

盐度和 Ca^{2+} 浓度对中国明对虾稚虾耗氧率的影响

丁 森,王 芳,穆迎春,董双林

(中国海洋大学 教育部海水养殖重点实验室,山东 青岛 266003)

摘要:设计双因子实验研究了水温 $25.0 \pm 0.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 下,盐度(5,15,30)和 Ca^{2+} 质量浓度(175,350,700,1 400,2 800 mg/L)对中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)稚虾耗氧率的影响,实验对虾的湿体质量为 $0.301 \text{ g} \pm 0.041 \text{ g}$ 。实验结果表明:(1)不同盐度下,中国明对虾稚虾耗氧率的大小顺序为 $R_5 > R_{30} > R_{15}$ 。其中,盐度 15 下对虾的耗氧率显著低于盐度 5 和 30 下的耗氧率($P < 0.05$);(2)不同 Ca^{2+} 质量浓度下,中国明对虾稚虾耗氧率的大小顺序为 $R_{2\ 800} > R_{175} > R_{700} > R_{1\ 400} > R_{350}$ 。其中, Ca^{2+} 质量浓度为 350 mg/L 组对虾的耗氧率显著低于其它处理组, Ca^{2+} 质量浓度为 2 800 mg/L 组对虾的耗氧率显著高于其它处理组($P < 0.05$),而 Ca^{2+} 质量浓度为 175,700 和 1 400 mg/L 组间对虾的耗氧率差异不显著($P > 0.05$);(3)盐度和 Ca^{2+} 质量浓度的交互作用显著影响中国明对虾稚虾的耗氧率($P < 0.05$)。

关键词:盐度; Ca^{2+} 质量浓度;中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*);耗氧率

中图分类号:S966.1

文献标识码:A

文章编号:1000-3096(2006)12-0092-04

近年来,随着我国沿海对虾养殖业的发展,利用低洼或盐碱地渗咸水进行对虾养殖已引起人们的注意。由于低盐水体或内陆盐碱地池塘渗水与海水的离子组成差异较大,常导致养殖对虾大量死亡。因此,对这部分土地进行渔业开发利用,研究一些重要盐离子(如钙离子)对对虾存活和生长的影响已引起了人们的关注^[1~5]。而有关盐离子(如钙离子)对对虾耗氧率的影响还未见详细报道。作者以中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)稚虾为实验材料,在实验室条件下,设计双因子试验,研究盐度和 Ca^{2+} 浓度对中国明对虾稚虾耗氧率的影响,以期为开展中国明对虾的低洼盐碱地池塘养殖提供基础依据。

1 材料与方法

1.1 实验虾的来源及驯化

实验于 2005 年 4 月至 6 月进行。中国明对虾取自青岛即墨养虾场,为健康活泼的个体,体长 4~6 cm,湿体质量为 $0.301 \text{ g} \pm 0.041 \text{ g}$ 。对虾运回后,在室内正常海水(盐度为 28~31)下暂养 2~3 d,使其适应实验室的条件。

将已适应实验室条件的对虾,分别移入水族箱(45 cm × 25 cm × 30 cm,盛水 30 L)内,分别在盐度

为 4~6,14~16 和 29~31 的实验用水中驯化 10 d。

暂养和驯化期间,连续冲气,每天定时投喂沙蚕(*Neathes japonica*) (74.18%水分,63.73%粗蛋白,16.32%脂肪,6.89%灰分)两次(8:00 和 18:00),每天换水 1/2~2/3,水温 $25.0 \pm 0.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$,光照周期为 L:D=14 h:10 h,实验前 1 d 停食。

1.2 实验用水

实验用水用海水素和充分曝气的自来水配制。海水素是中国海洋大学海水素厂专门设计和生产的无钙海水素,保持其它离子的浓度基本恒定和离子平衡, Ca^{2+} 浓度是通过添加分析纯的 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 获得的,人工海水盐度通过添加海水素进行调配。实验用水为每次换水前一天配制,并充分曝气。离子浓度用等离子发射光谱 CCD Simultaneous ICP-OES (VARIAN)测定。

