

松花江有机污染源筛选及其治理 措施效果的环境医学研究*

张尤恩 郭殿林 陶可圣 甘卉芳 朱振岗 何凤兰

(哈尔滨医科大学公共卫生学院, 哈尔滨 150001)

摘要 应用蚕豆根尖细胞微核试验、波动试验、Ames试验和鱼周血红细胞微核试验对某化工废水和哈尔滨市工业废水的众多污染源进行诱变性筛选,结果确定出少数首治目标。并对污水处理厂和自来水深度处理的诱变性效果评价,结果表明,一般生物学处理工业废水,其诱变性几乎没有降低,而较严重污染的自来水经深度处理后其诱变性明显降低。

关键词: 有机污染; 筛选; 治理措施; 环境医学。

长期以来,松花江接纳大量的工业废水和生活污水,使江水受到严重污染,尤其是有机物的污染。林吉江段曾检出364种有机污染物,其中有致癌/致突变物26种,哈尔滨四方台断面检出88种中仍有致癌/致突变物10种。我们对哈尔滨居民饮用的松花江源水的毒性实验结果表明,1.7L水的有机浓集物即显示明显的致突变作用^[1]。沿江长期饮江水、食江鱼的居民癌症死亡率明显高于对照居民^[1,2]。松花江有机致癌物质迫切需要治理,但沿岸排污企业多,可疑致癌物质种类繁多。为了节省国家治理费用提高治理效果,我们采用在污染源现场调查的基础上,进行致突变性筛选,以确定主要污染源和首先治理目标;对现有或拟采用的处理措施的效果进行环境医学评价,为治理提供科学依据。

1 某化工公司和哈尔滨市工业废水诱变性筛选

1.1 对象和样品处理

某化工公司选择东10[#]线、南10[#]线、北大沟和污水处理厂出口等4条排污管线为研

究对象,哈尔滨市以3个污水沟14个排污口为研究对象。根据污水排放规律分别采样,对水质变化大的污水,连续3天每隔4h采水一次,取混合水样;污水排放基本稳定的进行一次大量采样,用GDX-102树脂吸附,用提纯乙醚洗脱,浓缩后溶于DMSO,冰箱保存备用。

1.2 实验方法

分别采用蚕豆根尖细胞微核试验、波动试验和鱼周血红细胞微核试验等。

1.2.1 蚕豆根尖细胞微核试验 本实验采用陈光荣等人所用的实验方法^[3],蚕豆是华东师范大学提供的松滋青皮豆。每一样品观察3个根尖,每个根尖镜检3000个细胞中的微核数,计千分率。

1.2.2 波动试验 实验菌种TA98和TA100是美国加利福尼亚大学Ames试验室提供的,经鉴定菌种特性符合要求。分别进行加与不加S9的试验,以敌克松和2-氨基芴为阳性对照。

收稿日期:1990年9月7日

*国家自然科学基金资助项目

参加本项研究的还有谢维、赵淑媛、管琳、唐玄乐、刘占琴、庞永珣、史力田、魏玉丹、肖奇有、于玲等同志,谨此致谢。

1.2.3 鱼周血红细胞微核试验 实验选用黑龙江省水产研究所松浦试验场繁殖的当年同龄鲫鱼,实验前置水族箱中室内驯养一周,选择健康、活泼、鳞片光亮、体重为40~45g的鲫鱼为试验鱼。随机分成各实验组,每组5尾,经一次腹腔注射有机提取物,丝裂霉素C为阳性对照。染毒24h后从尾部采血涂片,甲醇固定,Giemsa染色,镜检,每尾鱼计数5000个红细胞的微核数,计算千分率。

1.3 试验结果

1.3.1 某化工公司排污管线废水的诱变性

蚕豆根尖细胞微核试验结果表明,东10*线污水的蚕豆微核率最高为75.67%;污水处理厂出口次之,为65.00%;南10*线为46.66%;而对照组为20.33%。经检验,受检水样与阴性对照比较均有非常显著差异($P<0.01$),指数值(受检水样微核率/对照组微核率)均大于2。由表1可见,未浓缩废水不加S9时,东10*线、南10*线和污水处理厂出水的波动试验皆为阳性。20倍浓缩废水加S9时,只有东10*线和污水处理厂出水为阳性。两种诱变试验结果表明,东10*线、南10*线和污水处理厂出水口的污水都具有致突变性。

