

# 乌苏里拟鲿的不可逆点、窒息点及其对 5 种常见渔药的敏感性研究

何华敏, 黄鹤忠, 范皖苏, 徐汗福, 贾一何, 李倩倩

(苏州大学 医学部 基础医学与生物科学学院, 苏州大学 水产研究所, 江苏 苏州 215123)

**摘要:** 通过实验生态学方法, 研究了乌苏里拟鲿(*Pseudobagrus ussuriensis*)的初次摄食率、不可逆点、窒息点以及对 5 种常见渔药的敏感性。结果表明: 水温 22~23℃条件下, 乌苏里拟鲿第 7 日龄初次摄食率达到最高值 100%, 仔鱼不可逆点(PNR)发生在孵化后第 13 天; 窒息点与水温呈正相关性( $R=0.909\ 3$ ,  $P<0.001$ )、与体质量呈负相关性( $R=-0.881\ 6$ ,  $P<0.05$ ); 水温 24~25℃条件下, 乌苏里拟鲿对硫酸铜+硫酸亚铁合剂(比例 5:2)、高锰酸钾、硫酸铜、甲醛、氯化钠 5 种渔药的安全浓度分别为 0.34、0.24、0.27、4.03、1135.56 mg/L, 对 5 种药物敏感性依次排序为: 高锰酸钾>硫酸铜>硫酸铜+硫酸亚铁合剂>甲醛>氯化钠。

**关键词:** 乌苏里拟鲿(*Pseudobagrus ussuriensis*); 急性毒性; 安全质量浓度; 不可逆点; 窒息点; 渔药  
**中图分类号:** S932.7      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-3096(2011)04-0026-07

乌苏里拟鲿(*Pseudobagrus ussuriensis*)隶属于鲿形目(Siluriformes)、鲿科(Bagridae)、拟鲿属(*Pseudobagrus*), 是鲿科鱼类中生长速度最快的种类, 最大个体长度可达 1 m<sup>[1]</sup>。因其肉质细嫩、味道鲜美、价格昂贵, 具有很高的营养价值和经济价值, 倍受广大消费者喜爱。目前主要分布于中国黑龙江水系。然而, 由于生态环境的改变和人类活动的影响, 使其自然产量明显下降, 已成为稀有种类; 中国的太湖及洪泽湖等水域虽然仍有乌苏里拟鲿分布, 但数量极稀少, 正面临资源枯竭的危险<sup>[2]</sup>。当前, 乌苏里拟鲿的人工养殖正在兴起, 其人工繁育和苗种培育技术方面的研究已有零星报道<sup>[3-5]</sup>, 但在养殖生物学方面的系统研究尚未见开始。本文通过不可逆点、窒息点及其对 5 种常见渔药的敏感性 3 个方面的实验, 探讨影响乌苏里拟鲿早期发育阶段存活率的关键因素, 从而为人工繁殖、初次摄食期仔鱼人工驯化、苗种培育、病害防治以及资源保护提供的技术参数。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验鱼

试验鱼来源于江苏省淮安市水产研究所良种场鱼苗生产基地。选择刚出膜的健康仔鱼做初次摄食率与不可逆点试验; 用平均体质量分别为(1.32±0.09)g、

(4.15±0.21) g、(12.68±0.68) g 3 种规格的体质健壮稚、幼鱼做不同规格下该鱼窒息点的实验; 用平均体质量为(3.50±0.24) g 的体质健壮幼鱼进行不同水温下的窒息点和药物急性毒性实验。

### 1.2 试验用水

试验用水为曝气 5 d 以上的自来水, pH 值为 7.0~7.5, 溶氧为 6.0~6.5 mg/L。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 仔鱼初次摄食率与不可逆点试验

在 3 个水体为 40 cm×25 cm×25 cm 的玻璃缸内随机放入刚出膜的初孵仔鱼 500 尾/缸, 水温 22~23℃, 微充气, 不投饵。每天上午 8 时, 从每缸中随机取样 20 尾仔鱼移入水体为 2 L 的广口瓶中, 投喂初孵虫, 2 h 后将仔鱼取出, 用 5% 福尔马林固定后, 在显微镜下逐一检查仔鱼的摄食情况, 并计算初次摄食率。根据殷名称<sup>[6]</sup>采用的方法确定仔鱼耐受饥饿的时间临界点, 即不可逆点(PNR)。每日测定饥饿仔鱼的初次摄食率, 当所测定的饥饿仔鱼初次摄食率