收稿日期:2006-06-21;修回日期:2006-09-18

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30571441)

作者简介:丁森(1982-),男,北京人,硕士研究生,研究方向为水产养殖生态学,电话:0532-82032133, E-mail: dingsen12345@sina.com;王芳,通讯作者, E-mail: wangfang249@ouc.edu.cn

1.3 实验设计

实验设 5, 15 和 30 三个盐度水平, 每个盐度水平下设 5 个 Ca^{2+} 质量浓度梯度, 分别为 175, 350, 700, 1 400 和 2 800 mg/L, 每一处理设 8 个重复, 外加 1 个空白对照。呼吸瓶为 500 mL 的锥形瓶, 每个锥形瓶放实验用虾 1 尾, 塑膜封口, 置于 1 m² 恒温水槽中 (WMZ-01 型控温仪控温, 水温 25.0 °C ± 0.5 °C), 实验持续 2~4 h。

1.4 耗氧率的测定

溶解氧用温克勒法测定, 根据起始和结束时溶解氧的差值, 计算单位体质量对虾的耗氧率, 公式如下: $R = (O_1 - O_2) V / W T$

式中, R 为耗氧率; O_1 为实验结束时空白瓶的溶解氧; O_2 为实验结束时呼吸瓶的溶解氧; V 为实验瓶的容积; W 为实验虾的湿体质量; T 为实验持续时间。

实验结束后, 用吸水纸擦干实验虾体表水分, 用 MP120 型电子天平称质量, 精确至 0.001 g。

所得数据用 SPSS11.0 软件进行双因子方差分析, 以 $P < 0.05$ 作为差异显著水平。

2 结果

不同盐度、 Ca^{2+} 质量浓度下, 中国明对虾稚虾的耗氧率见表 1。

表 1 不同盐度和 Ca^{2+} 质量浓度下中国明对虾稚虾的耗氧率

Tab. 1 The oxygen consumption rates of *Fenneropenaeus chinensis* under different Ca^{2+} concentration and salinity levels

盐度	耗氧率(%)				
	Ca^{2+} 质量浓度(mg/L)				
	175	350	700	1 400	2 800
5	1.10 ± 0.12 ^b	1.02 ± 0.12 ^a	1.10 ± 0.01 ^b	1.00 ± 0.06 ^b	1.26 ± 0.08 ^c
15	0.79 ± 0.03 ^{b*}	0.68 ± 0.02 ^{a*}	0.72 ± 0.06 ^{b*}	0.70 ± 0.05 ^{b*}	1.15 ± 0.03 ^{c*}
30	0.93 ± 0.13 ^{b**}	0.78 ± 0.04 ^{a**}	0.98 ± 0.02 ^{b**}	1.09 ± 0.02 ^{b**}	1.20 ± 0.07 ^{c**}

双因子对耗氧率的影响

盐度	差异显著 ($P = 0.00$, $\eta^2 = 0.818$)
Ca^{2+} 浓度	差异显著 ($P = 0.00$, $\eta^2 = 0.832$)
盐度 × Ca^{2+} 浓度	差异显著 ($P = 0.01$, $\eta^2 = 0.559$)

注: 表中数据为平均数 ± 标准差。不同盐度水平相同 Ca^{2+} 质量浓度间用 * 表示差异显著性, $P < 0.05$ 。同一盐度水平不同 Ca^{2+} 质量浓度间用字母表示差异显著性, $P < 0.05$ 。 η^2 和对虾耗氧率影响的程度呈正相关

