

Zn²⁺对日本沼虾(*Macrobrachium nipponensis*)的急性致毒效应*

王志铮 任凤芝 赵晶 付英杰 杨鹏

(浙江海洋学院 舟山 316004)

提要 在水温(27.4±1.3)°C条件下,以体长(33.23±1.66)mm、体质量(0.7893±0.1518)g的日本沼虾为实验动物,采用静水停食法开展了Zn²⁺对日本沼虾的急性毒性实验,并以此为基础,测定了Zn²⁺不同质量浓度水平下日本沼虾的耗氧率与窒息点。结果表明:(1)Zn²⁺对日本沼虾的急性致死效应与其呼吸生理代谢受阻密切相关;(2)Zn²⁺对日本沼虾24h、48h、72h、96h的半致死质量浓度依次为1.493、0.844、0.643和0.464mg/L;(3)Zn²⁺对日本沼虾昼均、夜均和日均耗氧率均无显著影响的阈值为0.046mg/L,该值为Zn²⁺对日本沼虾急性毒性的安全质量浓度;(4)Zn²⁺对日本沼虾产生轻度胁迫和中度胁迫的质量浓度范围分别为0.046—0.064mg/L和0.064—0.082mg/L。

关键词 日本沼虾, Zn²⁺, 半致死质量浓度, 耗氧率, 窒息点

中图分类号 S912

锌既是虾类生长发育所不可或缺的必需微量元素,也是水域生态环境中极为常见的重金属。研究发现,虾体内锌含量主要取决于水环境中Zn²⁺的浓度(Derineau *et al.*, 1985; Paez *et al.*, 1995),当体内锌含量超过其必需量时,将会对其生命代谢活动产生负面影响,甚至导致死亡(Bryan, 1964; Ozretic, 1993)。因此,深入开展Zn²⁺对目标养殖虾类的毒性作用及其机理研究,探析进而确定养殖水域环境中Zn²⁺的安全限量水平,无疑对于切实保障养殖水域环境安全和目标养殖对象的正常存活、发育与繁衍具有重要的现实意义。

日本沼虾 *Macrobrachium nipponensis* (De Haan, 1849)隶属于甲壳纲、十足目、长臂虾科、沼虾属,系我国重要的淡水虾类养殖品种。目前,国内外关于Zn²⁺对日本沼虾生态毒理方面的研究,仅涉及对日本沼虾消化酶、碱性磷酸酶和体外培养的肌细胞的影响(王维娜等, 2001; Wang *et al.*, 2001),以及日本沼虾体内Zn²⁺污染的风险评估(Cheung *et al.*, 2006),而有关Zn²⁺对日本沼虾的急性致毒效应以及养殖水域中Zn²⁺安全限量水平的定量研究则迄今尚未见报道。鉴

于此,本文作者在观察并确认Zn²⁺对日本沼虾鳃组织具浸蚀作用的基础上,于2010年8—9月在浙江海洋学院水产安全养殖实验室内较系统地开展了Zn²⁺对日本沼虾存活、耗氧率和窒息点的影响研究,在明了Zn²⁺对日本沼虾急性致毒作用后,以自然状态为对照,以Zn²⁺安全质量浓度估算值(SC = 0.1×96h LC₅₀)(周永欣等, 1989)为 midpoint 设置实验梯度,获取与对照组呼吸耗氧率和窒息点均无显著差异(P>0.05)的Zn²⁺浓度水平上限,并据此在验证Zn²⁺安全质量浓度估算值可靠性的同时,确定养殖水体中Zn²⁺的安全限量水平,以期为该虾的安全养殖和相关渔损事故评估提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 实验动物 本研究所用日本沼虾购自浙江省余姚市青港野生苗种场,运回实验室后立即移入若干规格为60cm×35cm×30cm的白色塑料桶内,并选取其中肢体完整、反应灵敏、无伤病、规格相近的健壮个体作为实验对象[体长(33.23±1.66)mm,体质量

