *Trachinotus ovatus*

		体重 Body weight (g n = 8)				
		0.30 ± 0.02	0.41 ± 0.03	0.76 ± 0.05	1.49 ± 0.13	2.81 ± 0.23
自然光 Nature light	每尾鱼的耗氧量 (mg/h) Oxygen consumption	0.671 ± 0.082	0.795 ± 0.014	1.341 ± 0.087	2.278 ± 0.085	4.175 ± 0.125
	耗氧率 (mg/g·h) Oxygen consumption rate	2.234 ± 0.200	1.938 ± 0.120	1.787 ± 0.181	1.544 ± 0.106	1.398 ± 0.133
	每尾鱼的排氮量 (mg/h) Ammonia excretion	0.018 ± 0.003	0.020 ± 0.006	0.027 ± 0.001	0.053 ± 0.009	0.122 ± 0.005
	排氮率 (mg/g·h) Ammonia excretion rate	0.060 ± 0.013	0.047 ± 0.015	0.036 ± 0.001	0.035 ± 0.003	0.043 ± 0.002
	氮商 Ammonia quotient	0.027	0.024	0.020	0.023	0.031
	能量代谢率 Rm (J/g·h) Energy metabolic rate	30.286	26.277	24.229	20.935	18.953
	遮光 Dark	每尾鱼的耗氧量 (mg/h) Oxygen consumption	0.535 ± 0.040	0.587 ± 0.032	1.044 ± 0.037	1.714 ± 0.124
耗氧率 (mg/g·h) Oxygen consumption rate		1.784 ± 0.079	1.420 ± 0.016	1.391 ± 0.107	1.164 ± 0.112	0.993 ± 0.046
每尾鱼的排氮量 (mg/h) Ammonia excretion		0.013 ± 0.001	0.015 ± 0.072	0.023 ± 0.008	0.050 ± 0.023	0.901 ± 0.017
排氮率 (mg/g·h) Ammonia excretion rate		0.043 ± 0.004	0.036 ± 0.002	0.031 ± 0.010	0.029 ± 0.021	0.032 ± 0.005
氮商 Ammonia quotient		0.024	0.025	0.022	0.025	0.032
能量代谢率 Rm (J/g·h) Energy metabolic rate		24.194	19.261	18.861	15.777	13.465
相对代谢率 (%) Relative metabolic rate		25.18	36.42	28.46	32.69	40.76

2.2 放养密度对卵形鲳鲹幼鱼呼吸和排泄的影响 在水温 (28.4 ± 0.5) °C 和盐度 29 条件下, 体重为 (1.76 ± 0.18) g 的卵形鲳鲹幼鱼在不同放养密度下的耗氧率、排氨率、氨商和能量代谢率见表 2。从表 2 中可以看出, 随着放养密度的增加, 卵形鲳鲹幼鱼的耗氧量和耗氧率均逐渐降低, 而排氨量、排氨率和氨商随着密度的增加呈先上升后下降的趋势, 耗氧率与放养

密度的相关关系可用指数函数方程 $Y = 2.4204e^{-0.059X}$ ($R^2 = 0.9328$) 表示 (Y 为耗氧率, X 为放养密度); 排氨率与放养密度的相关关系可用二次方程 $Z = -0.0039X^2 + 0.0229X + 0.1048$ ($R^2 = 0.8712$) 表示 (Z 为排氨率, X 为放养密度)。经方差分析, 放养密度对幼鱼耗氧率和排氨率的影响显著 ($P < 0.05$)。

表 2 放养密度对卵形鲳鲹耗氧率和排氨率的影响

Table 2 Effect of stocking density on oxygen consumption and ammonia excretion in *Trachinotus ovatus*

	放养密度 Stocking density (尾)				
	1	2	4	6	8
耗氧量 (mg/h) Oxygen consumption	4.468 ± 0.681	4.076 ± 0.287	3.129 ± 0.259	2.653 ± 0.199	2.319 ± 0.114
耗氧率 (mg/g·h) Oxygen consumption rate	2.068 ± 0.191	2.144 ± 0.049	1.866 ± 0.147	1.830 ± 0.203	1.441 ± 0.006
排氨量 (mg/h) Ammonia excretion	0.241 ± 0.067	0.135 ± 0.092	0.157 ± 0.078	0.057 ± 0.047	0.030 ± 0.030
排氨率 (mg/g·h) Ammonia excretion rate	0.110 ± 0.026	0.155 ± 0.048	0.139 ± 0.048	0.086 ± 0.027	0.047 ± 0.019
氨商 Ammonia quotient	0.053	0.072	0.074	0.047	0.033
能量代谢率 Rm (J/g·h) Energy metabolic rate	28.039	29.074	25.298	24.809	19.537