收稿日期: 2010-07-18; 修回日期: 2011-02-23

基金项目: 江苏省科技厅科技支撑项目(BE2009340); 苏州市科技局科技支撑项目(SNG0912)

作者简介: 何华敏(1983-), 男, 福建漳州人, 硕士研究生, 主要从事水生生物和环境保护学研究; 黄鹤忠, 通信作者, 副教授, 硕士生导师, E-mail: suda-shui@163.com

低于最高初次摄食率 50%时的孵化后天数,即为 PNR (d)。

### 1.3.2 窒息点试验

采用静水呼吸室法。呼吸室体积约 4 L, 试验用水初始溶氧量为 6.0~6.5 mg/L, 每个呼吸室中放入试验鱼 10 尾, 以液体石蜡封面, 观察记录乌苏里拟鲮窒息时的症状, 当呼吸室内的实验鱼有 50% 出现窒息死亡时, 立即用虹吸法取水样, 用温克勒 (Winkler) 碘量法测定其溶氧量(即为窒息点); 分别进行 3 种不同规格乌苏里拟鲮[体质量分别为(1.32±0.09) g、(4.15±0.21) g、(12.68±0.68) g]的窒息点试验, 以及不同温度(7、12、19、22、27、30 )条件下乌苏里拟鲮[体质量为(3.50±0.24) g]的窒息点试验。各试验组均设 3 个平行。

### 1.3.3 急性毒性试验

试验药物选择硫酸铜与硫酸亚铁合剂(比例 5 : 2, CuSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O 99%, FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 99%)、KMnO<sub>4</sub> 99.5%、CuSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O 99%、HCHO 37%~40%、NaCl 99.5% 5 种常见渔药, 试验药物先配成母液, 再按比例稀释成所需质量浓度, 试验药液现配现用。通过预备试验, 确定了各药物急性毒性试验的质量浓度范围。然后, 按等对数间距设置 5 个质量浓度组和 1 个对照组(表 1), 每个实验组设 3 个重复。每质量浓度组随机放入同批次健康幼鱼[体质量(3.50±0.24)g] 10 个于盛有 8 L 药液的玻璃缸(40 cm × 25 cm × 25 cm)中。试验开始后连续观察, 记录中毒和死亡症状, 用玻璃棒轻轻触动鱼体, 5 min 后仍然不动者视为死亡个体, 及时剔除死亡个体。统计各实验组 24、48、72、96 h 的死亡率。试验期间对挥发性较大的甲醛实验组, 每隔 24 h 换药液 1 次, 以保证试验药物的质量浓度维持在恒定水平; 其他四种药物在整个试验期间均不换液。

表 1 急性毒性试验渔药及其分组质量浓度  
Tab. 1 Concentrations of the aquacultural drugs in acute toxicity tests

试验药物	质量浓度(mg/L)				
	2.00	2.97	3.54	4.20	5.00
CuSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O+ FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	2.00	2.38	2.83	3.36	4.00
KMnO <sub>4</sub>	2.00	2.83	4.00	5.66	8.00
CuSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	25.00	32.90	43.30	56.99	75.00
HCHO	10000	10678	11402	12175	130000

## 1.4 数据处理及计算方法

所得数据采用 Karber<sup>[7]</sup>法计算半致死浓度。

$$\text{计算公式: } LC_{50} = \lg^{-1}[X_M - d(\Sigma p - 0.5)]$$

$$\lg LC_{50} \text{ 的标准误: } S_{\lg LC_{50}} = d \{ [p(1-p)/n] \}^{1/2}$$

$$LC_{50} \text{ 的 95\% 可信限} = \lg^{-1}(\lg LC_{50} \pm 1.96 S_{\lg LC_{50}})$$

$$\text{安全浓度计算公式}^{[8]}: SC = 96 \text{ h } LC_{50} \times 0.1$$

式中, X<sub>M</sub> 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, n 为各组试验数, p 为各组死亡率的总和。

## 2 结果

### 2.1 仔鱼初次摄食率与不可逆点(PNR)

乌苏里拟鲮初次摄食率随日龄的变化规律如图 1 所示, 出膜第 4 天的仔鱼初次摄食率仅为 3%, 出膜后第 5 天为 30%, 第 7 日龄的初次摄食率达到最高值 100%, 持续 4 d 后开始下降, 第 12 天时为 70%, 第 13 天时仅为 23%。因此, 乌苏里拟鲮初次摄食期仔鱼耐受饥饿的时间临界点(即 PNR)发生在孵化后第 13 天。达到不可逆期的仔鱼, 大部分仔鱼不能正常摄食, 最终在第 17 天全部死亡。