* 浙江省重大科技专项农业重点项目, 2008C12083号。王志铮, 研究员, E-mail: wzz_1225@163.com

收稿日期: 2011-12-18, 收修改稿日期: 2012-04-18

量(0.7893±0.1518)g], 驯养 4—5d 后备用。

1.1.2 试剂 Zn(C₂O₃H₅)₂ (AR)购自宜昌第三化学试剂厂, 实验前用蒸馏水将其配成一定质量浓度母液备用; 液体石蜡(AR)购自无锡市晶科化工有限公司。

1.1.3 理化条件 实验用水为经 48h 自然曝气的自来水, pH 7.1, 水温(25.6±1.8)°C, DO(7.35±0.05)mg/L, 水质符合 NY 5051-2001 无公害食品 淡水养殖用水水质(中华人民共和国农业部, 2001)要求。

1.2 实验方法

1.2.1 Zn²⁺对日本沼虾的急性毒性实验 经预备实验, 确定 Zn²⁺质量浓度范围后, 在室温条件下, 以自然状态为对照, 以规格 60cm×35cm×30cm 的白色塑料箱为实验容器(实验实际容积为 20L), 按等差间距法设置若干质量浓度梯度组(每一质量浓度梯度组内设 4 个重复单元, 每个单元各放实验虾 10ind), 采用静水停食实验法开展 Zn²⁺对日本沼虾的急性毒性实验。实验期间, 连续观察受试对象的活动状况, 以静置于实验容器底部并用玻璃棒多次碰触完全无反应作为死亡判断标准, 及时取出死亡个体, 每 24h 换液并统计 1 次死亡率。

1.2.2 Zn²⁺对日本沼虾幼虾耗氧率与窒息点的影响实验 本实验自制的耗氧率测定仪包含给水室(规格 60cm×35cm×30cm 的塑料箱)、呼吸室(刻度为 250ml 的细口玻璃瓶, 实际实验容积 200ml)、收集室(刻度为 3000ml 锥形玻璃瓶)以及连接用软管。窒息点测定采用刻度为 1000ml 的锥形瓶(实验实际容积 800ml)为呼吸室。Zn²⁺实验质量浓度均设 0、0.010、0.028、0.046、0.064、0.082 和 0.100mg/L 等 7 个梯度组, 组内每个单元各放实验动物 4 尾; 实验虾均在对应的呼吸室内适应 1h 以上开始实验, 实验起始时刻均为 22:00, 实验时呼吸室和收集室均以 1cm 厚的液体石蜡层作为绝氧层, 水中溶解氧均按 Winkler (1888)方法测定。

耗氧率影响实验, 每一实验梯度组内各设 3 个重复单元, 实验期间呼吸室进出水流速控制为(681.11±55.88) ml/h, 进出呼吸室的水中溶解氧和水流量每隔 2h 测定 1 次, 连续测定 24h, 实验结束后用滤纸吸干实验虾体表水分并逐一用分析天平称量; 窒息点影响实验, 每一梯度组内各设 4 个重复单元, 窒息点定义为实验虾死亡 50 %时的水中溶

解氧。

1.3 数据处理

根据 Zn²⁺对日本沼虾的急性毒性实验结果, 借助 SPSS 17.0 软件建立不同观察时段的死亡概率单位(y)-质量浓度(x)直线回归方程, 并计算 24h、48h、72h、96h 的半致死质量浓度, 采用周永欣等(1989)公式 $SC = 0.1 \times 96h LC_{50}$ 估算安全质量浓度, 并采用药物毒性蓄积程度系数 MAC(王志铮等, 2007)分析实验虾对 Zn²⁺的蓄积与降减动态; 昼、夜区间耗氧率的统计时段分别为 6:00 至 18:00, 18:00 至次日 6:00, 耗氧率、窒息点组间差异的显著性检验采用 LSD 多重比较法 ($P < 0.05$ 为显著水平, $P < 0.01$ 为极显著水平)。

2 结果

2.1 急性毒性死亡率与死亡症状

由图 1 可见, 实验虾 24h 内未出现死亡的 Zn²⁺最高质量浓度为 0.90mg/L, 48h 和 72h 内未出现死亡的 Zn²⁺最高质量浓度均为 0.30mg/L, 同一实验时段实验虾的死亡率均随 Zn²⁺质量浓度的增加而明显上升, 相同 Zn²⁺质量浓度组实验虾的死亡率均随实验时间的延长而明显提高, 表明 Zn²⁺对日本沼虾的毒性作用具明显的剂量-时间效应。

