

温度、盐度、pH 和麻醉剂对长鳍篮子鱼幼鱼耗氧率的影响^{*}

章龙珍^{1,2} 杨金海^{1,2} 刘鉴毅¹ 庄平^{1,2} 赵峰¹ 屈亮^{1,2}

(¹ 中国水产科学研究院东海水产研究所农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090;

² 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306)

摘要 采用 Winkler 法研究了温度、盐度、pH 和麻醉剂对长鳍篮子鱼幼鱼(体长 (3.325 ± 0.205) cm, 体质量 (0.706 ± 0.155) g)耗氧率的影响。结果表明:长鳍篮子鱼幼鱼耗氧率随着温度升高而增加,其回归关系可用对数函数 $Y = 1.3819 \ln X - 3.55$ ($r = 0.9475$, $P < 0.01$)表示,其生长的适宜温度为 $24\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 32\text{ }^{\circ}\text{C}$;幼鱼耗氧率随着盐度的降低而逐渐增加,其回归关系可用线性函数 $Y = -0.1802X + 1.7551$ ($r = 0.9837$, $P < 0.01$)来表示;在不同的 pH 下耗氧率有显著性差异($P < 0.01$),pH 值在 6.0 时耗氧率最低,9.0 时耗氧率最高;耗氧率随着丁香酚、MS-222 的浓度升高而逐渐降低,各实验组的耗氧率要显著低于对照组,丁香酚和 MS-222 可以作为长鳍篮子鱼幼鱼运输过程中的麻醉剂。

关键词 长鳍篮子鱼;麻醉;丁香酚;MS-222;耗氧率

中图分类号 Q412 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2009)08-1494-05

Effects of water temperature, salinity, pH, and anaesthetics on oxygen consumption rate of juvenile *Siganus canaliculatus*. ZHANG Long-zhen^{1,2}, YANG Jin-hai^{1,2}, LIU Jian-yi¹, ZHUANG Ping^{1,2}, ZHAO Feng¹, QU Liang^{1,2} (¹Key and Open Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries, Ministry of Agriculture, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China; ²College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China). *Chinese Journal of Ecology* 2009 28(8):1494-1498.

Abstract: By using Winkler's method, this paper studied the variation patterns of the oxygen consumption rate of juvenile *Siganus canaliculatus* (body mass (0.706 ± 0.155) g, body length (3.325 ± 0.205) cm) under effects of different water temperature, salinity, pH, and anaesthetics. The oxygen consumption rate of juvenile *S. canaliculatus* was increased with the increase of water temperature and the decrease of water salinity, and the regressive correlations could be represented by logarithmic equation $Y = 1.3819 \ln X - 3.55$ ($r = 0.9475$, $P < 0.01$) and linear equation $Y = -0.1802X + 1.7551$ ($r = 0.9837$, $P < 0.01$), respectively. The optimum temperature for the juvenile's growth was from $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $32\text{ }^{\circ}\text{C}$. Water pH also had significant effects ($P < 0.01$) on the oxygen consumption rate which was the lowest at pH 6.0 and the highest at pH 9.0. The oxygen consumption rate decreased with increasing concentration of eugenol and MS-222, and was significantly lower in experimental groups than in control group. Eugenol and MS-222 could be used as the anaesthetics for the long distance transportation of juvenile *S. canaliculatus*.

Key words: *Siganus canaliculatus*; anaesthesia; eugenol; MS-222; oxygen consumption rate.

长鳍篮子鱼(*Siganus canaliculatus*)属鲈形目(Perciformes),篮子鱼科(Siganidae),篮子鱼属,在

中国主要分布于东海南部、南海和台湾海域,是一种广温、广盐的近海鱼类。长鳍篮子鱼肉味鲜美、营养价值高(庄平等,2008),并且具有生长快、食性杂、饲源容易解决、环境适应力强等养殖优点,口腔内具尖锐小齿,喜欢摄食残留饵料以及环境中的附着藻

^{*} 国家科技支撑计划项目(2006BAD03B08)、国家“863”计划项目(2004AA603110)和上海市教委 E-研究院建设资助项目(E03009)。

