

水生生物对水
体自净作用的
研究材料之四

水生生物对含酚污水净化作用的研究

洪玉鼎 马鹤海 杨 翔

武汉市水产科学研究所

一九八三年十二月三十日

水生生物对含酚污水净化作用的研究

酚的来源广，焦化厂、煤气厂、炼油厂、石油化工厂、合成树脂厂、染料厂等企业，生产中都会产生大量的含酚废水。而且含酚浓度很高，已成为目前地表水的主要污染物之一。随着国民经济的发展，酚的生产及应用还将会在很大程度上予以扩展，这势必导致含酚污水的增加。

酚具有特殊芳香刺激性气味，引灌的污水中，即便含量很低，也可以闻到一股令人讨厌的臭味，便可强烈地改变水体的一般卫生状况。当酚的浓度大时，甚至可使水体变成生物学死寂状态⁽¹⁾。可见含酚污水对水质的危害是及其严重的。

武汉市污灌、污养区，主要在洪山、东西湖这两个郊区进行。污水养殖面积达6.25万亩。目前市区工业废水的厂内处理大多未予进行，城市污水处理厂尚未兴建，生活污水与工业废水亦未分流。酚及某些化学毒物的检出率较高，并出现超标值，许多地区已超过《农田灌溉水质标准》(试行) TJ 24—79和《渔业水质标准》TJ 35—79(试行)⁽²⁾。为达到安全污养的目的，污水水质的无害化处理已成为发展污水养殖的重要前提。因此，仅靠污水沉淀、稀释是不够的。目前可供选择的物理、化学、生物学净化方法很多，而最经济的要算生物净化。因此，从81~83年我们研究了水生生物对含酚污水的净化作用，试验结果表明，具有良好的净化效果。

一、材料与方法

1. 1981年8月~10月采用氧化塘法, 观察分析养殖污水的净化规律。

在我市汉口养殖场内, 选一口面积1.2亩, 水深60~65 cm的鱼池, 试验三个净化周期, 每周期10~12天。隔天(或2天)采样一次, 灌污量每次为池水的20%。分析水样及底泥。(详见表1)

2. 1982年8月10日~9月30日, 研究三种水生植物对水体自净的能力。

选用本地适应性较强的三种水生维管束植物, 其中:

大藻(水浮莲) *Pistia stratiotes* (天南星科 Araceae 大藻属 *Pistia*)

凤眼莲(水葫芦) *Eichhornia crassip* (雨久花科 Pontederiaceae 凤眼莲属 *Eichhornia*)

紫背浮萍 *Spirodela polychiza* (浮萍科 Lemnaceae 紫背浮萍属 *Spirodela*)

在我所室外四口小水洗池中(2.5立方采/口左右), 分别放养上述三种水生植物, 设一空白对照。试验用混合污水, 灌水70 cm深, 原污水占25%, 污水采自新华路排灌站。试验分两周期进行, 每周期测定四次, 原则上每五天测一次。(详见表2) 测定水质及三种水生植物含氮量的变化, 研究三种水生植物对合盼污水的净化能力。

3. 1983年7月20日~9月29日, 进行凤眼莲对污水净化作用的研究。

试验在污养地区有代表性的后湖水科所进行，选用三口鱼池作试验池，净化池2亩，鱼种池2亩，成鱼池3亩。各池平均水深达80cm。由于条件所限，净化池中间用拦网隔开，一亩作氧化塘，另一亩栽种凤眼莲、作二级净化。

距试验池较近的污染源有：江岸化工原料厂、市溶剂三厂、市油毡厂，后湖金属熔炼厂等，试验用污水除工业污水外，混有城市生活污水，测试的引灌污水有两个：化工厂桥、新污水口。两支污水明渠于新污水口汇合，距试验池50米，由铸铁管引入净化池。新污水口的含酚量代表引灌污水含量。每次引灌入净化池的污水量占池水的30%，净化三天后，引入鱼种池及成鱼池的净化水占各池的10%左右。

试验分四周期进行。每周测定四次，每隔三天测定一次，测定水质及凤眼莲的含酚量变化，以研究凤眼莲的净化效能。（详见表3）

挥发性酚的测定均采用4-氨基安替比林比色法，使用721型分光光度计，波长460毫微米，比色皿厚2cm。

二、试验结果

1. 氧化塘对酚有明显的降解作用。

从表1可看出降解过程的规律性。试验用原污水含酚为0.01~0.036mg/L，均超过渔业水质标准。从三个周期15次测定结果来看，池水的超标率达86.6%，但每次灌污后，便开始降解，十天后，均可降到或接近渔业水质标准，酚含量的三次平均降解率为63.4%。

