

doi: 10.16104/j.issn.1673-1891.2023.04.004

聚维酮碘对青海湖裸鲤(♀)×花斑裸鲤(♂)杂交幼鱼的急性毒性和耗氧率影响

刘瑞苛¹,董艳珍^{1*},徐大勇¹,邓思红²

(1.西昌学院动物科学学院,四川 西昌 615013;2.喜德正源水产有限公司,四川 喜德 616750)

摘要:研究了聚维酮碘对青海湖裸鲤(♀)×花斑裸鲤(♂)杂交幼鱼(体长 7~8 cm,体质量 15.34 g±0.23 g)的急性毒性,并测定了不同浓度聚维酮碘对青海湖裸鲤(♀)×花斑裸鲤(♂)杂交幼鱼耗氧率的影响。结果表明:(1)在(19±1)°C水温条件下,聚维酮碘对青海湖裸鲤(♀)×花斑裸鲤(♂)杂交幼鱼 24、48、72 和 96 h 的半致死浓度(LC₅₀)分别为 3.37、3.15、2.75 和 2.51 μmol/L,安全浓度为 0.84 μmol/L;(2)在安全浓度(0.84 μmol/L)和生产上使用浓度(0.22 μmol/L)下,青海湖裸鲤(♀)×花斑裸鲤(♂)杂交幼鱼的耗氧率分别为 0.340 和 0.293 mg/(g·h),窒息点分别为 0.417 和 0.383 mg/L,均显著高于不用聚维酮碘时的耗氧率(0.243 mg/(g·h))和窒息点(0.363 mg/L)(*P*<0.05)。

关键词:聚维酮碘;青海湖裸鲤;花斑裸鲤;杂交幼鱼;半致死浓度;窒息点;耗氧率

中图分类号:S965.116 文献标志码:A 文章编号:1673-1891(2023)04-0020-04

Effects of Povidone Iodine on the Acute Toxicity and Oxygen Consumption Rate of *Gymnocypris sprzewalskii* (♀) × *Gymnocypris eckloni* (♂) Hybrid Larvae

LIU Ruike¹, DONG Yanzhen^{1*}, XU Dayong¹, DENG Sihong²

(1.School of Animal Science, Xichang University, Xichang, Sichuan 615013, China; 2.Zhengyuan Aquatic Products Co., Ltd. of Xide County, Xide, Sichuan 616750, China)

Abstract: The acute toxicity of povidone iodine to *Gymnocypris sprzewalskii* (♀) × *Gymnocypris eckloni* (♂) hybrid larvae (7–8 cm, 15.34 g±0.23 g) was investigated, and the effects of different concentrations of povidone iodine on the oxygen consumption rate of *Gymnocypris sprzewalskii* (♀) × *Gymnocypris eckloni* (♂) hybrid larvae were also determined. The results showed that : (1) At the water temperature of (19±1)°C, the median lethal concentration (LC₅₀) of povidone iodine were 13.37, 3.15, 2.75 and 2.51 μmol/L for hybrid larvae at 24, 48, 72 and 96 h, respectively, and the safe concentration was 0.84 μmol/L; (2) The oxygen consumption rates of hybrid larvae were 0.340 mg/(g·h) and 0.293 mg/(g·h) at the safe concentration (0.84 μmol/L) and the production concentration (0.22 μmol/L), respectively, and the asphyxiation points were 0.417 mg/L and 0.383 mg/L, which were all significantly higher than the oxygen consumption rate 0.243 mg/(g·h) and asphyxiation point 0.363 mg/L of hybrid larvae without povidone iodine (*P*<0.05).

