

# 利用紫露草微核技术监测抚仙湖水质污染的研究\*

陈 霆<sup>1,2</sup>, 王海娟<sup>1</sup>, 段昌群<sup>1</sup>, 施晓东<sup>1,3</sup>

(1. 云南大学 环境科学系, 云南 昆明 650091; 2. 内蒙古呼伦贝尔学院 生化系, 内蒙古 海拉尔 021008;  
3. 曲靖师范学院 化学系, 云南 曲靖 655000)

**摘要:** 以  $\text{NaN}_3$  处理作为阳性对照, 以自来水处理作为阴性对照, 用紫露草微核监测法对抚仙湖具有代表性的 10 个水样进行了监测评价. 结果表明: 各水样微核率与阴性对照相比都有较明显升高, 邻近湖滨区域的水体污染程度远高于湖泊中心水体, 湖泊南部的水体污染程度高于北边的水体. 这种变化与化学监测的结果是一致的.

**关键词:** 紫露草微核监测; 抚仙湖; 水污染

中图分类号: Q 948.119 文献标识码: A 文章编号: 0258-7971(2002)03-0237-04

早在 1886 年的血液学文献中就有了对微核的描述, 尤其在 70 年代初期由美国 Western Illinois 大学的 Te-Hsiu Ma 用紫露草四分体微核技术监测环境污染和检测环境危险物质以后, 引起了世界各国的重视, 国内外的许多学者都纷纷开展工作, 从而使植物微核技术在国内外得到很快的发展和推广. 用于微核监测的材料常常包括葱属类、紫露草、蚕豆和珍珠谷等, 并且微核技术可以用于监测多类物质, 诸如有机物、农药、诱变剂和重金属等. 目前, 许多国家性机构和国家已经把微核技术列为诱变试验常规方法. 其中紫露草四分体微核技术由于其材料易于培养成活、制片简单、易于镜检观察、经济实用、实验周期短乃至四季均可以开展工作而得到广泛的应用.

王焕校<sup>[1]</sup>等曾用蚕豆根尖微核监测滇池水质污染, 而王宏镔<sup>[2]</sup>等也用紫露草四分体微核监测过滇池水质, 都得到了较好的结果, 和化学监测结果基本一致, 这说明了微核监测的可行性和可靠性. 而且作为生物, 紫露草微核实验更接近于人的反应机理, 能更准确地监测污染物的潜在危险性. 虽然微核频率高不能说明致畸变物质浓度高, 但是却能够说明这些物质的组合作用有很高的毒性和致变性. 而一般的化学监测则只能告诉我们某一类

或某一种物质的量化指标, 究竟这么多的物质意味着什么样的危害则不能直接说明, 还需要进行生物监测或三致效应研究来进行评估.

抚仙湖(又名澄江海)位于云贵高原的玉溪市的澄江、江川、华宁县境内, 是玉溪市主要的水资源, 也是云南省重点保护的湖泊和著名风景旅游区. 流域面积  $614 \text{ km}^2$ , 湖泊面积  $212 \text{ km}^2$ , 最大水深  $157.3 \text{ m}$ , 平均水深  $78.0 \text{ m}$ , 是我国第 2 深水湖泊, 平均水资源量  $1.31 \text{ 亿 m}^3$ , 是云南省水容量最大的高原湖泊. 它是该地区工业、农业和居民生活用水的主要来源, 在区域经济发展和维持生态平衡等方面有着举足轻重的作用. 近年来, 随着工业和旅游业的高速发展, 抚仙湖的水体受到了不同程度的污染, 而且污染迅速发展的趋势令人担忧. 目前, 通常利用常规的物理化学手段进行水质监测, 而对抚仙湖水体的诱变性能的研究还少见公开报道. 因此本研究利用紫露草四分体微核技术(*Tradescantia*-MCN Test)对抚仙湖水体进行监测, 旨在分析湖泊污染后的水体的诱变性能.

## 1 材料与方法

1.1 材料 紫露草(*Tradescantia subcaulis* 4430<sup>#</sup>)引自美国, 培养在云南大学校园内无人

\* 收稿日期: 2001-10-22

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(39970142); 教育部高等学校骨干教师资助计划项目(GG-180-10673-2001).

