

## 官厅水库/永定河水中有机污染物致突变性的初步研究

马 梅 赵慧芬<sup>1</sup> 王子健<sup>2</sup> 尚 伟<sup>3</sup> 王晓燕<sup>3</sup>

中国科学院生态环境研究中心环境水化学国家重点实验室,北京 100085

**摘要** :1999 年 7 月在官厅水库和永定河下游三家店河段设 4 个采样点,应用 Ames 实验对所采集水样中经 XAD-2 树脂富集后的有机污染物进行了致突变性检验。研究表明,对于 TA98(-S9)实验,八号桥和雁翅样品在 0.8L/plate 以下呈现阳性结果,表明样品中含有移码型直接致突变物,尤其是八号桥样品有很强致突变性。上述状况在加入体外代谢活化物 S9 后消失,说明样品中不含间接致突变性物质。在碱基置换型直接致突变性检验中,八号桥样品在 0.4L/plate 剂量条件下即呈直接致突变阳性,加入 S9 后在 0.8L/plate 剂量条件呈可疑阳性。上述结果表明在采样期间,该水体已受到致突变性物质的污染,从检验结果还可以看出,相对于静止水体(水库大坝、三家店)而言,流动水体(八号桥、雁翅)具有更强的致突变性,而以上游的八号桥点致突变性最高。说明致突变性物质可能来自洋河或桑干河。

**关键词** :Ames 检验 有机污染物 浓缩水样  
**中图分类号** :X832 **文献标识码** :A

## Mutagenic activity of organic pollutants extracted from waters in Guanting Reservoir and Yongding River

Ma Mei, Zhao Huifen, Wang Zijian, Shang Wei, et al.

Research Center for Eco-environment Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

**Abstract** :Water samples collected from Guanting Reservoir and Yongding River in July 1999 were examined by Ames test to evaluate the mutagenic activity of organic pollutants. The samples have been concentrated by using XAD-2 resin filled columns. In the test with strain TA98, direct mutagenic effects (-S9) were observed in water extracted from Bridge No. 8 and Yanchi at the dosage of 0.8L/plate, indicating the existence of direct frame shift mutagens. The mutagenic effects disappeared after addition of S9, indicating no pro-mutagen in the samples. In the test with strain TA100, direct base pair substitute mutagenic effect was observed only in the sample from Bridge No. 8 at the dosage of 0.4L/plate. When adding S9, suspicious positive reaction could exist at the dosage of 0.8L/plate. The results demonstrated that the water in Yongding River has been heavily polluted by mutagens, for which further studies should be carried out to identify the sources and types of these mutagens.

**Key words** :Ames test, organic pollutants, water extracts

官厅水库汇集了上游桑干河、洋河和妫水河的流入,通过永定河向北京市供水。该水库曾是北京重要的饮用水水源地,20 世纪 80 年代由于上游张家口和宣化地区大量工业废水和永定河流域农业面源污染物的排入,造成该流域水质严重恶化,已经丧失了饮用水源水的功能,只能用作工农业用水。近年来随着北京市水资源紧缺状况日益加剧,恢复官厅水库水质已经刻不容缓。北京市政府已经将改善官厅水库水质、恢复其向城市供水的功能作为一项重要工作内容。

作为饮用水源水,需要对其安全性进行系统评价,包括是否对人体健康有潜在影响。本文采用 XAD 树脂吸附技术对水中有机污染物进行富集,并应用 Ames 实验,对官厅水库/永定河水系 4 个采样点水中有机污染物的致突变性进行了初步分析,目的是为进一步系统研究提供线索和参考。

### 1 材料与方法

#### 1.1 水样的采集

采集点分布如附图所示,其中八号桥样点位于一条流经张家口和宣化工业区的洋河汇入官厅水库处,官厅大坝是进入永定河下游的唯一出口,在永定河下游的雁翅位于清水河与永定河汇合处,三家店则位于北京市石景山区。四个样点中,八号桥和雁翅为流动水体,官厅大坝和三家店为相对静止水体。

1999 年 7 月在上述样点,用清洗过的 20 升聚碳酸酯桶各

基金项目:国家重点基础研究发展规划项目(No. G1999045710)和北京市重点基金(No. 8991001)