Keywords: povidone iodine; *Gymnocypris sprzewalskii*; *Gymnocypris eckloni*; median lethal concentration; asphyxiation point; oxygen consumption rate

0 引言

青海湖裸鲤(*Gymnocypris sprzewalskii*)俗称“湟鱼”,隶属鲤形目(Cypriniformes)、鲤科(Cyprinidae)、

裂腹鱼亚科(Schizothoracinae)、裸鲤属(*Gymnocypris*)。该物种是青海湖中经过长期地理隔离演化而成的冷水性特有无磷鱼种,主要分布于青海湖及其附属河流等^[1]。青海湖裸鲤适应性强,幼鱼孵出后,

收稿日期:2023-08-14

基金项目:凉山州科技项目(22ZDYF0181)。

作者简介:刘瑞苛(2001—),女,四川成都人,本科生,主要研究方向:水产养殖,e-mail:18010619634@163.com。*通信作者:董艳珍(1977—),女,四川眉山人,副教授,硕士,主要研究方向:水产养殖,e-mail:513804974@qq.com。

就会成群游泳,一般多集群于河口浅水地区,作为青海湖唯一的优势种类,在青海湖生态系统处于核心地位^[2]。花斑裸鲤(*Gymnocypris eckloni*)也隶属鲤形目(Cypriniformes)、鲤科(Cyprinidae)、裂腹鱼亚科(Schizothoracinae)、裸鲤属(*Gymnocypris*),体背呈暗褐色或者青灰色,腹部呈浅黄色或是银灰色^[3]。花斑裸鲤为黄河上游经济鱼类,属于杂食性鱼类,食性范围广,一般栖息于水的中层,许多特征与青海湖裸鲤相似,其不同点在于口裂大,上颌稍突于下颌之前,在四川凉山彝族自治州的喜德县、越西县等都有养殖。由于近几年来环境破坏严重,造成青海湖裸鲤渔业资源枯竭^[4],野生种群数量快速减少。为了保护国内相关资源,学者对于青海湖裸鲤进行繁殖、营养等方面的研究^[5-7],但是目前对于青海湖裸鲤(♀)×花斑裸鲤(♂)杂交后代相关研究却未曾见到。本试验材料为青海湖裸鲤与花斑裸鲤的杂交后代,杂交不仅可以综合双亲的优良性状,还可以产生双亲没有的新性状,使后代获得可利用的杂种优势。

聚维酮碘(povidone iodine)又称碘优、强力碘^[8],是水产生殖中广泛使用的杀菌剂,具有极强的杀菌能力,也是国际公认的高效、广谱、无毒的消毒杀菌产品,对细菌有很强的灭杀作用,常用于防治水产动物烂鳃、腐皮等细菌性疾病^[9-10],但超过一定的剂量也会对水产动物产生危害。目前,国内不少学者研究了聚维酮碘对鱼类毒性,如泥鳅^[11]、鲫鱼^[12]、梭鱼^[13]等,但其对青海湖裸鲤及花斑裸鲤毒性的相关报道却很少。

本试验研究了聚维酮碘对青海湖裸鲤(♀)×花斑裸鲤(♂)杂交幼鱼的急性毒性,在此基础上探索了不同浓度聚维酮碘对于青海湖裸鲤(♀)×花斑裸鲤(♂)杂交幼鱼耗氧率的影响,为今后青海湖裸鲤(♀)×花斑裸鲤(♂)杂交幼鱼的人工养殖过程中正确使用该药提供一定的参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料及药品

材料:青海湖裸鲤(♀)×花斑裸鲤(♂)杂交幼鱼(以下简称试验鱼),由喜德正源水产良种场提供,体长7~8 cm,体质量(15.34±0.23)g,体型匀称,健康活泼。试验前在室内鱼缸暂养4 d,每天投饵2次(每日早上9点及下午6点),停食24 h再开始试验,试验期间不投饲料。

药品:聚维酮碘,由河南新乡市华畜有限公司生产,生产批号20230402,有效碘质量分数为10%。

1.2 试验设计

1.2.1 急性毒性试验

试验在(45 cm×38 cm×20 cm)的玻璃缸中进行,试验用水为曝气3 d以上的自来水,加水量为30 L,水温(19±1)°C, pH 7.5±0.3,溶解氧(dissolved oxygen, DO)(7.6±0.2)mg/L。

