

K⁺对中国明对虾幼虾生存及耗氧率、窒息点的影响

王慧, 来琦芳, 房文红

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

摘要:采用单因子静态急性毒性实验方法, 研究盐度为6的海水中不同K⁺浓度对中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)幼虾存活率的影响, 并测定中国明对虾幼虾在不同K⁺浓度水质中的耗氧率及窒息点。结果表明: (1) K⁺含量过低或过高, 均会成为影响中国明对虾幼虾生存的限制因子, 中国明对虾幼虾对K⁺的生存适宜范围为16.00~165.80 mg/L, K⁺质量浓度低于16 mg/L时, 中国明对虾幼虾的存活率随K⁺浓度的增加而上升; 而当K⁺质量浓度高于165.80 mg/L时, 中国明对虾的存活率随K⁺浓度的增加而下降。 (2) 水中不同K⁺浓度会对中国明对虾幼虾的耗氧率产生影响, 在K⁺质量浓度分别为20 mg/L、60 mg/L和120 mg/L, 水温为(18.5±0.5) °C条件下, 中国明对虾幼虾5 h平均耗氧率分别为(0.801±0.059) mg/g·h、(0.719±0.057) mg/g·h、(0.828±0.047) mg/g·h。 (3) 不论是低K⁺浓度组还是高K⁺浓度组, 中国明对虾幼虾窒息点均明显高于正常海水K⁺浓度组, 当水温为(19.4±0.1) °C, 中国明对虾幼虾在K⁺质量浓度为20 mg/L、60 mg/L和120 mg/L时的窒息点分别为(1.469±0.006) mg(O₂)/g、(1.350±0.005) mg(O₂)/g、(1.496±0.006) mg(O₂)/g。 [中国水产科学, 2007, 14(3): 493-497]

关键词: 中国明对虾; 幼虾; K⁺; 存活率; 耗氧率; 窒息点

中图分类号: S96

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2007)03-0493-05

中国内陆有诸多包括盐碱水域在内的咸水水域, 这些咸水除矿化度差别较大外(5~52), 其主要离子(常量元素)成分之间的比值和含量的变化也很大, 失去了海水的恒定性, 如Ca²⁺/Mg²⁺、Cl⁻/SO₄²⁻等比值均远远大于海水的比值, 其水化学组成呈现出多样性^[1-2]。在有的盐碱水质中SO₄²⁻超出正常海水数倍, 而Ca²⁺则仅为正常海水的1/3~1/2, K⁺含量则在有的盐碱水质中偏高, 甚至超出正常海水的2~4倍, 而在有的水质中则偏低。由于离子比值或含量的不同, 即使同一种水型, 又可划分出不同类型的水质^[3], 咸水化学组成的多样性和复杂性直接影响了海水养殖生物往内陆咸水水域的移植工作。笔者曾研究了盐碱水质中Ca²⁺、Mg²⁺、碳酸盐碱度、pH对中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)幼虾生存的影响, 发现盐碱水质中主要离子浓度的高低直接影响着中国明对虾幼虾的生存^[4-5]。

本实验以中国明对虾幼虾为研究对象, 根据中国大多数盐碱水质中K⁺浓度比正常海水偏高及偏低的情况, 研究了盐碱水质中的K⁺浓度对中国明对虾幼虾生存及呼吸生理的影响。水生生物大多数代谢活动都和氧的利用有关, 耗氧率是反映水生生物能量代谢的重要指标, 研究中国明对虾在不同水

质中的耗氧率和窒息点, 可以了解对虾的基础代谢水平和能量消耗, 为中国明对虾往内陆咸水水域移植驯化及其养殖中的水质管理等提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

实验材料均选取上海市奉贤地区低盐度海水(盐度6)中人工养殖的中国明对虾幼虾。购来的幼虾先放在水体为60 L的玻璃缸中暂养数天, 暂养期间每天6:00和18:00各投喂幼虾专用配合饲料1次, 日换水量为养殖水体的1/2。

