

# 在不同水温条件下酚对鱼类 毒性影响的初步探讨

姜礼燔 曹萃禾

(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心)

## 提 要

本文报导了对含酚水的自净试验、鱼类急性中毒试验、鱼类对含酚水的回避试验、鱼体酚污染的嗅感与味感测定、以及鱼体酚的积聚与消除试验和鲤鱼酚中毒的组织学检查的研究结果。试验表明,水温越高,水中酚浓度降低越快;白鲢、草鱼、鲤鱼在水温 28°C 时,酚污染的半致死浓度分别是 25.14 毫克/升、30.98 毫克/升、31.00 毫克/升,水温降低酚毒性增强,即其半致死浓度下降;白鲢、草鱼、罗非鱼在水温 21—26°C 的含酚水中,都无回避表现,即使在含酚量高达 25 毫克/升时,仍无明显回避行为;酚中毒的鲤鱼,在肝脏组织切片上可以发现细胞膜收缩、核增大、细胞间出现空泡等现象。

酚属于常见毒物,酚污染的来源广、毒性大。高浓度酚能凝固蛋白质,低浓度酚有较强的渗透性,能透至组织深部而引起严重后果。

在现有文献中,研究酚对动物毒性影响的较多,其中尤其是报导酚引起动物急性中毒及介绍受酚污染而表现出来的感官性状者居多。我们在不同温度条件下,进行了由酚引起的急性及慢性中毒试验,并用组织学方法对鱼体酚中毒后出现的症状进行了观察,同时结合不同含酚量影响的分析,探讨了鱼类在天然水域中受含酚废水污染所引起的病理学变化,为今后有关部门处理含酚废水及修订地面水和渔业用水的水质标准提供参考。

## 材 料 与 方 法

### 1. 自净试验

用精制的苯酚,分别稀释于 26°C、29°C、32°C、34°C 及 37°C 的恒温清水中,使其浓度都达到 1.2 毫克/升,连续 5 日测定水中的含酚量变化,观察不同水温条件下水的自净能力。

### 2. 急性致毒试验

将白鲢(平均体长 3.11 厘米,体重 0.24 克)、鲤鱼(平均体长 2.66 厘米,体重 0.22 克)、草鱼(平均体长 3.40 厘米,体重 0.75 克)分别放养于盛有 20 升水的玻璃水槽中,试

\* 本文中的鱼类肝组织照片,经中国科学院细胞学研究所王衡文教授审阅,谨致谢意。

验水温分别保持在 22°C、25°C、28°C。将苯酚稀释液加入使达到各种不同浓度,记录其 48 小时的半致死浓度。

### 3. 回避试验

采用以有机玻璃制成的 TL-81 型鱼类回避槽,槽全长为 120 厘米,高 18 厘米,宽 22 厘米。在槽的前端有四个恒流小槽,小槽有进水、出水和溢水管。可以保持一定的水位和恒定的流量。槽体中部是四个分别和小槽相连的回避支槽,回避支槽的全长为 44 厘米,宽 5 厘米。槽的后部是混合区和排水孔,可使由支槽进入混合区的水排出槽外。在进水小槽和回避支槽之间以及回避支槽和混合区之间却没有挡板,可以自由关闭,令鱼通过或阻住。

试验时,先将苯酚用水稀释,盛于容量为 40 升的搪瓷桶内,并用另一只搪瓷桶盛清水。然后用橡皮管分别接通回避槽的进水管,调节流量,使流量保持在 1800 毫升/分左右。完成试验装置后先将鱼 10 尾放入回避槽内,使鱼先适应清水的环境,然后开启进水管的开关,使试验用苯酚液流入。每 20 分钟为一试验期,每一浓度试验 8—12 次,观察并记录试验鱼进入试液及清水槽的数量。按下式计算回避率:

$$\text{回避率} = \frac{E - A}{T} \times 100$$

式中:

$E$ ——进入清水槽的鱼数;

$A$ ——进入酚溶液槽的鱼数;