在预试验基础上,通过等差间距法设置聚维酮碘1.64、2.74、3.84和4.93 μmol/L共4个浓度梯度,设置一组空白对照,每个浓度梯度设置3个平行组,每个平行组放入试验鱼10尾。试验开始后持续观察试验鱼的情况,记录24、48、72、96 h聚维酮碘各浓度下试验鱼的死亡情况。试验期间每24 h更换药液1次。在试验过程中,除停食外,其他条件都和常规培养的条件相同。以鱼体失去活力,玻璃棒轻轻接触鱼体30 s内无反应为死鱼的判断依据^[14]。

聚维酮碘对试验鱼的急性毒性试验数据以3个平行组的平均值表示。根据所得数据拟合聚维酮碘溶液浓度(Y)与试验鱼死亡率(X)的回归方程,通过回归方程计算出聚维酮碘对试验鱼24、48、72、96 h的半数致死浓度(median lethal concentration, LC_{50}),并计算聚维酮碘对试验鱼的安全浓度(safe concentration, SC)^[15],计算公式如式(1)所示:

$$c_{sc}=c_{48} \times 0.3 / (c_{24} / c_{48})^2 \quad (1)$$

式中: c_{sc} 表示安全浓度,μmol/L; c_{48} 表示48 h时的半致死浓度,μmol/L; c_{24} 表示24 h时的半致死浓度,μmol/L。

1.2.2 耗氧率试验

根据急性毒性试验结果,选择安全浓度以及生产上的使用浓度进行耗氧率的测定,每个浓度设置3个平行组,每个平行组放入10尾试验鱼。将试验鱼放入盛有30 L水的玻璃缸(45 cm×38 cm×20 cm)中,试验用水为曝气3 d以上的自来水,水温(19±1)°C, pH 7.5±0.3,使用保鲜膜密封玻璃缸。玻璃缸中试验鱼死亡半数时结束试验,鱼体死亡判断标准同1.2.1。使用碘量法^[16]测量试验前和试验后水体的溶解氧质量浓度,计算耗氧率,计算公式如式(2)所示:

$$Q = [V \times (A_1 - A_2)] / M \times T \quad (2)$$

式中: Q 为耗氧率,mg/(g·h); V 为容器实际体积,L; A_1 为放鱼前水体的溶解氧质量浓度,mg/L; A_2 为试验鱼死亡半数时水体的溶解氧质量浓度,mg/L; M 为试验鱼的体质量,g; T 为试验时间,h。

1.3 数据分析

用Excel 2019对试验数据进行图表制作和基本

计算;利用 SPSS27 软件算出线性回归方程。利用 SPSS27 软件进行耗氧率以及窒息点的方差分析。

2 结果与分析

2.1 聚维酮碘对试验鱼的毒性症状及急性毒性

试验刚开始时各浓度组均未出现明显中毒现象,2 h 以后 4.93 $\mu\text{mol/L}$ 组的试验鱼出现焦虑不安的现象,之后鱼体翻肚,倒悬于水中,7 h 左右出现死

亡个体,死亡个体鳃和皮肤出现大量黏液,体色发黑。对照组幼鱼未出现异常现象和死亡个体。

不同浓度聚维酮碘处理下试验鱼平均死亡率不同,随着聚维酮碘浓度升高,试验鱼死亡数量增加,即青海湖裸鲤(♀)×花斑裸鲤(♂)杂交幼鱼(试验鱼)的死亡率随着聚维酮碘浓度的增大而升高;最高浓度试验组试验鱼在 24 h 的死亡率达到 100%,最低浓度组试验鱼在 72 h 才出现死亡个体,空白对照组 96 h 未出现死亡个体(表 1)。

表 1 不同浓度聚维酮碘处理下试验鱼的死亡率

药品浓度/ $(\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	试验鱼数量/尾	试验鱼死亡率/%			
		24 h	48 h	72 h	96 h
0.00	30	0.00	0.00	0.00	0.00
1.64	30	0.00	0.00	23.33	30.00
2.74	30	26.67	40.00	46.67	53.33
3.84	30	63.33	76.67	83.33	90.00
4.30	30	100.00	100.00	100.00	100.00

