

酚在鱼体内积聚及消除的研究*

湖北省长江水产研究所资源捕捞室污水研究组

含酚废水对鱼类的影响是多方面的。我们做了酚对鱼类及其它水生生物的急性、慢性中毒实验、鱼体内酚的吸收积聚与排泄消除以及结合养鱼生产方面做了一些试验研究,初步结果如下。

实验方法

急性中毒实验

采用白鲢、红鲤、草鱼三种。平均体长分别为 3.11、2.68、3.40 公分;平均体重分别为 0.24、0.22、0.75 克,放养于圆形玻璃缸及阶梯式水槽中。分别盛水 3 升与 20 升,以精制苯酚稀释成不同的实验浓度。按常规生物检定法求得 TL₅₀ 值。实验水温 20—23℃。

生长实验

采用白鲢、红鲤两种幼鱼,实验时移养于阶梯式水槽中。盛水 20 升。以精制苯酚使成 5、3、1、0.1 毫克/升浓度及设对照的共五组。每日自流换配新溶液一次,分别投喂人工饵料。实验期分 9 天与 22 天两种。实验水温白鲢 23.5—24.5℃,红鲤 17.0—20.6℃。

嗅阈与味阈测定

采用红鲤为材料。平均体重为 208.7 克,移养于由人工自流换配 5、3、2、1、0.1、0.01 毫克/升的苯酚溶液及无对照的共七组。实验鱼定期捞出。切取一定量的肌肉,捣碎、加热、煮熟,以人的感官分无、极微、明显、强、严重等级检定。

酚的积聚实验:

以鲤鱼为材料。平均体重 202.7 克。实

验时移养于阶梯式水槽中盛水 20 升,并使成 5、4、3、2、1、0.1、0.01 毫克/升的苯酚溶液。水温 20℃ 以下每日自流换配新药液一次;水温超过 20℃ 一般自流换新药液二、三次;每日投喂饵料。定期捞出不同浓度内的实验鱼,作鱼体含酚量的分析。

酚的消除实验

室内实验用白鲢、鲫鱼为材料。平均体重分别为 0.12 克与 10.0 克。实验时在含 18 毫克/升苯酚溶液中分别处理 24 小时,然后移养在无酚污染的清水中,隔 1、2、4、6、8、24 小时捞出白鲢 10 尾和鲫鱼 3 尾,作鱼体含酚量分析,观察其除酚效率。另外,还用白鲢 40 尾,在相同苯酚浓度中处理 24 小时之后,移养于 4 升的无酚水中,即每升水中有鱼 10 尾。间隔 1、2、4、6 小时又将鱼移养在相同体积的无酚水中,每次均测定水质的含酚量(总酚和游离酚),以观察鱼的排泄酚情况。

室外实验系捕捞某渔场受酚污染的白鲢、鲫鱼及非洲鲫鱼。平均体重分别为 782.8 克、256.1 克、18 克。实验时先检测污染鱼种群的含酚量,然后分别移养于受酚污染较轻的(含酚 0.006 毫克/升)及无酚污染的清水池中。定期检测鱼体含酚量情况。每次检测白鲢、鲫鱼、非洲鲫鱼各 3 尾,共检测 90 尾。

水、鱼体酚的测定:采水样 250 毫升;鱼经过捣碎取样加无酚水稀释至 250 毫升,分别

* 本稿 1976 年完成,参加工作的有张瑞涛、姜礼燊、陈碧霞、杨若青、陆茂英等同志。

加磷酸及硫酸铜溶液蒸馏,收集蒸馏液 95% 以上,加无酚水至 250 毫升,用四氨基安替比林比色法测定。

实验结果

一、急性中毒的实验结果

白鲢、草鱼、红鲤在含酚溶液中均首先出现兴奋、表现窜游、颤抖、以后游动逐渐减弱,以至呈昏迷状态。白鲢鱼种的忍耐力比草鱼、红鲤弱,48小时 TLm 值为 22.5 毫克/升。草鱼 48 小时 TLm 值为 27.27 毫克/升。红鲤 48 小时 TLm 值为 64.8 毫克/升,见表 1。

