

张健,李赫,李敬伟,等.3种水产药物对松荷鲤的急性毒性[J].渔业研究,2024,46(2):162-170.

3种水产药物对松荷鲤的急性毒性

张健,李赫,李敬伟,胡宗云,刘宗英,
肖祖国,封岩,吴丽娜,闫有利*

(辽宁省淡水水产科学研究院,辽宁省水生动物病害防治重点实验室,辽宁辽阳111000)

摘要:在水温 $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ 下,采用静水试验法研究了聚维酮碘、强氯精和高效氯氟菊酯3种常用水产药物对体长 (118.8 ± 5.63) mm、体质量 (72.75 ± 15.11) g松荷鲤(*Cyprinus carpio Songhe*)的急性毒性试验。结果显示,聚维酮碘对松荷鲤的24、48、72、96 h半致死浓度分别为870.551、790.650、694.959、654.692 mg/L,安全质量浓度为195.653 mg/L;强氯精对松荷鲤的24、48、72、96 h半致死浓度分别为23.076、19.608、15.674、13.871 mg/L,安全质量浓度为4.247 mg/L;高效氯氟菊酯对松荷鲤的24、48、72、96 h半致死浓度分别为4.620、2.216、1.205、0.847 mg/L,安全质量浓度为0.153 mg/L。3种药物对松荷鲤的毒性大小为高效氯氟菊酯>强氯精>聚维酮碘。根据有毒物质对鱼类毒性的评价标准,结果表明聚维酮碘和强氯精对松荷鲤为低毒药物,可作为生产中的首选药物;高效氯氟菊酯对松荷鲤为高毒药物,在生产中需谨慎使用。

关键词:松荷鲤;水产药物;急性毒性;半致死质量浓度(LC_{50});安全质量浓度(SC);药物毒性蓄积程度系数(MAC)

中图分类号:S965 **文献标识码:**A **文章编号:**2096-9848(2024)02-0162-09

随着中国水产养殖业规模化和高密度化养殖方式的不断发展,水产养殖动物病害已成为影响中国水产养殖业发展的一项突出问题。目前,防治水产养殖动物病害最有效、最直接的方法仍然是药物防治^[1-2]。但药物存在一定的毒性,在水中蓄积到一定的程度会对水产养殖动物产生毒害。不同品种、不同规格或不同养殖环境的水产养殖动物对同一种渔药的敏感性、耐受性和安全剂量存在较大的差异。通过鱼类急性毒性试验可以判断药物对水产养殖动物的毒性强弱,是渔药安全使用的基础和重要依据,对指导水产养殖过程中正确、有效和安全的用药具有重要的意义。

松荷鲤(*Cyprinus carpio Songhe*)是黑龙江水产研究所利用黑龙江鲤(*Cyprinus carpio haematoperus* S.)、荷包红鲤(*Cyprinus carpio* var. *wuyuanensis*)和散鳞镜鲤(*Cyprinus carpio* L. *mirror*)进行三元杂交选育技术培育的鲤鱼品种,2004年被全国水产原种和良种审定委员会评为水产优良养殖品种^[3],具有抗寒和生长速度快等优点^[4]。松荷鲤对环境的适应性也较强,在寒温带和暖温带均可生长,是目前中国北方地区重要的鲤鱼养殖品种之一。辽宁省淡水水产科学研究院于2000年前后引入该品种,近年来人工繁养殖技术不断成熟,养殖规模不断扩大,病

收稿日期:2023-12-18

基金项目:国家现代农业产业技术体系(CARS-45);辽宁省农业科学院科技创新研究专项资金(2022DD279148)

作者简介:张健(1980—),男,高级工程师,主要研究方向:淡水养殖。E-mail:zhanglnly@126.com

通信作者:闫有利(1969—),男,教授级高级工程师,研究方向:水产增养殖。E-mail:yyllyln@126.com

害防治工作也引起大家的关注。目前，公开资料中尚未出现松荷鲤病害防治的相关研究，为准确地了解松荷鲤对常用渔药的敏感性和耐受性，本试验选择聚维酮碘、强氯精和高效氯氰菊酯 3 种水产药物对松荷鲤进行急性毒性试验，以探讨其对松荷鲤的毒性影响，为生产中的科学防治和合理用药提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验所用松荷鲤来自辽宁省淡水水产科学研究院试验场，体长为 (118.8 ± 5.63) cm、体质量为 (72.75 ± 15.11) g，随机挑选体质健康、规格接近、非免疫状态下的松荷鲤用于试验。先于暂养池中暂养 1 周，每天投饲 2 次，试验开始前 24 h 停止投饲。

