

姜松, 周发林, 苏宁宁, 等. 4种消毒剂对大珠母贝幼贝的急性毒性试验 [J]. 广东农业科学, 2017, 44(8): 120-126.

4种消毒剂对大珠母贝幼贝的急性毒性试验

姜松¹, 周发林¹, 苏宁宁², 黄建华¹, 杨其彬¹

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所 /
农业部南海渔业资源开发利用重点实验室, 广东 广州 510300;
2. 河南师范大学水产学院, 河南 新乡 453007)

摘要: 研究了戊二醛、二溴海因、蛋氨酸碘和次氯酸钙等4种消毒剂对大珠母贝 (*Pinctada maxima*) 幼贝的急性毒性, 结果表明, 毒性大小依次为次氯酸钙 > 二溴海因 > 蛋氨酸碘 > 戊二醛, 24 h 半致死质量浓度 (LC₅₀) 分别为 13.05、27.49、53.20、67.36 mg/L, 48 h LC₅₀ 分别为 10.15、9.35、29.27、35.58 mg/L, 安全浓度 SC 分别为 1.86、0.32、2.66、7.52 mg/L。分析认为, 由于戊二醛毒性相对较小, 且在其安全浓度以下可获得较好的消毒效果, 因此在大珠母贝幼贝的养殖过程中, 推荐使用戊二醛作为常用消毒剂, 二溴海因和蛋氨酸碘应谨慎使用, 次氯酸钙不推荐使用。

关键词: 大珠母贝; 幼贝; 急性毒性; 消毒剂

中图分类号: S917.4

文献标识码: A

文章编号: 1004-874X(2017)08-0120-07

Acute toxicity test of four disinfectants to juvenile *Pinctada maxima*

JIANG Song¹, ZHOU Fa-lin¹, SU Ning-ning², Huang Jian-hua¹, Yang Qi-bin¹

(1. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences/Key Lab. of South China Sea Fishery Resource Exploitation & Utilization, Ministry of Agriculture, Guangzhou 510300, China;
2. College of Fisheries, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China)

Abstract: The acute toxicity of glutaraldehyde, dibromohydantoin, methionine iodine and calcium hypochlorite to juvenile *Pinctada maxima* was studied. The results showed that the order of toxicity was calcium hypochlorite > dibromohydantoin > methionine iodine > glutaraldehyde, and the median lethal concentrations (LC₅₀) of above disinfectants were 13.05 mg/L, 27.49 mg/L, 53.20 mg/L and 67.36 mg/L respectively in 24h, and the LC₅₀ were 10.15 mg/L, 9.35 mg/L, 29.27 mg/L and 35.58 mg/L respectively in 48h; and their SC (safe concentration) were 1.86 mg/L, 0.32 mg/L, 2.66 mg/L and 7.52 mg/L respectively. We can use glutaraldehyde to disinfect *P. maxima* under safe concentration, but should not use calcium hypochlorite, and can use dibromohydantoin and methionine iodine carefully.

Key words: *Pinctada maxima*; juvenile shell; acute toxicity; disinfectant

大珠母贝 (*Pinctada maxima*) 隶属于软体动物门瓣鳃纲异常柱目珍珠贝科, 广泛分布于澳大利亚沿岸、西太平洋沿岸的东南亚国家近

岸, 所培养的珍珠为海产珍珠最大, 具有极高的经济价值^[1-3]。随着近海养殖业养殖面积的扩大以及养殖总量的增加, 近海海区水质污染加剧,

收稿日期: 2017-05-22

基金项目: 三亚市专项科研试制项目 (2014KS03); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金 (2015TS10)