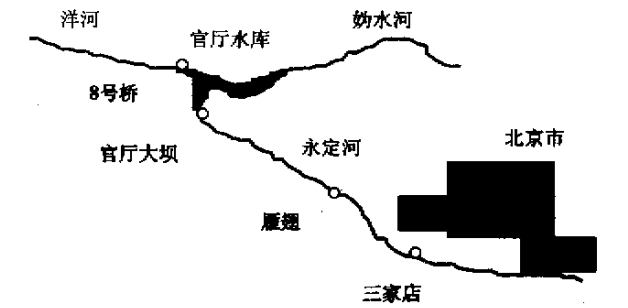
作者简介:马梅,女,博士研究生,助理研究员

1 中国预防医学科学院

2 联系作者

3 首都师范大学

采集表层水样 25 升,当天运回实验室后,立即过柱,在 24 小时内完成样品富集。



附图 水样采样点分布

1.2 样品的富集处理

富集中采用了 XAD-2 树脂( Amberlite<sup>®</sup>, Sigma Chemical Co. )装柱( 30cm × 2.1 cm ),以 100ml/min 的流速过柱。树脂在装柱前分别经过蒸馏水、甲醇、二氯甲烷、己烷和丙酮在索氏提取器中回流处理 8h<sup>[1]</sup>。富集完成后以 3 倍柱床体积的乙酸乙酯洗脱吸附的有机物,洗脱液用无水硫酸钠脱水,在 40℃ 水浴下用高纯 N<sub>2</sub> 吹干至恒重,称量得到残渣量。取少量残渣用 DMSO( ACS 级, Sigma 公司 )溶解,备用于 Ames 试验。

1.3 Ames 试验

按照 Ames 平板掺入法鉴定浓集物的致突变性<sup>[2]</sup>。所采用的鼠伤寒沙门氏杆菌组氨酸缺陷型菌株 TA98 和 TA100 由中国预防医学科学院提供。用多氯联苯诱导大鼠肝匀浆上清混合液( S9 )作为体外代谢活化系统,由中国预防医学科学院提供。在加和不加 S9 活化系统条件下按平皿掺入法进行实验。样品以 DMSO 作溶剂,溶液稀释成相对原水样体积分别为 0.1、0.2、0.4 和 0.8L/plate 4 个浓度组,各浓度组均作三个平行样。同时设空白对照、溶剂对照和阳性对照( + S9 采用 4-NQO ; S9 采用 2-AF )。针对所有样品的实验均重复两次,在得到相同阳性结论时以 MR 平均值表示数据。MR 定义为突变率( MR = 样品回变数/自发回变数 ),当 MR 值 ≥ 2% ,且有一定剂量效应关系时确定为阳性结果。

2 结果与讨论

对移码型直接致突变性检验( TA98-S9 )实验结果表明( 表 1 )八号桥和雁翅 2 个样点显示阳性结果,其中八号桥点 MR 值接近 6% ,表现出极强的移码型直接致突变性。八号桥为洋河和桑干河流入官厅水库的汇入点,近年来桑干河流入官厅的水量很少,因此该点的致突变性物质应该是洋河的污染引起。在本次实验的最大剂量下( 0.8L/plate ),TA98 + S9 检验结果显示 4 个样点均未检出致突变性阳性,表明水样中很少或没有移码型间接致突变性物质。

从碱基置换型致突变性检验( TA100 )结果可以看出,除八号桥以外,在实验剂量下其它三点均未显示致突变性。八号桥点样品表现出较强的直接致突变性,在 0.4% L/plate 剂量下出现显著阳性,0.8L/plate 剂量的 MR 值高达 4.4%。加入 S9 后,致突变性有所降低,但 MR 值接近 2% ,且存在明显的剂量-效应关系,所以该点在 0.8L/plate 剂量下仍具有间接致突变性可疑阳性。