作者简介: 陈 霆(1963-), 男, 黑龙江人, 讲师, 主要从事环境生态学研究.

污染的实验田中. 该品系对诱变剂有高度的敏感性<sup>[3~5]</sup>.

**1.2 水样采集** 在 2000 年 9 月下旬在抚仙湖 10 个地段采集水样. 水样主要按照出入口、中心区、滞留区、水流区、水源区 4 个区域进行布局, 并以此采集了 10 个水样. 这 10 个水样的采集点分别是: A(新河口)、B(海口)、C(湖泊狭部中心区)、D(梁王河)、E(弧岛)、F(玉带河宾馆)、G(明星火焰度假村)、H(禄充)、I(海军基地)、J(湖泊中心). 具体分布见图 1. 其中沿湖周围的采样点距离湖岸大约 30 m, 而 C 则在抚仙湖最窄处的中心位置, J 则在湖泊较宽处的中心位置.

### 1.3 实验方法

**1.3.1 紫露草的处理** 取自来水(水源来自昆明市松华坝水库) 1 组水样作为阴性对照, 以不同质量浓度(0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 12.0  $\mu\text{g}/\text{L}$ )的  $\text{NaN}_3$ (共 9 组)处理作为阳性对照, 抚仙湖各采样点水样各 1 组(共 10 组)进行处理.

用每组处理 10 个发育良好、处于幼期的紫露草花序, 处理 24 h 后换用 HE 营养液恢复培养 24 h. 染毒处理与恢复培养期间, 用 40 W  $\times$  4 日光灯补充光照(8:00~22:00), 气泵补氧(通气 10 min 停 50 min), 并对光照、温度、湿度进行监控, 其中光照为 3 000~4 500 lx, 温度为 20~30  $^{\circ}\text{C}$ ; 湿度为 80%~95%. 恢复培养结束后, 取花蕾用卡诺氏固定液固定 12~24 h, 换体积分数 70% 乙醇保存备检.

**1.3.2 微核监测** 制片、镜检、微核判断、统计分析主要按 Ma Ter hsiu<sup>[6]</sup>的研究方法, 略加修改.

$$\text{微核率}(f_{\text{MCN}}) = \frac{\text{所观察到的微核总数}}{\text{镜检四分体总数}} \times 100\%.$$

不同样点间的微核率通过  $T$  检验进行统计分析; 阳性对照实验中的剂量效应以  $F$  检验进行统计分析.

## 2 结果与分析

研究得知, 用自来水作为阴性对照处理(测定微核率本底值), 其  $f_{\text{MCN}}$  值为 1.580 %.

本研究中用  $\text{NaN}_3$  处理作为阳性对照.  $\text{NaN}_3$  是已被证明的诱变物, 它对紫露草微核频率诱导的剂量效应见图 2. 经  $F$  检验, 达到显著性差异. 用不同质量浓度  $\text{NaN}_3$  处理紫露草所产生的微核率呈抛物线形变化. 在本研究中, 质量浓度从 0~0.75

$\mu\text{g}/\text{L}$  时微核率逐渐升高, 质量浓度在 0.75  $\mu\text{g}/\text{L}$  时微核率达到峰值, 随着质量浓度增加微核率逐渐降低, 质量浓度在 8.0  $\mu\text{g}/\text{L}$  以上因致死效应导致已无微核产生.

抚仙湖水样处理产生的微核率的变化见图 3. 从图 3 可以看出, 10 个水样均使紫露草四分体微核率增加, 而增加幅度又各不相同, 其大小依次是: 新河口 > 梁王河 > 海口 > 禄充 > 海军基地 > 玉带河宾馆 > 明星火焰度假村 > 弧岛 > 湖泊狭部中心区 > 湖泊中心区. 其中新河口、梁王河、海口、禄充、海军基地、玉带河宾馆、明星火焰度假村水质与自来水的差异( $T > 2.5758$ )均在  $T_{0.01}$  水平上显著, 弧岛水质与自来水的差异( $2.5758 > T > 1.96$ )在  $T_{0.05}$  水平上显著, 湖泊狭部中心区、湖泊中心区则与自来水之间( $T < 1.96$ )无明显差异.