作者简介: 姜松 (1987-), 男, 硕士, 助理研究员, E-mail: tojiangsong@163.com

通讯作者: 周发林 (1975-), 男, 博士, 副研究员, E-mail: zhoufalun@aliyun.com

各种经济贝类育苗及养殖生产越来越不稳定,细菌性疾病经常大范围暴发,各生产单位逐渐使用各种消毒杀菌类药物来抑制细菌繁殖,保证贝类育苗及养殖的成功^[4-6]。赵旺等^[7]用苯扎溴铵、二溴海因、蛋氨酸碘及戊二醛等4种常见消毒剂对方斑东风螺(*Babylonia areolata*)进行急性毒性试验,确定了4种消毒剂对方斑东风螺的致死浓度及安全使用浓度。刘志刚等^[8]用几种抗菌药物对合浦珠母贝的D型幼虫及壳顶幼虫进行试验,确定了几种抗菌药物对不同大小合浦珠母贝幼虫的安全使用浓度及其对幼虫活力、摄食率和日生长率的影响。范嗣刚等^[6]用 Hg^{2+} 和 Cd^{2+} 对大珠母贝幼贝进行急性毒性试验,确定了大珠母贝对 Hg^{2+} 和 Cd^{2+} 的耐受范围。然而,目前关于各种常见消毒剂对大珠母贝幼贝的毒性效应研究较少,而生产上常因用药不当,达不到良好的灭菌效果,甚至造成贝类死亡。因此,本研究开展了戊二醛、二溴海因、蛋氨酸碘和次氯酸钙等常用消毒剂对大珠母贝幼贝的急性毒性试验,以了解其对大珠母贝幼贝的影响并确定安全浓度,为大珠母贝养殖中合理使用消毒剂提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

大珠母贝取自海南陵水,为本课题组同批次繁育的某个家系的幼贝,壳长 $1.36(\pm 0.17)$ mm。试验用的4种消毒剂分别为戊二醛(有效浓度20%,北京中农华正兽药有限责任公司)、二溴海因(有效浓度20%,北京渔经生物技术有限责任公司)、蛋氨酸碘(有效浓度50%,山西神龙天翼科技有限公司)、次氯酸钙(有效氯50%,广西南宁化工集团公司)。4种消毒剂在试验前配制成母液。试验容器为容积10 L的聚乙烯桶,供试海水先经沙滤,再经过蛋白分离器处理,试验过程中水体不间断充气,保持水桶溶解氧含量在5 mg/L以上。试验在室内进行,试验期间水温 $27(\pm 1)$ °C、盐度31~33、pH 8.3(± 0.1)。

1.2 试验方法

1.2.1 预试验

在海水中,每个桶中放入的大珠母贝幼贝数目为30粒,各桶分别加入不同体积的消毒剂母液。试验期间水体不间断充气,大珠母贝停止喂食,每隔12 h更换1次消毒剂药液,记录大珠母贝幼贝的死亡情况,确定各药物处理48 h后大珠母贝全部存活的最大药物质量浓度(LC_0)和24 h全部死亡的最低药物质量浓度(LC_{100})。

1.2.2 正试验 根据预试验结果,按照质量浓度的对数值等差间距法设置5个质量浓度梯度处理和1个对照,每个处理3次重复,每处理放入大珠母贝30粒,48 h内连续观察记录大珠母贝存活情况并及时清除死亡个体。死亡的判断标准为:壳张开,多次用解剖针触碰大珠母贝的闭壳肌无反应且肌肉僵硬^[9]。

1.3 数据处理

计算各处理24、48 h的死亡率,死亡率($\%$) = 死亡的大珠母贝数 / 试验大珠母贝总数 $\times 100$;再用直线内插法,以药物质量浓度的常用对数值为x轴,以死亡率的概率单位为y轴,求出死亡率概率单位与药物质量浓度对数值的回归方程和各药物的半致死浓度(LC_{50}),再根据下列公式求出安全质量浓度(SC)^[10]:

$$SC = 48h LC_{50} \times 0.3 / (24h LC_{50} / 48h LC_{50})^2$$

2 结果与分析

2.1 戊二醛对大珠母贝幼贝的急性毒性试验

根据预试验结果,戊二醛药物处理的 LC_0 和 LC_{100} 分别为16.0、159.0 mg/L。根据以上2个质量浓度等差间距确定戊二醛的5个试验质量浓度,其对大珠母贝幼贝毒性的检测结果见表1。在整个试验期间,对照组中大珠母贝均无死亡。回归分析结果显示,药浴24 h死亡率概率单位与药物质量浓度对数值的回归曲线方程为 $y = 5.07x - 4.27$, $R^2 = 0.99$ (图1A),用直线内插法计算出24 h LC_{50} 为67.36 mg/L,95%置信限为61.66~74.00 mg/L;药浴48 h的回归曲线方程为 $y = 4.79x - 2.43$, $R^2 = 0.99$ (图1B),用直线内插法计算出48 h LC_{50} 为35.58 mg/L,95%置信限为39.80~59.22 mg/L。通过计算得出安全质量浓度为7.52 mg/L。