经解剖观察, Zn²⁺胁迫下濒死实验虾鳃组织均出现极为明显的受损变色症状, 而其它脏器则均未发现肉眼可辨的病变特征。由图 2 可见, Zn²⁺攻毒 24h 内濒死实验虾鳃组织的下半部均明显受损变白(图 2a), 攻毒 48h 后濒死实验虾整个鳃组织受损变色(图

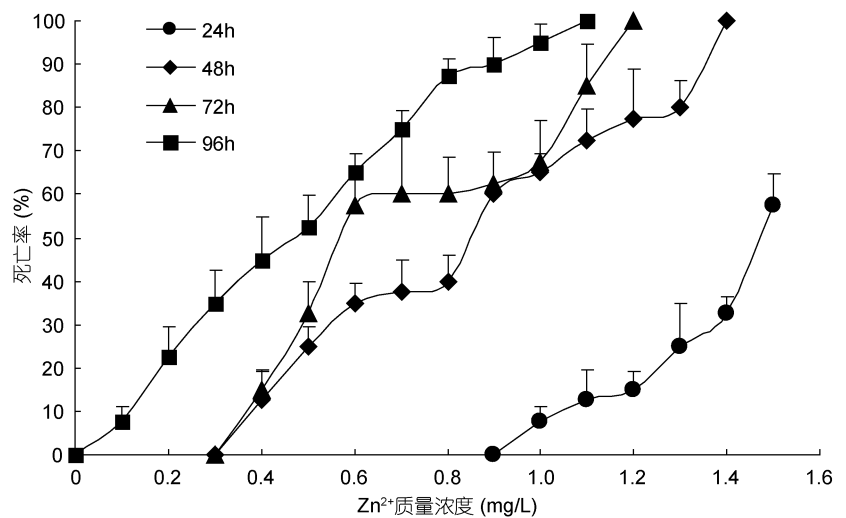


图 1 Zn²⁺对日本沼虾的急性毒性

Fig. 1 Acute toxicity of Zn²⁺ on *M. nipponensis*



图2 Zn²⁺胁迫下濒死日本沼虾鳃组织的受损特征

Fig. 2 The pathological changes of the gill tissue of dying *M. nipponensis* caused by Zn²⁺
注: a、b 分别为攻毒 24h 内和 48h 后濒死个体的鳃组织, c. 对照组个体的鳃组织

2b), 但变白程度不如前者, 而对照组实验个体在实验期间则均未发现鳃组织色变症状(图 2c)。表明 Zn²⁺对日本沼虾鳃组织具浸蚀作用, 且这种作用有随 Zn²⁺质量浓度的增大和攻毒时间的延长而明显增强的趋势, 故 Zn²⁺对日本沼虾的致死作用与其呼吸生理代谢受阻密切相关。

2.2 急性致毒特征

由表 1 可见, Zn²⁺对日本沼虾 24h、48h、72h、96h 的半致死质量浓度依次为 1.493、0.844、0.643、0.464mg/L, 表明 Zn²⁺对日本沼虾的致死强度有随实验时间延长而进一步增强的趋势; 实验期间, 各时段 MAC 均为正值, 且 24—48h 时段分别为 48—72h 时段和 72—96h 时段的 2.65 和 2.26 倍, 表明 Zn²⁺在日本沼虾体内具持续蓄积作用, 且蓄积速率以 24—48h 时段为最大; 按 $SC = 0.1 \times 96h LC_{50}$ 估算, 其安全质量浓度估算值为 0.046mg/L。

2.3 耗氧率

由图 3 可见, 对照组和各实验组耗氧率虽均呈夜均>日均>昼均, 但随 Zn²⁺质量浓度的增加, 各实验组与对照组耗氧率间的差异也逐渐由个别时段向昼均、夜均和日均过渡。其中, 0.010、0.082 和 0.046mg/L 实验组除 10:00—12:00 时段显著高于对照组($P < 0.05$)外, 其余各时段及昼均、夜均和日均耗氧率均与对照组无显著差异($P > 0.05$); 0.064mg/L 实验组除 10:00—16:00 时段及昼均和日均耗氧率显著高于对照组($P < 0.05$)外, 其余时段和夜均耗氧率与对照组均无差

