

黄姑鱼幼鱼对硫酸铜和甲醛的耐受性研究

田 喆¹, 张鼎元¹, 朱晓静¹, 徐善良^{2*}

(1. 宁波大学 海洋学院, 浙江 宁波 315211; 2. 应用海洋生物技术教育部重点实验室, 浙江 宁波 315211)

摘要: 为掌握黄姑鱼幼鱼对硫酸铜和甲醛的耐受性, 采用静态试验方法研究了水温在 26~28℃条件下, 2 种药物对体长(1.48±0.35)cm、体重(0.43±0.09)g 黄姑鱼幼鱼的急性毒性。结果显示, 硫酸铜对黄姑鱼幼鱼的半致死浓度 C_{150} (8 h)、 C_{150} (24 h)、 C_{150} (48 h)、 C_{150} (72 h)、 C_{150} (96 h) 分别为 1.55, 1.27, 0.89, 0.59, 0.57 mg·L⁻¹, 安全质量浓度值为 0.13 mg·L⁻¹; 甲醛对黄姑鱼幼鱼的 C_{150} (8 h)、 C_{150} (24 h)、 C_{150} (48 h)、 C_{150} (72 h)、 C_{150} (96 h) 分别为 295.02, 155.98, 88.88, 50.01, 39.48 mg·L⁻¹, 安全质量浓度值为 8.66 mg·L⁻¹。结果表明, 2 种药物对黄姑鱼幼鱼的毒性都比较大, 使用时存在中毒风险, 并且黄姑鱼幼鱼对硫酸铜的敏感度远高于甲醛, 生产中应当谨慎使用。

关键词: 黄姑鱼; 硫酸铜; 甲醛; 耐受性; 半致死浓度; 安全浓度

中图分类号: S912

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2018) 02-0008-05

黄姑鱼(*Nibea albiflora*)属于鲈鱼目, 石首鱼科, 黄姑鱼属。黄姑鱼在中国沿海地区分布广泛, 属暖水性鱼类, 其主要生活在近海中下层, 也是我国特色养殖鱼种^[1]。近年来, 大量的工业废水中含有铜等重金属离子、农药等物质, 严重威胁了海洋生物的生存和繁衍。同时, 针对海水网箱养殖鱼类的寄生虫病害, 通常有效的治疗方法是用硫酸铜、乙酸铜或甲醛作浸泡处理^[2]。鱼类对硫酸铜的耐受能力较低, 一般 0.5~0.7 mg·L⁻¹ 的用量就能起到良好的杀虫效果^[3-6], 浓度过高短时间内就会引起鱼类大面积死亡。因此, 及时了解养殖鱼类对铜离子及甲醛的耐受性, 对于合理控制寄生虫防治过程十分必要。

水产上常利用不同类型的药物来防治鱼病^[7-8], 例如使用硫酸铜和甲醛来防治并杀灭一些海水鱼类寄生虫(如车轮虫、刺激隐核虫、淀粉卵涡鞭虫等)^[9-10], 对真菌、细菌甚至病毒的感染也有一定作用^[11]。硫酸铜溶液因其其中的 Cu²⁺能与蛋白质结合使其沉淀, 同时也能与一些酶的巯基结合使其失去活性, 所以当其超过阈值时就能抑制寄生虫体内代谢酶的活性, 阻碍寄生虫自身的物质代谢, 从

而杀灭寄生虫^[12-13]。甲醛可通过烷基化反应, 导致酶、核酸的结构功能发生改变, 从而使蛋白质性状发生改变, 进而达到杀菌、杀虫的目的^[14-16]。同时, 硫酸铜和甲醛对鱼类的皮肤、鳃及肝脏等器官组织有较大损害^[17-20]。因此使用硫酸铜和甲醛时应控制在安全浓度范围以内。