表 1 未浓缩废水不加S9波动试验结果

分 组	检样剂量 总		3d 后 变 色 管 数			
	管	(μl/管) 数	TA98		TA100	
			(1)	(2)	(1)	(2)
空白对照	0	50	10	10	23	21
东10*线	2	50	26**	25**	38**	36**
南10*线	2	50	25**	24**	36**	34**
污水厂出水	2	50	24**	24**	33*	35**
敌克松(μg)	0.3125	50	49	49	50	50

* * $P<0.01$ * $P<0.05$

1.3.2 哈尔滨市污水排放口致突变性 蚕豆微核试验结果表明:17个污水沟口的微核率与对照组比较有14个沟口有统计学显著性差别($P<0.05$),用指数法评价只有化

纤、化工、马家沟、正阳河、五道街、十八道街和二十道街等7个沟口是对照组的2倍。蚕豆微核试验阳性的6个沟口的有机提取物鱼外周血红细胞微核试验结果表明:阳性对照组微核率为3.72%,阴性对照组为0.72%,实验组均在1.44~2.80%之间,与阴性对照比较均有统计学显著意义($P<0.05$),指数值大于2。两种实验结果证明:十八道街、二十道街、化纤厂、正阳河、马家沟和化工区等沟口排入松花江的污水有明显的致突变作用。

2 某污水处理厂的处理效果评价

某化工公司污水处理厂,80年代初正式投入使用,全公司大部分工业废水都要经过污水处理厂再排入松花江。处理后的废水中COD、BOD₅等化学指标有明显改善,对能否去除废水中致癌/致突变物,尚不清楚。因此,我们对污水处理厂的进水和出水的诱变性加以检测,以评价污水处理厂对废水诱变性的处理效果。

2.1 材料和方法

同步连续采集进厂水和出厂水各25L,充分混合后取出1L水样低温(-30℃)保存,其余水样用甲醇、乙醚提取浓缩。分别采用蚕豆微核试验、波动试验和Ames试验检测其诱变性。

表 2 未浓缩废水不加S9波动试验结果

分 组	检样剂量 总		3d 后 变 色 管 数			
	管	(μl/管) 数	TA98		TA100	
			(1)	(2)	(1)	(2)
空白对照	0	50	10	10	23	21
污水厂进水	2	50	25**	23**	33*	34**
污水厂出水	2	50	24**	24**	33*	35**
敌克松(μg)	0.3125	50	49	49	50	50

* $P<0.05$ * * $P<0.01$

表 3 污水处理厂进水和出水有机浓集物Ames试验结果(MR值)

提 取 物	进 水			出 水		
	相当污水量 (ml/皿)	TA98	TA100	相当污水量 (ml/皿)	TA98	TA100
甲 醇	0.11	5.35	1.24	1.8	2.20	1.04
	0.22	9.10	2.84	9.0	4.35	1.11
	0.44	28.40	4.48	45.0	19.60	1.32
乙 醚	1.0	1.05	1.16	1.8	0.95	1.02
	9.0	2.05	1.17	9.0	3.00	1.10
	22.5	3.15	1.25	22.5	5.05	1.22
敌 克 松	62.5μg/皿	61.15	8.79			
自发回变		1	1		1	1
(每皿菌落数)		(20)	(117)		(20)	(117)

2.2 试验结果

蚕豆微核试验表明: 污水厂进水和出水的微核率分别为61.00%和65.00%, 皆高于对照组(20.33%), 经检验 $P<0.01$, 指数值大于2。从表2看出, 未经浓缩的进水和出水不加S9活化, TA98和TA100菌种波动试验均为阳性结果, 而进水与出水之间未见差异。浓缩20倍的进水和出水加S9活化时, 两菌种均呈阳性结果, 虽然出水变色管数比进水有所减少, 经 X^2 检验之间无显著差异。由表3可见, Ames试验结果, 进水甲醇提取物致使TA98菌株 $MR\geq 2$ 时, 其污水量为0.11ml, 而出水量为1.8ml。对TA100菌株其 $MR\geq 2$ 时, 进水为0.22ml, 出水为225ml。进水和出水乙醚提取物对TA98菌株获阳性结果, 受试物剂量皆相当9ml。