异($P > 0.05$); 0.082mg/L 实验组除 6:00—8:00 时段与对照组无显著差异($P > 0.05$)外, 其余各时段及昼均、夜均和日均耗氧率均显著高于对照组($P < 0.05$), 且日均耗氧率约为对照组的 1.37 倍; 0.100mg/L 实验组各时段及昼均、夜均和日均耗氧率均显著高于对照组($P < 0.05$),

日均耗氧率约为对照组的 1.56 倍。表明 Zn²⁺对日本沼虾耗氧率的影响具明显的剂量效应, 0.046mg/L 为 Zn²⁺对日本沼虾昼均、夜均和日均耗氧率均无显著影响的阈值, 而 0.064mg/L 则为 Zn²⁺对日本沼虾昼均和日均耗氧率产生显著影响的转折点。

2.4 窒息点

由图 4 可见, 随 Zn²⁺质量浓度的增加, 各实验组窒息点氧含量逐渐由维持稳定、缓慢增加向快速增加过渡。其中, 0.010、0.028、0.046mg/L 实验组窒息点氧含量几乎等同, 约为对照组的 1.10 倍, 0.064mg/L 实验组约为对照组的 1.26 倍, 且与对照组无显著差异($P > 0.05$); 0.082、0.100mg/L 实验组窒息点氧含量分别为对照组的 1.70 和 1.99 倍, 均与对照组具极显著差异($P < 0.01$), 且 0.1mg/L 实验组显著高于 0.082mg/L 实验组($P < 0.05$)。表明 Zn²⁺对日本沼虾窒息点的影响具明显的剂量效应, 0.046mg/L、0.064mg/L 分别为 Zn²⁺致日本沼虾窒息点氧含量缓慢增加和快速增加的转折点。

3 讨论

Zn²⁺对虾类的急性毒性强度与其攻毒对象的种类及其发育阶段有着极为密切的关系。据报道, Zn²⁺对凡纳滨对虾、脊尾白虾和 *P. setiferus* 等幼虾的 96h LC_{50} 分别为 13.569mg/L(王志铮等, 2005), 0.82mg/L(郑琰晶等, 2006)和 43.87mg/L(Vanegas *et al.*, 1997), 对凡纳滨对虾、日本对虾、长毛对虾、*F. paulensis*、罗

表 1 Zn²⁺对日本沼虾的急性致毒特征

Tab.1 The characteristics of acute toxicity of Zn²⁺ on *M. nipponensis*

时间(h)	死亡概率单位-质量浓度回归方程	R ²	df	F	Sig.	LC ₅₀ 值及 95% 置信区间(mg/L)	MAC(%)
24	$y = 3.189x + 0.240$	0.984	6	148.164	0.001	1.493 (1.427—1.559)	—
48	$y = 2.667x + 2.748$	0.964	11	130.481	0.000	0.844 (0.794—0.894)	63.07
72	$y = 2.611x + 3.320$	0.934	9	54.761	0.000	0.643 (0.534—0.752)	23.82
96	$y = 3.278x + 3.479$	0.992	10	546.120	0.000	0.464 (0.416—0.512)	27.84