表 1 戊二醛对大珠母贝幼贝的急性毒性试验结果

药物浓度 (mg/L)	药物质量 浓度对数	受试生物数 (粒)	药后 24h		药后 48h	
			死亡率 (%)	概率单位	死亡率 (%)	概率单位
0 (CK)		30	0.00		0.00	
16.00	1.20	30	0.00	1.910	3.33	3.160
28.41	1.45	30	3.33	3.160	40.00	4.750
50.44	1.70	30	18.89	4.120	80.00	5.840
89.55	1.95	30	72.22	5.590	96.67	6.840
159.00	2.20	30	97.78	7.010	100.00	8.090

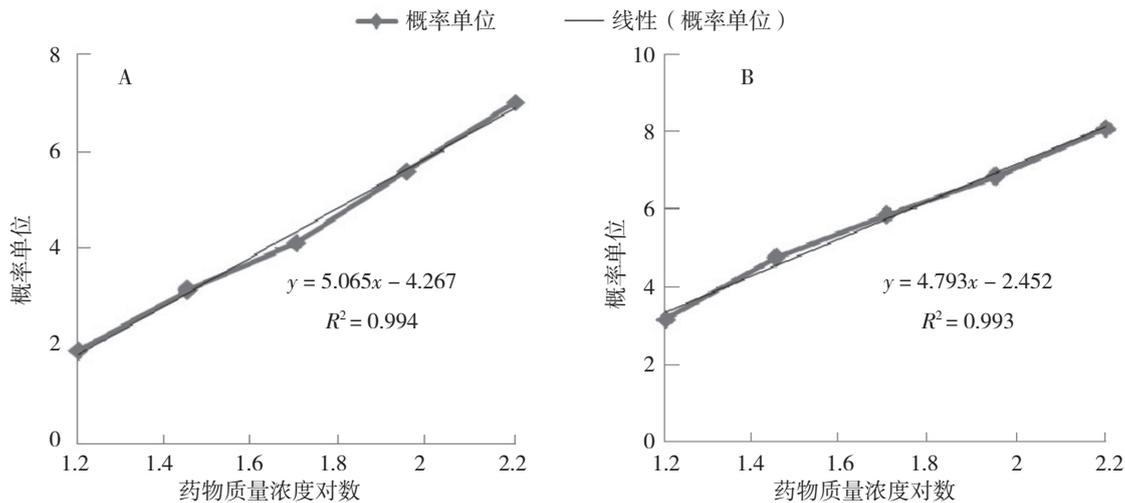


图 1 戊二醛处理 24h (A)、48h (B) 对大珠母贝幼贝死亡率的影响

2.2 二溴海因对大珠母贝幼贝的急性毒性试验

根据预试验结果,二溴海因药物处理的 LC_{0} 和 LC_{100} 分别为 3.0、94.0 mg/L。根据以上 2 个质量浓度等差间距确定二溴海因的 5 个试验质量浓度,其对大珠母贝幼贝毒性的检测结果见表 2。在整个试验期间,对照大珠母贝均无死亡。回归分析结果显示,药浴 24 h 死亡率概率单位与药物质量浓度对数值的回归曲线方程为

$y = 3.12s + 0.51$, $R^2 = 0.98$ (图 2A),用直线内插法计算出 24 h LC_{50} 为 27.49 mg/L, 95% 置信限为 23.94 ~ 31.78 mg/L; 药浴 48 h 的回归曲线方程为 $y = 3.07s + 2.02$, $R^2 = 0.99$ (图 2B),用直线内插法计算出 48 h LC_{50} 为 9.35 mg/L, 95% 置信限为 8.06 ~ 10.80 mg/L。通过计算得出安全质量浓度为 0.32 mg/L。

表 2 二溴海因对大珠母贝幼贝的急性毒性试验结果

药物浓度 (mg/L)	药物质量 浓度对数	受试生物数 (粒)	药后 24h		药后 48h	
			死亡率 (%)	概率单位	死亡率 (%)	概率单位
0 (CK)		30	0.00		0.00	
3.00	0.48	30	0.00	1.91	5.56	3.41
7.10	0.85	30	6.67	3.50	45.56	4.89
16.79	1.23	30	17.78	4.08	70.00	5.52
39.73	1.60	30	62.22	5.31	97.78	7.01
94.00	1.97	30	96.67	6.84	100.00	8.09

