

几种氯苯对模拟氧化塘系统生物群落的影响

赵忠宪 黄玉瑶 高玉荣
曹宏 陈俨梅 张书芳

(中国科学院动物研究所, 北京, 100080)

摘要 研究一氯苯, 1,2,3-三氯苯及六氯苯对模拟氧化塘系统生物群落结构的影响及其净化机制。结果表明, 在 5.6095 mg/l 的一氯苯, 1.9292 mg/l 的 1,2,3-三氯苯及 0.1363 mg/l 的六氯苯实验条件下, 系统中杆菌属(*Bacterium*)、微球菌属(*Micrococcus*)及酵母菌属(*Saccharomyces*)的种类、密度影响不明显; 对浮游藻类的种、数量及叶绿素 a 的合成有明显地抑制作用, 其影响大小的顺序为: 六氯苯 > 1,2,3-三氯苯 > 一氯苯。在模拟氧化塘系统中, 氯苯类能够降解, 在多级串联塘中水力停留 7 d, 3 种氯苯去除率均高达 99% 以上。实验表明自然挥发是主要的净化机制, 微生物分解居第 2 位, 藻类对氯苯类的去除也有一定作

环境生态学

关键词:

氯苯类, 群落效应, 净化, 模拟氧化塘。

生物群落

EFFECTS OF CHLORINATED BENZENES ON AQUATIC BIOCOMMUNITY IN SIMULATION STABILIZATION POND SYSTEM

Zhao Zhongxian Huang Yuyao Gao Yurong Cao Hong
Cheng Yanmei Zhang Shufang

(Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100080)

Abstract This paper deals with the effects of chlorobenzene (CB), 1,2,3-trichlorobenzene (1,2,3-TCB) and hexachlorobenzene (HCB) on aquatic community structure (and function) in simulation 4-cell stabilization pond systems. The purification of three chlorobenzenes in systems are also discussed. The results show that the specific diversity and densities of *Bacterium*, *Micrococcus* and *Saccharomyces* species of microorganisms were not affected while the specific diversity, density and chlorophyll a synthesis of the algae were inhibited significantly. The inhibition order was; HCB > 1,2,3-TCB > CB.

Chlorobenzenes could be removed in high rate in the simulation pond systems. The remove rate reached as high as >99% of all 3 pollutants in effluents after 7 day retention time.

* 本为国家自然科学基金资助项目。

收稿日期: 1994-10-04, 修改稿收到日期: 1995-06-28。

Most of chlorobenzenes were emitted into the air and some were degraded by organisms and algae.

Key words: chlorinated benzenes, community effects, perification, simulation stabilization pond systems.

氯苯类广泛应用于有机物合成、有机溶剂、医药制剂、染料及农药合成等方面, 在水中易被生物浓缩, 对人畜健康有害, 其中氯苯、三氯苯及六氯苯已被美国环保局列入 129 种需要优先考虑的污染物名单中^[1]。有关氯苯类的毒性毒理研究工作国内外均有报道^[2~4], 但多偏重于单种毒物对单种生物的影响, 群体效应的研究工作做得很少。近年来, 有不少学者进行过污水生物的净化模拟实验, 但多以生化需氧量(BOD)、化学需氧量(COD)、总磷(TP)、总氮(TN)等综合指标为依据, 有关氯苯类生物净化的研究报道不多。作者在天津城市污水净化与污水养鱼中发现这类物质在鱼体中浓缩倍数很高, 煮熟后异味很浓。本实验拟通过模拟氧化塘系统, 探索一氯苯(CB)、1,2,3-三氯苯(1,2,3-TCB)及六氯苯(HCB), 在多级池塘微生态系统中的行为、群体生态效应及生物净化规律, 为城市污水生物净化及污水综合利用提供参考资料。

1 材料与方法

实验在 4 个模拟氧化塘系统中进行。每个系列均由污水贮蓄槽、4 个串联氧化槽及出水收集槽组成(图 1)^[5]。整个系统污水水流停留时间为 7 d。4 个贮水槽中每天配制一定量的人工污水, 其中 TP 为 5 mg/l, TN 为 40 mg/l, 可溶性淀粉为 280 mg/l^[6]。A 系列为对照组(CK), 不加氯苯类, B 系列加入一氯苯(CB), 浓度为 80 mg/l, C 系列加入 1,2,3-三氯苯(1,2,3-TCB), 浓度为 6 mg/l, D 系列加入六氯苯(HCB), 浓度为 3 mg/l。氯苯类浓度是根据 EC_{50} 确定的^[7]。氯苯类用丙酮作溶剂, 丙酮在水中浓度 < 0.1 mg/l^[8]。水质分析按文献^[9]进行。微生物和藻类按常规方法计数。