上述结果说明, 污水处理厂的进水和出水, 除甲醇提取物出水的致突变作用有一定程度的减弱, 而其他各种实验结果都说明进水和出水的致突变性几乎没有改变。

3 哈尔滨市上、下游自来水的诱变性及其处理效果评价

本试验选择位于哈尔滨市上游的三水厂和下游的七水厂, 分别采集氯化消毒后的净

水进行Ames试验, 其样品制备和实验方法同前。

3.1 诱变试验结果

由表4可见, 三水厂的自来水乙醚提取物在加与不加S9活化系统条件下均能使TA98和TA100产生回复突变。每皿加入相当3L水的提取物, 在不加S9活化系统条件下, 对TA98菌株的 $MR=2.06$, TA100菌株的 $MR=2.45$, 且致突变指数随加样量增加而增大。在加S9后MR值变小。

表 4 哈尔滨市三水厂自来水有机浓集物Ames试验结果(MR值)

检 样 加 入 量 相 当 水 量 (L/皿)	TA98		TA100	
	- S9	+ S9	- S9	+ S9
1	1.99	1.19	1.23	1.22
3	2.06	1.95	2.45	1.24
5	3.91	3.05	3.11	1.68
7	4.50	2.19	4.28	2.18
自发回变	1	1	1	1
(每皿菌落数)	(18.7)	(23.0)	(109.8)	(112.8)
敌克松62.5μg/皿	62.1		9.8	
2-氨基蒽5.0μg/皿		24.3		7.6

对哈尔滨市下游的七水厂自来水进行了同样的检测。由表5可见, 在不加S9条件下, 0.32L水的乙醚提取物对TA98菌株的 $MR=2.1\bar{6}$, 对TA100菌株2L水亦显示出阳性结果。

表 5 哈尔滨市城市自来水有机浓集物
Ames试验结果(MR值)

检样加入量 相当水量 (L/皿)	TA98		TA100	
	-S ₉	+S ₉	-S ₉	+S ₉
0.13	0.84	1.17	1.02	0.94
0.32	2.16	1.39	1.21	0.85
0.80	2.48	1.50	1.89	1.14
2.00	3.92	3.11	2.55	1.77
自发回变 (每皿菌落数)	1 (25)	1 (18)	1 (124)	1 (104)
敌克松 62.5μg/皿	45.8		10.7	
2-氨基芴 10μg/皿		61.1		12.9

3.2 不同净化技术的效果评价

哈尔滨市七水厂原水用深度处理(臭氧-活性炭处理等)后对其出厂水,应用Ames试验和SCE试验进行对比分析。氯化消毒后的净水乙醚提取物,TA98菌株在每皿0.32L时为阳性,TA100菌株在每皿2L时也为阳性。而深度处理后的净水3L时,Ames试验为阴性,0.4L水SCE试验亦为阴性。三水厂的净水Ames试验3L时为阳性,0.09L水时SCE试验为阳性。说明污染较重的七水厂的原水经深度处理,比三水厂水质好,其诱变性有明显降低。

4 讨论

4.1 松花江有机污染源治理的主要目标

某化工公司工业废水每日排入松花江约72万t,有机污染物种类达200多种,包括以多环芳烃、苯系物、苯胺类、氯苯类、硝基苯类、硝基氯苯类和硫化物为主要种类的20类有机物,其中有20多种致癌/致突变物质。可见,化工区排放废水成分复杂、有机物种类多,是松花江致癌/致突变物的主要来源。主要接纳染料厂和电石厂废水的东10*线废水中,包纳了化工区20种致癌/致突变物质,不经任何处理直接排入松花江。污水处理厂出水也是该公司向松花江排放有机污染物的

主要沟口,也检出16种致癌/致突变物。

蚕豆微核试验、波动试验结果表明,东10*线废水致突变性最强,其次是污水处理厂出水。从废水中致癌/致突变物质种类和数量,以及废水的致突变性都说明,某化工废水是主要治理目标,首先是东10*线、处理厂出口和南10*线。