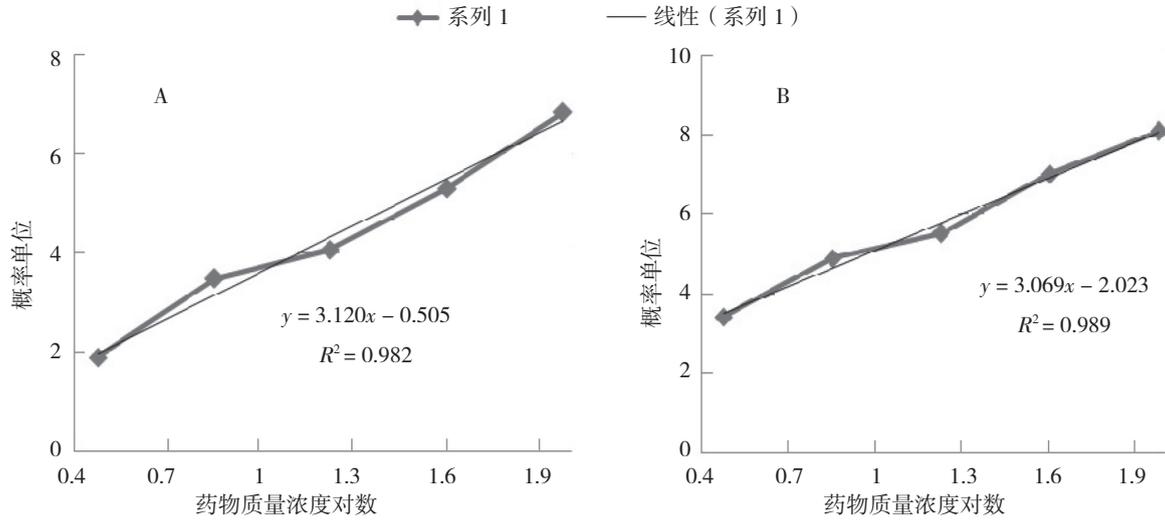


图2 二溴海因处理 24h (A)、48h (B) 对大珠母贝幼贝死亡率的影响

2.3 蛋氨酸碘对大珠母贝幼贝的急性毒性试验

根据预试验结果, 蛋氨酸碘药物处理的 LC₀ 和 LC₁₀₀ 分别为 16.0、100.8 mg/L。根据以上 2 个质量浓度等差间距确定蛋氨酸碘的 5 个试验质量浓度, 其对大珠母贝幼贝毒性的检测结果见表 3。在整个试验期间, 对照大珠母贝均无死

亡。回归分析结果显示, 药浴 24 h 死亡率概率单位与药物质量浓度对数值的回归曲线方程为 $Y=6.13X-5.58$, $R^2=0.98$ (图 3A), 用直线内插法计算出 24 h LC₅₀ 为 53.20 mg/L, 95% 置信限为 49.35 ~ 57.74 mg/L; 药浴 48 h 的回归曲线方程为 $Y=6.11X-3.96$, $R^2=0.96$ (图 3B), 用直线

表 3 蛋氨酸碘对大珠母贝幼贝的急性毒性试验结果

药物浓度 (mg/L)	药物质量 浓度对数	受试生物数 (粒)	药后 24h		药后 48h	
			死亡率 (%)	概率单位	死亡率 (%)	概率单位
0 (CK)		30	0.00		0.00	
16.00	1.20	30	0.00	1.91	2.22	2.99
25.35	1.40	30	3.33	3.16	43.33	4.83
40.16	1.60	30	14.44	3.94	92.22	6.42
63.62	1.80	30	57.78	5.2	96.67	6.83
100.80	2.00	30	97.78	7.01	100.00	8.09