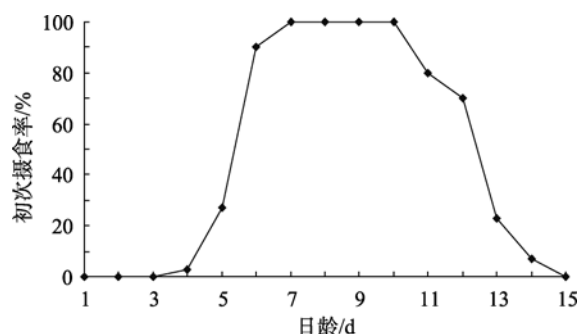


图 1 乌苏里拟鲮仔鱼的初次摄食率随日龄的变化  
Fig. 1 Changes of initial feeding rates of starvated *Pseudorasbora parva* larvae

### 2.2 窒息点

#### 2.2.1 乌苏里拟鲮窒息死亡过程

乌苏里拟鲮在密闭静水呼吸室内窒息死亡过程为: 实验初期溶氧水平较高时试验鱼呼吸平静、活动正常; 随着时间推移, 鱼体开始急噪不安, 上下蹿动, 以后其呼吸频率逐步下降, 部分鱼的游泳能力失常, 腹部膨胀朝天, 最后浮于水面上, 呼吸停止。

#### 2.2.2 不同温度条件乌苏里拟鲮的窒息点

在不同水温条件下, 乌苏里拟鲮[(3.50±0.24)g]的窒息点实验结果如表 2 所示, 窒息点随着水温的

升高而增大,呈正相关性( $R=0.9093$ ,  $P<0.001$ )。

表2 不同水温条件下乌苏里拟鲢的窒息点  
Tab. 2 Suffocation points of *Pseudobagrus ussuriensis* at different water temperatures

水温(°C)	窒息点氧质量浓度(mg/L)
7	0.36±0.04
12	0.51±0.02
19	0.65±0.02
22	0.80±0.04
27	0.89±0.05
30	1.41±0.05

### 2.2.3 不同规格乌苏里拟鲢的窒息点

在水温( $22 \pm 0.2$ ) 条件下,不同规格乌苏里拟鲢的窒息点的变化情况如表3所示,试验表明,乌苏里拟鲢的窒息点随体质量的增加而有所减低,呈负相关性( $R = -0.8816$ ,  $P<0.05$ )。

表3 不同规格乌苏里拟鲢的窒息点  
Tab. 3 Suffocation points of *Pseudobagrus ussuriensis* with different body weights

体质量(g)	窒息点氧质量浓度(mg/L)
1.32±0.09	0.93±0.06
4.15±0.21	0.80±0.04
12.68±0.68	0.74±0.03

## 2.3 急性毒性试验

### 2.3.1 5种常见渔药胁迫下乌苏里拟鲢幼鱼死亡过程

幼鱼对不同的药物反应各有不同,以最大质量浓度为例:

硫酸铜+硫酸亚铁合剂质量浓度为5.0 mg/L 时,2 h 后幼鱼出现明显应激反应,焦躁不安,呼吸频率加快,6 h 后反应逐渐迟钝,体表黏液分泌增多,8 h 后开始死亡,24 h 死亡率为100%。

高锰酸钾质量浓度为4.0 mg/L 时,5 h 后幼鱼出现中毒症状,反应迟缓,鳃变为黄色,体表分泌大量黏液,呼吸频率加快。在试验几个小时后,溶液颜色逐渐变为黄色。10 h 出现死亡,濒临死亡的幼鱼呼吸缓慢,死亡后捞出,体表附有一层黄色物质,身体僵直,嘴张开,体色发黄,24 h 的死亡率为100%。

硫酸铜溶液质量浓度为8.0 mg/L 时,1 h 后乌苏里拟鲢幼鱼出现明显中毒状,幼鱼上下游串,鳃盖扩张,鳃充血,呼吸频率加快,5 h 后活动开始减弱,游动变缓慢,受外界刺激后反应迟钝,体色变浅,体表黏液分泌增多,逐渐丧失运动能力,躺卧缸底,9 h

后开始出现死亡,24 h 的死亡率为100%。

甲醛质量浓度75mg/L 时,1 h 后幼鱼便开始焦躁不安,时而上蹿下跳,时而沿容器四周急剧游动,8.5 h 出现死亡,死亡前保持静止一段时间,死亡后体色变淡,身体僵硬,胸鳍展开,鳃盖扩张,口张开,24 h 的死亡率为100%。