试验用水为曝气 3 d 的自来水，增氧机持续供氧，箱体内水温为 (20 ± 1) ℃，溶解氧在 7.0 mg/L 以上，pH 在 6.9 ~ 7.5 之间。聚维酮

碘、强氯精和高效氯氰菊酯 3 种试验用渔药详见表 1。

1.2 试验方法

试验采用静水试验法^[5-7]。按照水产疾病防治中常用剂量适当扩大或缩小质量浓度范围进行预试验，持续观察 96 h，依据预试验结果 24 h 全部致死的最低质量浓度和 96 h 无死亡的最高质量浓度，确定正式试验的浓度范围，按照等对数间距设置 5 个试验浓度梯度（表 2）。每种药物浓度设 3 个平行组，每种药物另设 1 个空白对照。将 1 440 尾松荷鲤随机放入 48 个塑料圆桶（ $S=0.5\text{ m}^2$ ， $h=0.6\text{ m}$ ）中，每桶放入 30 尾。先将试验药物配成母液，之后根据试验浓度要求现用现配，每 24 h 更换一次药液。试验开始后连续观察 8 h 松荷鲤的游动情况及中毒症状，分别记录 24、48、72 和 96 h 各质量浓度的松荷鲤死亡和存活数量。将死亡个体及时挑出后，用玻璃棒触碰尾柄 5 min 无反应即可判定为死亡。

表 1 试验用渔药的规格和成分
Tab. 1 The specification and composition of three drugs

药品名称 Drugs	性状 Characters	有效成分及含量 Effective constituent and mass fraction	生产厂家 Manufacturers
聚维酮碘溶液 Povidone iodine solution	红棕色液体	聚维酮碘，10%	武汉中博水产生物技术有限公司
高氯 High chlorine	白色粉末	强氯精，50%	北京和健生物技术开发有限公司
弄水停 Lambda - cyhalothrin	黄色液体	高效氯氰菊酯，4.5%	武汉中博水产生物技术有限公司

1.3 数据处理

采用寇氏法（Karder）^[8] 计算半致死质量浓度（ LC_{50} ）、安全质量浓度（SC）和 LC_{50} 的 95% 的置信区间（ X ）。利用 Excel 2016 软件进行统计分析，建立药物质量浓度对数与死亡率的直线回归方程。运用药物毒性蓄积程度系数（MAC，%）分析松荷鲤体内药物的蓄积和降减变化^[9]，相关公式如下^[10-11]：

$$\log LC_{50} = X_m - d \left(\sum p - 0.5 \right) \quad (1)$$
$$SC = 48\text{ h } LC_{50} \times 0.3 / (24\text{ h } LC_{50} / 48\text{ h } LC_{50})^2$$

$$X = \log^{-1}(\log LC_{50} \pm 1.96 \times d \left[\sum (pq/n) \right]^{0.5}) \quad (2)$$
$$\quad \quad \quad (3)$$

$$MAC = 100 \times (t_1 LC_{50} - t_2 LC_{50}) / (t_0 LC_{50} - t_m LC_{50}) \quad (4)$$

式（1）~（4）中： $X_{\max}$ 为死亡组最大剂量的对数； d 为相邻组浓度对数差； p 为各组的死亡率， $\sum p$ 为各组死亡率的总和； q 为存活率； n 为每组试验鱼尾数； $t_1 LC_{50}$ 和 $t_2 LC_{50}$ 分别为 t_1 、 t_2 时刻的半致死浓度， $t_0 LC_{50}$ 和 $t_m LC_{50}$ 分别为试验

初始和结束时半致死浓度。

2 结果与分析

2.1 聚维酮碘对松荷鲤急性毒性

松荷鲤在不同质量浓度聚维酮碘溶液中的死亡情况见表 3。随着药物质量浓度的增加和胁迫时间的延长，聚维酮碘对松荷鲤的毒性作

用明显增强，死亡率增大。药物浓度达到 1 000 mg/L 时，鱼体反应比较敏感，四处窜游，头部浮出水面，持续一段时间后活动力减弱，对外界刺激不敏感，3 h 出现死亡，24 h 死亡率为 90%，48 h 死亡率达 100%。低浓度组鱼体中毒症状不明显，当质量浓度为 600 mg/L 时，96 h 死亡率为 30%。