$T$ ——进入两种槽的鱼的总数。

因此,当所有的鱼全部进入清水槽时,其回避率为 100;当所有的鱼全部进入试液槽时,其回避率为 -100;当鱼既不进入清水槽又不进入试液槽时,其回避率为 0。

### 4. 嗅感与味感的测定

采用鲤鱼为实验材料,平均体重为 208.7 克,将鱼分别移养于含酚量为 0.01、0.1、1.0、2.0、3.0、5.0 毫克/升的试液中,另设清水对照组。试验时的水温是 3.8°C—29°C。定时捞取试验鱼。切取一定量的肌肉,经过捣碎、加热、煮熟。由人的感觉进行评定。分为无、极微、明显、严重四个等级。

### 5. 酚的积聚与消除试验

用平均体重 202.7 克的鲤鱼为材料,试验时将鱼放养于盛水 20 升的水槽中。水中含酚量为 0.01—5.0 毫克/升。水温在 20°C 以下时每日换配新药液一次;水温超过 20°C 时每日换新药 2 或 3 次。投喂人工饲料。定期取样,测定鱼体肌肉及性腺的含酚量。

鱼体内酚的排泄和消除试验,在室内试验中采用鲫鱼为材料,试验鱼的平均体重为 10.0 克。试验时先将鱼放入含酚量为 18 毫克/升的试液中经过 24 小时,然后将鱼移养于 26.5°C 与 24.5°C 的无酚水中,经 1、2、4、6、8、24 小时各捞出 3 尾鱼进行含酚量分析,观察其除酚效率。室外实验,是捕捞受酚污染水域的白鲢、鲫鱼和罗非鱼,它们的平均体重分别是 782.8 克、256.1 克、18 克。实验时先测定污染鱼种群的含酚量,然后移养于水

温 22—29°C 的无酚污染及轻污染(含酚 0.006 毫克/升)水中, 定期检测鱼体含酚情况, 每次检测白鲢、鲫鱼、罗非鱼各 1 尾, 共检测 90 尾。

水、鱼体酚的测定采用四氨基安替比林比色法。

6. 组织学检查材料

采用的是实验鱼鱼肝, 用波恩氏液固定, 经 50% 酒精处理, 保存于 70% 酒精中, 石蜡切片, 厚度 9 微米, 分别苏木精、伊红两染料染色。

试 验 结 果

(一) 自净试验结果

试验开始时水中酚的含量, 除水温为 32°C 的一组实测值为 0.65 毫克/升外, 其余各组的实测值均在 1.20 毫克/升左右。试验经过结果表明水温越高, 水中酚浓度降低越快。如水温为 26°C 的一组, 第一天实测酚含量为 1.20 毫克/升, 第三天降至 0.625 毫克/升, 第五天降到 0.150 毫克/升; 而水温为 37°C 的一组, 第三天降至 0.26 毫克/升, 第五天则降到 0.050 毫克/升。详见图 1。