2.3 卵形鲳鲹幼鱼耗氧和排氨的昼夜变化 通过 24 h 的连续测定, 发现两组鱼, 即体重 (1.16 ± 0.15) g 组和 (3.55 ± 0.24) g 组, 耗氧率和排氨率的变化基本一致 (表 3)。耗氧率和排氨率的白天值 (5:00 ~ 17:00 时) 均高于夜间值 (17:00 ~ 翌日 5:00 时)。耗氧率和排氨率在 11:00 时出现高峰。耗氧率的低谷值为高峰值的 69.68%, 排氨率的低谷值为高峰值的 30.91%。

2.4 窒息点的测定 水温 28.7°C 条件下, 将卵形鲳鲹幼鱼移入呼吸室内, 起初鱼表现安静, 随着水体中溶氧量的不断下降, 实验鱼逐渐表现出焦躁不安、呼吸频率加快, 最后呼吸减弱、身体失去平衡、侧身直到沉底死亡。一尾幼鱼窒息死亡时, 水体的溶氧为 (1.159 ± 0.053) mg/L; 当有半数幼鱼死亡时, 水体内的溶氧为 (0.991 ± 0.058) mg/L; 最后, 幼鱼全部死亡, 此时水体中的溶解氧含量为 (0.827 ± 0.016)

mg/L, 经方差分析, 溶解氧对幼鱼窒息点的影响极显著 ($P < 0.01$)。本实验测得卵形鲳鲹幼鱼的窒息点溶解氧含量为 (0.991 ± 0.058) mg/L。

3 讨论

体重是影响水生动物耗氧率和排氨率的重要因素之一。国内外许多学者对耗氧率与体重的关系进行了不少研究, 证实耗氧率与体重之间通常呈幂函数相关, 随着体重的增加, 耗氧率下降。本实验中体重对卵形鲳鲹幼鱼的耗氧和排氨的影响非常显著, 随着幼鱼体重的增加, 耗氧量和排氨量均增加, 耗氧率和排氨率都减小, 这与许多有关鱼类耗氧和排氨研究的结果相似^[3-10, 15-18]。有些学者认为这是由于鱼类在个体较小时生长速度相对较快所造成的, 生长速度快就需要摄取较多的营养物质, 呼吸、消化和排泄等系统循环速度也相对加快, 代谢水平相对于单位体重来说就高, 由此体重较小的幼

表 3 昼夜变化对卵形鲳鲆耗氧率和排氨率的影响

Table 3 Diurnal variation of oxygen consumption and ammonia excretion in *Trachinotus ovatus*

体重 (g, n = 8) Body weight		时间 Time							
		2:00	5:00	8:00	11:00	14:00	17:00	20:00	23:00
1. 16 ± 0. 15	耗氧量 (mg/h)	1. 440 ±	1. 409 ±	1. 768 ±	1. 967 ±	2. 022 ±	1. 857 ±	1. 636 ±	1. 502 ±
	Oxygen consumption	0. 005	0. 004	0. 010	0. 015	0. 023	0. 028	0. 009	0. 009
	耗氧率 (mg/g·h)	1. 244 ±	1. 217 ±	1. 527 ±	1. 699 ±	1. 747 ±	1. 604 ±	1. 413 ±	1. 297 ±
	Oxygen consumption rate	0. 004	0. 008	0. 010	0. 024	0. 040	0. 020	0. 020	0. 012
	排氨量 (mg/h)	0. 041 ±	0. 019 ±	0. 030 ±	0. 054 ±	0. 046 ±	0. 055 ±	0. 051 ±	0. 024 ±
	Ammonia excretion	0. 008	0. 029	0. 039	0. 026	0. 019	0. 017	0. 037	0. 030
	排氨率 (mg/g·h)	0. 020 ±	0. 016 ±	0. 026 ±	0. 052 ±	0. 039 ±	0. 047 ±	0. 044 ±	0. 021 ±
	Ammonia excretion rate	0. 011	0. 015	0. 028	0. 017	0. 042	0. 018	0. 019	0. 038
	氨商	0. 016	0. 013	0. 017	0. 030	0. 023	0. 030	0. 031	0. 016
	Ammonia quotient								
能量代谢率 Rm (J/g·h)	16. 862	16. 504	20. 712	23. 043	23. 684	21. 748	19. 158	17. 592	
Energy metabolic rate									
3. 55 ± 0. 24	耗氧量 (mg/h)	3. 436 ±	3. 425 ±	3. 514 ±	4. 155 ±	3. 833 ±	3. 613 ±	3. 270 ±	3. 293 ±
	Oxygen consumption	0. 003	0. 007	0. 014	0. 010	0. 035	0. 004	0. 003	0. 006
	耗氧率 (mg/g·h)	0. 969 ±	0. 966 ±	0. 991 ±	1. 172 ±	1. 081 ±	1. 019 ±	0. 922 ±	0. 929 ±
	Oxygen consumption rate	0. 003	0. 010	0. 013	0. 017	0. 012	0. 007	0. 009	0. 015
	排氨量 (mg/h)	0. 068 ±	0. 066 ±	0. 091 ±	0. 090 ±	0. 083 ±	0. 083 ±	0. 084 ±	0. 085 ±
	Ammonia excretion	0. 008	0. 053	0. 017	0. 024	0. 022	0. 018	0. 015	0. 015
	排氨率 (mg/g·h)	0. 014 ±	0. 010 ±	0. 017 ±	0. 034 ±	0. 028 ±	0. 026 ±	0. 023 ±	0. 016 ±
	Ammonia excretion rate	0. 004	0. 042	0. 025	0. 015	0. 029	0. 020	0. 020	0. 028
	氨商	0. 015	0. 004	0. 017	0. 029	0. 026	0. 026	0. 026	0. 017
	Ammonia quotient								
能量代谢率 Rm (J/g·h)	13. 138	13. 097	13. 436	15. 887	14. 657	13. 816	12. 506	12. 592	
Energy metabolic rate									