^{**} 通讯作者 E-mail: longzhen2885@hotmail.com

收稿日期:2008-12-24 接受日期:2009-04-29

类,在网箱中起到了“清道夫”的作用,在海水网箱中混养一定比例的长鳍篮子鱼,能获取较好的经济效益和生态效益(沈卓坤和陈赛,2003),是极具养殖前途的饲养对象。

鱼类大多数代谢活动都和氧的利用有关,耗氧率直接或间接地反映新陈代谢规律、生理和生活状况。对鱼类耗氧率的测定不仅在鱼类呼吸生理学研究上有重要意义,在鱼类养殖上也有应用价值。目前,国内外关于鱼类耗氧率研究报道较多(Claireaux & Lagardere,1999;万松良等,2005;Sten *et al.*,2008)。本文研究了不同环境因子对长鳍篮子鱼幼鱼耗氧率的影响,旨在为长鳍篮子鱼幼鱼养殖生产中的合理放养、水质管理以及活鱼运输提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用长鳍篮子鱼幼鱼(体长 3.325 ± 0.205) cm,体质量 (0.706 ± 0.155) g)取自福建人工繁殖的幼鱼,选取其中活泼健壮的个体作为实验材料。用自然海水养殖及实验,水温 (27.5 ± 1) °C,盐度 34 ± 0.4 ,pH (6.0 ± 0.2) 。

1.2 实验方法

实验装置为自制密封静止水式呼吸测定仪,根据鱼体大小选用300 ml的锥形瓶作为实验瓶。实验时保鲜膜封口,以恒温水槽水浴控温,温度误差在 ± 0.5 °C内。每瓶3尾长鳍篮子鱼幼鱼,设3个平行组,外加1个空白对照(呼吸室无鱼)。

每次实验从暂养池中随机捞取实验鱼,禁食1 d用于实验。实验时实验瓶置于暗处,避免光线直射,将实验鱼快速移入实验瓶,保鲜膜封口,置于恒温水槽中,实验持续1 h,每次实验固定在当天的13:00—16:00进行。实验结束后测定实验瓶中水的溶解氧。取水样时,将实验瓶颠倒3~5次,以保证实验瓶水体溶解氧,再用虹吸法将导管深入实验瓶底部取水样,溶氧量测定采用Winkler氏碘量法(雷思佳,2002)。用滤纸吸干鱼体表面水分,在电子天平上称湿重(精确到0.001 g)。

1.3 梯度设置

温度梯度为16 °C、18 °C、20 °C、22 °C、24 °C、26 °C、28 °C、30 °C和32 °C;盐度梯度为5、10、15、20、25、30和35 ,pH梯度为5、6、7、8和9;丁香酚浓度梯度为5、10和15 mg · L⁻¹;MS-222浓度梯度为10、20和30 mg · L⁻¹。温度梯度试验前采用逐级升温

或降温的办法使鱼体逐级适应试验水温,盐度试验也采用相同的方法。

1.4 数据处理

计算长鳍篮子鱼幼鱼耗氧率公式:

$$R=(C_1-C_2)\times V/MT$$

式中:R为耗氧率(mg · g⁻¹ · h⁻¹);C₁、C₂分别为实验结束时对照瓶和代谢瓶中的溶解氧浓度(mg · L⁻¹);V为实验瓶体积;M为受试鱼的体质量(g);T为实验时间(h)。

用Q₁₀值($Q_{10}=(R_2/R_1)10/(t_2-t_1)$)考察不同温度区段耗氧率变化的差异,t₁和t₂为相邻温度,R₁和R₂为相邻温度对应的耗氧率值。

所得数据均以Excel、SPSS 13.0软件做数据处理和统计分析,组间差异采用Duncan法多重比较,描述性统计值均用平均值±标准差表示,用P<0.05表示显著水平,P<0.01表示极显著水平。

2 结果与分析

2.1 温度对耗氧率的影响

在相近体质量范围内,长鳍篮子鱼幼鱼的耗氧率与温度呈正相关,耗氧率随温度的升高而逐渐增加(表1),其回归方程为: $Y=1.3819\ln X-3.55$ (X为水温,Y为耗氧率), $r=0.9475$,二者显著相关(P<0.01)。在8个温度区间里,Q₁₀值呈现随温度的升高而降低,温度在24 °C~32 °C,Q₁₀值的变化幅度较小,无显著性差异(P>0.05);但当温度在16 °C上升到24 °C时,Q₁₀值的起伏较大,差异极显著(P<0.01),16 °C~18 °C的Q₁₀值是30 °C~32 °C的9倍。