2 结果与讨论

2.1 氯苯类对微生物的影响

实验结果表明, 实验组和对照组中, 微生物主要由杆菌属(*Bacterium*), 微球菌属(*Micrococcus*)及少量酵母菌属(*Saccharomyces*)组成。对照组与实验组微生物数量均随串联槽中

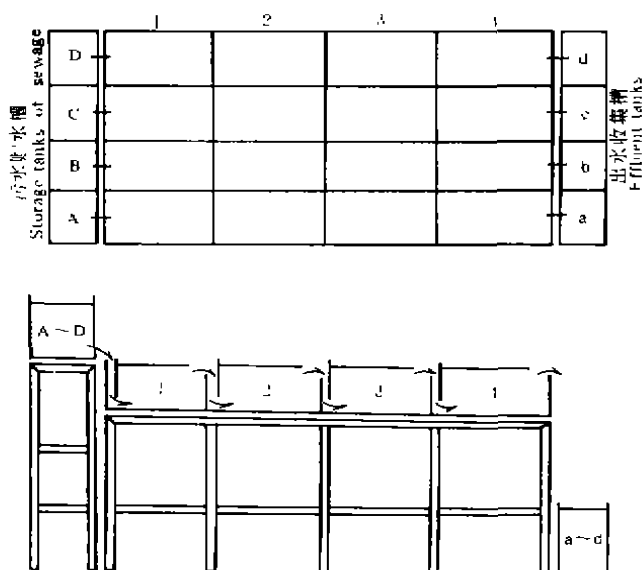


图 1 模拟氧化塘系统示意图

Fig. 1 Diagram of simulation stabilization pond systems

A~B 污水贮水槽 Storage tanks

a~d 出水收集槽 Effluent tanks

1~4 氧化塘 Cells of stabilization ponds

有机物及营养盐含量的减少而递减,其关系式分别为:

$$\text{对照组: } \ln Y = 2.8963 + 0.5866 X \quad (n = 4 \quad r = 0.9910)$$

$$\text{一氯苯组: } \ln Y = 4.1186 + 0.3910 X \quad (n = 4 \quad r = 0.9704)$$

$$\text{1,2,3-三氯苯组: } \ln Y = 4.1501 + 0.4301 X \quad (n = 4 \quad r = 0.9569)$$

$$\text{六氯苯组: } \ln Y = 4.8183 + 0.2123 X \quad (n = 4 \quad r = 0.9959)$$

式中 X 为营养盐含量(mg/l), Y 为总菌数($M \cdot id/ml$)。微生物数量的递减正常,其主要原因是由于营养物质浓度的递减造成的。

2.2 氯苯类对藻类的影响

实验结果表明,3种氯苯对藻类的种类、密度、多样性指数及叶绿素a的合成,均有明显地抑制作用(表1)。3个处理组相比,实验浓度最高的一氯苯组,藻类种类最多,而实验浓度最低的六氯苯组,藻类种类最少,三氯苯组居中;从藻类密度情况来看,同样是一氯苯抑制作用最弱,六氯苯最强,三氯苯居中;生物群落结构变化的多样性指数受其影响也很明显,如对照组,由0.44增至0.91,而一氯苯组则由0.27增至0.64,1,2,3-三氯苯组,由0.24增至0.65,六氯苯组,由0.19增至0.63;对反映藻类生理状况的叶绿素a含量的影响更为明显,如对照组,叶绿素a平均含量为3.20 mg/l,一氯苯组则2.47 mg/l,1,2,3-三氯苯组为2.15 mg/l,六氯苯组仅为1.48 mg/l。

表1 氯苯类对浮游藻类的影响

Table 1 Effects of chlorinated benzenes on algae

组别 Groups	池 Cell	种类(属) Species (ind./l)	数量(ind./l) Quantities	多样性指数 Margalef (H)	叶绿素a含量(mg/l) Chlorophyll a (mg/l)
对照 CK	1	9.6±1.5	261×10 ⁵ ±74×10 ⁵	0.44	2.999
	2	14.8±0.8	635×10 ⁵ ±70×10 ⁵	0.68	4.7437
	3	16.8±1.1	900×10 ⁵ ±168×10 ⁵	0.76	3.1986
	4	19.8±1.6	839×10 ⁵ ±161×10 ⁵	0.91	1.9224
一氯苯 CB	1	6.0±1.6	110×10 ⁵ ±48×10 ⁵	0.27	1.4637
	2	10.2±1.3	432×10 ⁵ ±69×10 ⁵	0.46	3.5759
	3	13.0±0.7	637×10 ⁵ ±85×10 ⁵	0.59	3.6471
	4	14.8±0.8	612×10 ⁵ ±62×10 ⁵	0.64	1.2116
1,2,3-三氯苯 1,2,3-TCB	1	5.0±2.3	141×10 ⁵ ±39×10 ⁵	0.24	1.2311
	2	9.2±1.3	419×10 ⁵ ±32×10 ⁵	0.41	2.8265
	3	11.4±0.5	626×10 ⁵ ±98×10 ⁵	0.51	3.3902
	4	14.2±0.4	590×10 ⁵ ±92×10 ⁵	0.65	1.1406
六氯苯 HCB	1	4.6±0.5	125×10 ⁵ ±33×10 ⁵	0.19	1.0058
	2	9.2±0.4	389×10 ⁵ ±54×10 ⁵	0.41	2.1797
	3	11.4±0.5	561×10 ⁵ ±89×10 ⁵	0.45	3.2827
	4	14.2±0.4	575×10 ⁵ ±110×10 ⁵	0.63	0.8970