1.2 方法

1.2.1 单因子静态急性毒性实验 本实验采取单因子静态急性毒性方法, 通过设置不同梯度K⁺浓度, 观察中国明对虾幼虾在不同K⁺浓度下的存活率, 以了解K⁺对中国明对虾生存的影响及适宜生存的浓度范围。

根据上海市奉贤地区人工养殖的中国明对虾生长的自然海水和相当一部分内陆盐碱水质的盐度在6左右, 故将K⁺急性毒性实验的盐度设置为6, 采用人工配制海水的方法。人工海水的配制参照文献[6]人工海水B液配方(表1), 先用过滤的自来水配

收稿日期: 2006-05-22; 修订日期: 2006-10-06。

基金项目: 科技部社会公益研究专项(2001DIA50046); 农业部科技成果转化资金项目(05EFN216900365); 农业部农业科技跨越计划项目资助(2002跨-17)。

作者简介: 王慧(1955-), 女, 研究员, 大学, 从事盐碱地渔业开发技术研究。E-mail: wanghui55@163.com

制盐度为 6 的无 K^+ 水(不添加 KCl 和 KBr), 然后再按照实验要求, 添加不同浓度的 K^+ (表 2), K^+ 浓

度共设置 9 个梯度组, 并以含有正常海水 K^+ 浓度的第 5 组为对照组。所用药品均为分析纯。

表 1 人工海水配方^[6]

Tab. 1 Preparation of artificial sea water^[6]

项目 Item	试剂 Chemical									
	NaCl	MgCl ₂	Na ₂ SO ₄	CaCl ₂	KCl	NaHCO ₃	KBr	H ₃ BO ₃	NaNO ₃	SrCl ₂
剂量/(mg · L ⁻¹) Dosage	4 033.30	865.10	680.30	191.40	115.30	33.30	16.67	4.52	8.68	4.17

注: 表中 KCl 和 KBr 剂量为对照组人工海水的添加剂量。

Note: KCl 和 KBr are on the dosage of control group.

表 2 K^+ 质量浓度的设置

Tab. 2 Different potassium concentrations of the test water

项目 Item	组别 Group								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
K^+ /(mg · L ⁻¹)	5.5	16.0	31.5	47.2	63.0	131.2	160.0	178.4	199.4

实验前先对中国明对虾幼虾用人工海水(盐度 6)进行 48 h 适应性过渡, 再选择健康、活力较强, 全长 (2.0 ± 0.2) cm 的幼虾作为实验对象, 分别放养于 9 个 K^+ 浓度组, 每个浓度组均放置 20 尾中国明对虾幼虾, 每个浓度组设 3 个重复。实验容器为 5L 的塑料盆, 实验水温控制在 $(18.5 \pm 0.5) ^\circ C$ 。根据预实验结果, 急性毒性实验时间设置为 48 h。在整个实验期间不投饵, 为了保证实验水质的稳定, 24 h 换水量为 100%。实验以幼虾死亡率为主要的观察指标。

1.2.2 中国明对虾幼虾在不同 K^+ 浓度下的耗氧率 此实验主要测定不同 K^+ 浓度下的中国明对虾

幼虾的耗氧率, 以了解不同 K^+ 浓度对中国明对虾呼吸生理的影响。实验组水体的配置仍参照文献 [6] 人工海水 B 液配方, 先用过滤的自来水配制盐度为 6 的无 K^+ 水不添加 KCl 和 KBr 。 K^+ 浓度设置为 3 组: 即正常海水 K^+ 浓度组 (K^+ 质量浓度为 60 mg/L)、低 K^+ 浓度组 (K^+ 质量浓度为 20 mg/L)、高 K^+ 浓度组 (K^+ 质量浓度为 120 mg/L)。每组放置 30 尾幼虾, 30 尾幼虾平均体质量为 (0.122 ± 0.008) g。溶解氧测定采用碘量法^[7], 测定中国明对虾幼虾的耗氧率实验装置见图 1。