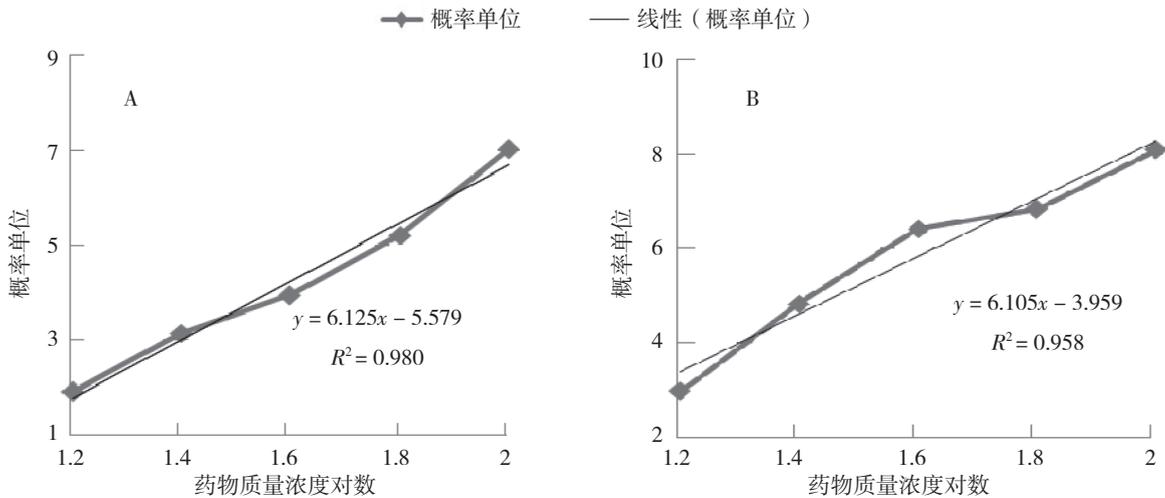


图3 蛋氨酸碘处理 24h (A)、48h (B) 对大珠母贝幼贝死亡率的影响

内插法计算出 48 h LC_{50} 为 29.27 mg/L, 95% 置信限为 26.98 ~ 31.89 mg/L。通过计算得出安全质量浓度为 2.66 mg/L。

2.4 次氯酸钙对大珠母贝幼贝的急性毒性试验

根据预试验结果, 次氯酸钙药物处理的 LC_0 和 LC_{100} 分别为 4.8、17.5 mg/L。根据以上 2 个质量浓度等差间距确定次氯酸钙的 5 个试验质量浓度, 其对大珠母贝幼贝毒性的检测结果见表 4。在整个试验期间, 对照大珠母贝均无死

亡。回归分析结果显示, 药浴 24 h 死亡率概率单位与药物质量浓度对数值的回归曲线方程为 $y = 6.22x - 1.94$, $R^2 = 0.95$ (图 4), 用直线内插法计算出 24 h LC_{50} 为 13.05 mg/L, 95% 置信限为 12.17 ~ 14.04 mg/L; 药浴 48 h 的回归曲线方程为 $y = 4.63x + 0.34$, $R^2 = 0.93$ (图 4B), 用直线内插法计算出 48 h LC_{50} 为 10.15 mg/L, 95% 置信限为 9.52 ~ 10.91 mg/L。通过计算得出安全质量浓度为 1.86 mg/L。

表 4 次氯酸钙对大珠母贝幼贝的急性毒性试验结果

药物浓度 (mg/L)	药物质量 浓度对数	受试生物数 (粒)	药后 24h		药后 48h	
			死亡率 (%)	概率单位	死亡率 (%)	概率单位
0 (CK)		30	0.00		0.00	
4.80	0.68	30	0.00	1.91	3.33	3.16
6.63	0.82	30	6.67	3.5	26.67	4.38
9.17	0.96	30	23.33	4.27	53.33	5.08
12.66	1.10	30	50.00	5	66.67	5.43
17.50	1.24	30	70.00	5.52	81.11	5.88