鱼耗氧率和排氨率反而较高^[19]。而姜祖辉等^[20]认为可能与水生动物生长过程中组织、脏器的比重有关,直接维持生命的肾、肝等组织的新陈代谢要高于非维持生命的组织如肌肉、脂肪等。随着动物的生长,这两种组织的比率也随之变化,如肾、肝的比率逐渐减小,而肌肉和脂肪等组织逐渐积累,从而引起随个体的逐渐增大而单位耗氧率和排氨率减小的现象。

许多研究证实,光照会对鱼类的代谢产生影响,而且在不同的物种中存在差异。光照强弱会影响鱼的呼吸和排泄,从而影响鱼的耗氧率和排氨率^[21]。本次实验结果表明,卵形鲳鲆幼鱼在自然光照条件下的耗氧率和排氨率明显高于遮光条件下的,这可能是由于卵形鲳鲆的昼行性造成的。

在对卵形鲳鲆的研究中发现,随着呼吸室中幼鱼放养密度的增加,卵形鲳鲆的耗氧率逐

渐降低,排氨率先上升后下降。说明放养密度会影响鱼的呼吸与排泄。许多学者认为^[5, 15],空间因子对鱼类的影响一般通过两种方式:容积内水体积的大小;个体的拥挤程度。这可能是因为在大水体中时,由于个体所拥有的空间较大,减少了个体间的互相干扰程度,溶氧充足,排泄物积累减少,鱼体代谢率提高,进而促进了鱼体较好地生长。

经许多学者研究证实,鱼类的耗氧和排氨存在昼夜变化^[22]。认为鱼类的昼夜代谢水平有 3 种类型^[23]: (1) 白天进行摄食活动的鱼类,其耗氧率和排氨率白天比夜间高; (2) 夜间进行摄食的鱼类,其耗氧率和排氨率夜间比白天高; (3) 昼夜相差不显著,即白天与夜间的耗氧率、排氨率相近。在自然环境中,鱼类耗氧率和排氨率的昼夜节律性变化能够体现鱼类的活动周期,耗氧率和排氨率较大时,表明鱼类在摄食

或进行其他活动^[24]。卵形鲳鲹耗氧和排氨的昼夜变化规律属于第一种类型,摄食及其他活动主要在白天进行,夜晚相对较少。

鱼类的窒息点在不同种类间存在差异,而且窒息点可以直接反映该鱼的耐低氧能力。本实验在 28℃ 条件下测得卵形鲳鲹的窒息点为 $(0.991 \pm 0.058) \text{ mg/L}$,比真鲷 (*Pagrosomus major*) (3.17 mg/L , 25℃)^[25-26]、浅色黄姑鱼 (*Nibea coibor*) (1.882 mg/L , 30℃)^[15] 的稍低,与军曹鱼 (*Rachycentron canadum*) (1.00 mg/L , 27℃)^[27]、半滑舌鳎 (*Cynoglossus semilaevis*) ($1.095 \sim 1.113 \text{ mg/L}$, 27℃)^[28] 相近,远高于鲫 (*Carassius auratus*) (0.59 mg/L , 27~28℃)、鳙 (*Aristichthys nobilis*) (0.23 mg/L , 27~28℃)、青鱼 (*Mylopharyngodon piceus*) (0.58 mg/L , 27~28℃)^[29]、尼罗罗非鱼 (*Oreochromis niloticus*) ($0.07 \sim 0.23 \text{ mg/L}$, 21~25.5℃)^[19] 等淡水鱼类,表明卵形鲳鲹的耐低氧能力与其他海水鱼类相近。因此,在养殖过程中对水质应严格控制,在运输和暂养过程中应保持较高溶氧。