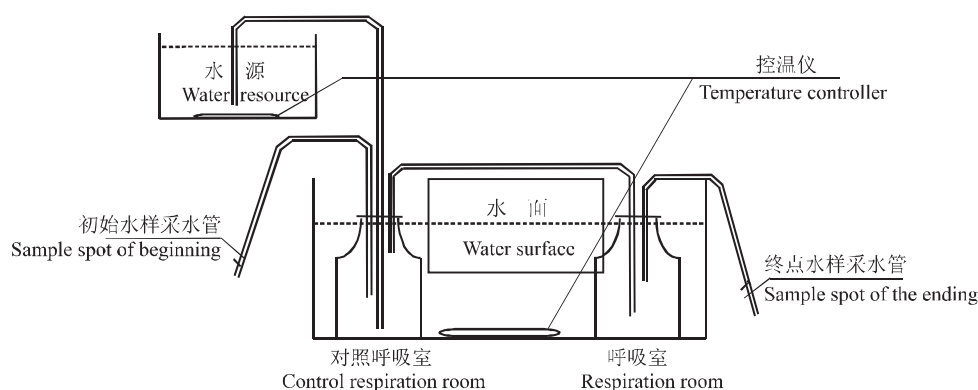


图 1 中国明对虾耗氧率测定装置

Fig. 1 Determining equipment of oxygen consumption rate of *F. chinensis*

中国明对虾幼虾的耗氧率的测定, 采用流水呼吸室法。将幼虾放置在 250 mL 棕色广口瓶的呼吸室中, 以减少光线对幼虾的刺激, 使之处于较自然状

态。为了减少温度的影响, 呼吸室和对照呼吸室均置于水浴中, 利用控温仪将实验水温控制在 $(18.5 \pm 0.5) ^\circ C$, 水流流速控制在 85 mL/min。

实验前,将30尾中国明对虾幼虾先放入呼吸室中,利用水位差使水流先进入对照呼吸室,再流入呼吸室。在流水的状态下使幼虾适应2 h后,每隔1 h测定1次进出呼吸室水中溶解氧,同时测其水温及流速。由于在实验中难以让所有幼虾处于静止状态,因此测定的耗氧率为幼虾在运动状态下的耗氧率,实验时间为5 h。实验结束后,用滤纸吸干幼虾体表水分,分别在分析天平上称其体质量,实验重复3次。

耗氧率 $G[\text{mg}(\text{O}_2)/(\text{g} \cdot \text{h})]$ 计算公式如下:

$$G = (C_2 - C_1)V/W$$

式中, C_2 : 终点水样的溶解氧质量浓度, mg/L ;

C_1 : 初始水样的溶解氧质量浓度, mg/L ;

V : 单位时间内的水流量, mL/min ;

W : 虾体质量, g 。

1.2.3 中国明对虾幼虾在不同 K⁺ 质量浓度下的窒息点 中国明对虾幼虾在不同 K⁺ 浓度下的窒息点实验仍在盐度6水质条件下进行,实验组水质的配置与上述实验相同,先用过滤的自来水配制盐度为6的无 K⁺ 水,再根据实验要求设置 K⁺ 浓度分别为20 mg/L 、120 mg/L 、60 mg/L ,作为低、高、正常的 K⁺ 实验组,每组放入实验虾尾数为12尾,12尾虾总质量为 $(2.44 \pm 0.03)\text{g}$,实验重复3次。

实验容器采用2 000 mL的烧杯,并放入虹吸管用于取水样,幼虾放入容器后立即用液体石蜡封闭液面,水温控制在 $(19.4 \pm 0.1)^\circ\text{C}$ 。当虾静卧水底或失去平衡后,用玻棒轻触无反应,则视为对虾死亡。当实验容器中出现第1尾虾、50%虾窒息死亡时,分别取水样测其溶解氧,以比较幼虾在不同 K⁺ 水质中出现窒息的情况,并以半数虾死亡时的溶解氧为窒息点。