氯化钠质量浓度为13 000 mg/L 时,2 h 内便开始表现不安,后静卧于底部不动,11 h 开始出现死亡,24 h 死亡100%。

### 2.3.2 5种常见渔药对乌苏里拟鲢死亡率的影响

整个实验过程中,空白对照组没有出现死鱼现象。5种药物对乌苏里拟鲢[(3.50±0.24) g]在96 h 内的急性毒性试验结果由表4 列出。从表4 看出,各试验药物的最低质量浓度组在96 h 内均无鱼类死亡发生;随着药物质量浓度的提高,其初始死亡时间逐渐缩短,呈负相关性,其相关系数分别为:硫酸铜+硫酸亚铁合剂(比例5:2),-0.97 91;高锰酸钾,-0.912 29;硫酸铜,-0.913 02;甲醛,-0.951 63;氯化钠,-0.935 09。在同一药物胁迫下24、48、72 和96 h 各时间段的幼鱼总死亡率均与药物质量浓度的增加呈正相关性(其相关系数见表4)。

### 2.3.3 5种常见渔药对乌苏里拟鲢幼鱼 LC<sub>50</sub> 及安全浓度

如表5 所示,根据本实验数据处理及计算方法,分别得出5种渔药不同时间段的 LC<sub>50</sub> 浓度及其 LC<sub>50</sub>95%置信浓度区间,最终得出乌苏里拟鲢幼鱼对硫酸铜+硫酸亚铁合剂(比例5:2)、高锰酸钾、硫酸铜、甲醛、氯化钠5种渔药的安全浓度分别为0.34、0.24、0.27、4.03、1135.56 mg/L。

## 3 分析与讨论

### 3.1 仔鱼初次摄食时间、初次摄食率与不可逆点(PNR)

鱼类的初次摄食时间主要与种类、卵黄囊的大小、发育水温和开口饵料的种类等有关<sup>[9]</sup>。本实验中,乌苏里拟鲢仔鱼在水温22~25 时,破膜后第4日龄开始摄食,比真鲷和牙鲆(2日龄,水温18~20 )晚<sup>[10]</sup>;比鲈(6日龄,水温18~21 )<sup>[11]</sup>提早,与红鳍东方鲀(4日龄,水温15~17 )<sup>[12]</sup>相类似。一般来说,虹鳟、大马哈鱼等冷水性鱼类,其卵黄囊大,发育水温低,初次摄食时间相对滞后;而温带、热带鱼类的初次摄食时间则较早。

表 4 5 种常见渔药对乌苏里拟鲮幼鱼死亡率的影响

Tab. 4 The effects of five aquacultural drugs on the mortality of *Pseudobagrus ussuriensis* larvae

试验药物	质量浓度 (mg/L)	初始死亡时间 (h)	死亡率 (%)			
			24 h	48 h	72 h	96 h
CuSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O+ FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	2.00		0	0	0	0
	2.97	23	3	7	17	17
	3.54	16	17	47	53	60
	4.20	13	43	67	87	87
	5.00	8	100	100	100	100
	相关系数	- 0.979 1	0.975 029	0.986 588	0.964 841	0.950 962
KMnO <sub>4</sub>	2.00		0	0	0	0
	2.38	22	33	53	70	70
	2.83	15	60	73	77	83
	3.36	16	83	93	97	97
	4.00	10	100	100	100	100
	相关系数	- 0.912 29	0.975 272	0.910 693	0.841 758	0.829 837
CuSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	2.00		0	0	0	0
	2.83	31	0	30	53	77
	4.00	19	3	53	80	90
	5.66	12	13	97	100	100
	8.00	9	100	100	100	100
	相关系数	- 0.913 02	0.878 938	0.936 76	0.843 008	0.727 697
HCHO	25.00		0	0	0	0
	32.90	21	10	10	17	20
	43.30	16	33	47	50	63
	56.99	16	70	77	87	87
	75.00	8.5	100	100	100	100
	相关系数	- 0.951 63	0.995 318	0.984 177	0.972 249	0.953 806
NaCl	10000		0	0	0	0
	10678	38	0	3	10	13
	11402	23	3	17	27	43
	12175	12	43	87	93	100
	13000	11	100	100	100	100
	相关系数	- 0.935 09	0.899 03	0.938 678	0.952 546	0.960 636