2.2 盐度对耗氧率的影响

由图1可知,长鳍篮子鱼幼鱼在低盐度环境下

表1 不同温度下长鳍篮子鱼幼鱼的耗氧率
Tab.1 Oxygen consumption rate of juvenile *Siganus canaliculatus* at different temperatures

温度 (°C)	实验鱼尾数 (ind)	耗氧率 (mg · g ⁻¹ · h ⁻¹)	Q ₁₀ 值
32	9	1.115 ± 0.023	1.027
30	9	1.109 ± 0.015	1.102
28	9	1.088 ± 0.004	1.182
26	9	1.052 ± 0.011	1.770
24	9	0.938 ± 0.014	2.465
22	9	0.784 ± 0.021	5.287
20	9	0.562 ± 0.018	6.697
18	9	0.384 ± 0.025	9.447
16	9	0.245 ± 0.017	-

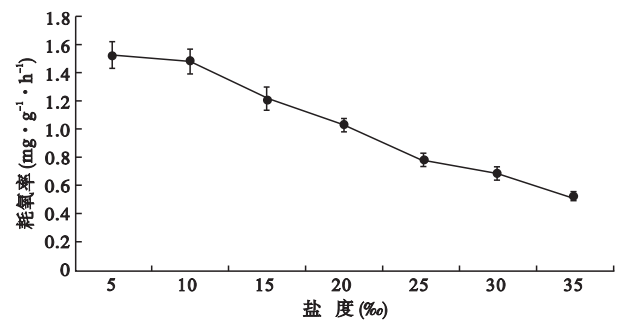


图 1 不同盐度下长鳍篮子鱼幼鱼的耗氧率
Fig.1 Oxygen consumption rate of juvenile *Siganus canaliculatus* at different salinities

耗氧率较高,随着盐度的升高,其耗氧率逐渐降低,呈明显的负相关,盐度 10 到 15 和 20 到 25 的耗氧率变化幅度较大,差异极显著($P < 0.01$)。盐度对耗氧率影响的回归方程为: $Y = -0.1802X + 1.7551$ (X 为盐度, Y 为耗氧率) $r = 0.9837$ ($P < 0.01$)。

2.3 pH 对耗氧率的影响

单因素方差分析表明,长鳍篮子鱼幼鱼在不同的 pH 下耗氧率有显著性差异($P < 0.01$)。耗氧率先下降后逐渐增大。在 pH 6 时达到最小值,在 pH 9 时达到最大值, pH 9 时的耗氧率是 pH 6 的 3.5 倍(图 2)。

2.4 麻醉剂对长鳍篮子鱼幼鱼耗氧率的影响

由图 3 可知,长鳍篮子鱼幼鱼的耗氧率随着 MS-222 的浓度升高而逐渐降低。长鳍篮子鱼幼鱼耗氧率经不同浓度 MS-222 麻醉后有显著性差异($P < 0.05$)。当 MS-222 浓度为 $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,幼鱼耗氧率为对照组的 94.9%,下降了 5.1%;MS-222 浓度为 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,幼鱼耗氧率为对照组的 88.5%,下降了 11.5%;MS-222 浓度为 $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,幼鱼耗氧率为对照组的 83.6%,下降了 16.4%。

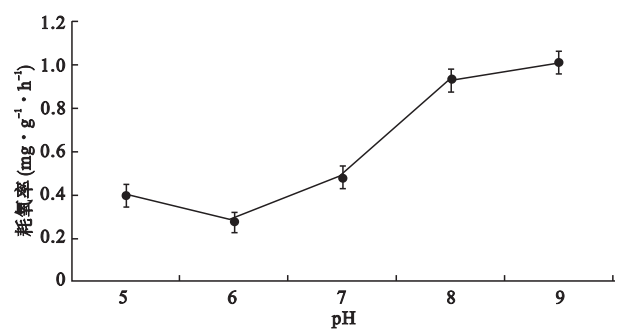


图 2 不同 pH 下长鳍篮子鱼幼鱼的耗氧率
Fig.2 Oxygen consumption rate of juvenile *Siganus canaliculatus* at different pH