2. 三种水生植物对含酚污水均有不同程度的降解作用。

试验用的三种水生植物含酚量的背景值均较高，但从试验结果（见表2）来看，三种水生植物含酚量均因植株的增长而趋于降解。当水体含酚量较高时，三种水生植物均趋于富集、积累，并逐渐在植物体内降解起到净化作用。其富集能力是：紫背浮萍 > 水浮莲 > 凤眼莲。

3. 凤眼莲不仅能净化含酚污水，而且植株本身对低浓度酚有解毒作用。

由于凤眼莲对污水中多种毒物均有较好的降解作用。因此，第三年着重研究凤眼莲对污水的净化效能。从表3的试验结果来看，每个周期引灌污水的含酚量为 $1.7455 \sim 2.4216 \text{ mg/L}$ ，均超过渔业水质标准的 $349 \sim 484$ 倍，经二级净化后，降到 $0.0118 \sim 0.0378 \text{ mg/L}$ ，仅为渔业水质标准的 $2 \sim 7$ 倍。

原污水有 1.7455 mg/L ，经九天氧化塘一级净化和凤眼莲二级净化后，降到 0.0378 mg/L ，下降了46倍；随着凤眼莲生长繁茂，第三周期由 1.8022 mg/L 降到 0.0217 mg/L ，下降了83倍；第四周期，凤眼莲布病净化2池，灌入污水由 2.4216 mg/L 下降到 0.0118 mg/L ，下降了205倍。含酚量的下降虽有稀释、沉淀、微生物的降解作用等，但从含酚量的下降倍数的增长来看，凤眼莲的净化作用是显而易见的。在其它条件（沉淀、稀释、生物量）大致相同的情况下，随着凤眼莲的迅速生长，含酚量的下降倍数由46倍提高到205倍，净化效能越来越高，净化速率越来越快。

凤眼莲的含酚量，其背景值为 0.6933 g/kg ，经过第

二周期，为 0.9210 mg/kg ，由于风眼莲放养不久，生长还不多，所以含酚量稍有增加；第三周期由 1.1994 mg/kg 下降到 0.7790 mg/kg ；第四周期由 0.5205 mg/kg 变为 0.8313 mg/kg ，含酚量变化不大。结果表明，风眼莲不仅能较快地净化含酚污水，而且由于它本身的解毒作用，其植株并不残留酚。

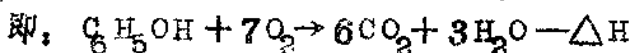
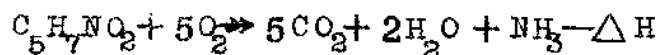
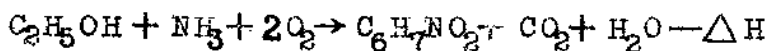
三、分析与讨论

1. 氧化塘法通过所谓“藻菌共生系统”的作用，使污水得到净化。

水体的自净是非常复杂的理化、生物过程，这些作用相互影响并同时发生。通过氧化塘中的微生物、藻类的生化过程，将污水中的有机物质及有害物质变成可供利用的盐类及无毒物质，从而使污水得到自净。水生生物的自净作用是有一定条件和限度的，氧化塘也是有一定负荷的，水生生物的生态环境，残毒的积累与代谢，水中复合因子的加和与颞颥作用等，变化非常复杂，仍需深入研究。

2. 水体自净与水生微生物、藻类及水生维管束植物等有着密切关系。

B·N 盖次的研究认为，微生物由于重力作用或有机物和无机颗粒的吸附作用，逐渐沉降到水底。通过土壤中微生物—酚细菌的作用，土壤中酚的积累可逐步降低，其生化作用反应如下：



（註：“ ΔH ”为生化过程释放能）

从而，酚被分解为 CO_2 和 H_2O 。

近年来，应用同位素技术的研究证实，酚在高等植物细胞中的代谢过程，与微生物分解酚的过程极其相似。(3)