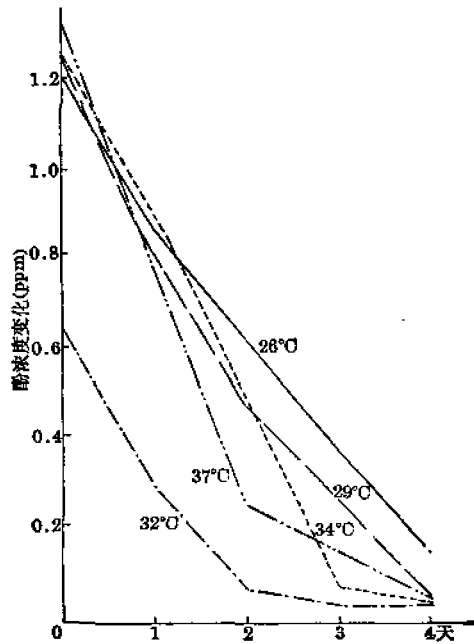


图 1 在不同温度下酚含量的变化

(二) 急性中毒的试验结果

白鲢、草鱼、鲤鱼在含酚量分别为 40.0、34.5、25.1 及 18.0 毫克/升的水中试养结果表明: 在放鱼后 5 分钟, 就出现游动不安、窜游、有些鱼的尾部还发生颤抖, 4 小时后开始死亡, 并且酚的毒性还随着水温降低而增强。如在水温 28°C 时, 白鲢、草鱼、鲤鱼的 48 小时半致死浓度分别为 25.14、30.98、31.00 毫克/升; 在水温 25°C 时的 48 小时半致死浓度, 分别为 21.25、26.80、27.00 毫克/升; 水温降至 22°C 时, 半致死浓度更低, 分别为 18.0、22.50、23.60 毫克/升。详见表 1。

表 1 不同温度下酚对鱼类的急性致毒浓度 单位: 毫克/升

试 验 鱼	LC50 温度(°C)	48 小时 半 致 死 浓 度		
		22	25	28
白 鲢		18.00	21.25	25.14
草 鱼		22.50	26.80	30.98
鲤 鱼		23.60	27.00	31.00

### (三) 回避试验结果

白鲢、草鱼、罗非鱼分别在水温 21—26°C 的含酚水中, 未见出现回避行为。甚至当含酚量高达 25 毫克/升时, 这三种鱼的回避指数仍很低, 它们分别是 -100、37.0、36.8, 没有表现出明显的回避行为反应, 见表 2。

表 2 白鲢、草鱼、罗非鱼对酚回避反应的试验结果

试验浓度(毫克/升)	回 避 率 (%)		
	白 鲢	草 鱼	罗 非 鱼
25	-100.0	37.0	36.8
10	-60.0	0	0
5	14.2	13.0	18.9

### (四) 嗅感与味感的测定结果

鲤鱼在水温 3.8—8.2°C 时, 分别饲养于含酚 3—5 毫克/升的水中, 经过 9 天以上, 能使鱼肉产生严重的异臭与异味; 含酚量由 0.1 毫克/升降至 0.01 毫克/升, 经养殖 6 个月, 鱼肉仍有异味, 且异味的感觉一般比异臭的重, 见表 3。

表 3 不同温度下酚对鲤鱼肌肉嗅感与味感的影响

水 温 (°C)	酚浓度(毫克/升)	实验鱼饲养时间(日数)	嗅 感 程 度	味 感 程 度
8.80—8.20	5.0	9	严重酚臭	严重酚味
8.80—8.20	3.0	22	严重酚臭	严重酚味
15.00—17.00	2.0	77	强 酚 臭	严重酚味
8.80—25.00	1.0	149	明显异气	强 酚 味
16.00—18.00	0.1	44	明显异气	强 酚 味
3.80—29.0	0.01	192	极微异气	明显异味
3.80—29.0	对照	149	无 异 感	无 异 味

### (五) 酚积聚与消除的试验结果

#### 1. 鲤鱼肌肉内酚的积聚

鲤鱼分别养在含酚量 3.0、2.0、0.1 毫克/升的水中, 经测定鱼体酚含量结果表明, 水温高的比水温低的含酚量低, 而且开始蓄集酚迅速, 以后逐渐缓慢, 以至平衡(见图 2)。

#### 2. 鲫鱼肌肉内酚的积聚量变化

鲫鱼在含酚 18 毫克/升水中接触 24 小时后, 经测定结果表明含酚量达到 11.40 毫克/公斤。而分别移养于水温 24.5 与 26.5°C 的无酚水中 1 小时后检测, 其含酚量降到原含酚量的 60% 左右, 但经 4—5 小时后体内酚消除缓慢, 而且在水温 26.5°C 内比 24.5°C 的降低速度要快。