摄食率的高低与最高摄食率持续的长短可以用来判断鱼类的摄食能力, PNR 的长短可以判定鱼类耐受饥饿的能力<sup>[13]</sup>。本实验结果显示, 乌苏里拟鲮的最高摄食率为 100%, 出现在第 7~10 日龄, 持续 4 d, PNR 为第 13 天。其摄食率分别比黄鲮最高摄食率 75%持续 1d<sup>[14]</sup>以及鳊鱼 67%持续 1d<sup>[15]</sup>强; PNR 时间分别比真鲮的 6~7 d(18~20)<sup>[10]</sup>、牙鲮的 5~6 d(18~20)<sup>[10]</sup>长, 而比杂交鲮的 25~26 d<sup>[16]</sup>短。由此表明, 乌苏里拟鲮具有较强的摄食能力和耐饥饿能力。仔鱼从内源性营养到外源性营养是鱼类机体发育所要克服的一大障碍, 到达 PNR, 标志着仔

鱼摄食能力的丧失, 因此从初次摄食期到 PNR 这段时期是鱼类构建外源性营养关系的关键阶段, 乌苏里拟鲮较强的摄食能力和耐饥饿能力可以降低仔鱼期由天然饵料向人工饲料转化的难度, 从而降低人工驯化及大面积饲养过程中的死亡率。

### 3.2 乌苏里拟鲮的窒息点

鱼类的窒息点依种而异, 这与各种鱼类的生态习性不同有关。通常上层鱼窒息点一般比较高, 如鳙<sup>[17]</sup>的窒息点为 0.47~0.78 mg/L。而栖息于底层或活动程度较少的鱼类则较低, 如黄颡鱼的窒息点

表 5 5 种常见渔药对乌苏里拟鲮幼鱼 LC<sub>50</sub> 及安全浓度分析Tab. 5 Acute toxicity of five aquacultural drugs toward *Pseudobagrus ussuriensis* larvae

试验药物	时间 (h)	LC <sub>50</sub> (mg/L)	LC <sub>50</sub> 95%置信限 (mg/L)	安全浓度 (mg/L)
CuSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O+ FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	24	4.11	3.83 ~ 4.40	0.34
	48	3.71	3.43 ~ 4.02	
	72	3.49	3.23 ~ 3.76	
	96	3.44	3.19 ~ 3.71	
KMnO <sub>4</sub>	24	2.70	2.48 ~ 2.94	0.24
	48	2.51	2.32 ~ 2.71	
	72	2.40	2.24 ~ 2.57	
	96	2.37	2.22 ~ 2.54	
CuSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	24	6.37	5.87 ~ 6.90	0.27
	48	3.61	3.11 ~ 4.19	
	72	3.00	2.62 ~ 3.45	
	96	2.67	2.34 ~ 3.05	
HCHO	24	47.35	41.87 ~ 53.54	4.03
	48	44.62	39.49 ~ 50.43	
	72	42.18	37.37 ~ 47.59	
	96	40.31	35.72 ~ 45.50	
NaCl	24	12205.91	11948.81 ~ 12468.53	1135.56
	48	11726.79	11475.76 ~ 11983.30	
	72	11551.06	11275.71 ~ 11833.14	
	96	11355.58	11082.62 ~ 11635.27	

(0.208~0.398 mg/L)<sup>[18]</sup>; 同时, 鱼类的窒息点还依食性而异, 通常肉食性鱼类的窒息点较其他食性鱼类的为高。本实验乌苏里拟鲮的窒息点(0.36~1.41 mg/L)比几种常见养殖鱼类要高, 如湘云鲫(窒息点 0.113~0.225 mg/L)<sup>[19]</sup>、鳙(窒息点 0.47~0.78 mg/L)<sup>[17]</sup>、黄颡鱼(窒息点 0.208~0.398 mg/L)<sup>[18]</sup>, 低于道氏虹鳟(窒息点 1.20~2.82 mg/L)<sup>[20]</sup>和金鳟(窒息点 1.22~3.06 mg/L)<sup>[20]</sup>。尽管同一种鱼类窒息点的高低与水温规格等有关, 但本实验数据可以说明乌苏里拟鲮的耐低氧能力较差, 对水中溶氧要求较高。再者乌苏里拟鲮生性贪食, 暴食之后会引起耗氧率上升, 容易引发缺氧死亡。因此, 在养殖水质管理中应保持水中较高的溶解氧水平。