目前, 尚未见黄姑鱼幼鱼对于硫酸铜和甲醛的耐受性的相关报道, 不能确定其对硫酸铜和甲醛耐受力, 因而经常会因剂量或时间计算不当对其造成伤害, 甚至使其中毒死亡。为此, 本文以黄姑鱼幼鱼为对象, 使用不同浓度的硫酸铜和甲醛对其进行急性毒性试验, 以期得到这 2 种药物的使用安全浓度, 为黄姑鱼养殖过程中药物的安全合理使用和寄生虫的有效防治提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验材料为宁波市海洋渔业科技创新基地人工培育的黄姑鱼幼鱼, 选择规格一致、无病无伤、健康活动能力强的个体, 体长(1.48±0.35)cm, 体重(0.43±0.09)g。实验用海水经二级沉淀、黑暗沉淀后

收稿日期: 2017-10-11。

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journal.g.nbu.edu.cn/>

基金项目: 浙江省公益技术应用研究(2016C32G2071827); 宁波市科技攻关项目(2017C110003)。

第一作者: 田喆(1991—), 男, 江西九江人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 海水鱼类健康养殖。E-mail: 543840166@qq.com

*通信作者: 徐善良(1962—), 男, 浙江舟山人, 教授, 主要研究方向: 海水鱼类健康养殖。E-mail: xushanliang@nbu.edu.cn

脱脂棉过滤, 海水比重为 1.018, pH 为 8.10. 幼鱼经实验海水驯化 7 d, 实验时水温控制在 26~28°C. 实验所用硫酸铜和甲醛购自金山试剂厂生产的分析纯试剂, 甲醛质量分数 36%~40%, 硫酸铜为固体 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (分析纯 $\geq 99\%$), 实验药液现配现用.

1.2 实验方法

根据预实验结果进行实验设计. 实验采用等对数设计硫酸铜和甲醛的浓度试验, 同时设对照组, 每个组设 3 个平行. 每个平行采用 10 L 培养缸, 每缸中放入 10 尾大小相近的健康鱼苗. 实验开始前 24 h 停止喂食, 实验开始后, 前 8 h 进行连续观察, 以后分别记录 8, 24, 48, 72, 96 h 黄姑鱼幼鱼的存活情况, 同时观察记录中毒及死亡症状.

硫酸铜实验设置 0.35, 0.50, 0.70, 0.98, 1.38, 1.94 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 6 个梯度.

甲醛实验设置 50.00, 74.80, 111.80, 167.20, 250.00, 373.80 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 6 个梯度. 因甲醛具有挥发性, 所以在实验过程中, 需每隔 6 h 检测 1 次甲醛浓度, 补回各梯度组浓度.

幼鱼中毒死亡的判断标准是鱼停止呼吸, 并且在 30 s 内对外界刺激(玻璃棒触碰)无反应, 则记为鱼已死亡.

1.3 相关计算公式及数据处理

根据黄姑鱼幼鱼的用药质量浓度、存活率和致死时间分别计算其在 8, 24, 48, 72, 96 h 的中间忍受限(t_{lm}), 即半致死质量浓度(C_{150}),

$$t_{lm} = C_1 + (P_1 - 50\%) / (P_1 - P_2) \times (C_2 - C_1),$$

式中, C_1 , C_2 分别为存活率接近 50% 时用药的低端质量浓度和高端质量浓度, P_1 , P_2 分别为相应的存活率.

安全质量浓度(C_s)利用 Reed-Muench 法计算:

$$C_s = 0.3 \times t_{lm48} / (t_{lm24} / t_{lm48})^2.$$

采用 SPSS 21.0 软件中单因子方差分析和多重比较分析实验数据, 以 $P < 0.05$ 作为差异显著水平.

2 结果

2.1 硫酸铜和甲醛对黄姑鱼幼鱼的毒性

2.1.1 硫酸铜对黄姑鱼幼鱼的毒性

硫酸铜对黄姑鱼幼鱼致死情况如图 1 所示. 由图 1 可见, 同一时间内, 黄姑鱼幼鱼的死亡率随着硫酸铜质量浓度的提高而不断增加; 同一浓度下,

黄姑鱼幼鱼的死亡率随药物暴露时间的延长而逐渐增加, 且高浓度组的死亡率远大于低浓度组.