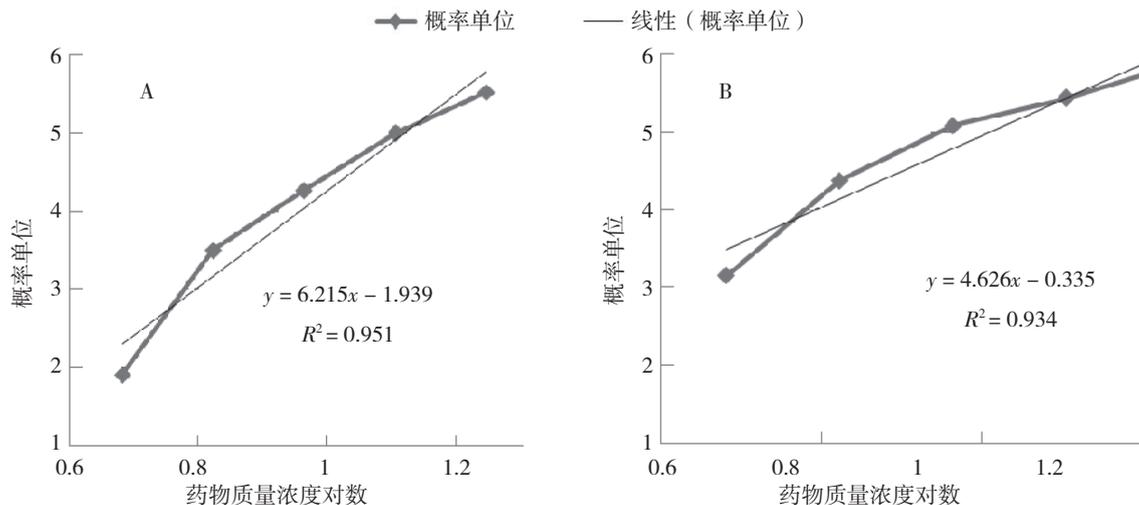


图 4 次氯酸钙处理 24h (A)、48h (B) 对大珠母贝幼贝死亡率的影响

3 讨论

大珠母贝在养殖中进行杀菌药物的选择时, 需要考虑消毒剂对大珠母贝幼贝的安全性、消毒剂使用的方便性、药物成本以及消毒剂对水体的污染程度和对病原抑制的有效性。在大珠母贝养殖中, 尤其是在幼贝养殖阶段, 很容易产生细菌性疾病的暴发而导致贝类大面积死亡。因而, 杀菌消毒剂和抗生素滥用的现象在生

产中时有发生, 由此而产生的抗药性问题进一步加剧了病害的发生流行。因此, 选择合适的消毒剂以及合理使用杀菌药物尤为关键。

次氯酸钙是一种有较强氯臭的白色粉末, 其有效成分是次氯酸钙分解出次氯酸和盐酸, 次氯酸进一步分解为盐酸和氧原子, 这种氧原子的氧化能力极强, 可有效杀灭接触到的微生物; 同时, 次氯酸的一部分也能与盐酸起作用发生氯气, 对弧菌、嗜水气单胞菌等细菌有清

冽的杀灭作用；氯气还能与水化合，再生成原子氧而杀菌^[11-13]。目前，许多学者研究了次氯酸钙对水产养殖水体中细菌的杀菌效果，得出次氯酸钙对海洋弧菌和气单胞菌最低杀灭浓度（MBC）是8~19 mg/L，对弧菌的最低抑菌浓度（MIC）为4.6 mg/L^[14-15]。本试验结果显示，次氯酸钙对大珠母贝幼贝的安全浓度（SC）相对较低，为1.86 mg/L，这一结果低于次氯酸钙对上述细菌的MIC，也就是说若在安全浓度下使用次氯酸钙进行消毒，杀菌效果将不明显。因此，不推荐使用次氯酸钙进行大珠母贝幼贝养殖水体的消毒。

二溴海因是一种十分优良的溴化剂，具有稳定的广谱杀菌作用。二溴海因在水中主要形成次溴酸，以次溴酸的形式释放出溴，二溴海因释放溴的反应很快，在水中能够不断地释放出Br⁻离子，起到杀菌作用^[7]。关于二溴海因在水产养殖中的杀菌效果研究较多的报道见于虾蟹类^[16-17]、鱼类^[18]、刺参^[19]、方斑东风螺等^[7]，其SC在0.6~90 mg/L之间，然而关于二溴海因对大珠母贝杀菌作用的报道并不多见。与上述已报道的水产动物相比，大珠母贝幼贝对二溴海因的毒性反应更加敏感，安全浓度仅为0.32 mg/L。因此，在生产中应避免使用二溴海因进行大珠母贝幼贝养殖水体的消毒，以免对大珠母贝幼贝造成伤害。