### 3.3 乌苏里拟鲮幼鱼对 5 种常用渔药的安全浓度

#### 3.3.1 乌苏里拟鲮幼鱼对硫酸铜与硫酸亚铁的安全浓度

硫酸铜与硫酸亚铁合剂在生产上主要用于杀灭原生动植物寄生虫(如鞭毛虫、车轮虫、吸管虫、斜管虫)和低等藻类。本实验表明, 乌苏里拟鲮幼鱼对硫酸铜与硫酸亚铁合剂(比例 5 : 2)的安全浓度为 0.34

mg/L, 低于生产常用剂量 0.5 ~ 0.7 mg/L, 比长吻鮠的安全浓度 0.064 mg/L 要高得多<sup>[21]</sup>, 比斑点叉尾鮰安全浓度 0.85mg/L 要低<sup>[22]</sup>。因此, 在生产上用遍洒浓度防治乌苏里拟鲮原生动植物寄生虫病时, 需要谨慎用药, 建议采用上午用药、下午加新水的方法。

#### 3.3.2 乌苏里拟鲮幼鱼对高锰酸钾的安全浓度

高锰酸钾是一种强氧化剂, 溶于水后产生新生态氧, 迅速氧化有机物, 从而起到杀菌、杀虫、解毒作用<sup>[23]</sup>, 对水生动物的鳃组织有较强的损坏作用。常用于防治鱼、虾等细菌、真菌和寄生虫类疾病及设施工具的消毒。生产上常用遍洒质量浓度为 1 ~ 2 mg/L。本实验表明, 乌苏里拟鲮幼鱼对高锰酸钾的安全浓度为 0.24 mg/L, 小于生产常用剂量。因此, 在乌苏里拟鲮养殖过程中, 要谨慎使用高锰酸钾, 避免引起鱼类死亡事件的发生。浸浴时要密切注视鱼体活动情况, 根据具体情况调整药剂量和浸洗时间。

#### 3.3.3 乌苏里拟鲮幼鱼对硫酸铜的安全浓度

硫酸铜是水产常用的药物, 可以毒杀车轮虫、吸管虫等原生动植物, 还可杀灭水霉等真菌病。从本试验结果看, 乌苏里拟鲮幼鱼对硫酸铜比较敏感, 其安全浓度仅为 0.27 mg/L, 比一般常规全池泼洒用量 0.5 ~ 0.7 mg/L 要低, 而硫酸铜质量浓度低于

0.20 mg/L 时,一般对寄生虫无毒杀作用。因此,建议将硫酸铜作为浸洗药物。

### 3.3.4 乌苏里拟鲮幼鱼对甲醛的安全浓度

甲醛能与蛋白质的氨基酸结合使其蛋白质凝固变性以及溶解酯类,因此,甲醛具较强的杀菌、杀虫作用。在养殖生产中常用于防治细菌、真菌、病毒和原生动植物等疾病,乌苏里拟鲮幼鱼对甲醛的安全浓度为 4.03 mg/L,低于生产常用剂量 10~30 mg/L<sup>[23]</sup>。因此,在乌苏里拟鲮的病害防治中,建议采用浸泡的方法。

### 3.3.5 乌苏里拟鲮幼鱼对氯化钠的安全浓度

在水产养殖过程中,食盐的用途非常广泛。鱼种下塘前,通常要进行常规消毒。此时可利用质量分数为 1%~4%的食盐溶液浸洗 3~10 min,可除去鱼体表的细菌、车轮虫、斜管虫等。此法对水霉病也有一定的疗效,在抢救泛池时,向池中泼洒黄泥水加食盐水,可使悬浮的有机微粒及胶体成絮状物而沉降到池底,既可减少溶氧消耗,又可净化水体。本实验结果显示,乌苏里拟鲮幼鱼对氯化钠的安全浓度为 1 135.56mg/L,采用食盐溶液短时浸洗比较安全。

### 3.3.6 对 5 种常用渔药的毒性评价

本试验中,根据乌苏里拟鲮幼鱼对几种药物 LC<sub>50</sub> 的实验数据,得出 5 种常用渔药对乌苏里拟鲮的毒性大小依次为:高锰酸钾>硫酸铜>硫酸铜+硫酸亚铁合剂>甲醛>氯化钠。由表 6 看出,与其他几种

表 6 乌苏里拟鲮与其他养殖鱼类对 5 种常见渔药的安全浓度比较

Tab. 6 Comparison between the safety concentrations of five aquacultural drugs for *Pseudobagrus ussuriensis* and for other fish