表 2 3 种渔药质量浓度
Tab. 2 The mass concentration of three drugs

试验药物 Test drugs	药物质量浓度/(mg/L) Mass concentration				
	I	II	III	IV	V
聚维酮碘 Povidone iodine	500.00	600.00	710.00	840.00	1 000.00
强氯精 Trichloroisocyanouracic acid	9.00	14.23	22.50	35.57	56.23
高效氯氰菊酯 Lambda - cyhalothrin	0.45	0.91	1.84	3.71	7.50

表 3 不同质量浓度聚维酮碘对松荷鲤的累计死亡率
Tab. 3 Mortality of *C. carpio Songhe* at different mass concentrations of povidone iodine

药物质量浓度/(mg/L) Mass concentration	死亡率/% Mortality rate			
	24 h	48 h	72 h	96 h
0	0	0	0	0
500.00	0	0	0	0
600.00	14.44	20.00	20.00	30.00
710.00	5.56	15.56	50.00	64.44
840.00	20.00	50.00	90.00	100.00
1 000.00	90.00	100.00	—	—

2.2 强氯精对松荷鲤急性毒性

松荷鲤在不同质量浓度强氯精溶液中的死亡情况见表 4。松荷鲤对强氯精反应敏感，放入不同质量浓度药液后，鱼体表现出狂躁不安、四处撞壁、侧游、打转和跳出水面现象。随着中毒情况的加深，活动力减弱，游动缓慢。其中，当强氯精药液

质量浓度为 56.23 mg/L 时，松荷鲤 1 h 内出现死亡，24 h 全部死亡；当其质量浓度为 35.57 mg/L 和 22.50 mg/L 时，松荷鲤 2 h 开始死亡，24 h 死亡率分别为 60% 和 50%，96 h 全部死亡；当其质量浓度为 14.23 mg/L 时，松荷鲤 3 h 开始死亡，24、96 h 死亡率分别为 34.44% 和 55.56%。

表 4 不同质量浓度强氯精对松荷鲤的累计死亡率

Tab. 4 Mortality of <i>C. carpio Songhe</i> at different mass concentrations of Trichloroisocyanouracic acid				
药物质量浓度/(mg/L) Mass concentration	死亡率/% Mortality rate			
	24 h	48 h	72 h	96 h
0	0	0	0	0
9.00	0	0	0	0
14.23	34.44	40.00	50.00	55.56
22.50	50.00	60.00	84.44	100.00
35.57	60.00	80.00	94.44	100.00
56.23	100.00	—	—	—

2.3 高效氯氰菊酯对松荷鲤急性毒性

松荷鲤在不同质量浓度高效氯氰菊酯溶液中的死亡情况见表 5。松荷鲤对高效氯氰菊酯非常敏感，当药液质量浓度为 0.45 mg/L 时，虽未出现死亡，但与对照组相比，出现游速加快、四处窜游现象。随着药物质量浓度的增加，松荷鲤反应非常剧烈，出现撞壁、仰游、跳出水面等现

象，而后鱼体活力减弱、轻摆尾、呼吸急促、唇部发红，在死亡鱼体的腹部出现多处出血点。在药物质量浓度为 0.91 mg/L 时，松荷鲤 11 h 开始死亡，24 h 死亡率为 4.44%，96 h 死亡率为 60%。当药物质量浓度为 1.84、3.71、7.50 mg/L 时，松荷鲤 24 h 死亡率分别为 10%、20% 和 84.44%，96 h 均全部死亡。

表 5 不同质量浓度高效氯氰菊酯对松荷鲤的累计死亡率

Tab. 5 Mortality of <i>C. carpio Songhe</i> at different mass concentrations of lambda – cyhalothrin				
药物质量浓度/(mg/L) Mass concentration	死亡率/% Mortality rate			
	24 h	48 h	72 h	96 h
0	0	0	0	0
0.45	0	0	0	0
0.91	4.44	4.44	20.00	60.00
1.84	10.00	34.44	90.00	100.00
3.71	20.00	84.44	100.00	—
7.50	84.44	100.00	—	—