聚维酮碘溶液浓度(Y)与试验鱼死亡率(X)呈显著或极显著的线性相关;聚维酮碘溶液对试验鱼

24、48、72、96 h 的 LC_{50} 分别为 3.37、3.15、2.75 和 2.51 $\mu\text{mol/L}$,安全浓度为 0.84 $\mu\text{mol/L}$ (表 2)。

表 2 聚维酮碘对试验鱼半致死浓度(LC_{50})和安全浓度(SC)

时间/h	回归方程	r^2	$\text{LC}_{50}/(\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	P	SC/ $(\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$
24	$Y=17.498+11.819X$	0.995**	3.37	<0.01	0.84
48	$Y=15.476+11.727X$	0.987**	3.15	<0.01	
72	$Y=7.330+14.724X$	0.982**	2.75	<0.01	
96	$Y=3.713+15.579X$	0.961*	2.51	<0.05	

注:Y 聚维酮碘浓度;X 为试验鱼死亡率;*表示回归方程线性相关显著($P<0.05$)、**表示回归方程线性相关极显著($P<0.01$)。

2.2 聚维酮碘对试验鱼的耗氧率及窒息点的影响

本试验测定青海湖裸鲤(♀)×花斑裸鲤(♂)杂交幼鱼在聚维酮碘下安全浓度 0.84 和生产使用浓度 0.22 $\mu\text{mol/L}$ 的耗氧率与窒息点如表 3 所示。对于耗氧率,安全浓度组和生产使用浓度组均显著高于对照组($P<0.05$),而安全浓度组的耗氧率又显著高于生产浓度组($P<0.05$)。对于窒息点,安全浓度组显著高于生产浓度组和对照组($P<0.05$),生产浓度组高于对照组,但二者差异无统计学意义($P>0.05$)。

3 讨论与结论

聚维酮碘会影响青海湖裸鲤(♀)×花斑裸鲤(♂)杂交幼鱼的存活,浓度越高、作用时间越长,青海湖裸鲤(♀)×花斑裸鲤(♂)杂交幼鱼的死亡率越高。聚

表 3 试验鱼的耗氧率及窒息点

药品浓度/ $(\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	试验鱼耗氧率/ $(\text{mg}\cdot(\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}))$	试验鱼窒息点/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$
0	0.243 ± 0.015^c	0.363 ± 0.008^b
0.22	0.293 ± 0.009^b	0.383 ± 0.007^b
0.84	0.340 ± 0.006^a	0.417 ± 0.008^a

注:同列数据后不同小写字母表示差异有统计学意义($P<0.05$),相同小写字母表示差异无统计学意义($P>0.05$)。

维酮碘是一类广谱消毒杀菌剂,作用于体表,具有强氧化性。当前市售的聚维酮碘大多没有详细的使用说明,养殖户在水产养殖中通常凭借经验进行泼洒,有相当高的不确定性^[17],在水产苗种培育过程中聚维酮碘的用量一般控制在 0.16~0.33 $\mu\text{mol/L}$ 。

相关研究也表明鱼类种类、规格等都会影响鱼类对聚维酮碘的耐受性,如聚维酮碘对异育银鲫的安全浓度为 $2.05 \mu\text{mol/L}$ ^[18],对斜带石斑鱼幼鱼的安全浓度为 $3.94 \mu\text{mol/L}$ ^[19],对泥鳅的安全浓度为 $24.66 \mu\text{mol/L}$ ^[11]。本研究得出的安全浓度为 $0.84 \mu\text{mol/L}$,表明青海湖裸鲤(♀)×花斑裸鲤(♂)杂交幼鱼对聚维酮碘的耐受力较低,参考《化学农药环境安全评价试验准则》中农药对鱼类毒性的分类标准(表4),聚维酮碘对青海湖裸鲤(♀)×花斑裸鲤(♂)杂交幼鱼为中毒药物,在生产中可以使用,但是需要根据实际情况综合考虑各因素(如水温、水质、鱼体情况等)的影响来确定用量。