蛋氨酸碘是蛋氨酸和碘的络合物，在水中释放游离的分子碘而起到灭菌作用，碘主要以分子形式发挥作用，其原理是碘化和氧化菌体蛋白的活性基因，并与蛋白的氨基结合而导致蛋白变性。有研究发现^[20]，团头鲂、鲫、团头鲂、鲢、中华倒刺鲃等5种鱼类对蛋氨酸碘较为敏感，蛋氨酸碘的在这几种鱼类中的安全浓度为2.03~2.38 mg/L。蛋氨酸碘对荧光假单胞菌、温和气单胞菌及嗜水气单胞菌的MIC和MBC的最高值为1.25 mg/L，低于蛋氨酸碘对上述5种鱼类的安全浓度，因此，蛋氨酸碘可用于这5种鱼类的杀菌消毒与病害防治。本研究发现，蛋氨酸碘对大珠母贝幼贝的SC为2.66 mg/L，略低于生产商推荐的安全浓度（2.0 mg/L），但在生产上，养殖户习惯数倍于推荐用药量使用消毒药物，因此，使用蛋氨酸碘对大珠母贝幼贝养殖水体消毒时应严格控制好药物的用量。

戊二醛消毒液是一种新型、高效、低毒的中性强化消毒液，主要通过其2个活泼的醛基来杀灭微生物；其活性受pH和温度等因素的影响；戊二醛在碱性条件下可以聚合成丁间醇醛型不饱和多聚体，再形成更高的聚合形式，可杀灭细菌繁殖体、细菌芽孢、肝炎病毒等病原微生物，具有广谱的杀灭微生物能力^[21-22]。已有研究表明，戊二醛对医学病原菌和水产养殖水体中细菌的海洋弧菌和气单胞菌的MBC为1.6~4.2 mg/L，MIC为0.9~3.2 mg/L^[23-27]。本试验结果显示，戊二醛对大珠母贝幼贝的SC为7.52 mg/L，远高于上述一些致病菌的最低杀菌浓度。因此，使用戊二醛进行大珠母贝幼贝养殖水体相关细菌性疾病的预防和治疗是安全且有效地。

从本试验结果可知，4种消毒剂对幼贝的24 h LC₅₀均高于48 h LC₅₀，大珠母贝幼贝的毒性效应随着消毒剂作用时间的延长而增强，导致大珠母贝幼贝死亡率逐渐升高。从各消毒剂试验浓度的设置范围来看，大珠母贝幼贝对4种消毒剂的敏感性均存在较大差别。大珠母贝幼贝对次氯酸钙最敏感，质量浓度为4.8~17.5 mg/L，其他依次为二溴海因、蛋氨酸碘、戊二醛，质量浓度分别为3.0~94.0、16.0~100.8、16.0~159.0 mg/L，这与赵旺等^[7]对方斑东风螺稚螺得出的结果类似。4种消毒剂对幼贝的LC₅₀结果显示，次氯酸钙对大珠母贝幼贝的24 h LC₅₀值为13.05 mg/L，48 h LC₅₀值为10.15 mg/L，两者之间差值最小，说明次氯酸钙对其毒性相对其他消毒剂更强；另外3种消毒剂对大珠母贝幼贝的毒性由大到小依次为二溴海因、蛋氨酸碘、戊二醛。通过计算安全浓度得出，大珠母贝幼贝对4种消毒剂的敏感程度由大到小依次为次氯酸钙、二溴海因、蛋氨酸碘、戊二醛。本试验为半静水试，试验期间对大珠母贝幼贝不进行饵料投喂，因而药物毒性与真实值相近。但在实际养殖生产中，药物的毒性还与水温、pH、水流、有机物、溶解氧以及大珠母贝大小等因素密切相关。因此，还需要根据实际情况用药，密切观察大珠母贝的活动情况，以确保用药的安全有效。