1.2.4 数据分析 本研究采用统计软件 SPSS 11.0 对实验数据进行分析。在单因子静态急性毒性实验中,以第5组正常海水 K⁺ 质量浓度 63.0 mg/L 为临界点,低于海水 K⁺ 浓度为低 K⁺ 组,而高于海水 K⁺ 浓度的划分为高 K⁺ 组。采用机率回归法^[8] 计算出高 K⁺ 和低 K⁺ 浓度下的 LC_{10} 、 LC_{50} 和 LC_{90} 。以 LC_{50} 作为评价中国明对虾幼虾急性中毒指标,低 K⁺ 和高 K⁺ 浓度组中的 LC_{10} 作为中国明对虾幼虾生存适宜范围,低 K⁺ 浓度中的 LC_{90} 代表幼虾的最低耐受量,高 K⁺ 浓度中的 LC_{90} 代表幼虾的最高耐受量。

在耗氧率和窒息点实验中,用 Dunnett 检验^[9] 将低钾、高钾浓度组分别与正常钾离子浓度组进行

差异显著性分析,所有检验的显著水平为 $P < 0.05$,以死亡率为50%时的溶解氧浓度作为中国明对虾幼虾的窒息点。

2 结果与分析

2.1 K⁺ 对中国明对虾幼虾生存的影响

K⁺ 对中国明对虾幼虾急性中毒的实验结果表明,在 K⁺ 质量浓度低于 16 mg/L 内,中国明对虾幼虾的存活率随 K⁺ 浓度的增加而上升,而当 K⁺ 质量浓度高于 160 mg/L 时,中国明对虾的存活率随 K⁺ 质量浓度的增加而下降,中国明对虾幼虾在不同浓度的 K⁺ 实验组中的急性中毒表现,呈现出双相剂量反应(图2)。

实验表明,中国明对虾幼虾对 K⁺ 质量浓度适宜范围较广,在本实验设置的 K⁺ 质量浓度范围内,低 K⁺ 组的 LC_{50} 为 11.56 mg/L ,高 K⁺ 组的 LC_{50} 为 176.93 mg/L 。低 K⁺ 组的 LC_{10} 为 16.00 mg/L ,高 K⁺ 组的 LC_{10} 为 165.80 mg/L ,表明了中国明对虾幼虾在该实验中对 K⁺ 质量浓度的生存适宜范围为 16.00~165.80 mg/L 。另外,低 K⁺ 组的 LC_{90} 4.91 mg/L ,为中国明对虾幼虾生存最低耐受量,高 K⁺ 组的 LC_{90} ,即 K⁺ 质量浓度为 196.80 mg/L ,为中国明对虾幼虾生存的最高耐受量。

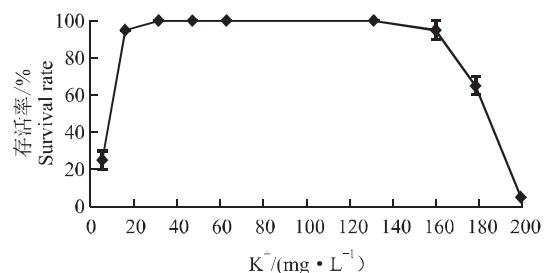


图2 K⁺ 质量浓度对中国明对虾幼虾存活率的影响

Fig. 2 Effect of potassium concentrations on survival rate of juvenile *F. chinensis*

2.2 中国明对虾幼虾在不同 K⁺ 浓度下的耗氧率

从表3可以看出,除了4 h时低 K⁺ 组与正常海水 K⁺ 组耗氧率无显著差异($P > 0.05$)外,其他时间段不论是低 K⁺ 组或高 K⁺ 组,中国明对虾幼虾的耗氧率均显著高于同一时间段的正常海水 K⁺ 组($P < 0.05$),正常海水 K⁺ 组的中国明对虾幼虾5 h中的平均耗氧率最低,为 $(0.719 \pm 0.057)\text{mg}(\text{O}_2)/(\text{g} \cdot \text{h})$ 。

表 3 中国明对虾幼虾在不同 K^+ 质量浓度下的耗氧率
Tab. 3 Oxygen consumption rate of *F. chinensis* at different K^+ concentrations