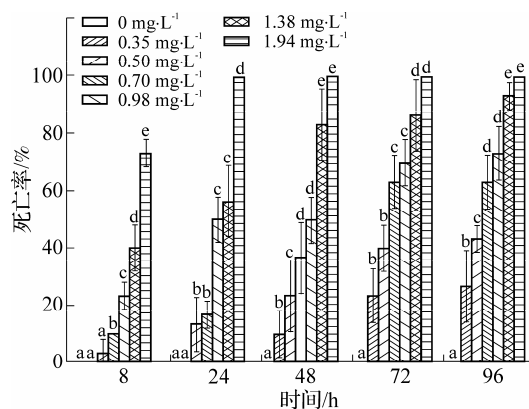


图 1 不同硫酸铜质量浓度下黄姑鱼幼鱼的致死情况

对照组内不同时间均未出现死亡情况, 0.35 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 组 24 h 内无死亡现象, 48 h 死亡率为 10%, 96 h 的最高死亡率为 26.7%, 显著高于对照组 ($P < 0.05$); 高于 0.50 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 4 个组 8 h 时皆开始出现死亡现象, 但 0.50 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 组 96 h 内的死亡率低于 50%, 0.70 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 0.98 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 组在 72 h 时死亡率已达到 63.3% 和 70%; 1.38 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 组 24 h 时死亡率已超过 50%; 而 1.94 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 组 8 h 的死亡率就高达 73.3%, 24 h 时 100% 死亡, 均显著高于其他浓度组 ($P < 0.05$). 实验观察到低浓度组中的黄姑鱼幼鱼需要更长的时间表现出高浓度组中的中毒现象. 在实验刚开始的数小时内, 实验鱼在水缸底部缓慢自如地游动, 其活动状态与对照组无明显区别; 随着硫酸铜浓度的增加和药物暴露时间的延长, 鱼体开始呈现出明显的中毒现象. 具体过程表现: 开始出现短暂的浮头现象, 并且游动速度明显加快, 在水中上下乱窜, 时快时慢. 随着暴露时间的延长, 鱼苗活动性降低, 反应迟钝, 游动缓慢, 身体失去平衡成 45° 倾斜, 偶尔会跃出水面. 随后游泳能力明显减弱, 呼吸困难, 在水中不断侧翻打转, 腹部斜向水面. 最终躺卧或侧卧于容器底部, 彻底失去游泳能力, 仅见鳃盖微动, 直至死亡. 死亡后鱼体发白, 鳃盖扩张, 体表有大量粘液.

2.1.2 甲醛对黄姑鱼幼鱼的毒性

甲醛对黄姑鱼幼鱼的致死率情况如图 2 所示. 由图 2 可见, 同一时间内, 黄姑鱼幼鱼的死亡率随着甲醛质量浓度的增高而增加. 各浓度下, 随着药物暴露时间延长, 黄姑鱼幼鱼的死亡率不断增加,

且高浓度组的死亡率大于低浓度组。

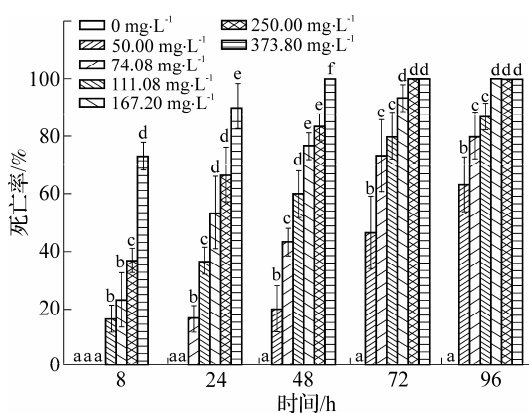


图2 不同时间内甲醛质量浓度致死情况图

对照组内不同时间均未出现死亡情况, 50.00 mg·L⁻¹组 24 h 内黄姑鱼幼鱼无死亡现象, 48 h 死亡率为 20%。96 h 浓度组的死亡率为 63.4%, 显著高于对照组, 同时也显著低于其他浓度组($P < 0.05$); 74.80 mg·L⁻¹组 24 h 即出现死亡, 72 h 的死亡率为 73.4%; 111.80 mg·L⁻¹组 48 h 死亡率已达到 60%, 且分别在 96 h 和 72 h 全部死亡; 373.80 mg·L⁻¹组 8 h 的死亡率已高达 73.4%, 48 h 死亡率达到 100%, 此时间内, 该浓度组的死亡率显著高于其他浓度组($P < 0.05$)。实验中观察到黄姑鱼幼鱼中毒情况与硫酸铜实验组相似, 但其表现出的中毒症状与硫酸铜组相比较轻, 其过程表现与硫酸铜组相似。