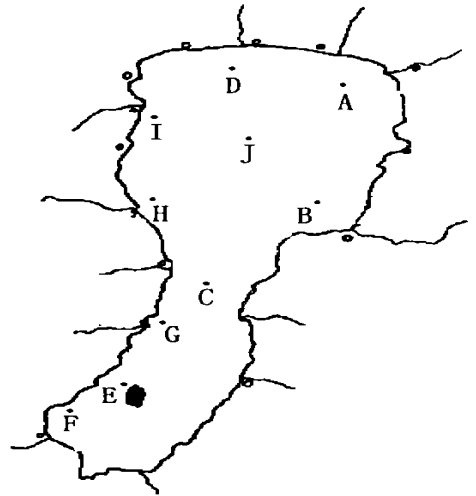


图 1 抚仙湖水样采集点示意图

Fig. 1 Illustration of sampling sites of water samples obtained from Fuxian Lake

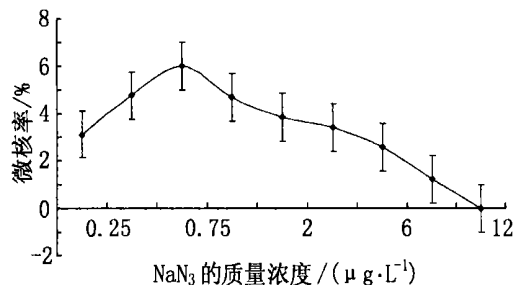


图 2 不同质量浓度  $\text{NaN}_3$  处理条件下紫露草的微核率变化

Fig. 2 Micronucleus frequency of *Tradescantia* under different  $\text{NaN}_3$  concentration treatment

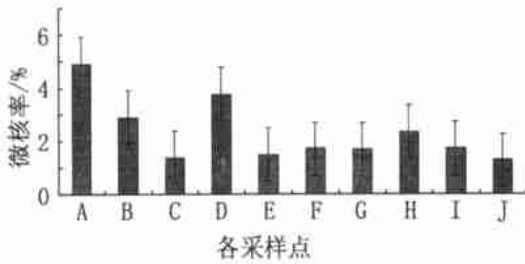


图3 抚仙湖各采样点微核率

Fig. 3 Micronucleus frequencies of *Tradescantia* induced by sampled waters from Fuxian lake

A—新河口; B—海口; C—湖泊狭部中心区;

D—梁王河; E—孤岛; F—玉带河宾馆; G—明星火焰度假村;

H—禄充; I—海军基地; J—湖泊中心区

### 3 讨论

$\text{NaN}_3$  引起紫露草微核率变化的剂量效应曲线呈抛物线形, 质量浓度在  $0 \sim 0.75 \mu\text{g/L}$  范围内随着  $\text{NaN}_3$  质量浓度的升高, 紫露草四分体微核率增加, 在质量浓度为  $0.75 \mu\text{g/L}$  达到峰值, 随后随着质量浓度增加, 微核率又下降。这种情况同段昌群等研究蚕豆微核率 (*Vicia faba* L.) 对重金属处理的剂量效应是一致的<sup>[7]</sup>。其原因可能是: 高浓度的诱变剂对细胞伤害很大, 以至于抑制了细胞的正常分裂, 而微核的产生一般必需经过细胞分裂, 从而抑制了微核的产生, 故高浓度的诱变剂往往还可能使微核率下降。这并不意味着高浓度的诱变剂没有诱变毒性, 而是它快速的致死效应, 使微核不能形成, 或它的毒性不能通过微核频率的升高再来体现。从而, 任何一个诱变效应的检测, 必须预先开展最高检测剂量的研究, 超过这个范围, 将影响微核检测技术的检测结果。在本研究中,  $\text{NaN}_3$  质量浓度的有效范围是  $0 \sim 0.75 \mu\text{g/L}$ , 超过最高剂量, 将影响实验的真实性<sup>[2, 5-8]</sup>。