从表 1 中可以看出, 不同盐度和 Ca^{2+} 质量浓度下, 中国明对虾稚虾的耗氧率不同。双因子方差分析表明: 不同盐度下, 中国明对虾稚虾耗氧率的大小顺序为 $R_5 > R_{30} > R_{15}$ 。其中, 对虾在盐度 15 下的耗氧率显著低于盐度 5 和 30 下的耗氧率 ($P < 0.05$); 不同 Ca^{2+} 质量浓度下, 中国明对虾稚虾耗氧率的大小顺序为 $R_{2800} > R_{175} > R_{700} > R_{1400} > R_{350}$ 。其中, Ca^{2+} 质量浓度为 350 mg/L 组对虾的耗氧率显著低于其它处理组 ($P < 0.05$), Ca^{2+} 质量浓度为 2 800 mg/L 组对虾的耗氧率显著高于其它处理组 ($P < 0.05$), Ca^{2+} 质量浓度为 175, 700 和 1 400 mg/L 组间对虾的耗氧率差异不显著 ($P > 0.05$); 盐度和 Ca^{2+} 质量浓度的交互作用显著影响中国明对虾稚虾的耗氧率 ($P < 0.05$), 但交互作用的影响小于 Ca^{2+} 质量浓度和盐度的影响。

经 SPSS11.0 多元线性回归分析, Ca^{2+} 质量浓度与耗氧率之间的关系可表示为:

$$R = 0.839 + 0.0001173M, (R^2 = 0.368, P = 0.016)$$

式中 M 为 Ca^{2+} 质量浓度。

3 讨论

研究表明, 保持体内渗透压平衡的主要离子是 Na^+ 和 Cl^- [6]。甲壳动物位于鳃内薄层隔膜细胞内陷膜上的 $\text{Na}^+/\text{K}^+ - \text{ATPase}$ 可以把细胞中的 Na^+ 转运到血淋巴当中, 造成细胞内 Na^+ 局部降低, 促使外界的 Na^+ 进入体内。这一过程需要动用 ATP 并释放能量, 从而增加体内的代谢水平。因此, 当甲壳动物的体液达到等渗点时, 代谢所需要的能量最少, 耗氧率最小 [7~10]。在本实验中, 盐度为 5 和 30 条件

下,中国明对虾稚虾的耗氧率显著高于盐度 15 的耗氧率,这说明在盐度为 5 和 30 条件下,对虾渗透调节所消耗的能量较高,表现出较高的代谢水平,这也说明较低盐度或较高盐度下,对虾 $\text{Na}^+/\text{K}^+ - \text{ATPase}$ 活力高,代谢水平增强^[11,12]。

钙是低盐水体或内陆盐碱地池塘渗水中变化较大的离子。以往的研究表明,除了构成虾壳外,钙还参与肌肉活动、神经传递和渗透压调节,对对虾的生长和代谢起十分重要的作用^[13]。王慧^[4]等研究认为, Ca^{2+} 含量及 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ 比值影响中国明对虾的存活和生长,随着 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ 比值的增大,对虾的存活率下降;陈昌生^[1]认为 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ 比值在 1/3~1/1 时,凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)生长最好。在本实验中,在 Ca^{2+} 质量浓度为 2 800 mg/L 条件下,对虾的耗氧率显著高于其他处理组,这可能与此条件下的 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ 比值不适,对对虾产生胁迫效应有关。

Winkler^[14]认为, Ca^{2+} 对 $\text{Na}^+/\text{K}^+ - \text{ATPase}$ 的作用可能是相互拮抗的。环境中 Ca^{2+} 在 0.2~3 mmol/L 时,对 $\text{Na}^+/\text{K}^+ - \text{ATPase}$ 活性有强烈的抑制作用。在本实验中,可能由于 Ca^{2+} 的大量存在,使得 $\text{Na}^+/\text{K}^+ - \text{ATPase}$ 的活性受到了抑制,表现出盐度和 Ca^{2+} 浓度的交互作用对对虾耗氧率的影响小于各自所产生的影响。

参考文献:

- [1] 陈昌生,纪德华,王兴标,等. Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 对凡纳滨对虾存活及生长的影响[J]. 水产学报, 2004, 28(4): 413-418.
- [2] 董双林. 干旱及内陆盐碱地区的水产养殖、可持续发展的战略和选择[A]. 张铭羽. 世界水产养殖技术大趋势——2002 年世界水产养殖大会论文综述[C]. 北京:海洋出版社, 2003. 21-25.
- [3] 董少帅,董双林,王芳,等. Ca^{2+} 浓度对凡纳滨对虾稚虾生长的影响[J]. 水产学报, 29(2): 211-215.
- [4] 王慧,房文红,来瑞芳. 水环境中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 对中国对虾生存及生长的影响[J]. 中国水产科学, 2000, 7(1): 82-86.
- [5] 徐国成,李庭吉,李士虎,等. Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 对长毛对虾仔虾生长和成活率的影响[J]. 现代渔业信息, 2002, 17(4): 18-19.
- [6] 孔祥会,王桂忠,李少菁. 甲壳动物 $\text{Na}^+/\text{K}^+ - \text{ATPase}$ 研究概况[J]. 水产科学, 2005, 24(10): 42-45.
- [7] Dalla Via. Salinity response in brackish water populations of the freshwater shrimp *Palaeomonetes antennarius* L. Oxygen consumption[J]. Comp Biochem Physiol, 1987, 87A(2): 471-478.
- [8] 施正峰,宋卫红,罗其智,等. 日本沼虾能量收支和利用效率的初步研究[J]. 水产学报, 1994, 18(3): 191-197.
- [9] 王吉桥. 南美白对虾健康养殖技术 1. 南美白对虾的生物学[J]. 水产科学, 2002, 21(5): 43-46.
- [10] 张硕,董双林,王芳. 中国对虾生物能量学研究 I——温度、体重、盐度和摄食状态对耗氧率和排氨率的影响[J]. 青岛海洋大学学报. 1998, 28(2): 223-227.
- [11] Towle D W. Molecular approaches to understanding salinity adaptation of estuarine animals[J]. Am Zool, 1997, 37: 575-584.
- [12] 王顺昌,于敏. 中华绒螯蟹在不同盐度下鳃 $\text{Na}^+/\text{K}^+ - \text{ATPase}$ 和 ALP 活性的变化[J]. 安徽技术师范学院学报, 2003, 17(2): 117-120.
- [13] 李爱杰. 水产动物营养与饲料学[M]. 北京:农业出版社, 1994. 56-57.
- [14] Winkler A. Effect of inorganic sea water constituents on branchial $\text{Na}^+/\text{K}^+ - \text{ATPase}$ activity in the shore crab *Carcinus maenas*[J]. Mar Biol, 1986, 92: 537-544.

Effects of salinity and Ca^{2+} concentration on the oxygen consumption rate of juvenile *Fenneropenaeus chinensis*

DING Sen, WANG Fang, MU Ying-chun, DONG Shuang-lin

(Ocean University of China, Key Laboratory Of Mariculture Minister Of Education, Qingdao 266003, China)

Received: Jun., 21, 2006

Keywords: salinity; Ca^{2+} concentration; *Fenneropenaeus chinensis*; oxygen consumption rate

Abstract: Designed two-factor experiment was set up to investigate the effects of salinity and Ca^{2+} concentration on the oxygen consumption rate of juvenile *Fenneropenaeus chinensis* with the initial wet body