生理指标 Physiological indicator		低 K^+ 组 Low potassium concentration	正常 K^+ 组 Normal potassium concentration	高 K^+ 组 High potassium concentration
$K^+ / (mg \cdot L^{-1})$		20	60	120
平均体质量/g Average body weight		0.118±0.006	0.126±0.010	0.120±0.009
耗氧率/($mg \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}$) Oxygen consumption rate	1 h	0.841±0.017 ^b	0.756±0.013 ^a	0.850±0.017 ^b
	2 h	0.890±0.017 ^b	0.766±0.018 ^a	0.899±0.010 ^b
	3 h	0.744±0.008 ^b	0.704±0.013 ^a	0.824±0.010 ^c
	4 h	0.748±0.015 ^a	0.748±0.012 ^a	0.781±0.013 ^b
	5 h	0.783±0.006 ^b	0.620±0.018 ^a	0.786±0.015 ^b
平均耗氧率/($mg \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}$) Average oxygen consumption rate		0.801±0.059 ^b	0.719±0.057 ^a	0.828±0.047 ^c

注:每行数据右上方的字母不同表示有显著性差异($P<0.05$)。

Note: Data on the same line with different letters are significantly different($P<0.05$).

2.3 中国明对虾幼虾在不同 K^+ 质量浓度下的窒息点

在实验中,低 K^+ 浓度组和高 K^+ 浓度组的幼虾最先表现出不适,游泳行为异常,第一尾虾死亡发生

时间较正常海水 K^+ 浓度组早。用 Dunnett 多重比较进行差异显著性分析,不论是低 K^+ 浓度组还是高 K^+ 浓度组,其窒息点均明显高于正常 K^+ 浓度组($P<0.05$),见表 4。

表 4 中国明对虾幼虾窒息点与不同 K^+ 质量浓度的关系
Tab. 4 Relationship of K^+ concentrations and suffocation point in juvenile *F. chinensis*

项目 Item	$\bar{X} \pm SD; mg(O_2)/L$		
	正常 K^+ 组 Normal potassium concentration	低 K^+ 组 Low potassium concentration	高 K^+ 组 High potassium concentration
第一尾幼虾死亡 Death of the first shrimp	1.332±0.016 ^a	3.060±0.015 ^c	1.598±0.015 ^b
50%幼虾死亡 Death of 50% shrimps	1.350±0.005 ^a	1.469±0.006 ^b	1.496±0.006 ^c

注:每行数据右上方的字母不同表示有显著性差异($P<0.05$)。

Note: Data in the same line with different letters are significantly different($P<0.05$).

3 讨论

3.1 K^+ 对中国明对虾幼虾生存的影响

生物体内约 95% 以上的 K^+ 分布于细胞内液,维持细胞内的渗透压和容量,影响着生物机体内的酸碱平衡以及代谢活动^[10]。在本实验中,中国明对虾幼虾在 K^+ 浓度为 16.00~165.80 mg/L 的水质条件下,48 h 的成活率均在 90% 以上,显示中国明对虾幼虾对水质中 K^+ 浓度具有较大的耐受性。 K^+ 单因子静态急性毒性实验结果也符合“谢尔福德耐受性定律”^[11],当水质中 K^+ 浓度含量过低或过高

时,均会成为影响水生生物生存的限制因子。

3.2 K^+ 对中国明对虾幼虾耗氧率、窒息点的影响

邹中菊等^[12]观察到罗氏沼虾在盐度为 3 时耗氧率和排氨率最低,这表明生物在其适应的环境中消耗的能量最少。耗氧率在一定程度上反映了生物的能量代谢水平,耗氧率升高表明生物体的代谢作用加强,机体需要更多的氧气,所以窒息点也随之上升。本实验也表明中国明对虾幼虾的耗氧率和窒息点在 K^+ 浓度最适的条件下最低;在低于或高于正常海水 K^+ 浓度中,其耗氧率和窒息点均提高。这是因为当水环境中 K^+ 浓度偏高或偏低时,干扰了