利用气相色谱-电子捕获检测( GC-ECD )方法对官厅水库

- 永定河流域沉积物中 26 种 PCBs 同系物和 13 种有机氯农药进行了分析测定,在 4 个采样点均检出多氯联苯和部分有机氯农药。其中 PCBs 和有机氯农药总量最高点均出现在永定河下游的三家店,判定为轻度污染水平。DDT 浓度以八号桥和三家店( 雁翅下游 )样点最高,属中度污染。有机氯农药总量分布为三家店 > 八号桥 > 官厅大坝 > 雁翅,表明永定河下游多氯联苯和有机氯农药不仅来自官厅上游,也来自下游石景山地区。但由于三家店水样中未检出致突变性,表明致突变性与上述所测两类物质没有明显关联。

将上述结果和本研究组于 1998 年密云水库出库水样检验结果比较,密云水样在 2.5L/plate 的剂量下未观察到阳性( 表 2 )致突变性明显低于官厅/永定河水系。徐凤丹等对中国几个大城市水源水进行了致突变性检验,尽管数据是不同年份获得的,但仍然可以从 1L/plate 剂量的检验结果看出,除武汉市水源水能够检出间接移码型致突变性外,其它各城市水源水均未检出致突变性<sup>[3]</sup>。官厅水库水样致突变性明显强于以上 5 个城市水源水,表明将官厅水库恢复到供水水质仍然有大量工作要做。

表 1 水样 Ames 实验 MR 值 %

| 采样点  | 剂量<br>( L/plate ) | TA98 |      | TA100 |      |
|------|-------------------|------|------|-------|------|
|      |                   | - S9 | + S9 | - S9  | + S9 |
| 八号桥  | 0.1               | 1.32 | 1.17 | 1.32  | 0.76 |
|      | 0.2               | 2.17 | 0.86 | 1.66  | 1.09 |
|      | 0.4               | 3.41 | 0.95 | 2.69  | 1.31 |
|      | 0.8               | 5.89 | 1.15 | 4.44  | 1.90 |
| 官厅大坝 | 0.1               | 0.98 | 0.56 | 1.03  | 0.79 |
|      | 0.2               | 1.49 | 0.50 | 0.98  | 0.72 |
|      | 0.4               | 1.23 | 0.79 | 1.18  | 1.10 |
|      | 0.8               | 1.68 | 0.88 | 1.26  | 1.23 |
| 雁翅   | 0.1               | 0.89 | 0.94 | 0.66  | 0.77 |
|      | 0.2               | 0.98 | 0.94 | 0.90  | 0.89 |
|      | 0.4               | 1.40 | 1.10 | 1.31  | 0.95 |
|      | 0.8               | 2.19 | 1.39 | 1.08  | 0.98 |
| 三家店  | 0.1               | 1.46 | 0.64 | 0.90  | 0.84 |
|      | 0.2               | 1.39 | 0.34 | 0.62  | 0.52 |
|      | 0.4               | 1.04 | 0.93 | 1.01  | 0.85 |
|      | 0.8               | 1.19 | 0.51 | 0.93  | 0.82 |

表 2 密云水库出库点水样 Ames 实验 MR 值 %

| 剂量<br>( L/plate ) | TA98 |      | TA100 |      |
|-------------------|------|------|-------|------|
|                   | - S9 | + S9 | - S9  | + S9 |
| 0.5               | 1.04 | 1.03 | 0.89  | 0.98 |
| 1.0               | 1.56 | 1.25 | 0.93  | 0.95 |
| 2.0               | 1.81 | 1.31 | 0.92  | 1.13 |
| 2.5               | 1.63 | 1.59 | 1.05  | 1.26 |

表 3 五城市水源水剂量为 1L/plate 时的致突变检验结果<sup>(1)</sup> %

| 城市  | TA98( - S9 ) | TA98( + S9 ) | TA100( - S9 ) | TA100( + S9 ) |
|-----|--------------|--------------|---------------|---------------|
| 昆明  | 1.50         | 1.63         | 1.12          | 1.14          |
| 哈尔滨 | 1.70         | 1.96         | 0.93          | 1.20          |
| 沈阳  | 1.55         | 1.26         | 1.16          | 1.20          |
| 广州  | 1.48         | 1.63         | 1.03          | 0.98          |
| 武汉  | 1.66         | 2.34         | 1.12          | 1.43          |