雷曼红等^[20]认为,鱼类窒息点能反映其生理机能状态,窒息点最低时是鱼类抵抗力最强、体质最

表4 不同质量浓度药物对鱼类毒性的分类标准

LC _{50,96 h} / (mg·L ⁻¹)	<0.1	0.1~1.0	>1.0~10	>10
毒性分类	剧毒	极高毒	中毒	低毒

好、生理机能最佳的时候。本研究表明安全浓度及生产浓度下,聚维酮碘显著提高青海湖裸鲤(♀)×花斑裸鲤(♂)杂交幼鱼的耗氧率,提高幼鱼窒息点。

高浓度的聚维酮碘会使青海湖裸鲤(♀)×花斑裸鲤(♂)杂交幼鱼直接死亡,低浓度的聚维酮碘会使青海湖裸鲤(♀)×花斑裸鲤(♂)杂交幼鱼的耗氧率和窒息点都显著升高,因此生产上在使用聚维酮碘时要严格控制用量,密切关注用药后幼鱼的反应,及时处置。

参考文献:

- [1] 谢振辉,吕红健,付梅,等.青海湖裸鲤不同繁殖群体繁殖特性的比较研究[J].渔业科学进展,2021,42(1):84-91.
- [2] 熊飞.青海湖裸鲤繁殖群体生物学[D].武汉:华中农业大学,2003.
- [3] 赵娟,简生龙.花斑裸鲤鱼种池塘培育应注意的问题[J].科学养鱼,2013(2):12.
- [4] 王崇瑞,张辉,杜浩,等.采用BioSonics DT-X超声波回声仪评估青海湖裸鲤资源量及其空间分布[J].淡水渔业,2011,41(3):15-21.
- [5] 李同庆,刘芸嘉,曹杰英,等.不同蛋白水平饵料对青海湖裸鲤能量收支的影响[J].河北渔业,2011(12):20-23.
- [6] 高淑慧,路友宽,梁艳红,等.不同蛋白水平饵料对青海湖裸鲤消化率的影响[J].河北渔业,2011(11):4-5+18.
- [7] 赵秀梅.青海湖裸鲤人工繁殖技术[J].河北渔业,2012(9):26-28.
- [8] 杨旭,蔡忠璐,刘霞,等.聚维酮碘对褶皱臂尾轮虫消毒的浓度[J].河北渔业,2018(6):13-14+24.
- [9] 张梁,何斌,殷亮,等.三种碘伏对温和气单胞菌的杀灭效果及安全性评价[J].河南水产,2004,58(1):26-28.
- [10] 龚路军,付国斌,李赛城,等.水产用聚维酮碘的使用技术[J].渔业致富指南,2007(11):51-52.
- [11] 张俊杰,鄢庆枇,李胜,等.聚维酮碘和二氧化氯对泥鳅的急性毒性试验[J].水产科学,2010,29(12):729-731.
- [12] 戴瑜来,谢楠,戴杨鑫,等.铜铁合剂、敌百虫、甲醛和聚维酮碘对异育银鲫“中科3号”鱼苗的急性毒性试验[J].水产养殖,2022,43(7):40-43.
- [13] 罗刚,许建和,滕亚娟.五种药物对梭鱼鱼种的急性毒性试验[J].水产科技情报,2012,39(1):42-45.
- [14] 周裕华,周文玉,潘桂平,等.4种常用药物对松江鲈鱼急性毒性试验[J].江苏农业科学,2012,40(11):256-257.
- [15] 朱庆红,李莉,赵昭.6种水产药物对金鱼苗的急性毒性试验[J].河南农业科学,2012,41(1):151-155.
- [16] 谢月莹,黎喜云.应用碘量法测定水中溶解氧的方法优化探究[J].绿色科技,2021,23(24):24-27.
- [17] 杨志强,李潇轩,马行空,等.4种常用水产药物对锦鲤幼鱼的急性毒性[J].水产学杂志,2018,31(1):25-29.
- [18] 高晓华,曹海鹏,侯三玲,等.水产用聚维酮碘对异育银鲫养殖的安全性评价[J].动物学杂志,2013,48(2):261-268.
- [19] 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,2014,33(2):69-74.
- [20] 雷曼红,陈根元,程勇,等.叶尔羌高原鳅耗氧率和窒息点的初步研究[J].水产养殖,2007,28(6):1-3.