2.4 三种水产药物对松荷鲤的半致死质量浓度和安全质量浓度

根据相关计算公式得出聚维酮碘、强氯精和高效氯氰菊酯对松荷鲤的半致死质量浓度 (LC₅₀)、LC₅₀ 的 95% 置信区间 (*X*)、安全质量浓度 (SC) 和药物毒性蓄积程度系数 (MAC)，如表 6 所示，聚维酮碘对松荷鲤 24、48、72、96 h LC₅₀ 值分别为 870.551、790.650、694.959 和 654.692 mg/L，SC 为 195.653 mg/L；强氯精对松荷鲤 24、48、72、96 h LC₅₀ 值分别为 23.076、19.608、15.674 和 13.871 mg/L，SC 为 4.247 mg/L；高效氯氰菊酯对松荷鲤 24、48、72、96 h LC₅₀ 值分别为 4.620、2.216、1.205 和

0.847 mg/L，SC 为 0.153 mg/L。聚维酮碘对松荷鲤 48、72、96 h MAC 值分别为 37.015%、44.330%、18.654%；强氯精对松荷鲤 48、72、96 h MAC 值分别为 37.675%、42.738% 和 19.587%；高效氯氰菊酯对松荷鲤 48、72、96 h MAC 值分别为 63.716%、26.796%、9.488%。

从表 7 可见，3 种药物在相同的试验时间条件下，不同试验药物质量浓度对松荷鲤的致死效果存在显著差异（聚维酮碘 24 h、强氯精 96 h 和高效氯氰菊酯 96 h 除外）。另外，通过建立 3 种渔药不同质量浓度与松荷鲤死亡率的回归方程，结果表明渔药对松荷鲤的致死率与其质量浓度呈较强的正相关性。

表 6 3 种渔药对松荷鲤的急性毒性特征分析
Tab. 6 Analysis of acute toxicity of three drugs on *C. carpio Songhe*

试验药物 Test drugs	时间/h Time	半致死浓度 (LC ₅₀)/ (mg/L) Median lethal concentration	95% 置信区间/ (mg/L) 95% confidence interval	药物毒性蓄积程度 系数(MAC)/% Toxicity accumulation coefficient	安全质量浓度 (SC)/ (mg/L) Safe concentration
聚维酮碘 Povidone iodine	24	870.551	836.385 ~ 906.972	—	195.653
	48	790.650	755.318 ~ 827.695	37.015	
	72	694.959	665.208 ~ 726.178	44.330	
	96	654.692	628.244 ~ 682.137	18.654	
强氯精 Trichloroisocy – anouracic acid	24	23.076	20.083 ~ 26.495	—	4.247
	48	19.608	17.181 ~ 22.333	37.675	
	72	15.674	14.052 ~ 17.469	42.738	
	96	13.871	12.784 ~ 15.043	19.587	
高效氯氰菊酯 Lambda – cyhalothrin	24	4.620	3.926 ~ 5.446	—	0.153
	48	2.216	1.893 ~ 2.600	63.716	
	72	1.205	1.063 ~ 1.367	26.796	
	96	0.847	0.749 ~ 0.958	9.488	

注：聚维酮碘有效成分为 10%；强氯精有效成分为 50%；高效氯氰菊酯有效成分为 4.5%。

Notes: The effective content of povidone iodine was 10%; the effective content of trichloroisocyanouracic acid was 50%; the effective content of lambda – cyhalothrin was 4.5%.

表 7 3 种药物对松荷鲤急性毒性的回归方程分析
Tab. 7 Regression equations of acute toxicity of three drugs on *C. carpio Songhe*