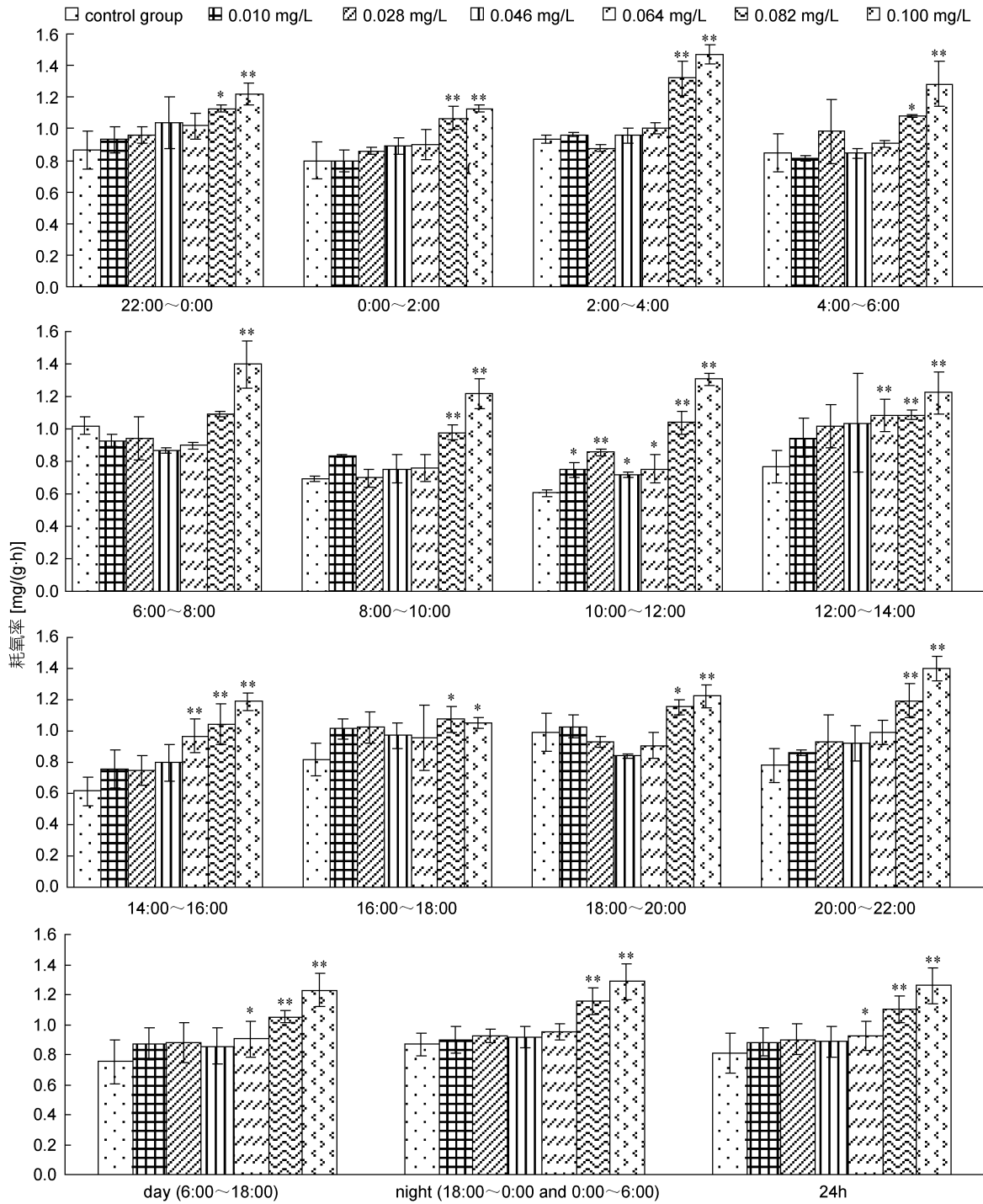


图3 Zn²⁺对日本沼虾耗氧率昼夜节律的影响

Fig.3 The effects of Zn²⁺ on the circadian rhythm of *M. nipponensis* oxygen consumption rate
注: *、**分别表示该组与同一观察时段对照组有显著差异(P<0.05)和极显著差异(P<0.01)

氏沼虾等仔虾的 96h LC₅₀ 分别为 1.35 (Wu *et al.*, 2004)、0.449(李少菁等, 1998)、0.4267(高淑英等, 1995)、3.31(Edison, 2009)和 0.58mg/L(江敏等, 2002)。由此可见, 本研究 Zn²⁺对日本沼虾的 96h LC₅₀ 值仅略低于长毛对虾仔虾和罗氏沼虾仔虾, 表明日本沼虾

对 Zn²⁺具较强的敏感性。

鳃作为虾类的呼吸器官和离子交换的主要场所, 是重金属进入虾体的主要通道。俞亚东等(2009)指出, 当水环境中 Zn²⁺浓度为 0.01mg/L 时, 罗氏沼虾鳃组织 SOD 酶活力与对照组无显著差异(P>0.05), 而当浓