注( 1 )表中所列数据引自文献[ 3 ],数值均为 MR 值

## 饮水机中纯净饮用水微生物污染及消毒效果观察

陈西平 李霞 鲁波 周淑玉

中国预防医学科学院环境卫生监测所 北京 100021

**摘要:** 为了解饮水机中纯净水的微生物污染状况及变化规律,对现场使用的饮水机水中的细菌总数、大肠菌群、霉菌和酵母菌及消毒后纯净水中细菌总数变化进行检测。检测结果表明,饮水机纯净水细菌污染严重,并随着使用时间的增加,水中细菌总数不断增多。消毒剂可杀灭水中细菌,但无法在饮水机使用过程中有效地防止细菌污染和细菌生长。建议采取有效措施防止空气中微生物进入饮水机中,并选用合适的有机材料防止饮用水微生物生长,确保饮水安全。

**关键词:** 纯净水 饮水机 微生物污染 消毒

**中图分类号:** R155.5 TS201.3 TS207.4

**文献标识码:** A

## Survey on the microbial pollution of pure water in water dispenser and its disinfection

Chen Xiping, Li Xia, Lu Bo, Zhou Shuyi

Institute of Environmental Health monitoring, Chinese Academy of Preventive Medicine, Beijing 100021, China

**Abstract:** The counts of bacteria, total coliforms and fungi of pure water in the water dispensers were detected and the regular pattern of bacterial reproduction in water were studied after the dispensers and water were disinfected. The results showed the bacterial pollution in the water dispensers was serious and the bacteria counts increased with the time of using dispensers lasted. The disinfectant could killed effectively the bacteria in the water sources but it could not control the new bacteria polluted and reproduced while the water dispensers were in use. It was suggested that the bacteria polluted from air should be prevented by taking effective methods and selecting appropriate organic materials for making dispensers.

**Key words:** pure water, water dispenser, microbial pollution, disinfection

随着供水业的不断发展,桶装水越来越多的进入家庭。桶装水与自来水的最大区别是桶装水被密封在容器中,并经各种类型的饮水机后,供人们饮用。在饮用前,桶中的水常在密封桶及饮水机内贮存一段时间,水质可能发生变化<sup>[1,2]</sup>。桶及饮水机中微生物的活动会使水质变坏,并可能影响人体健康。为了解水中微生物的动态变化及消毒剂对细菌总数的影响,并为评价和控制饮水机及桶装水中的微生物污染提供依据,本实验检测了饮水机中微生物变化及饮用水消毒剂对饮水机中细菌总数的影响。

### 1 材料与方法

#### 1.1 检测项目和方法

**1.1.1 大肠菌群** 参照《饮用天然矿泉水检验方法》GB 8538-1995 采用多管发酵法检测水中大肠菌群<sup>[3]</sup>。

**1.1.2 细菌总数** 参照《生活饮用水标准检验法》GB 5750-85 采用平板计数法检测细菌总数<sup>[4]</sup>。

**1.1.3 霉菌和酵母菌** 参照《瓶装饮用纯净水卫生标准》GB 17324-1998 检测霉菌和酵母菌<sup>[5]</sup>。

**1.1.4 其他指标** 采样时,记录放置饮水机室内温度、居面积、桶中水温、饮水机内胆水量、饮水人口、饮水机品牌等。

### 3 结论

本研究结果表明至少在采样期间,洋河/官厅水库/永定河三家店段水体已受到致突变性有机污染物的污染。以直接致突变性污染物为特征,致突变性最强点出现在八号桥,该点同时存在移码型和碱基置换型直接致突变性物质。为了保证官厅水库恢复向北京市供水的水质,有必要针对这些致突变性物质的持久性、来源和类型进行进一步系统研究。

### 4 参考文献

- GB/T 15440-1995 环境中有机污染物遗传毒性检测的样品前处理规范
- Maron DM, Ames BN. Revised methods for the Salmonella mutagenicity test, *Mutat Res*, 1983, 113: 173-215
- 徐凤丹, 范美云, 宋瑞霞. 我国典型地区饮水中致突变性表征. *环境科学*, 1994, 15(3): 1-6

(2000-12-16 收稿)