试验药物 Test drugs	时间/h Time	回归方程 Regression equation	相关系数 <i>r</i> Correlation coefficient	拟合度 <i>R</i> ² <i>R</i> – squared	<i>F</i> 值/ <i>P</i>
聚维酮碘 Povidone iodine	24	$y = 2.4858x - 6.8259$	0.8041	0.6465	5.841
	48	$y = 3.0717x - 8.3839$	0.9203	0.8470	17.770*
	72	$y = 3.6029x - 9.7503$	0.9857	0.9717	85.507**
	96	$y = 3.6072x - 9.6944$	0.9722	0.9451	44.946**
强氯精 Trichloroisocyanouracic acid	24	$y = 1.1361x - 1.0481$	0.9772	0.9549	63.527**
	48	$y = 1.2065x - 1.0713$	0.9864	0.9730	108.000**
	72	$y = 1.2266x - 1.0025$	0.9306	0.8660	19.380*
	96	$y = 1.2266x - 0.9465$	0.8744	0.7645	9.732
高效氯氰菊酯 Lambda – cyhalothrin	24	$y = 0.6024x + 0.0768$	0.8409	0.7071	7.352*
	48	$y = 0.9167x + 0.2017$	0.9676	0.9362	44.126**
	72	$y = 0.9169x + 0.3776$	0.9193	0.8451	15.853*
	96	$y = 0.7861x + 0.5122$	0.8663	0.7505	8.883

注：* 表示差异显著 (0.01 < *P* < 0.05)；** 表示差异极显著 (*P* < 0.01)。

Notes: * represented significant difference (0.01 < *P* < 0.05)；** represented extreme significant difference (*P* < 0.01) .

3 讨论

3.1 三种水产药物对松荷鲤的毒性

半致死质量浓度 (LC_{50}) 是衡量毒性的指标。在鱼类急性毒性试验中, 常用来衡量水产药物对试验鱼毒性的大小。 LC_{50} 值越大, 药物毒性越小。依据国家环保总局发布的毒性分类标准, 以 96 h LC_{50} 为评判对象, 将有毒物质对鱼类的毒性分为 4 个等级^[12]: 96 h $LC_{50} > 10.0$ mg/L 为低毒; 1.0 ~ 10.0 mg/L 为中毒; 0.1 ~ 1.0 mg/L 为高毒; 96 h $LC_{50} < 0.1$ mg/L 为剧毒。根据这一标准, 聚维酮碘和强氯精 96 h LC_{50} 分别为 654.692、13.871 mg/L, 判定为低毒性药物; 高效氯氰菊酯 96 h LC_{50} 为 0.847 mg/L, 判定为高毒性药物。三种药物对松荷鲤的毒性大小依次为: 高效氯氰菊酯 > 强氯精 > 聚维酮碘。因此, 聚维酮碘和强氯精在施药时较为安全, 而高效氯氰菊酯毒性较大, 应多注意观察。另外, 在相同染毒时间内, 药物质量浓度越高, 鱼体死亡率越高, 表现出药物质量浓度和效应关系; 在同一浓度下, 染毒时间越长, 鱼体死亡率越高, 表现出药物胁迫时间与效应关系。

药物毒性蓄积程度系数 (MAC) 常作为生物体对毒物敏感程度差异的指示参数, 用来分析生物体对药物的蓄积与降减动态^[1, 13]。MAC 值越大, 毒性蓄积程度越高, 致死率也越高。当 MAC 值 > 0 时, 药物在生物体内蓄积的速度大于降减的速度。由表 6 可知, 3 种水产药物的 MAC 值均大于 0, 说明药物毒性蓄积速度均大于降减速度, 药物的毒性蓄积具有累加效应。另外, 3 种药物 MAC 值随着试验时间的延长表现出不同的变化趋势, 其中聚维酮碘和强氯精对松荷鲤的 MAC 值在 48 ~ 72 h 分别达到高值 44.330% 和 42.738%, 毒性蓄积最强, 随后降低, 毒性蓄积作用开始减弱; 高效氯氰菊酯随试验时间的延长而下降, 毒性蓄积作用逐渐减弱, 从 24 ~ 48 h 的 63.716% 降减至 72 ~ 96 h 的