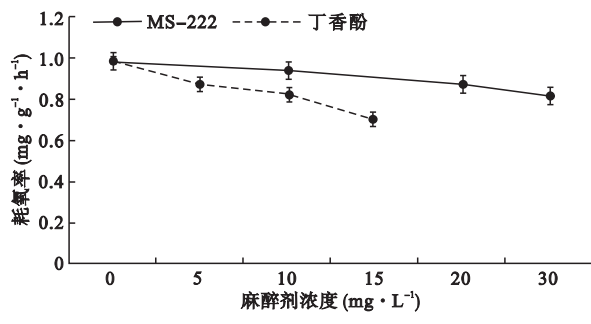


图 3 麻醉剂对长鳍篮子鱼幼鱼耗氧率的影响
Fig.3 Effects of anaesthetic on oxygen consumption rate of juvenile *Siganus canaliculatus*

可以看出,使用 MS-222 后,长鳍篮子鱼幼鱼耗氧率比空白对照组要低。

长鳍篮子鱼幼鱼的耗氧率随着丁香酚的浓度升高也逐渐降低。长鳍篮子鱼幼鱼耗氧率经不同浓度丁香酚麻醉后有极显著差异($P < 0.01$)。当丁香酚浓度为 $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,幼鱼耗氧率为对照组的 89.0%,下降了 11.0%;丁香酚浓度为 $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,幼鱼耗氧率为对照组的 83.7%,下降了 16.3%;丁香酚浓度为 $15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,幼鱼耗氧率仅为对照组的 70.9%,下降了 29.1%。说明,使用丁香酚后,其耗氧率要显著地比空白对照组的低,下降地幅度比 MS-222 大。

3 讨论

3.1 温度对长鳍篮子鱼幼鱼耗氧率的影响

鱼类为变温动物,在适宜温度范围内,水温升高,体温也随之升高,这时鱼体内各细胞酶活性随之增强,各种生理生化反应增强,新陈代谢水平较高,鱼体对氧的需求量随之增加,反之呼吸作用减弱,耗氧率就降低(乔德亮等 2005)。长鳍篮子鱼幼鱼耗氧率在一定的温度范围内,也符合此规律,耗氧率总的变化趋势是随着水温的升高而增加,这与其他学者的研究结果相同(卢迈新等 1999;乔德亮等 2005;关健等 2006)。另一方面,在小范围内的不同温度下,耗氧率的变化幅度又各有差异,常用 Q_{10} 来表示温度对鱼类代谢速度的影响(陈国华等 1999;廖志洪等 2004)。鱼在耗氧变幅小的温度范围内,其新陈代谢的异化作用上升的倍率较少,或者说呼吸消耗的能量上升的倍率较低,即其体内能量的贮存较多,这样有利于鱼的生长,此温度范围是该鱼生长的最适温度范围(王建明和张玉书 1984)。从本研究

结果来看,长鳍篮子鱼幼鱼的最适生长温度范围在 $24\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。耗氧率与水温的相关关系,使长鳍篮子鱼幼鱼耗氧率呈现季节性周期变化,夏季水温高,耗氧率也高,因此,在夏季水温高时,要特别注意长鳍篮子鱼幼鱼养殖过程中的缺氧问题。

3.2 盐度对长鳍篮子鱼幼鱼耗氧率的影响

盐度是海水养殖中重要的环境因子,它的变动对鱼类的生理代谢具有显著的影响(陈松波等, 2004)。本研究表明,长鳍篮子鱼幼鱼耗氧率随着海水盐度的降低而升高,这与王广军等(2001)、丁彦文和李加儿(2000)、Morganb 等(1997)等的研究结果相同。Jobling(1985)提出鱼的标准代谢可分为二个部分:一是组织的修复与更新所消耗的能量;二是维持内稳态所消耗的能量。当盐度等外界环境改变时,鱼机体在维持内环境稳定上必然要消耗更多的能量,且耗能的增加与环境改变的剧烈程度有关。长鳍篮子鱼幼鱼生长的海水盐度在 34 左右,当盐度下降或升高时,要消耗更多的能量用于渗透压的调节,导致耗氧率增加。耗氧率从盐度 10 到 15 和 20 到 25 变化幅度较大,幼鱼呼吸代谢加强,幼鱼对此盐度区间段较为敏感,此盐度区间可能是长鳍篮子鱼幼鱼驯化时的危险区间。