3. 本试验证明，凤眼莲不仅能较快地净化含酚污水，而且由于它本身的解毒作用，植株中并不残留酚。

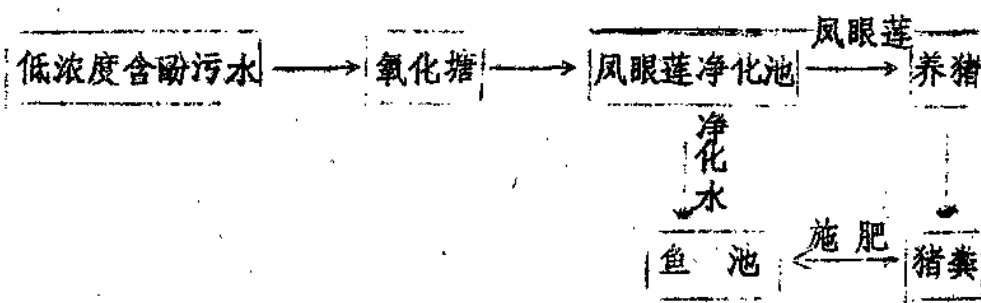
凤眼莲是广泛分布于亚、非、美三洲热带、亚热带地区的水生植物，它具有庞大的气腔和强大的根茎，生活力较强，繁殖迅速。凤眼莲净化污水的能力很强，能把酚类等毒物分解成无毒物质。

植物对酚的解毒理论早已被生物化学家所阐明。酚一旦被植物吸收后，通常不以游离酚存在，大部分很快就参加到糖的代谢过程，和糖结合成一种叫糖苷的物质。当酚形成糖苷之后，则酚类的解偶联作用和对细胞的损害作用被消除，从而解除酚对植物的毒害。酚糖苷对植物本身是无毒的，贮存在细胞内，在作物体内酶的作用下，又形成复杂的化合物。它们能提高细胞壁的渗透性，加速生长点的分化，促进植物根系的生长。而有一小部分自由态的游离酚，会被植物体内的多酚氧化酶和过氧化物酶等逐渐氧化分解变成二氧化碳、水和某些其它的无毒化合物，就这样游离酚的毒性得到解除。可见凤眼莲对低浓度酚不仅有解毒作用，而且还能生长得更迅速(4)(5)。

但是，它的解毒能力是有一定限度的。如果污水的含酚量过高，势必会抑制植物体内酶的活性和光合作用能力，妨碍细胞膜的渗透功能，干扰植物对水分及养料的吸收，生长必将受到限制与危害，因此必须坚持工业排放标准，才能达到净化的目的。

4. 由于凤眼莲对酚的解毒作用，在低浓度下引灌含酚污水以后，不仅净化了养殖水体，而且本身并不增加酚的残留量。因此，在其它有害物质不超标的条件下，在防止凤眼莲之前和之后，凡对酚

净化时间，风眼莲仍可作为安全的猪饲料。猪粪又可以给鱼池施肥。如此循环利用，起到化害为利的效果。循环利用模式图如下：



小 结

1. 氧化塘对低浓度含酚养鱼用水 ($0.01 \sim 0.036 \text{ mg/L}$) 平均降解率为 63.4% ，灌污后 10 天，可降到标准以下。
2. 紫背浮萍、水浮莲、风眼莲，对低浓度含酚污水均有净化作用。富集能力是：紫背浮萍 $>$ 水浮莲 $>$ 风眼莲。
3. 风眼莲在引灌 30% ($1.7 \sim 2.4 \text{ mg/L}$) 含酚污水的条件下，净化效果是明显的。在其它净化因素（稀释、沉淀、微生物作用等）大致相同的情况下，随着风眼莲的迅速繁殖生长，净化效率显著增加。
4. 风眼莲不仅能净化养殖用水，而且由于植株对酚的解毒作用，本身并不增加酚的残留量。
5. 本试验引灌的污水，含酚量为 $1.7 \sim 2.4 \text{ mg/L}$ ，超过工业排放标准 $3.4 \sim 4.8$ 倍，超过渔业水质标准 $349 \sim 484$ 倍。经二级处理后，仍超过渔业水质标准 $2 \sim 7$ 倍，因此，必须坚持《工业排放标准》（试行）GBJ 4—73 的规定。否则

仅靠水生生物净化是难以达到渔业水质标准的。

参 考 资 料

1. B. r. 卡普林等：关于陆地地表水酚的化合物的自净机制
地理环境污染与保护译文集（第五集） 科学技术文献出版社
（1975） P. 54~60。
2. 武汉市环境保护局：环境质量报告书 1981年度。
3. 长江水产研究所：水质污染对鱼类影响的调查研究 第二集
1975. 8。
4. 张志杰编著：环境保护生物学 冶金工业出版社 1982. 9
P. 140~141。
5. 沈明珠等：农业环境的污染和保护 中国青年出版社（1981）
P. 18~22；154~157。