9.488%, 与另两种药物相比降减幅度更大, 药物毒性蓄积程度大幅降低。

3.2 松荷鲤对三种水产药物的耐受性

药物的耐受性是生物体对药物反应的一种适应性状态和结果, 与试验对象和规格大小呈现一定的差异性。聚维酮碘对泥鳅 (*Misgurnus anguillicaudatus*)^[14]、黄河鲤 (*Cyprinus carpio haematopterus*)^[15]、鲈鲤 (*Percocypris pingi*)^[16] 的 96 h LC_{50} 分别为 360、18.8 和 65.13 mg/L。本试验中聚维酮碘对松荷鲤的 96 h LC_{50} 为 654.692 mg/L, 高于泥鳅的耐受性, 远高于黄河鲤和鲈鲤的药物耐受性; 强氯精对福瑞鲤 (FFRC strain common carp, *Cyprinus carpio*)^[17]、梭鲈 (*Lucioperca lucioperca*)^[18]、卡拉白鱼 (*Chalcalburnus chalcoides aralensis*)^[19] 96 h LC_{50} 有效成分浓度分别为 12.176、0.705 和 0.895 mg/L。本试验中强氯精对松荷鲤的 96 h LC_{50} 有效成分浓度为 6.936 mg/L, 低于福瑞鲤的耐受性, 而高于梭鲈和卡拉白鱼的耐受性。高效氯氰菊酯对大刺鳅 (*Masracembelue armatu*)^[20] 和鲫 (*Carassius auratus*)^[21] 96 h LC_{50} 分别为 0.268、0.011 3 mg/L。本试验中高效氯氰菊酯对松荷鲤的 96 h LC_{50} 为 0.847 mg/L, 高于大刺鳅和鲫对药物的耐受性。

3.3 三种水产药物对松荷鲤的安全性

聚维酮碘为碘和聚乙烯吡咯烷酮 (PVP) 的络合物, 溶液呈红棕色、酸性。PVP 对菌膜进行有效亲和, 将其所载有的碘与细胞膜结合, 使硫化化合物、肽、蛋白质、酶、脂质等氧化或碘化, 从而达到抑制或杀灭大部分细菌、真菌、病毒等效果^[22-24]。另外, 聚维酮碘溶液中通过逐渐释放游离碘, 起到缓释作用, 使杀菌作用更加持久, 是一种高效、低毒、广谱、无毒副作用及无残留的杀菌剂。

本试验结果表明, 聚维酮碘的安全质量浓度为 195.653 mg/L, 远高于黄河鲤幼鱼^[15] 和锦鲤 (*Cyprinus carpio*) 幼鱼^[25] 的安全质量浓度 (分别为 5.6 mg/L 和 11.49 mg/L), 高于泥鳅^[14] 的安

全质量浓度 (90 mg/L)。在日常生产中, 聚维酮碘的常用泼洒质量浓度为 0.45 ~ 0.75 mg/L, 远低于本试验的安全质量浓度, 因此聚维酮碘可作为松荷鲤日常杀菌消毒的首选药物。

强氯精化学名称为三氯异氰尿酸, 是一种极强的漂白剂、氯化剂和消毒剂。在渔业水产中应用较为广泛。强氯精溶于水后产生次氯酸, 而次氯酸可释放活性氯和新生态氧, 将菌体的蛋白质氧化或有效氯直接作用于菌体蛋白质^[18-19, 26], 起到水质环境改良, 以及对病原微生物, 包括细菌、真菌及病毒等消杀作用, 效果高于一般的氯化剂, 是一种高效、光谱、较为安全的杀菌消毒剂。

强氯精对松荷鲤的安全质量浓度为 4.247 mg/L, 高于黄颡鱼 (*Pelteobagrus fulvidraco*)^[27] 的 0.23 mg/L 和斑点叉尾鲴 (*Ictalurus punctatus*)^[28] 的 0.62 mg/L, 与鳊 (*Elopichthys bambusa*) 幼鱼^[29] 的安全质量浓度 4.43 mg/L 相当。强氯精对松荷鲤的安全质量浓度远高于生产用量 0.15 ~ 0.23 mg/L, 说明松荷鲤对强氯精的耐受性较强, 因此其可被放心使用。另外, 在水质较肥沃、透明度低的池塘, 部分高氯会被消耗, 在安全质量浓度范围内可适当增加剂量。

高效氯氰菊酯是拟除虫菊酯类药物, 氯氰菊酯的高效异构体, 对寄生虫以触杀为主, 兼有胃毒作用。其毒性作用机制是与神经膜上的通道相互作用, 影响正常 Na^+ 流, 进而引起毒性反应^[25, 30]。在水产养殖中, 高效氯氰菊酯主要用于杀灭寄生于鱼体上的寄生虫。但高效氯氰菊酯通过鳃吸附进入鱼体内后, 对鱼体的神经系统和呼吸系统等造成比较严重的影响。