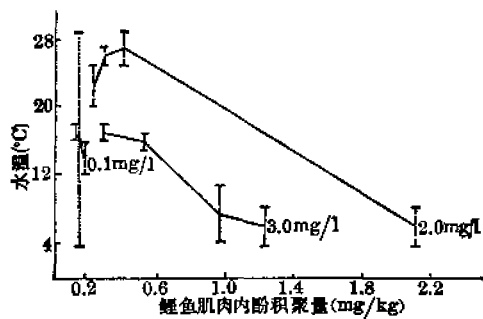


图2 不同温度下鲤肌肉酚的积聚量变化

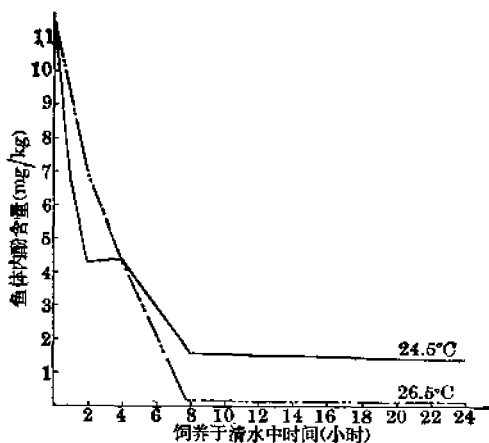


图3 鲫鱼在含酚18毫克/升水中处理24小时后分别移入水温24.5°C与26.5°C无酚水中体内酚浓度的变化

采自受酚污染水域的鲢、鲫及罗非鱼,经测定其含酚量在0.1—1.38毫克/公斤,移养于水温4—29°C的无酚或低含酚量(0.006毫克/升)水中,其排酚的结果见表4。

表4 几种鱼类在不同温度下排除酚的情况

试验鱼	鱼肉含酚量 (毫克/公斤)	移 养 环 境			鱼肉含酚率的变化
		水温(°C)	含酚量 mg/L	经过时间(日)	
罗非鱼	0.4	24	0.006	2	-6.4%
鲫鱼	0.54	25	0	8	-84%
鲫鱼	0.1—0.18	26	0	6	-94%
鲢鱼	0.117	26	0.006	7	-14.5%
鲫鱼	1.88	29	0	8	-90.1%

### (六) 鲤鱼酚中毒的组织学检查结果

鲤鱼放养在水温8.20—10°C、含酚量5.0毫克/升的水中,经七天,游泳开始缓慢,第八天失去平衡,第九天对外界刺激无反应。解剖观察表明鳃瓣呈淡红色,胆囊呈黑色;组

织学检查表明：肝组织细胞分布与对照的正常鱼比较无明显差异，但其细胞核比对照鱼的细胞核增大 $1/3$ 。而且部分细胞核膜发生收缩呈不规则的波浪形(见图4和图5)。同时测出它们的肌肉与性腺含酚量分别为 $0.96\text{--}2.64$ 毫克/公斤和 $1.74\text{--}5.92$ 毫克/公斤。



图4 对照组鲤鱼的肝切片

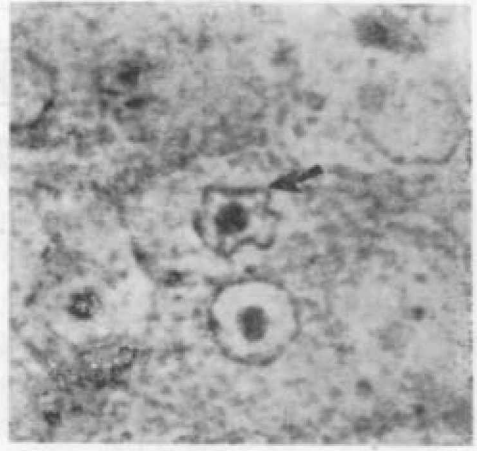


图5 鲤鱼在含酚量为5毫克/升水中9天后肝细胞核膜出现变形(箭头所示)