中国明对虾幼虾正常的渗透压调节,影响了其正常代谢活动。为了调节渗透压,维持正常生理机能,需要消耗更多的氧气,因而使得对虾的耗氧率和窒息点上升。

参考文献:

- [1] 施成熙. 中国湖泊概论[M]. 北京: 科学出版社, 1989: 84.
- [2] 王慧, 来琦芳, 房文红. 不同类型咸水的水产养殖研究[C]// 可持续水产养殖: 资源 环境 质量: 2003 水产科技论坛. 北京: 海洋出版社, 2003: 116—120.
- [3] 王慧, 来琦芳, 房文红, 等. 沧州运东地区盐碱水资源对开展渔业影响[J]. 河北渔业, 2003(5): 16—18.
- [4] 王慧, 房文红, 来琦芳. 水环境中 Ca²⁺、Mg²⁺ 对中国对虾生存及生长的影响[J]. 中国水产科学, 2000, 7(1): 80—86.
- [5] 房文红, 王慧, 来琦芳. 碳酸盐碱度、pH 对中国对虾幼虾的致毒效应[J]. 中国水产科学, 2001, 7(4): 98—81.
- [6] 湛江水产专科学校. 海洋饵料生物培养[M]. 北京: 农业出版社, 1980: 212.
- [7] 臧维玲. 养鱼水质分析[M]. 北京: 农业出版社, 1991: 44—48.
- [8] 周永欣, 章宗涉. 水生生物毒性实验方法[M]. 北京: 农业出版社, 1989: 116.
- [9] 蔡一林, 岳永生. 2004. 水产生物统计[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 89.
- [10] 王同明. 生化化学及检验技术[M]. 江苏科学技术出版社, 1986: 188—191.
- [11] 孙儒泳. 动物生态学原理[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1989: 18—25.
- [12] 邹中菊, 姜虹霞, 段德勇, 等. 盐度对罗氏沼虾代谢率的影响[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2004, 38(1): 83.

Effects of different K⁺ concentrations on survival, oxygen consumption rate and suffocation point of juvenile *Fenneropenaeus chinensis*

WANG Hui, LAI Qi-fang, FANG Wen-hong

(Key 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)

Abstract: Single-factor acute toxicity test was used and the oxygen consumption rate and suffocation point were measured to study the effect of the different potassium concentrations on survival and respiration of juvenile *F. chinensis* in seawater at salinity 6. The results indicated that juvenile *F. chinensis* could survive in seawater with K⁺ concentrations from 16.00 mg/L to 165.80 mg/L. When K⁺ concentration is below 16.00 mg/L, survival rate of *F. chinensis* increased with the increase of K⁺ concentration. When K⁺ concentration is over 165.80 mg/L, increase of K⁺ concentration could reduce the survival rate of juvenile *F. chinensis*. So K⁺ concentration of water is one of the limiting factors on survival of juvenile *F. chinensis*, and also affects their respiration. Compared with K⁺ concentration of normal seawater, the oxygen consumption rate and suffocation point of juvenile *F. chinensis* increased in both higher and lower K⁺ concentrations. When K⁺ concentrations were 20 mg/L, 60 mg/L and 120 mg/L, and temperature maintained at (18.5±0.5) °C, the average oxygen consumption rate of juvenile *F. chinensis* were (0.801±0.059)mg/(g·h), (0.719±0.057)mg/(g·h) and (0.828±0.047)mg/(g·h) during the 5 h post exposure. When K⁺ concentrations were 20 mg/L, 60 mg/L and 120 mg/L, and water temperature maintained at (19.4±0.1)°C, the suffocation point of juvenile *F. chinensis* were (1.469±0.006)mg(O₂)/g, (1.350±0.005)mg(O₂)/g and (1.496±0.006)mg(O₂)/g. [Journal of Fishery Sciences of China, 2007, 14(3): 493—497]

Key words: *Fenneropenaeus chinensis*; juvenile; K⁺; survival rate; oxygen consumption rate; suffocation point

Corresponding author: WANG Hui. E-mail: wanghui55@163.com