表 1 酚对鱼类的急性中毒实验结果

鱼品种	平均忍受限 (TLm)		
	24小时	48小时	96小时
白鲢	31.25	22.50	14.10
草鱼	51.70	27.27	21.52
红鲤	64.80	64.80	27.30

二、生长的实验结果

白鲢、红鲤分别放养于不同浓度的苯酚溶液中。实验期虽然较短,但还可看出白鲢、红鲤受酚的影响。酚浓度高的比浓度低的影响大,如红鲤在含 2—5 毫克/升的苯酚浓度中几乎没有增长;白鲢尽管有所增长,但仍比对照组的要低。

三、嗅阈与味阈的测定结果

红鲤在含酚 3—5 毫克/升的水中,分别饲养 9 天与 22 天,能使鱼肉引起严重的异嗅与异味而不能食用;含酚量尽管由 0.1 毫克/升降至 0.01 毫克/升,经过 6 个多月后检查

结果表明,红鲤肌肉仍然持有异味,而且感觉的异味一般要比异嗅的为重,见表 2。

表 2 酚对红鲤肉嗅阈与味阈的测定结果

酚浓度 (毫克/升)	实验鱼饲养 时间 (日数)	嗅感程度	味感程度
5.0	9	严重酚臭	严重酚味
3.0	22	严重酚臭	严重酚味
2.0	77	有强酚臭	严重酚味
1.0	149	有明显异气	有强酚味
0.1	44	有明显异气	有强酚味
0.01	192	极微异气	有明显异味
对 照	149	无 异 感	无 异 味

四、酚积聚的实验结果

红鲤、黑鲤分别在较高浓度酚(1—5 毫克/升),低浓度酚(0.01—0.1 毫克/升)及低浓度酚和六六六混合的三种情况下经过饲养,结果表明,酚在鱼体内的吸收积聚开始比较迅速,以后缓慢,甚至平衡;性腺酚积聚量比肌肉酚的积聚量要高,并且因水温的升降而受到很大的影响。

五、酚消除的实验结果

白鲢、鲫鱼在含酚 18 毫克/升的水中饲养 24 小时之后的检测结果表明,它们的含酚量分别达到 11.40 毫克/公斤与 5.99 毫克/公斤。而移养于无酚污染的水中经过 1 小时之后,白鲢、鲫鱼的含酚量分别下降到原含量的五分之三与六分之一左右,但经过 4—5 小时之后降低缓慢。见图 1。

实验结果表明:白鲢在开头 2 小时以内排出体外的酚大部分是游离酚,部分是结合酚;但经过 2—4 小时以后,鱼排出的游离酚

表 3 几种鱼类排除酚的测定结果

鱼 品 种	鱼肉含酚量 (毫克/升)	移养水的水质状况	鱼肉含酚量变化
鲫 鱼	0.54	无酚水	经 3 天酚下降 84%
鲫 鱼	1.38	无酚水	经 3 天酚下降 90.1%
鲫 鱼	0.1~0.13	无酚水	经 6 天酚下降 94%
非洲鲫鱼	0.4*	含酚 0.006 毫克/升	经 2 天酚下降 6.4%
白 鲢	0.117	含酚 0.006 毫克/升	经 7 天酚下降 14.5%

* 系放鱼笼内移于含酚水体中的积聚量

减少,结合酚相对的增多。见图 2。

采自某渔场受酚污染的白鲢、鲫鱼及非洲鲫鱼,经检测结果表明,含酚量在 0.1—1.38 毫克/升之间,移养于无酚或含低浓度酚(0.006 毫克/升)水中,其排除酚的结果见表 3。