本试验中, 高效氯氰菊酯的安全质量浓度为 0.153 mg/L, 低于河川沙塘鳢 (*Odontobutis potamophlia*) 幼鱼^[30] 的安全质量浓度 0.725 mg/L, 高于大刺鲃幼鱼的安全质量浓度 0.027 mg/L^[20], 同时也远高于生产用量 0.02 ~ 0.03 mg/L。需要注意的是, 本试验低浓度药液中松荷鲤 96 h 虽

未出现死亡, 但已引起鱼体呼吸急促、运动失调等中毒症状, 待一段时间后逐渐恢复正常状态。因此, 即使在安全质量浓度内用药, 需根据鱼体状态、天气情况和水体环境谨慎使用。

在松荷鲤人工养殖鱼病防治中, 聚维酮碘、强氯精和高效氯氰菊酯均可安全使用。但在实际的使用过程中, 在安全质量浓度范围内还要考虑外界条件因素, 如养殖温度、水体中有机物和溶解氧等的影响^[31], 另外鱼体的大小、生理状态等也会影响其耐药性, 因此在用药过程中还需结合实际情况, 并密切观察鱼类的活动情况, 以确保用药安全和有效。

参考文献:

- [1] 钟全福, 陈斌, 樊海平, 等. 常用渔药对似鲃幼鱼的急性毒性及安全评价 [J]. 福建农业学报, 2021, 36 (9): 1054 - 1062.
- [2] 刘银华, 何国森, 钱毅, 等. 5 种常用消毒剂对锦鲤幼鱼的急性毒性试验 [J]. 渔业研究, 2019, 41 (1): 70 - 74.
- [3] 张延军. 农业部发布推广养殖的水产新品种 [J]. 畜牧兽医科技信息, 2004 (3): 56.
- [4] 石连玉, 李飞, 贾智英, 等. 选育品种松荷鲤遗传结构研究 [J]. 海洋湖沼通报, 2012, 3 (4): 104 - 112.
- [5] 周永欣, 章宗涉. 水生生物毒性试验方法 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1989.
- [6] 卢玲, 宋福. 鱼类急性毒性实验 [J]. 生物学通报, 2002, 37 (7): 52 - 53.
- [7] 张娜. 鱼类急性毒性实验及其条件选择 [J]. 水利渔业, 1999, 19 (6): 6.
- [8] 吴邦灿, 费龙. 现代环境监测技术 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1999: 252 - 254.
- [9] 罗鸣钟, 杨曼绮, 郭坤, 等. 4 种有机磷农药对黄鳝幼鱼的急性毒性研究 [J]. 淡水渔业, 2018, 48 (5): 66 - 72.
- [10] 菅玉霞, 李莉, 王晓光, 等. 4 种常用水产药物对黄姑鱼幼鱼的急性毒性 [J]. 水产科技情报, 2022, 49 (3): 143 - 149.
- [11] 李文康, 骆小年, 叶仕根, 等. 6 种常用水产药物