哈尔滨市3600多家大中小型企业废水通过3沟14口排入松花江,每日约排入50万t,大量污水排入,已使市内的几条原来的雨水河道变成了污水沟,最终排入松花江,更加重了松花江的污染。应用蚕豆微核试验和鱼周血红细胞微核试验,从17个污水沟口中筛选出马家沟、正阳河、十八道街、甘道街、化纤厂和化工区等6个沟口为致癌/致突变物质污染主要沟口,为降低松花江有机污染的致癌危险性,应首先治理上述6个污水沟口。

4.2 两种水处理效果的环境医学评价

某污水处理厂处理效果的评价说明,有机污染工业废水经一般二级处理的废水中,COD、BOD₅等综合有机污染指标有明显改善,但对去除废水中的致癌/致突变物质却无明显效果。该结论与Rappapor^[4], Linda^[6]等人的报导相一致。从本试验看出,废水中甲醇提取物有一定去除效果。因此,一般二级处理方法是可能有效地去除废水中的有机致癌/致突变物,必须研究选用新的净化措施和处理途径。

哈尔滨市水源水质污染较重的七水厂,经臭氧-活性炭处理后的净水,Ames试验和SCE试验结果表明,其净化效果是良好的,而且比哈尔滨上游三水厂的净水水质好,其诱变性明显降低。因此,七水厂选用的深度处理工艺,在降低水质诱变性方面是有效的。

本课题选用的蚕豆根尖细胞微核试验、鱼周血红细胞微核试验、波动试验和Ames试验方法检测污水和饮用水的诱变性是可行

的。前二者是利用植物细胞和动物细胞进行试验反映染色体损伤, 后两者是利用原核微生物检测方法, 反映基因突变, 二者结合可以很好地反映出遗传物质不同水平的损伤情况, 对水质致突变污染物的作用是敏感的, 结果是可靠的。

5 结论

5.1 某化工公司的东10[#]线、污水处理厂出水、南10[#]线和哈尔滨市的马家沟、正阳河、十八道街、廿道街、化纤厂、化工区等污水沟口为松花江的主要致突变物质污染来源和首先治理目标。

5.2 某化工公司工业废水中的致癌/致突变物, 只经过一般二级处理不可能有效地去除。

5.3 水源水质受较重的致癌/致突变物质污

染时, 用臭氧-活性炭净化技术是有效的。

参考文献

- 1 朱振岗等. 松花江有机污染致癌危险性研究. 中国环境科学, 1985, 5(3): 7
- 2 张尤恩等. 哈尔滨市各种生活环境因素对恶性肿瘤的影响及预测. 中国环境科学, 1986, 6(5), 38
- 3 陈光荣等. 利用蚕豆(*Vicia faba*)根尖的微核技术监测青山湖污染的研究. 中国环境科学, 1985, 5(4): 2
- 4 Rappaport S M, et al. Mutagenic Activity in Organic Wastewater Concentrates. Environ. Sci. Technol., 1979, 13(8): 957
- 5 Linda S S, et al. Sources and Movement of Organic Chemicals in the Delaware River. Environ. Sci. Technol., 1979, 13(5): 574

STUDIES BY ENVIRONMENTAL MEDICINE ON SCREENING AND MEASURES OF TREATMENT AND CONTROL OF ORGANIC POLLUTANT SOURCES OF THE SONGHUA RIVER

Zhang Youen Guo Dianlin Tao Kesheng Gan Huifang

Zhu Zhengang He Fenglan

(School of Public Health, Harbin Medical University, Harbin 150001)

Abstract In the paper, a few chief objectives of treatment were determined by micronucleus test of *Vicia faba*, fluctuation test, Ames test and micronucleus test of peripheral erythrocytes of fish to mutagenicity screening of numerous pollution sources of wastewater of chemical industries in certain city and industries in Harbin. Evaluation of the mutagenic effectiveness of advanced treatment of wastewater and tap water was conducted. The results show that mutagenicity of wastewater can hardly be reduced by common biological treatment, but mutagenicity of heavily polluted tap water can be significantly reduced by advanced treatment.

Key words: Organic pollution, Screening, Measures of treatment and control, Environmental medicine.