浮游藻类的种类、数量变化与污水中营养物质的含量和水流停留时间关系密切,图2表明,对照和实验组浮游藻类的种类、数量随流程的延长、污水的逐步净化而递增,但均以对照组增加得最为明显。这也表明氯苯类对浮游藻类有影响。

2.3 氯苯类对氮磷去除的影响

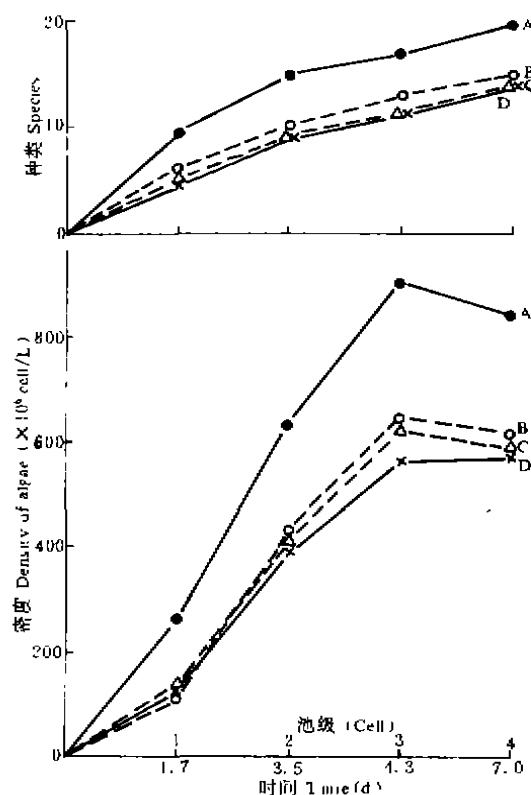


图2 氯苯类对藻类种类、密度的影响(图中每一个数据为5次统计平均值)

Fig. 2 Effects of chlorobenzenes on species and density of algae

A 对照组 CK, B 氯苯 CB, C 1,2,3-三氯苯 TCB, D 六氯苯 HCB

随着污水流程和停留时间的延长,污水中总氮、总磷含量明显下降,经7 d 净化,对照组和实验组对总氮、总磷的去除率均分别达到98%和60%以上,说明在本实验浓度下,几种氯苯对总氮、总磷的净化效果无明显影响(图3)。

2.4 氯苯类的净化

实验结果表明,在多级串联氧化塘系统中,氯苯类能得到较好地净化与去除,去除率均高达99%以上(表2)。出水含量,一氯苯和1,2,3-三氯苯略高于国家地表水允许标准,

表2 多级模拟氧化塘对氯苯类的去除

Table 2 The remove of stabilization pond system on chlorinated benzenes

池 Cell	停留时间 Time (d)	一氯苯 CB		1,2,3-三氯苯		六氯苯 HCB	
		Concentration (mg/l)	Remove rate (%)	Concentration (mg/l)	Remove rate (%)	Concentration (mg/l)	Remove rate (%)
0	0	83.2170	0	6.7988	0	3.0890	0
1	1.7	5.6095	93.3	1.9292	71.6	0.1363	95.6
2	3.5	2.6571	96.8	0.4121	93.9	0.0340	98.9
3	4.3	1.5589	98.1	0.2002	97.1	0.0228	99.3
4	7.0	0.4234	99.5	0.0644	99.1	0.0070	99.8