- 对北方须鳊幼鱼的急性毒性试验 [J]. 辽东学院学报, 2021, 28 (1): 15–21.
- [12] 国家环境保护局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法 [M]. 第四版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 727–729.
- [13] 刘祖毅, 王志铮, 吕敢堂, 等. 3种有机磷农药对黑鲟幼鱼的急性毒性研究 [J]. 浙江海洋学院学报 (自然科学版), 2010, 29 (1): 20–24.
- [14] 张俊杰, 鄢庆枇, 李胜忠, 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.
- [15] 林伟, 杨治国, 杨东辉. 聚维酮碘对黄河鲤鱼急性毒性研究及安全评价 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2018 (12): 182–183.
- [16] 张建明, 姜华, 田甜, 等. 3种水产药物对鲈鲤和白甲鱼的急性毒性试验 [J]. 水产科学, 2018, 37 (5): 628–633.
- [17] 薛凌展, 樊海平, 吴斌. 6种常用渔药对福瑞鲤的急性毒性试验 [J]. 福建水产, 2012, 34 (4): 296–301.
- [18] 韩小丽, 高攀, 胡建勇, 等. 七种常用水产药物对梭鲈幼鱼的急性毒性 [J]. 水产学杂志, 2015, 28 (3): 26–29.
- [19] 张健, 李赫, 宋文华, 等. 阿维菌素等三种常规渔药对卡拉白鱼的急性毒性 [J]. 河北渔业, 2017 (5): 8–11.
- [20] 陈斌, 樊海平, 钟全福, 等. 6种常用渔药对大刺鳊苗种的急性毒性试验 [J]. 渔业研究, 2018, 40 (4): 302–307.
- [21] 高平. 高效氯氰菊酯对鲫的安全性评价及其相关研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2007: 21.
- [22] 张健, 李赫, 宋文华, 等. 三种常用水产药物对卡拉白鱼的急性毒性 [J]. 水产学杂志, 2017, 30 (4): 40–43, 58.
- [23] 吕业坚, 黄彩林, 袁宗伟, 等. 七种常用药物对光倒刺鲃的急性毒性试验 [J]. 水产科技情报, 2008, 35 (4): 182–189.
- [24] 吴建绍, 李雷斌, 朱志煌, 等. 6种药物对双斑东方鲀 (*Fugu bimaculatus*) 幼鱼的急性毒性试验 [J]. 渔业研究, 2017, 39 (6): 455–462.
- [25] 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.
- [26] 张俊杰, 美合日阿依·喀斯木. 强氯精对白斑狗鱼幼鱼的急性毒性试验 [J]. 新疆农业科技, 2021 (6): 35–37.
- [27] 张耀武, 陈万光, 郑建武. 5种常用渔药对黄颡鱼鱼种的急性毒性实验 [J]. 水生态学杂志, 2009, 2 (1): 122–125.
- [28] 房春英, 方晨晨, 杜斌, 等. 三氯异氰尿酸对斑点叉尾鲴的毒性实验 [J]. 当代水产, 2010 (8): 68–69.
- [29] 赵明军, 张洪玉, 夏磊, 等. 常用消毒剂对水产动物的毒性 [J]. 中国水产, 2011 (5): 46–47.
- [30] 刘怡然, 黄阳阳, 吴琴, 等. 3种常见渔药对河川沙塘鳢幼鱼的急性毒性 [J]. 湖北农业科学, 2020, 59 (22): 142–145, 150.
- [31] Furuta T, Iwata N, Kikuchi K. Effects of fish size and water temperature on the acute toxicity of boron to Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and red sea bream *Pagrus major* [J]. Fisheries Science, 2007, 73 (2): 356–363.

The acute toxicity of three aquatic drugs to *Cyprinus carpio Songhe*

ZHANG Jian, LI He, LI Jingwei, HU Zongyun, LIU Zongying,

XIAO Zuguo, FENG Yan, WU Lina, YAN Youli*

(Liaoning Key Laboratory of Aquatic Animal Diseases Control, Liaoning Institute of Freshwater Fisheries,
Liaoyang 111000, China)

Abstract: The acute toxicity of povidone iodine, trichloroisocyanuric acid, and lambda – cyhalothrin on *Cyprinus carpio Songhe* [(118.8 ± 5.63) cm in length, (72.75 ± 15.11) g in body mass] was investigated at a water temperature of (20 ± 1) °C using a static bioassay method. The results revealed that the median lethal concentration (LC₅₀) of povidone iodine was 870.551 mg/L at 24 h, 790.650 mg/L at 48 h, 694.959 mg/L at 72 h, and 654.692 mg/L at 96 h, with a safe concentration of 195.653 mg/L. For trichloroisocyanuric acid, the LC₅₀ was 23.076 mg/L at 24 h, 19.608 mg/L at 48 h, 15.674 mg/L at 72 h, and 13.871 mg/L at 96 h, with a safe concentration of 4.247 mg/L. The LC₅₀ of lambda – cyhalothrin was 4.620 mg/L at 24 h, 2.216 mg/L at 48 h, 1.205 mg/L at 72 h, and 0.847 mg/L at 96 h, with a safe concentration of 0.153 mg/L. The descending order of toxicity among the three substances to *C. carpio Songhe* was lambda – cyhalothrin > trichloroisocyanuric acid > povidone iodine. Based on toxicity evaluation criteria, povidone iodine and trichloroisocyanuric acid exhibited low toxicity for *C. carpio Songhe* and could be considered as the preferred choices in practical applications. However, lambda – cyhalothrin demonstrated high toxicity for *C. carpio Songhe*, requiring careful consideration and cautious use in practice.

Key words: *Cyprinus carpio Songhe*; aquatic drugs; acute toxicity; median lethal concentration (LC₅₀); safe concentration (SC); toxicity accumulation coefficient (MAC)