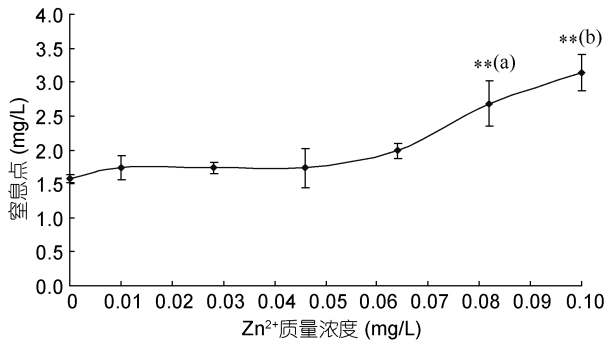


图4 Zn^{2+} 对日本沼虾窒息点的影响

Fig.4 Effects of Zn^{2+} on the suffocation point of *M. nipponensis*

注: 标**的实验组表示与对照组有极显著差异($P<0.01$), 标(a)、(b)的两实验组间具显著差异($P<0.05$)

度升至 0.08mg/L 时则与对照组具显著差异($P<0.05$); Edison (2009)用 Zn^{2+} 攻毒 *F. paulensis* 仔虾 3h 后发现, Zn^{2+} 质量浓度 0.25mg/L 实验组的耗氧率与对照组无显著差异($P>0.05$), 而 0.5mg/L 实验组则与对照组具显著差异($P<0.05$), 这与 Zn^{2+} 攻毒凡纳滨对虾仔虾以及其它重金属对虾类耗氧率的影响结果均类似 (Edison, 2009; Chinni *et al*, 2002; St-Amand *et al*, 1999; Wu *et al*, 2004), 即低浓度重金属对虾类耗氧率无显著影响, 而高浓度则具显著影响。上述结果均印证了本研究中 Zn^{2+} 低浓度组日本沼虾窒息点及昼均、夜均和日均耗氧率均无显著影响, 而高浓度组则均具显著影响这一结果的可靠性。与此同时, 本研究中高浓度 Zn^{2+} 攻毒日本沼虾致濒死个体鳃组织发生病变的观察结果, 以及 Zn^{2+} 攻毒致 *Gasterosteus aculeatus* 鳃组织受损病变情形 (Matthiessen *et al*, 1973) 与 Cu^{2+} 、 Cd^{2+} 攻毒日本对虾 (Soegianto *et al*, 1999a, b) 和 Cd^{2+} 攻毒凡纳滨对虾幼虾 (Wu *et al*, 2009) 结果类似的事实, 也进一步表明日本沼虾呼吸生理代谢仅当水环境中 Zn^{2+} 低于一定质量浓度时才能维持正常水平, 否则鳃组织就会因受 Zn^{2+} 的侵蚀而使其呼吸生理代谢受到干扰。这就为人们从耗氧率和窒息点是否受影响这一角度来评价 Zn^{2+} 对日本沼虾的安全质量浓度提供了有力的证据支持。基于以上分析, 可将 Zn^{2+} 质量浓度 0.046mg/L 这一对日本沼虾昼均、夜均和日均耗氧率均无显著影响($P>0.05$)的临界值 (图 3, 图 4) 和窒息点氧含量缓慢增加的转折点 (图 4), 认定为 Zn^{2+} 对日本沼虾急性毒性的安全质量浓度, 与 $SC = 0.1 \times 96h LC_{50}$ 估算结果完全一致。生物的窒息点与其测定时段的耗氧率有着极为密切的关系, 故 Zn^{2+} 质量浓度 0.064mg/L 实验组窒息点未受显著影响($P<0.05$)的原因, 为其测

定时段耗氧率与对照组无显著差异($P<0.05$)所致; 而其成为窒息点氧含量快速增加的转折点 (图 4), 则与其夜均耗氧率与对照组无显著差异($P>0.05$), 而昼均和日均耗氧率与对照组均具显著差异($P<0.05$)有着较为密切的关系。因此, 对 Zn^{2+} 安全质量浓度估算值可靠性的验证, 必须以摸清 Zn^{2+} 对实验虾耗氧率与窒息点的影响规律为前提。