表 1: 氧化塔对含酚污水的净化作用

周期	月、日	原污水 mg/L	池 水 mg/L	底 泥 mg/kg	备 註
第 一 周 期	8月17日	0.0367	0.0129	0.3241	
	8月20日		0.0248	0.4762	
	8月22日		0.0211	0.2766	
	8月25日		0.0129	0.1386	
	8月27日		0.0064	0.0527	
第 二 周 期	9月1日	0.0100	0.0064	0.3936	
	9月5日		0.0078	0.4144	
	9月8日		0.0057	0.3669	
	9月10日		0.0043	0.2513	
	9月13日		0.0037	0.2464	
第 三 周 期	9月17日	0.0249	0.0053	0.2855	
	9月19日		0.0095	0.4498	
	9月22日		0.0064	0.4535	
	9月24日		0.0064	0.1820	
	9月26日		0.0053	0.1642	

表2: 三种水生植物对含酚污水的净化作用

单位: 水样 mg/L; 植物样 mg/kg

周期	日期	酚									汞								
		原污水	1号池	2号池	3号池	4号池	水浮莲	凤眼莲	紫背浮萍	原污水	1号	2号	3号	4号	水浮莲	凤眼莲	紫背浮萍		
第一 周期	8月10日	0.0059	0.0053	0.0053	0.0053	0.0053	0.8441	0.7695	1.0592	痕量	痕量	痕量	痕量	痕量	0.0892	0.0792	0.0800		
	8月15日		0.0089	0.0079	0.0079	0.0046	0.5209	0.6005	0.7809						0.0281	0.0181	0.0415		
	8月20日		0.0049	0.0086	0.0075	0.0069	0.5302	0.6005	0.6614						0.00018	0.00035	0.00002		
	8月25日		0.0082	0.0232	0.0126	0.0082	0.5309	0.4563	1.2322						—	—	—		
第二 周期	9月15日	0.0165	0.0126	0.0126	0.0126	0.0126	0.3817	0.5906	0.5288	痕量	痕量	痕量	痕量	痕量	0.0028	0.0015	0.0005		
	9月20日		0.0055	0.0045	0.0115	0.0120	0.8986	0.7049	1.6094						0.0064	0.0009	0.0022		
	9月25日		0.0122	0.0118	0.0118	0.0294	0.5060	0.6651	0.6879						0.0014	0.0005	—		
	9月29日 (a)		0.0291	0.0286	0.0289	0.0208	1.3604	1.1902	1.3188						0.0005	—	—		

(a) 29日酚测定, 因721分光光度计故障, 改用581G光电比色计测定。

表3: 风眼莲对含磷污水的净化作用

单位: 水样mg/L; 植物样mg/kg

周期	日期	化工厂桥 污水源	新污水口 污水源	净化1号	净化2号	鱼种池	咸鱼池	风眼莲	备注
第一 周期	6月9日	0.0741	0.0145 [※]						
	7月20日	0.0224	0.0156	0.0184					
	7月23日			0.0156	0.0189	0.0154			
	7月26日			0.0207	0.0235	0.0190			
	7月29日			0.0196	0.0191	0.0179			
第二 周期	8月17日	0.0271	1.7455	0.0213	0.0198			0.6938	
	8月20日			0.0260	0.0259	0.0225	0.0232	0.7165	
	8月23日			0.0283	0.0267	0.0315	0.0275	0.9580	
	8月26日			0.0315	0.0378	0.0276	0.0282	0.9210	
第三 周期	8月31日	0.0322	1.8022	0.0337	0.0242			0.1994	
	9月3日			0.0471	0.0610	0.0216	0.0235	1.0148	
	9月6日			0.0249	0.0224	0.0201	0.0225	0.8727	
	9月9日			0.0221	0.0217	0.0203	0.0207	0.7790	
第四 周期	9月20日	0.0260	2.4216	0.0105	0.0163			0.5205	
	9月23日			0.1156	0.0130	0.0091	0.0087	0.5460	
	9月26日			0.0115	0.0107	0.0097	0.0084	0.4608	
	9月29日			0.0139	0.0118	0.0113	0.0112	0.5318	

说明: 1. 6月9日试测污水源。

2. 第一周期试测。

3. 第一周期新污水口为排渠。