2.2 黄姑鱼幼鱼对硫酸铜和甲醛的耐受性

2.2.1 黄姑鱼幼鱼对硫酸铜的耐受性

黄姑鱼幼鱼在硫酸铜不同质量浓度下的耐受性结果见表 1。从表 1 可见, 在不同的硫酸铜质量浓度下, 黄姑鱼幼鱼的存活率随着药物暴露时间的延长而不断降低。计算得其在 8, 24, 48, 72, 96 h 的半致死浓度 C_{50} 分别为 1.55, 1.27, 0.89, 0.59, 0.57 mg·L⁻¹, 进一步计算得出硫酸铜对黄姑鱼幼鱼的安全质量浓度为 0.13 mg·L⁻¹。

2.2.2 黄姑鱼幼鱼对甲醛的耐受性

黄姑鱼幼鱼对甲醛不同质量浓度下的耐受性结果见表 2。由表 2 可见, 在不同甲醛质量浓度组下, 黄姑鱼幼鱼的存活率随着药物暴露时间的延长而不断降低。得到其在 8, 24, 48, 72, 96 h 的半致死浓度 C_{50} 分别为 295.02, 155.98, 88.88, 50.01, 39.48 mg·L⁻¹, 并由此计算得到甲醛对黄姑鱼幼鱼的安全质量浓度为 8.66 mg·L⁻¹。

表1 黄姑鱼幼鱼对硫酸铜的耐受性

质量浓度/ (mg·L ⁻¹)	存活率/%				
	8 h	24 h	48 h	72 h	96 h
0.35	100.00	100.00	90.00	76.67	73.33
0.50	96.67	86.67	76.67	60.00	56.67
0.70	90.00	83.33	63.33	36.67	36.67
0.98	76.67	50.00	50.00	30.00	26.67
1.38	60.57	43.33	16.67	13.33	6.67
1.94	26.67	0	0	0	0

表2 黄姑鱼幼鱼对甲醛的耐受性

质量浓度/ (mg·L ⁻¹)	存活率/%				
	8 h	24 h	48 h	72 h	96 h
50.00	100.00	100.00	80.00	53.33	36.67
74.80	100.00	83.33	56.67	26.67	20.00
111.80	83.33	63.33	40.00	20.00	13.33
167.20	76.67	46.67	23.33	6.67	0
250.00	63.33	33.33	16.67	0	0
373.80	26.67	10.00	0	0	0

3 讨论

虽然我国的工业化海水养殖已经处于稳定发展阶段, 但是在育苗及养殖过程中, 各种病害频繁发生, 并且这些病害有着提前化、多样化、严重性的趋势, 因此水产养殖中经常使用硫酸铜和甲醛来防治一些鱼类寄生虫病^[3-4]。硫酸铜和甲醛都能利用各自的性质起到良好的杀虫杀菌作用, 但使用不当极有可能造成鱼类大面积死亡^[21-22]。

水体有毒物质的含量超过一定浓度时, 会对鱼体造成伤害, 甚至引起大面积死亡等现象^[23]。目前, 国内已有许多学者就硫酸铜和甲醛对不同鱼类的急性毒性做了大量的研究工作, 并且得出了各自的半致死浓度和安全浓度。已有报道指出, 在治疗海水鱼类的寄生虫病时, 硫酸铜的质量浓度为 0.5~0.7 mg·L⁻¹^[24]。硫酸铜对淇河鲫(*Carassius auratus*)仔鱼^[25]、褐牙鲈(*Paralichthys olivaceus*)稚鱼^[26]、大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)幼鱼^[27]的半 C_{50} 分别为 2.50, 2.08, 2.09 mg·L⁻¹, C_s 分别为 0.16, 0.21, 0.48 mg·L⁻¹; 硫酸铜对半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis*)^[28]、菊黄东方鲀(*Takifugu flavidus*)^[29] 48 h 的 C_{50} 分别为 2.50, 2.81 mg·L⁻¹, C_s 分别为 0.16, 0.26 mg·L⁻¹。本实验得到硫酸铜对黄姑鱼幼鱼 48 h 的