3.3 pH 对长鳍篮子鱼幼鱼耗氧率的影响

pH 值是影响鱼类呼吸和排泄的重要环境因子,当 pH 值适合时,耗氧率较低,这是由于体内蛋白质的代谢水平最低,脂肪和碳水化合物分解代谢的比例最大的缘故。而在 pH 值不适合时,鱼体表现出不适应,将通过改变代谢状况,消耗较多的能量以适应外界环境,表现为增大了蛋白质的代谢比例,造成耗能增大、耗氧率升高(朱爱意等, 2007)。本研究结果表明,长鳍篮子鱼幼鱼在 pH 9.0 时耗氧率最高,说明 pH 9.0 时试验鱼用于维持内稳态所需的耗能最多, pH 8.0 次之,不利于鱼体的正常生长发育, pH 6.0 耗氧率最低,用于维持内稳态所需的耗能最少。说明长鳍篮子鱼幼鱼更适宜于在 pH 6.0 左右的海水环境生活,这与 Harris 等(1999)、吴常文等(2005)等的研究结果类似,但闫茂仓等(2007)研究发现,鲢鱼幼鱼对 pH 值的适应性较强,当 pH 6.5 ~ 9.0 变化时,鲢鱼幼鱼的耗氧率变化并不明显。

3.4 麻醉剂对长鳍篮子鱼幼鱼耗氧率的影响

在活鱼运输中使用麻醉剂不仅可以降低鱼体的

耗氧量、减少 CO_2 和 NH_3 的排放,增加运输的距离和运输量,同时还能控制鱼体的过度活动,有效防止鱼类在容器中激烈活动而造成伤害(张朝晖等, 2003)。经不同浓度的丁香酚和 MS-222 麻醉后,长鳍篮子鱼幼鱼耗氧率均比对照组低,随着麻醉剂的浓度提高,耗氧率逐渐降低,分析原因可能是长鳍篮子鱼幼鱼神经系统受到抑制,减缓了鱼体内的代谢,耗氧率降低,活动能力减弱(Bell, 1987)。丁香酚和 MS-222 相比,丁香酚使长鳍篮子鱼幼鱼耗氧率下降的幅度更大,同时在实验中可以观察到丁香酚使长鳍篮子鱼幼鱼入麻时间更短,表明丁香酚的麻醉效果更好。实验结束后,将长鳍篮子鱼幼鱼放回到海水中恢复,幼鱼能恢复到正常的状态,未出现烦躁不安或死亡的现象。说明丁香酚和 MS-222 是 2 种符合长鳍篮子鱼幼鱼运输要求的麻醉剂。

在活鱼运输时,找到满足运输要求的合适麻醉剂量很必要,麻醉剂浓度过低,达不到麻醉效果,过高则会造成麻醉剂的浪费,并有可能对鱼体造成潜在的伤害甚至死亡,同时过长的与麻醉剂接触也会对鱼体造成损害(李思发, 1988)。笔者曾把丁香酚和 MS-222 浓度加大进行实验,发现长鳍篮子鱼幼鱼在实验中或将鱼进行恢复时有不同程度的死亡。在本实验中,丁香酚和 MS-222 的 3 个浓度均是长鳍篮子鱼幼鱼的安全浓度,能满足运输要求。从安全角度和麻醉效果考虑,丁香酚浓度为 $10\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, MS-222 浓度为 $20\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时推荐为长鳍篮子鱼幼鱼运输浓度。

因此,在长鳍篮子鱼幼鱼的养殖过程中,应时刻注意环境因子的变化,在环境因子发生较大的变化或进行激烈的人工操作时,要采取应急措施,如增氧,调节温度,使用麻醉剂等,帮助鱼更好地适应外界环境。

参考文献

- 陈国华,章华忠,陈雪芬. 1999. 鲢点石斑鱼幼鱼耗氧率的研究. 海南大学学报(自然科学版), 17(3): 259-264.
- 陈松波,陈伟兴,范兆廷. 2004. 鱼类呼吸代谢研究进展. 水产学杂志, 17(1): 82-89.
- 丁彦文,李加儿. 2000. 平鲷幼鱼耗氧率的初步研究. 湛江海洋大学学报, 20(3): 8-12.
- 关 健,柳学周,马学坤,等. 2006. 半滑舌鲷幼鱼耗氧率和窒息点的研究. 海洋水产研究, 27(2): 81-86.
- 雷思佳. 2002. 盐度与体重对台湾红罗非鱼耗氧率的影响.