参 考 文 献

- [1] 区又君,李加儿. 卵形鲳鲹的早期胚胎发育. 中国水产科学, 2005, 12(6): 787-789.
- [2] 成庆泰,郑葆珊. 中国鱼类系统检索. 北京:科学出版社, 1987, 341-342.
- [3] 朱爱意,赵向炯,付俊. 褐菖鲉耗氧率及窒息点的初步研究. 海洋水产研究, 2007, 28(1): 95-100.
- [4] 闫茂仓,单乐州,邵鑫斌,等. 温度及体重对鲢鱼幼鱼耗氧率和排氨率的影响. 热带海洋学报, 2007, 26(1): 44-49.
- [5] 李加儿,刘士瑞,区又君,等. 花尾胡椒鲷幼鱼的呼吸和排泄代谢. 南方水产, 2009, 5(2): 34-39.
- [6] 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.
- [7] 张美丽,张兆琪,郑春波,等. 牙鲆幼鱼能量代谢的初步研究. 中国水产科学, 1999, 6(1): 75-77.
- [8] Yamamoto K, Takao S. Relationship between oxygen consumption and body weight in 36 marine teleost fish under resting and normoxic conditions. Suisan Zoshoku, 1990, 38(1): 41-45.
- [9] 王高学,周继术,强晓鸣. 秦岭细鳞鲑耗氧率和窒息点的初步研究. 动物学杂志, 2006, 41(2): 72-75.
- [10] 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.
- [11] 麦贤杰,黄伟健,叶富良,等. 海水鱼类繁殖生物学和人工繁育. 北京:海洋出版社, 2006, 106-114.
- [12] 陈伟洲,许鼎盛,王德强,等. 卵形鲳鲹人工繁殖及育苗技术研究. 台湾海峡, 2007, 26(3): 435-442.
- [13] 许晓娟,李加儿,区又君,等. 深水网箱养殖卵形鲳鲹血液指标. 动物学杂志, 2008, 43(6): 109-116.
- [14] 湛江水产专科学校. 淡水养殖水化学. 北京:农业出版社, 1980, 219-224.
- [15] 李加儿,刘士瑞,区又君,等. 浅色黄姑鱼幼鱼耗氧率、排氨率及窒息点的初步研究. 海洋学报, 2008, 30(5): 165-170.
- [16] 沈勤,徐善良,严小军,等. 温度对花鲈饥饿代谢的影响. 中国水产科学, 2008, 15(3): 500-505.
- [17] 朱爱意,谢佳彦,章韶兵. 黑鲫耗氧率昼夜变化及与体重、水温的关系研究. 南方水产, 2007, 3(6): 63-66.
- [18] Herrmann J P, Endel S E C. Effect of body size on the standard metabolism of horse mackerel. Journal of Fish Biology, 2000, 57(3): 746-760.
- [19] 张中英,胡玫,吴福煌. 尼罗罗非鱼耗氧率初步研究. 水产学报, 1982, 6(4): 367-378.
- [20] 姜祖辉,王俊,唐启升. 菲律宾蛤仔生理生态学研究. 海洋水产研究, 1999, 20(1): 40-44.
- [21] 区又君,柳琪,李加儿. 千年笛鲷幼鱼耗氧率的初步研究. 南方水产, 2006, 2(6): 19-24.
- [22] Clause R G. Oxygen consumption in freshwater fishes. Ecology, 1936, 17(2): 216-226.
- [23] 李加儿. 尖吻鲈幼鱼耗氧率初步研究. 海洋学报, 1991, 13(3): 424-430.
- [24] 胡泗才,王尚洪,敖鑫如. 月鳢耗氧率与窒息点的初步研究. 吉首大学学报, 2000, 21(3): 70-74.
- [25] 董存有,张金荣. 真鲷窒息点与耗氧率的初步研究. 水产学报, 1992, 16(1): 75-79.
- [26] 王艺磊,张子平,张殿鹏,等. 真鲷耗氧率的初步研究. 集美大学学报, 2002, 7(3): 193-197.
- [27] 陈刚,张健东,吴灶和. 军曹鱼幼鱼耗氧率与窒息点的研究. 水产养殖, 2005, 26(1): 1-4.
- [28] 王资生,黄金田,彭斌. 半滑舌鳎耗氧率和窒息点的初步研究. 水产科学, 2004, 23(4): 3-7.
- [29] 叶奕佐. 鱼苗、鱼种耗氧率、能量、窒息点及呼吸系数的初步报告. 动物学报, 1959, 11(2): 117-134.