C_{150} 为 $0.89 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 安全质量浓度为 $0.13 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 明显低于上述各种仔稚幼鱼或是成鱼, 说明黄姑鱼幼鱼对硫酸铜较一般鱼类敏感, 在使用硫酸铜治疗时要准确计算用量, 并且及时仔细观察硫酸铜药浴时鱼体的反应。据有关资料报道, 硫酸铜的毒性受温度、硬度、pH 值等相关因子的影响较大^[24,30], 这使得海水鱼类对硫酸铜毒性所表现的耐受性也比较复杂, 安全质量浓度也与淡水鱼类有所不同。同时水体中悬浮质、有机质、钙、镁离子等的存在都能降低硫酸铜的毒性, 从而提高其安全质量浓度^[31]。因此, 在黄姑鱼育苗与养殖生产实践中, 在安全浓度的基础上仍需根据实际情况谨慎使用。

甲醛较多使用在水产动物的消毒及病虫害防治方面。在治疗鱼类寄生虫病时, 甲醛的质量浓度为 $10 \sim 30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ^[30]。甲醛对淇河鲫仔鱼^[33]、褐牙鲈稚鱼^[26]、大黄鱼^[27]幼鱼 48 h 的 C_{150} 分别为 134.04, 95.94, $206.41 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, C_s 分别为 11.94, 4.86, $32.72 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 对斜带石斑鱼(*Epinephelus coioides*)^[34]、杂交鳢(*Channa argus* ♂ × *Channa maculate* ♀)^[35] 48 h 的 C_{150} 分别为 290.58, $153.95 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 安全质量浓度分别为 73.67, $24.57 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。在本实验中得到甲醛对黄姑鱼幼鱼 48 h 的 C_{150} 为 $88.88 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, C_s 为 $8.66 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 也显著低于以上 2 种鱼类, 同样说明黄姑鱼幼鱼对甲醛较敏感。同时, 由于甲醛具有挥发性, 处理时间延长会降低其毒性, 从而提高其安全质量浓度。因此, 在养殖生产实践中应充分考虑到此点, 根据实际情况正确合理用药。

闫茂仓等^[24]在对双棘黄姑鱼的研究中得到其对硫酸铜和甲醛的 C_s 分别为 $0.96 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $71.39 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 皆远大于本实验结果($0.13 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $8.66 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)。原因可能是物种之间的差异, 更是由于前者是体长(15.2 ± 0.6)cm 的双棘黄姑鱼, 而本实验针对的是(1.48 ± 0.35)cm 的幼鱼, 从鱼的体质、免疫力和应激能力来看, 双棘黄姑鱼对药物的敏感性前者强于后者。因此, 硫酸铜和甲醛对双棘黄姑鱼的安全质量浓度大于黄姑鱼幼鱼。

本研究结果表明, 黄姑鱼幼鱼对硫酸铜的敏感度大于甲醛, 甲醛较硫酸铜安全一些。此结论与在其他学者在对不同鱼类进行的硫酸铜和甲醛的毒性实验中所得出结论一致^[28,33]。同时, 在黄姑鱼幼鱼的硫酸铜和甲醛安全浓度均低于常规浓度, 因

此在其养殖生产中不建议采用硫酸铜, 甲醛也应谨慎使用。

参考文献:

- [1] 林楠, 姜亚洲, 袁兴伟, 等. 象山港黄姑鱼的食物组成与摄食习性[J]. 中国水产科学, 2013(6):1284-1292.
- [2] 王立江. 水产养殖病害防治概述[J]. 科技创新与应用, 2014(4):278.
- [3] Straus D L. Comparison of the acute toxicity of potassium permanganate to hybrid *Striped bass* in well water and diluted well water[J]. Journal of the World Aquaculture Society, 2004, 35(1):55-60.
- [4] 任撑住, 李进, 姜兰, 等. 络合铜对藻类、车轮虫的杀灭试验及对鳊鱼的安全性试验[J]. 中国兽药杂志, 2004, 38(9):14-16.
- [5] 万全, 王婧. 硫酸铜等 4 种药物对黄鳝鱼种的急性毒性试验[J]. 水产科学, 2005, 24(12):29-30.
- [6] Chen M F, Apperson J A, Marty G D, et al. Copper sulfate treatment decreases hatchery mortality of larval white seabass *Atractoscion nobilis*[J]. Aquaculture, 2006, 254(1/4):102-114.
- [7] 黄士林, 王翠华, 唐峰华, 等. 6 种硝基苯化合物对海洋生物的急性毒性研究[J]. 生态毒理学报, 2010, 5(3):388-393.
- [8] 赵学平, 王彦华, 吴声敢, 等. 10 种常用农药对赤子爱胜蚓(*Eisenia foetida*)的急性毒性效应[J]. 生态毒理学报, 2011, 6(4):435-440.
- [9] 席敏, 侯冠军, 胡贤江. 几种常用药物对锦鲤的急性中毒试验[J]. 生物学杂志, 2002, 18(5):33-34.
- [10] 王丹生, 李娟, 王旭. 6 种常用渔药对团头鲂幼鱼的急性毒性试验[J]. 辽东学院学报(自然科学版), 2011(2):145-149.
- [11] 李代金, 黄辉, 谭德清. 5 种常用鱼药对黑尾近红鲷鱼种的急性毒性实验[J]. 四川动物, 2010, 29(2):227-231.
- [12] 姜礼燊. 硫酸铜在防治鱼病中的应用[J]. 水产科技情报, 1989(4):106-108.
- [13] 常藕琴, 石存斌, 吴淑勤. 硫酸铜中毒对剑尾鱼肝脏和鳃损伤的病理学研究[J]. 广东农业科学, 2012, 39(21):136-138.
- [14] 猴祖新. 甲醛免疫毒性的研究综述[J]. 河南教育学院学报(自然科学版), 2009, 18(2):19-20.
- [15] 侯吉伦, 刘海金, 范兆廷. 福尔马林在水产养殖生产中的应用及毒副作用的预防[J]. 东北农业大学学报, 2009, 40(9):126-130.
- [16] 章剑, 赵淑梅. 福尔马林在水产养殖中的应用[J]. 渔业现代化, 2001(5):18.
- [17] 杨廷宝, 林鑫, 陈勇智, 等. 福尔马林处理对石斑拟合