weight of $0.301 \text{ g} \pm 0.041 \text{ g}$ under water temperature of $25.0^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Three salinity levels were 5, 15 and 30, respectively, and five Ca^{2+} concentrations of every salinity levels were 175, 350, 700, 1 400, 2 800 (mg/L), respectively. The results were as follows: (1) Salinity affected the oxygen consumption rate of the juvenile *F. chinensis* significantly ($P < 0.05$). The oxygen consumption rate of the juvenile *F. chinensis* under three salinity levels showed a declining gradient of $R_5 > R_{30} > R_{15}$, and there were significant differences among three treatments ($P < 0.05$); (2) Ca^{2+} concentration affected the oxygen consumption rate of the juvenile *F. chinensis* significantly. The oxygen consumption rate of the juvenile *F. chinensis* under five Ca^{2+} concentration levels showed a declining gradient of $R_{2\ 800} > R_{175} > R_{700} > R_{1\ 400} > R_{350}$. The oxygen consumption rate under 2 800mg/L of Ca^{2+} concentration was significantly higher than that of other treatments ($P < 0.05$), while under 350 mg/L of Ca^{2+} concentration, it was significantly lower than those of other treatments ($P < 0.05$); (3) The interaction between salinity and Ca^{2+} concentration also significantly affected the oxygen consumption rate of the juvenile *F. chinensis* ($P < 0.05$), while the effect was lower than those of salinity and Ca^{2+} concentration, respectively.

(本文编辑:刘珊珊)

(上接第 91 页)

- [22] Amotz A B. Effect of low temperature on the stereo-isomer composition of β -carotene in the halotolerant alga *Dunaliella bardawil* (Chlorophyta) [J]. **Phycology**, 1996, 32: 272-275.
- [23] Graziano L M, Roche J L. Physiological responses to phosphorus limitation in batch and steady-state cultures of *Dunaliella tertiolecta* (Chlorophyta): a unique stress protein as an indicator of phosphate deficiency [J]. **Phycologia**, 1996, 32: 825-838.
- [24] Geider R J, Macintyre H L. Responses of the photosynthetic apparatus of *Dunaliella tertiolecta* (Chlorophyceae) to nitrogen and phosphorus limitation [J]. **Phycology**, 1998, 33: 315-332.
- [25] Roche J L, Harrison W G. Reversible kinetic model for the short-term regulation of methylammonium uptake in two phytoplankton species, *Dunaliella tertiolecta* (Chlorophyceae) and *Phaeodactylum tricornutum* (Bacillariophyceae) [J]. **Phycology**, 1989, 25: 36-48.
- [26] Cifuentes A S, Mariela A. Reappraisal of physiological attributes of nine strains of *Dunaliella* (Chlorophyceae): growth and pigment content across salinity gradient [J]. **Phycologia**, 2001, 37: 334-344.
- [27] Roche J L, Bertrand A M. Light intensity-induced changes in cab mRNA and light harvesting complex IIapoprotein levels in the unicellular Chlorophyte *Dunaliella tertiolecta* [J]. **Plant Physiology**, 1991, 97: 147-153.
- [28] Gerhard E, Gmmler H. The glycerol permeability of the plasmalemma of the halotolerant green alga *Dunaliella parva* (Volvocales) [J]. **Phycology**, 1980, 16: 524-532.
- [29] Orset S. Low-temperature-induced synthesis of α -carotene in the microalga *Dunaliella salina* (Chlorophyta) [J]. **Phycologia**, 1999, 35: 520-527.
- [30] Powtongsook S. Isolation and characterization of *Dunaliella salina* from Thailand [J]. **Journal of Applied Phycology**, 1995, 7: 75-76.
- [31] Hard B C, Gilmour D J. A mutant of *Dunaliella parva* CCAP 19/9 leaking large amounts of glycerol into the medium [J]. **Journal of Applied Phycology**, 1991, 3: 367-372.
- [32] Giordano A. Adaptation of *Dunaliella salina* (Volvocales, Chlorophyceae) to growth on NH_4^+ as the sole nitrogen source [J]. **Phycologia**, 1997, 36 (5): 345-350.
- [33] Huber M E, Lewin R A. Ethanol-induced flagellar automy in *Dunaliella tertiolecta* Butcher [J]. **Phycologia**, 1987, 26 (1): 138-151.
- [34] Grobbelar J U. Influence of areal density on β -carotene production by *Dunaliella salina* [J]. **Journal of Applied Phycology**, 1995, 7: 69-73.

(本文编辑:张培新)