试验药物	不同鱼类安全浓度(mg/L)
CuSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O+ FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	乌苏里拟鲮(0.34), 本实验
	厚颌鲂(0.445) <sup>[24]</sup> 瓦氏黄颡鱼(1.04) <sup>[25]</sup>
KMnO <sub>4</sub>	乌苏里拟鲮(0.24), 本实验
	虹鳟(0.217) <sup>[26]</sup> 草鱼(0.6109) <sup>[27]</sup>
CuSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	乌苏里拟鲮(0.27), 本实验
	网纹石斑鱼(0.21) <sup>[28]</sup> 黄颡鱼(0.45) <sup>[29]</sup>
HCHO	乌苏里拟鲮(4.03), 本实验
	厚颌鲂(7.5) <sup>[24]</sup> 南方大口鲶(15.23) <sup>[30]</sup>
NaCl	乌苏里拟鲮(1135.56), 本实验
	黄颡鱼(1863) <sup>[29]</sup>

常见鱼类的安全浓度比较可以发现,除食盐较高外,其余 4 种药物的安全浓度均较其他鱼类的要低,提示,乌苏里拟鲮幼鱼对这几种药物有较强的敏感性,也从环境因子角度解释乌苏里拟鲮资源衰退的可能原因。

必须指出,鱼类毒性试验结果因试验鱼规格不同会有差异。此外,试验水质环境条件,如温度、pH 值、盐度、硫化物及氨氮浓度<sup>[31]</sup>等也会引起半致死浓度和安全浓度的不同。因此,水产药物用药时应根据实际情况,如应考虑鱼的大小和健康状况以及以上水质环境条件等综合因素来配置浓度,用药后应密切观察鱼的活动情况,尤其用高浓度药物浸泡时,最好先用少量鱼做试验以防中毒事故的发生。

### 参考文献:

- [1] 尼克里斯基. 分门鱼类学[M]. 高等教育出版社, 1958: 214-215.
- [2] 倪勇, 朱成德. 太湖鱼类志[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2005: 202-205.
- [3] 潘伟志, 王鹏, 赵春刚. 乌苏里拟鲮人工繁育技术及开发利用——乌苏里拟鲮繁殖生物学及人工催产初步研究[J]. 水产学杂志, 2001, 14(2): 1-3.
- [4] 王鹏, 赵春刚, 叶继丹, 等. 乌苏里拟鲮人工繁育技术及开发利用——乌苏里拟鲮仔幼鱼食性与生长的初步研究[J]. 水产学杂志, 2001, 14(2): 4-6.
- [5] 陈军, 潘伟志, 赵春刚. 乌苏里拟鲮苗种培育技术[J]. 黑龙江水产. 2006, 3: 13-17.
- [6] 殷名称. 鱼类早期生活史研究与其进展[J]. 水产学报, 1991, 15(4): 348-358.
- [7] 陈锐, Karber's Method. 中国农业百科全书总编辑委员会农药卷编辑委员会. 中国农业百科全书·农药卷[M]. 北京: 农业出版社, 1993: 163.
- [8] 周永欣, 章宗涉. 水生生物毒性试验方法[M]. 北京: 农业出版社, 1989: 192-231.
- [9] Houde E D. Fish early life dynamics and recruitment variability[J]. Amer Fish Soc Symp, 1987, 2: 17-29.
- [10] 鲍宝龙, 苏锦祥, 殷名称, 等. 延迟投饵对真鲷、牙鲆仔鱼早期阶段摄食、存活及生长的影响[J]. 水产学报, 1998, 22(1): 33-38.
- [11] 徐伟, 曹顶臣, 匡友谊. 鲆仔鱼的摄食和生长研究[J]. 大连水产学院学报, 2004, 19(1): 62-65.
- [12] 姜志强, 姜建国, 张 弼. 红鳍东方鲀仔鱼期摄食与生长的研究[J]. 大连水产学院学报, 2002, 17(1): 20-24.
- [13] Yin M C. Natural death in early life history of fish [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 1996, 20(4): 363-372.