- 片盘虫和斜带石斑鱼的影响[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2003, 42(4):59-63.
- [18] 王凡, 郭向萌, 宋盼盼. 甲醛对红白鲫的急性毒性试验[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(4):943-945.
- [19] 姜礼燾, 沈克光. 水产药物增效剂的研究及应用[J]. 中国水产, 2003(4):89-90.
- [20] Gomiero A, Dagnino A, Sforzini S, et al. Heat stress effects on toxicity of copper and oxytetracycline on the marine protozoa *Euplotes crassus* in a climate change perspective[J]. Comparative Biochemistry and Physiology: Part A Molecular & Integrative Physiology, 2012, 163(1): S4.
- [21] 张彩明, 陈应华, 吴常文. 铜离子对日本黄姑鱼幼鱼的急性毒性[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2011, 30(6):548-551.
- [22] 姜忠玉, 钱续. 福尔马林对银鲑鱼苗半致死浓度试验[J]. 水生态学杂志, 2003, 23(1):58.
- [23] 柯常亮, 甘居利, 林钦, 等. 硫丹对罗非鱼(*Oreochromis aureus* × *Oniloticus*)和草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)的急性毒性研究(英文)[J]. 生态毒理学报, 2011, 6(3): 321-325.
- [24] 闫茂仓, 单乐州, 邵鑫斌, 等. 双棘黄姑鱼对硫酸铜、福尔马林耐受性研究[J]. 水产科学, 2006, 25(12):608-611.
- [25] 张月琴, 李爱景, 金晓璐, 等. 硫酸铜和高锰酸钾对淇河鲫鱼仔鱼的急性毒性研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 15(15):7030-7031.
- [26] 殷蕊, 宫春光. 全雌褐牙鲈稚鱼对硫酸铜和甲醛的耐受性实验[J]. 河北渔业, 2013(10):1-3.
- [27] 祝斐, 陈淑吟, 张曹进, 等. 5种常用药物对大黄鱼幼鱼的急性毒性试验[J]. 水产科技情报, 2017, 44(3):119-122.
- [28] 马玉和, 王庆奎, 郭永军, 等. 甲醛和硫酸铜对半滑舌鲷的急性毒性试验[J]. 河北渔业, 2014(9):12-14.
- [29] 张年国, 潘桂平, 周文玉, 等. 4种常见水产药物对菊黄东方鲀的急性毒性试验[J]. 水产科技情报, 2015, 42(6):339-342.
- [30] 陈光芸, 张惠芬, 徐钢春, 等. 硫酸铜和高锰酸钾对似刺鲃幼鱼的急性毒性试验[J]. 水产养殖, 2012, 33(7): 27-30.
- [31] 张彩明, 陈应华, 吴常文. 铜离子对日本黄姑鱼幼鱼的急性毒性[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2011, 30(6):548-551.
- [32] 谢湘筠, 张原秋, 柯才焕. 甲醛和三丁基锡对方斑东风螺幼体的急性毒性实验[J]. 集美大学学报(自然版), 2007, 12(4):22-26.
- [33] 李爱景, 李学军, 乔志刚, 等. 敌百虫和甲醛对淇河鲫鱼仔鱼的急性毒性研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(22): 10525-10526.
- [34] 程敏红, 杨小立, 庞强, 等. 5种常用渔药对斜带石斑鱼幼鱼的急性毒性试验[J]. 水产科学, 2014(2):69-74.
- [35] 林启存, 陈武, 周立伟, 等. 6种常见药物对杂交鳢的急性毒性试验[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(9):4639-4641.

Study on tolerance of *Nibea albiflora* juvenile to copper sulfate and formaldehyde

TIAN Zhe¹, ZHANG Ding-yuan¹, ZHU Xiao-jing¹, XU Shan-liang^{2*}

(1.School of Marine Sciences, Ningbo University, Ningbo 315211, China; 2.Key Laboratory of Applied Marine Biotechnology of Ministry of Education, Ningbo 315211, China)

Abstract: Hydrostatic bioassay was used to examine the acute toxicity of copper sulfate and formaldehyde of *Nibea albiflora* juvenile with 26~28 °C water temperature. The body length of the fish were (1.48±0.35)cm and weight were (0.43±0.09)g. Copper sulfate on *N.albiflora* juvenile of the C_{150} (8 h), C_{150} (24 h), C_{150} (48 h), C_{150} (72 h), C_{150} (96 h) values were 1.55, 1.27, 0.89, 0.59, and 0.57 mg·L⁻¹. The results showed that the safe concentration value was 0.13 mg·L⁻¹. Formaldehyde on *N.albiflora* of the C_{150} (8 h), C_{150} (24 h), C_{150} (48 h), C_{150} (72 h), C_{150} (96 h) values were 295.02, 155.98, 88.88, 50.01, and 39.48 mg·L⁻¹. The safe concentration value was 8.66 mg·L⁻¹. The toxicity of the two drugs on Xiangshan *N.albiflora* juvenile was evident. There is a risk of poisoning when the drugs were used. The sensitivity of copper sulfate is greater than formaldehyde in aquatic production. The use of copper sulfate is not recommended and formaldehyde should be used with cautious in aquaculture.

Key words: *Nibea albiflora*; copper sulfate; formaldehyde; tolerance; semi-lethal concentration; safe concentration (责任编辑 章践立)