- 应用生态学报, **13**(6):739-742.
- 李思发. 1988. 鱼类麻醉剂. 淡水渔业, (1):22-23.
- 廖志洪, 林小涛, 王 春, 等. 2004. 黄颡鱼仔、稚、幼鱼耗氧率及氨氮排泄率的初步研究. 生态科学, **23**(3):223-226.
- 卢迈新, 肖学铮, 吴锐全, 等. 1999. 不同生长状况下日本鳗鲡耗氧率的初步测定. 中国水产科学, **6**(2):120-121.
- 乔德亮, 李思发, 凌去非, 等. 2005. 白斑狗鱼耗氧率和窒息点研究. 上海水产大学学报, **14**(2):202-206.
- 沈卓坤, 陈 赛. 2003. 篮子鱼与斑节对虾的池塘混养技术. 水产养殖, **24**(6):12-13.
- 万松良, 葛 雷, 张 扬, 等. 2005. 瓦氏黄颡鱼与黄颡鱼的耗氧率及窒息点. 动物学杂志, **40**(6):91-95.
- 王广军, 谢 骏, 潘德博. 2001. 日本鳗鲡初孵仔鱼耗氧率的初步研究. 海洋水产研究, **22**(1):52-55.
- 王建国, 张玉书. 1984. 水温、鱼重对白鲫耗氧量影响的研究. 北京水产, (1):6-8.
- 吴常文, 朱爱意, 赵向炯. 2005. 海水养殖杂交鲟耗氧量、耗氧率和窒息点的研究. 浙江海洋学院学报, **14**(2):100-104.
- 闫茂仓, 单乐州, 邵鑫斌, 等. 2007. 盐度和 pH 值对鲢鱼幼鱼耗氧率和氨氮排泄率的影响. 台湾海峡, **26**(1):86-91.
- 张朝晖, 丛娇日, 王 波, 等. 2003. 麻醉剂丁香酚对黄腊鲂耗氧的影响. 海洋科学, **34**(6):11-14.
- 朱爱意, 赵向炯, 付 俊. 2007. 褐菖鲉耗氧率及窒息点的初步研究. 海洋水产研究, **28**(1):95-99.
- 庄 平, 宋 超, 章龙珍, 等. 2008. 黄斑篮子鱼肌肉营养成分与品质的评价. 水产学报, **32**(1):77-82.
- Bell G. 1987. An outline of anesthetic and anesthesia for salmonids, a guide for fish culturists in British Columbia. *Canadian Technical Report of Fisheries Aquatic Sciences*, **1534**:16.
- Claireaux G, Lagardere JP. 1999. Influence of temperature, oxygen and salinity on the metabolism of the European sea bass. *Journal of Sea Research*, **42**:157-168.
- Harris JO, Maguire GB, Edwards SJ, et al. 1999. Effects of pH on growth rate, oxygen consumption rate, and histopathology of gill and kidney tissue for juvenile greenlip abalone, *Haliotis laevis* Donovan and blacklip abalone, *Haliotis rubra* Leach. *Journal of Shellfish Research*, **18**:611-619.
- Jobling M. 1985. Growth and metabolism// Tytler P, Cakow P, eds. *Fish Energetics: Perspectives*. London: Croom Helm:257-581.
- Morgan JD, Sakamoto T, Gordon GE, et al. 1997. Physiological and respiratory responses of the Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*) to salinity acclimation. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, **117**:391-398.
- Sten IS, Atle M, Jorgen S, et al. 2008. Effects of body weight and temperature on feed intake, gonad growth and oxygen consumption in green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Aquaculture*, **281**:77-82.

作者简介 章龙珍,女,1954年生,研究员。主要从事水生动物生殖生物学和生理学研究。E-mail:longzhen2885@hotmail.com
责任编辑 李凤芹