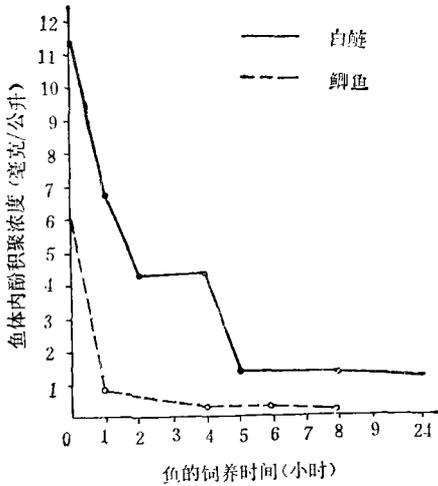


图 1 白鲢、鲫鱼在含酚 18 毫克/升水中处理 24 小时后,移入无酚水中,鱼体酚含量的变化

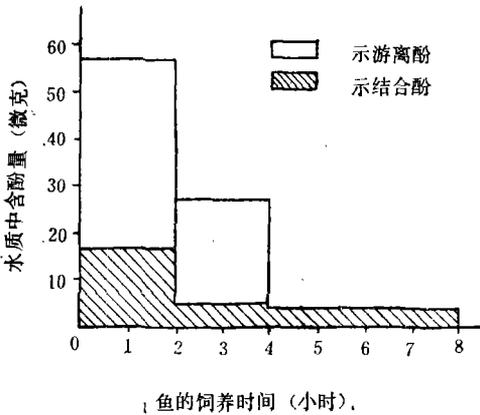


图 2 白鲢在含酚 18 毫克/升水中处理 24 小时后,转入无酚水中,排出游离酚与结合酚的变化。

讨 论

酚及酚类化合物属原浆毒物。动物的中枢神经系统各部对酚化合物具有特殊的敏感性。实验结果表明:含酚 0.1 毫克/升以上的渔业用水对鱼类生长产生不良影响, 0.01 毫

克/升使鱼肉带有异味。白鲢鱼种在含酚 40.0 毫克/升水中 24 小时全致死, 31.25 毫克/升 48 小时存活率 30%。48 小时半忍受限 (TLm) 为 22.50 毫克/升, 而且依不同酚类其毒性程度还有显著的差异。据报导: 毒性较强的为对苯二酚, 它对鱼类的致死量为 0.2 毫克/升; 次之为苯二甲酚, 邻苯二酚, 对鱼的致死量分别为 5—10 毫克/升与 5—15 毫克/升。

鱼类生活在含酚水中受到的影响是明显的。仅据室内的实验结果表明, 白鲢、红鲤分别饲养在含酚 0.1—5.0 毫克/升水中 9 天与 22 天, 白鲢的生长率比对照的下降 6.3—12.4%, 红鲤下降 8.4—11.1%。

水中存在酚及酚类化合物, 是鱼肉产生异味的主要原因之一。实验表明, 红鲤在含 0.01 毫克/升的苯酚中饲养 192 天, 其内脏和肌肉部分出现异味, 而且异味的感觉比异嗅明显。进入异嗅和异味的途径, 我们认为主要是通过鱼鳃呼吸及体表的接触所致。

鱼体酚的积聚量与水温的升降有着密切关系。红鲤在低温时, 其体内酚积聚量高, 而当水温上升超过 10°C, 鱼体内含酚量则随水温上升而逐渐下降; 酚的毒性亦相应的减弱, 其原因主要在于鱼类及水中微生物, 随着水温上升而增强其体内降解与排泄酚的能力。