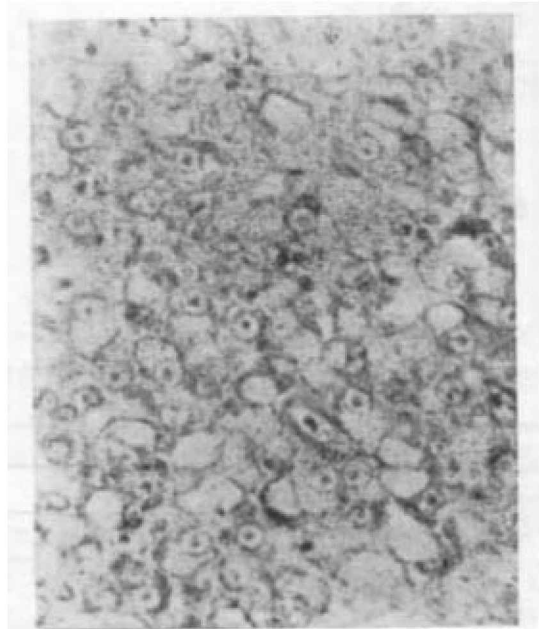


图6 鲤鱼在含酚量为3毫克/升水中23天后肝细胞间出现空泡

鲤鱼放养在水温 $3.8\text{--}8.2^{\circ}\text{C}$ 含酚量 $3.0$ 毫克/水中,经22天,鱼活动与对照鱼类似。组织学检查结果表明,肝细胞分布与对照鱼比较未见差异。但其细胞之间却发现许多空泡(见图6),而且这些空泡分布,一般在肝组织表层比肝深部的多。测得其肌肉与性腺的含酚量分别为 $1.21$ 毫克/公斤与 $2.82$ 毫克/公斤。

鲤鱼放养在水温 $15\text{--}25^{\circ}\text{C}$ 、含酚量 $2.0$ 与 $1.0$ 毫克/升水中,分别经 $9\text{--}14$ 天,鱼呼

吸、摄食等活动情况与对照鱼类似。组织学检查表明,其肝细胞的分布与对照鱼比较无明显差异。建议渔业用水的酚含量指标,以不超过0.001毫克/升为宜。

### 参 考 文 献

- [1] Jian Li-fan, 1982. *Environmental Science* 6: 1—6.
- [2] Dickson, K. J. *et al*, 1973. *Biological methods for the assessment of water quality* 194—209.
- [3] Little, D., 1970. *water quality criteria data book* 127—248.
- [4] Swift, D. J., 1978. *J. Fish Biol* (1978) 13, 7—17.
- [5] F. A. O., 1982. *Water quality criteria for Freshwater Fish*. 103—120.

## THE TOXICITY OF PHENOL ON FISH UNDER DIFFERENT TEMPERATURES

Jiang Lifan and Cao Cuihe

(*Freshwater Fisheries Research Center, Wuxi*)

### Abstract

Experiments were carried out to detect the toxic effects of phenol on some fishes (silver carp, grass carp and common carp etc.) under the different temperatures.

The experiments included acute toxicity, avoidance reaction, taste and odor threshold determination, uptake and loss of phenol and histopathological examination of fish livers.

The results indicated that 48-h LC<sub>50</sub> values of fish were at 20.0°C, 23.0°C and 25.0°C being 22.5—64.8, 25.20—70.10 and 27.10—75.61 mg/l respectively. The experiments also show that the fish did not avoid from phenol-polluted water. The taste or odor concentration threshold for phenol was detected to be as low as 0.01 mg/l. The uptake of phenol into fish body tissue was found to be rapid and the discharge of it was rapid as well, by exposing to clean water, within 8h an equilibrium concentration attained.

Histological examinations indicated that samples of fishes were treated with phenol at concentrations ranging from 1.0 to 5.0 mg/l for at least 9 days, the following changes were observed in the liver tissue: formation of a number of vacuoles, enlargement of nuclei of some cells, and contraction and deformation of the nuclear membrane of some cells.

After the studies on the toxicity of phenol to fish, it is suggested that phenol content in the water for fish culture should not exceed 0.001 mg/l in order to ensure the good quality of fish meat.