参考文献：

- [1] 王新星, 陈作志, 黄梓荣, 等. 南海北部沿岸自

- 然保护区内大珠母贝资源现状初步分析[J]. 南方水产科学, 2016, 12(2): 110-115.
- [2] 范嗣刚, 黄桂菊, 刘宝锁, 等. 盐度与温度对大珠母贝和合浦珠母贝滤水率及摄食率的影响[J]. 水生态学杂志, 2014, 35(3): 61-65.
- [3] Rao G S, Pattnaik P, Dash B. Growth and biometric relationships of the silver or gold-lip pearl oyster, *Pinctada maxima* (Jameson, 1901) under land-based culture system [J]. Indian Journal of Fisheries, 2009, 56(4): 249-255.
- [4] Yukihiro H, Lucas J S, Klumpp D W. The pearl oysters, *Pinctada maxima* and *P. margaritifera*, respond in different ways to culture in dissimilar environments [J]. Aquaculture, 2006, 252: 208-224.
- [5] 刘建业, 曾关琼, 喻达辉, 等. 大珠母贝人工苗水泥池中间培育技术的初步研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(8): 3573-3575.
- [6] 范嗣刚, 黄桂菊, 郭奕惠, 等. Hg^{2+} 和 Cd^{2+} 对大珠母贝与合浦珠母贝幼贝急性毒性的比较[J]. 海洋环境科学, 2014, 33(3): 351-355.
- [7] 赵旺, 吴开畅, 叶乐. 4种消毒剂对方斑东风螺稚螺的急性毒性试验[J]. 广东农业科学, 2014, 10: 106-110.
- [8] 刘志刚, 王本兴, 叶乐. 几种抗菌药物对马氏珠母贝D型幼虫的毒性试验[J]. 湛江水产学院学报, 1994, 14(2): 7-13.
- [9] 李雷斌, 刘志刚. 5种药物对方斑东风螺面盘幼虫的急性毒性[J]. 广东海洋大学学报, 2008, 28(3): 34-38.
- [10] 国家环保局. 水和废水监测分析方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1989: 530.
- [11] 陈超然, 孟长明, 陈昌福. 3种消毒剂对南美白对虾浸泡消毒效果的比较[J]. 华中农业大学学报, 2002, 21(3): 278-280.
- [12] Aieta E M, Berg J D. A review of chlorine dioxide in drinking water treatment [J]. American Water Works Association, 1986, 62: 62-72.
- [13] Huang J L. Disinfection effect of chlorine dioxide on bacteria in water [J]. Water Res, 1997, 3: 607-613.
- [14] 江艳娥, 杜丽娜, 陈小勇, 等. 常用鱼药漂白粉和氯杀宁对背角无齿蚌的毒性影响[J]. 四川动物, 2009, 28(1): 85-88.
- [15] 杨凤, 陈炜, 沈成钢, 等. 漂白粉有效氯在水中衰减规律及鱼对其耐受性的研究[J]. 大连水产学院学报, 1999, 24(4): 29-35.
- [16] 史海东, 许文军, 薛利建, 等. 几种常用渔药对三疣梭子蟹 *Portunus trituberculatus* (Miers) 稚蟹的急性毒性试验[J]. 现代渔业信息, 2008, 23(3): 24-27.
- [17] 刘青. 两种渔药对克氏原螯虾的急性毒性研究[J]. 水产科技情报, 2012, 39(4): 198-200.
- [18] 查智辉, 许文军, 谢建军, 等. 几种常见水产药品对日本黄姑鱼幼鱼的急性毒性试验[J]. 水生态学杂志, 2010, 3(5): 66-71.
- [19] 孙振兴, 赵彦翠, 陈燕妮, 等. 几种卤素类消毒剂对刺参幼参的急性毒性作用[J]. 海洋科学, 2008, 32(3): 68-72.
- [20] 叶志辉, 屠波. 蛋氨酸碘对5种养殖鱼类的急性毒性和抑菌作用[J]. 水生态学杂志, 2009, 2(1): 118-121.
- [21] 沈伟, 朱仁义. 戊二醛消毒剂的暴露危险与安全使用[J]. 中国消毒学杂志, 2008, 25(2): 184-186.
- [22] 杨德红, 严莲荷, 赵晓雷, 等. 戊二醛杀菌性能研究[J]. 南京理工大学学报, 2000, 24(1): 72-75.
- [23] 王玉月, 史伟峰, 朱永华, 等. 铜绿假单胞菌对5种消毒剂抗性的研究[J]. 中华医院感染学杂志, 2008, 18(12): 1717-1719.
- [24] 王贵明, 陈清, 申洪. 创伤弧菌对3种消毒剂抗性的观察[J]. 热带医学杂志, 2009, 9(6): 634-636.
- [25] 程科萍, 邹宝波, 顾健, 等. 医院环境分离菌株对戊二醛的耐药检测[J]. 中国感染控制杂志, 2002, 1(1): 56-57.
- [26] 吴生根. 金黄色葡萄球菌对碘伏和戊二醛抗性及其机制研究[D]. 福州: 福建医科大学, 2009.
- [27] 孙贤凤, 姜蔚. 海水养殖废水消毒的试验研究[J]. 中国消毒学杂志, 2013, 30(11): 1024-1025.

(责任编辑 崔建勋)