由图 3 可见, 各实验组和对照组耗氧率均呈夜均>日均>昼均, 且 Zn^{2+} 质量浓度高于安全质量浓度的各实验组别均通过显著提高耗氧率来补偿 Zn^{2+} 对其呼吸生理代谢产生的负面影响, 表明在本研究所设 Zn^{2+} 实验质量浓度范围内日本沼虾固有的昼夜呼吸节律并未发生根本性改变, 在耗氧率测定实验周期内 Zn^{2+} 高质量浓度组实验虾鳃组织的受损情形也尚未达到, 如已报道的因重金属离子质量浓度过高导致甲壳动物耗氧率显著下降 (Chinni *et al*, 2002; Edison, 2009; St-Amand *et al*, 1999; Wu *et al*, 2004) 的水平。基于上述分析, 并鉴于 Zn^{2+} 质量浓度 0.064mg/L 实验组夜均耗氧率尚未受到显著影响($P<0.05$), Zn^{2+} 0.082mg/L 实验组窒息点显著低于 0.1mg/L 实验组 ($P<0.05$), 且 0.1mg/L 实验组 96h 死亡率仅为 7.5% (图 1) 之考量, 笔者建议将 Zn^{2+} 对日本沼虾急性毒性的轻度胁迫范围和中度胁迫范围分别设定为 $0.046—0.064\text{mg/L}$ 和 $0.064—0.082\text{mg/L}$ 。

参 考 文 献

- 王志铮, 申屠琰, 熊 威, 2007. 4 种消毒剂对麦瑞加拉鲷急性毒性研究. 海洋水产研究, 28(3): 92—97
- 王志铮, 吕敢堂, 徐 俊等, 2005. Cr^{6+} 、 Zn^{2+} 、 Hg^{2+} 对凡纳滨对虾幼虾的急性毒性和联合毒性研究. 海洋水产研究, 26(2): 6—12
- 王维娜, 王安利, 孙儒泳, 2001. 水环境中的铜锌铁钴离子对日本沼虾消化酶和碱性磷酸酶的影响. 动物学报(专刊): 72—75
- 中华人民共和国农业部, 2001. NY 5051-2001 无公害食品 淡水养殖用水水质. 北京: 中国标准出版社, 1—5
- 江 敏, 臧维玲, 姚庆桢等, 2002. 4 种重金属对罗氏沼虾仔虾的毒性作用. 上海水产大学学报, 11(3): 203—207
- 李少菁, 王桂忠, 翁卫华等, 1998. 重金属对日本对虾仔虾存活及代谢酶活力的影响. 台湾海峡, 17(2): 115—120
- 周永欣, 章宗涉, 1989. 水生生物毒性实验方法. 北京: 农业出版社, 1—157
- 郑琰晶, 魏社林, 吴进孝等, 2006. Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、SDS、DBS 对脊尾白虾的毒性试验. 热带海洋学报, 25(5): 87—90
- 俞亚东, 许 燕, 杨 洁, 2009. Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 对罗氏沼虾鳃中 SOD 同工酶的影响. 上海师范大学学报(自然科学版),