- [14] Xia L J, Shi Z H, Lu J X. Experimental starvation on *Dentex tumifrons* larvae and definition of the point of no return [J]. Marine Fisheries, 2004, 26 (4): 286-290.
- [15] Wan R F, Li X S, Zhuang ZM, et al. Experimental starvation on *Engraulis japonicus* larvae and study on the point of no return [J]. Journal of Fisheries of China, 2004, 28 (1): 79-83
- [16] 宋兵, 陈立侨, 高露姣, 等. 饥饿对杂交鲟仔鱼摄食、生长和体成分的影响[J]. 水生生物学报, 2004, 28 (3): 333-336.
- [17] 仇潜如, 范兆廷, 王令玲, 等. 主要淡水养殖鱼类种质研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991: 100-106.
- [18] 陈琴, 章太卓, 徐夏声. 黄颡鱼耗氧率与窒息点的初探[J]. 内陆水产, 2001, 26 (3): 9-11.
- [19] 刘飞, 张轩杰, 刘筠. 湘云鲤耗氧率和溶氧临界窒息点[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2000, 23(3): 72-75.
- [20] 牟振波, 徐革锋, 黄金善, 范兆廷. 金鳞和道氏虹鳟耗氧率和窒息点的比较研究[J]. 东北农业大学学报, 2005, 36(3): 345-349.
- [21] 张素芳. 长吻鮠对几种常用水产药物的忍耐力[J]. 淡水渔业, 1987. (5): 38-39.
- [22] 麦周明. 斑点叉尾鮰对几种常用鱼药的急性中毒及忍耐力试验[J]. 水产科学, 1992, (7): 34-35.
- [23] 黄志斌, 胡红. 水产药物应用表解[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 2001: 31-65.
- [24] 李代金, 黄辉, 谭德清. 6种常用渔药对厚颌鲂鱼苗的急性毒性试验[J]. 水生态学杂志, 2009, 2(6): 25-29.
- [25] 王武, 袁琰, 马旭洲. 5种常用药物对瓦氏黄颡鱼急性毒性试验[J]. 水利渔业, 2006, 26(1): 108-109.
- [26] 王立新, 周继术, 邢西谋, 等. 四种药物对虹鳟鱼苗的毒性研究[J]. 动物医学进展, 2003, 24(4): 92-94.
- [27] 温茹淑, 郑清梅, 方展强, 等. 敌百虫和高锰酸钾对草鱼鱼种的急性毒性研究[J]. 水产科学, 2007, 26(7): 405-407.
- [28] 杨莺莺, 陈毕生, 陈福华, 等. 5种常用水产药物对网纹石斑鱼的急性毒性试验[J]. 上海水产大学学报, 2001, 10(1): 93-96.
- [29] 杨治国, 杨东辉, 叶新太. 八种药物对黄颡鱼种的急性毒性[J]. 淡水渔业, 2004, 34(5): 20-22.
- [30] 黄凯, 杨子江, 黄志凯. 7种常用药物对南方大口鲶的急性毒性研究[J]. 水利渔业, 1999, 19(4): 37-39.
- [31] 吴进锋, 陈素文, 陈利雄, 等. 硫化物和氨对西施舌幼贝的毒性影响研究[J]. 热带海洋学报, 2006, 25(1): 42-46.

## *Pseudobagrus ussuriensis*: the point of no return, suffocation point, and sensitivity to five aquacultural drugs

HE Hua-min, HUANG He-zhong, FAN Wan-su, XU Han-fu, JIA Yi-he, LI Qian-qian  
(School of Medicine and Life Sciences, Medical College of Soochow University, Fisheries Research Institute of Soochow University, Suzhou 215123, China)

Received: Jul., 18, 2010

**Key words:** *Pseudobagrus ussuriensis*; acute toxicity; safety concentration; point of no return; suffocation point; aquacultural drugs

**Abstract:** *Pseudobagrus ussuriensis* was studied for its initial feeding rate, point of no return (PNR), suffocation point, and acute toxicity of five aquacultural drugs to through an ecological method. At 22 ~ 23 °C, the maximum value of the initial feeding rate was 100% in the seventh day after hatching. The PNR of larvae appeared on the 13th day after hatching. The suffocation point of *Pseudobagrus ussuriensis* was positively correlated with water temperature ( $R=0.9093$ ,  $P<0.001$ ) and negatively correlated with body weight ( $R=-0.8816$ ,  $P<0.05$ ). At 24 ~ 25 °C condition, the safe concentrations of  $\text{CuSO}_4+\text{FeSO}_4$  (Ratio 5:2),  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{HCHO}$ , and  $\text{NaCl}$  to *Pseudobagrus ussuriensis* were 0.34, 0.24, 0.27, 4.03, and 1135.56 mg/L, respectively. The sensitivity *Pseudobagrus ussuriensis* toward the five commonly-used aquacultural drugs was  $\text{KMnO}_4 > \text{CuSO}_4 > \text{CuSO}_4+\text{FeSO}_4$  (Ratio 5 : 2) >  $\text{HCHO} > \text{NaCl}$ .

(本文编辑: 梁德海)