鱼类排泄酚的速率较迅速, 白鲢幼鱼在开头一小时之后可排除体内含酚量约 40%, 鲫鱼为 80% 强。至 4—5 小时之后下降速率渐趋减慢。

但是还必须指出, 采集于天然水域中低浓度酚污染的白鲢、鲫鱼, 经我们多次检测表明, 其体内的酚排泄消除有时不及室内实验的明显。

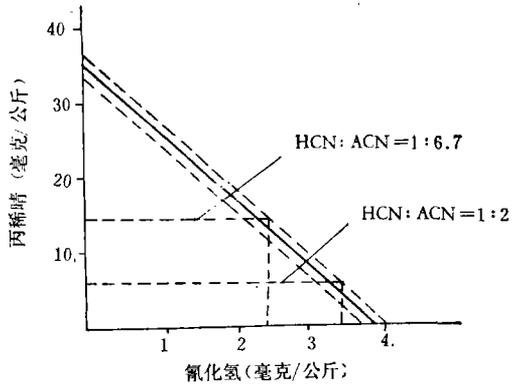
鱼类排酚的方式在国外有种种看法。Maickel 等和 Brodie 等 (1962) 认为鱼体排出酚是通过鳃的扩散作用; Adamson、Kunio Kebayashi 等 (1975) 则认为鱼类吸入的外源 (下转第 64 页)

内,表明这两种毒物呈联合相加作用。

2. 急性经口中毒试验

用丙烯腈和氰化氢的水溶液给小白鼠灌胃,分别获得丙烯腈的半数致死量 LD_{50} 为 34.46 毫克/公斤 (33.40—35.52), 氰化氢(以 CN 计)为 3.89 毫克/公斤 (3.74—4.04)。两种毒物按丙烯腈:氰化氢 = 6.7:1 再给小白鼠灌胃,先灌丙烯腈,立即再灌氰化氢(均用水溶液),获得该混合物的实测 LD_{50} 为 17.32 毫克/公斤。按上式计算预计 LD_{50} 为 17.92 毫克/公斤,两者比值为 1.97。丙烯腈:氰化氢 = 2:1 时实测 LD_{50} 为 9.97 毫克/公斤,预计 LD_{50} 为 9.59 毫克/公斤,两者比值为 1.04。如用等效效应图评价,二种比例的混合毒物的等效效应剂量交点均落在等效效应区内,表明经口染毒毒性也是呈联合相加作用。

综上所述,不论吸入或经口染毒,在几种不同比例条件下,丙烯腈与氰化氢呈联合相加作用,即二种毒物中一个毒物的剂量(浓度)可由另一个毒物的等毒性剂量(浓度)所代替,而呈现出相同的毒物效应。这一结



氰化氢与丙烯腈联合作用等效效应图

HCN LD_{50} 3.89 毫克/公斤
ACN LD_{50} 34.46 毫克/公斤

论为实际工作中该两种毒物同时污染环境时,如何应用现有的卫生标准来评价环境污染情况提供了较为可靠的办法。利用现有的卫生标准与现场实测浓度代入下式,

$$\frac{\text{氰化氢浓度}}{\text{氰化氢标准}} + \frac{\text{丙烯腈浓度}}{\text{丙烯腈标准}} = 1$$

即可评价该环境污染是否符合卫生标准的要求。

上海第一医学院环境卫生教研组供稿

(上接第 43 页)

酚,能够同体内的物质形成结合酚的形式排出。我们用鲢鱼的实验结果表明,在开始 2 小时之内排泄酚大部分是游离酚,部分是结合酚,2—4 小时之后游离酚减少,结合酚相对地增加。这种结合酚的出现,我们认为是鱼类吸收外部酚,在鱼体内与葡萄糖醛酸及硫酸等物质相结合的结果,同时也反映了鱼类有降解酚的能力。

参 考 资 料

- [1] 化工部第九设计院: 酚及其衍生物对鱼类影响(内部资料;1972)
- [2] 长江水产研究所: 水质污染对鱼类影响的调查研究第一集(1974)第二集(1975)
- [3] 长江水产研究所: 应用组织学研究酚、四氯化碳对鲤、鲫鱼肝、肾的毒性(1976)
- [4] Bulletin of The Japanese Society of Scientific Fisheries 41(12)1271—1276 (1975)
- [5] Charles 等: The Biological Aspects of Water Pollution (1971)
- [6] Dicksom K. L. 等: Biological methods for the assessment of water quality (1973)