- 38(2): 189—192
- 高淑英, 邹栋樑, 1995. 镉、锌和锰对长毛对虾幼体的急性毒性. 海洋通报, 14(6): 83—86
- Cheung K C, Wong M H, 2006. Risk assessment of heavy metal contamination in shrimp farming in Mai Po Nature Reserve, Hong Kong. *Environmental Geochemistry and Health*, 1: 27—36
- Chinni S, Khan R N, Yallapragada P R, 2002. Acute toxicity of lead on tolerance, oxygen consumption, ammonia-N excretion, and metal accumulation in *Penaeus indicus* post larvae. *Ecotoxicol Environ Saf*, 51(1): 79—84
- Derineau J, Amiard T C, 1985. Patterns of bioaccumulation of an essential trace element (zinc) and a pollutant metal (cadmium) in larvae of the prawn *Palaemon serratus*. *Marine Biology*, 86: 139—143
- Edison B, 2009. Effects of zinc and cadmium on oxygen consumption and ammonium excretion in pink shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*, Pérez-Farfante, 1967, Crustacea). *Ecotoxicology*, 18: 312—318
- Matthiessen P, Brafield A E, 1973. The effects of dissolved zinc on the gills of the stickleback *Gasterosteus aculeatus*. *J Fish Bio*, 5: 607—613
- Ozretic B, 1993. Plasma sorbital dehydrogenases, glutamate dehydrogenase, and alkaline phosphatase as indicators of hepatopancreas intoxication in grey mullet (*Mugilauratus risso*). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 50(4): 586—592
- Paez O F, Ruiz F C, 1995. Comparative bioaccumulation of trace metal in *Penaeus styrostris* in estuarine and waste environments. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 40(1): 35—44
- Soegianto A, Charmantier-Daures M, Trilles J P *et al*, 1999a. Impact of cadmium on the structure of gills and epipodites of the shrimp *Penaeus japonicus*. *Aquat Living Resour*, 12(1): 57—70
- Soegianto A, Charmantier-Daures M, Trilles J P *et al*, 1999b. Impact of copper on the structure of gills and epipodite of the shrimp *Penaeus japonicus*. *J Crustac Biol*, 19(2): 209—223
- St-Amand L, Gagnon R, Packard T T *et al*, 1999. Effects of inorganic mercury on the respiration and the swimming activity of shrimp larvae, *Pandalus borealis*. *Comp Biochem Physiol C*, 122(1): 33—43
- Vanegas C, Espina S, Bottelo A S *et al*, 1997. Acute toxicity and synergism of cadmium and zinc in white shrimp, *Penaeus setiferus*, juveniles. *Bull Environ Contam Toxicol*, 158(2): 87—92
- Wang W N, Liang H, Wang A L *et al*, 2001. Effect of pH and Zn^{2+} on subcultured muscle cells from *Macrobrachium nipponense*. *Methods in Cell Science*, 4: 277—284
- Winkler L, 1888. Methods for measurement of dissolved oxygen. *Ber Deutsch Chem Ges*, 21: 2843
- Wu J P, Chen H C, 2004. Effects of cadmium and zinc on oxygen consumption, ammonium excretion, and osmoregulation of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Chemosphere*, 57: 1591—1598
- Wu J P, Chen H C, Huang, D J, 2009. Histopathological alterations in gills of white Shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone) after acute exposure to cadmium and zinc. *Bull Environ Contam Toxicol*, 82: 90—95

ACUTE TOXIC EFFECTS OF ZINC ON FRESHWATER SHRIMP *MACROBRACHIUM NIPPONENSIS*

WANG Zhi-Zheng, REN Su-Yi, ZHAO Jing, FU Ying-Jie, YANG Peng
(Zhejiang Ocean University, Zhoushan, 316004)

Abstract The acute toxicity experiment of zinc on freshwater shrimp (*Macrobrachium nipponensis*), with (33.23 ± 1.66) mm total length and (0.7893 ± 0.1518) g weight, was carried out in static water without feeding at the water temperature $(27.4 \pm 1.3)^\circ\text{C}$. Based on this experiment, the oxygen consumption rate and the suffocation point of *M. nipponensis* exposed to different concentrations of zinc were measured. The result showed that there was a close relationship between the acute lethal effect of Zn^{2+} and the inhibition of respiratory metabolism. The LC_{50} of Zn^{2+} on shrimp at 24, 48, 72 and 96 h were 1.493, 0.844, 0.643, and 0.464 mg/L, respectively. The threshold value of zinc concentration that causes no significant difference in the average oxygen consumption and suffocation point of *M. nipponensis* was 0.046 mg/L, and this value was set as the safe concentration that zinc has no acute toxic effect on *M. nipponensis*. The mild stress range is from 0.046 mg/L to 0.064 mg/L and moderate stress range is from 0.064 mg/L to 0.082 mg/L for Zn^{2+} on *M. nipponensis*.

Key words *Macrobrachium nipponensis*, Zn^{2+} , LC_{50} , Oxygen consumption rate, Suffocation point