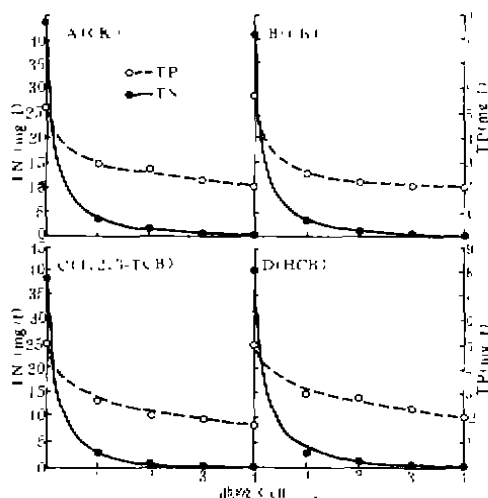


图3 氮磷在模拟氧化塘系统中的降解曲线

Fig. 3 Purification of nitrogen and phosphorous in simulation stabilization pond systems

六氯苯远低于国家地表水允许标准^[12]。本实验对氯苯类的去除,开始速度很快,以后逐步减缓(图4)。氯苯类的去除主要是自然挥发作用,其次是微生物分解的结果,藻类对它们的去除是间接的,但其作用不容忽视^[11]。据报道,1,2,3-三氯苯在水温12℃时,24 h的自然挥发率为28%^[12],在水温25℃时,6 h的自然挥发率,1,2,3-三氯苯为35.2%,六氯苯为63.6%,24 h则分别高达89.8%和92.1%。赵健夫报道,经活性污泥驯化2周后的细菌,6 h对一氯苯的去除率高达95%,1,2,4-三氯苯在最初1周内去除率不到50%,但18 d后去除率可达95%以上;六氯苯最难降解,4周内降解率仅为5%~13%^[13]。本实验筛选出两

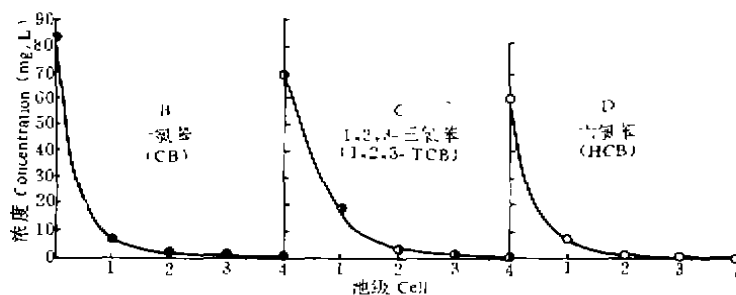


图4 氯苯类在模拟氧化塘系统中的降解曲线

Fig. 4 Purification of chlorobenzenes in simulation stabilization pond systems

株芽孢杆菌——枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)和短芽孢杆菌(*B. brevis*),在恒温30℃的密闭磨口三角瓶中,72 h对同为10 mg/l的1,2,3-三氯苯和六氯苯,去除率分别为16.6%和9.6%,这和赵健夫的实验结果及有关报道大体一致^[13~14]。

参 考 文 献

- 1 中国环境优先监测研究课题组编. 环境优先污染物. 北京: 中国环境科学出版社, 1989. 119~136
- 2 Burge W J. *et al.* Toxicity of organic chemicals to embryo-larval stages of fish. EPA-560/11-79-007. U. S. Environ. Prot. Agency. 1979. 69
- 3 Geike F. *et al.* Effect of hexachlorobenzene on some growth parameters of *Chlorella pyrenoidosa*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 1975, 15(6): 670~677
- 4 Courtney K D. Hexachlorobenzene(HCB): A Review. Environ. Res. 1979, 20: 225~266

- 5 黄玉瑶等. 氯对藻类生长与污水净化的影响. 生态学报, 1990, **10**(4): 229~304
- 6 高玉荣等. 磷对藻类生长与污水净化的影响. 生态学报, 1993, **14**(1): 67~74
- 7 U. S. EPA. *In-depth studies on helath and environmental impacts of selected water pollutants*. U. S. Environ. Prot. Agency, Contract No. 68-01-4646
- 8 周永欣等. 水生生物毒性试验方法. 北京: 农业出版社, 1989. 78~80
- 9 美国卫生协会等编著, 宋仁元等译. 水和废水标准检验法. 北京: 中国建筑工业出版社, 1985. 453~462
- 10 方子云. GB3838-83 地面水环境质量标准. 水资源保护工作手册. 南京: 海河大学出版社, 1988. 1083~1089
- 11 上海石化总厂等. 藻类氧化塘的初步研究. 环境污染与生态学文集. 南京: 江苏科学技术出版社, 1981. 181~188
- 12 朱志宁等. 12 种有机物在鲤鱼体内积累与释放行为的研究. 环境科学学报, 1978, **7**(3): 339~346
- 13 赵健夫. 氯代苯类有机物生物降解性能的研究. 环境科学, 1992, **13**(2): 36~40
- 14 Siko-Goad L. *et al.* Effects of chlorinated benzenes on Diatom fatty acid composition and quantitative morphology. 1, 2, 3-Trichlorobenzene. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 1989, **18**: 629~637