从图3中可以看出, 抚仙湖水样最高的诱变效应均在阳性对照中显示的紫露草正确检测内, 从而本监测结果是可信的。

从实验结果来看, 抚仙湖水水质总体还是比较好的, 平均微核率较低 ( $2.2293\%$ ), 但仍高于阴性对照, 说明水体也存在一定程度的污染。但在整个水域中, 不同的区域污染状况是不一样的。采样点的狭部中心区和湖泊中心区的微核率很低 (分别为  $1.3767\%$  和  $1.2831\%$ ); 孤岛区域水质明显高于阴性对照, 表明污染程度比较突出; 而新河口、海

口、梁王河、玉带河宾馆、火焰度假村、禄充、海军基地这7个监测点水质极显著高于阴性对照, 证明其污染相对较为严重, 应该引起足够的重视, 以避免第2个“滇池悲剧”的出现<sup>[9]</sup>。鉴于国家环境标准的制定是依据生化需要氧量 (BOD)、化学需氧量 (COD)、总氮、总磷、挥发酚、亚硝酸盐、砷、汞等指标进行水质类别划分的, 所以不能把微核率与环境标准直接挂钩, 但是却从侧面反应了上述物质通过拮抗、协同等相互作用已经有了一定的致变性, 能够导致微核率的增加。

不同区域水体污染的差异性同各区域的地理位置、水文特征以及相关区域人类活动的强度密切相关。湖泊中心区的地理位置决定了该区域污染负荷小, 水深、量大, 自身净化能力强; 新河口、梁王河(东、西大河为抚仙湖的入水口)一带是抚仙湖最北端, 与小镇、澄江县城排污区相邻, 也是来抚仙湖旅游者的必经之处和食宿地, 小镇的生活垃圾大部分从这里排入湖中, 导致湖水严重污染; 海口(清水河)是抚仙湖出水口, 由于附近有右所、矣旧两村和1个工厂, 生活垃圾和工业污水大部分排入湖中, 其污染程度 ( $f_{\text{MCN}} = 2.899\%$ ) 已接近  $0.25 \mu\text{g/L}$   $\text{NaN}_3$  ( $f_{\text{MCN}} = 3.13\%$ ) 对水质的污染水平; 玉带河宾馆、火焰度假村、禄充等是主要的旅游区, 污染程度 ( $f_{\text{MCN}} > 1.7\%$ ) 自然较高; 孤岛一带也存在较高等度的污染 ( $2.5758 > T = 2.238 > 1.96$ )。不仅如此, 结合图1和图3中还可以看出, 南部区域的水样诱发的微核率要高于北部区域, 这主要在于南部区域是星云湖水进入抚仙湖的邻近区, 而星云湖污染相当严重, 目前是抚仙湖最大的污染源。紫露草微核检测结果同环境监测站多年以来利用化学分析的监测结果是一致的。也与抚仙湖藻类植物类群调查所显示的结果一致, 即一些富营养藻类如水华微囊藻、丝状藻类等已经有所生长, 这些都说明了抚仙湖也在逐渐富营养化<sup>[10]</sup>。而其进入的氮、磷的物质形态还不完全清楚, 它们之间的相互作用很可能会增加水质处理的微核率。

从研究结果可以看出, 抚仙湖污染状况是湖周边较中心区严重, 工业、农业、旅游发达区最为严重, 污染趋势为从周边向湖泊中心发展。应该指出的是, 本研究采样时间是2000年9月下旬, 为该地区旅游淡季, 游客很少, 污染可能相对较低, 即使这样, 也明显检测到了该湖泊水体的诱变性。在旅游旺季, 游人云集, 此时污染指数还会相应升高。

抚仙湖虽然目前污染程度较低,但与阴性对照比较已达到了显著差异水平,这几年抚仙湖的污染有发展、加重的趋势,应引起人们的注意并加强监测和治理研究.

### 参考文献:

- [1] 王焕校, 祖艳群, 彭庆元. 利用蚕豆根尖细胞微核监测滇池水质污染的初步研究[J]. 云南大学学报(自然科学版), 1993, 15(2): 138—145.
- [2] 王宏镛, 王映雪, 孟珍贵, 等. 利用紫露草微核技术监测滇池水质污染[J]. 城市环境与城市生态, 1998, 9: 12—14.
- [3] BEN T G, CHRISTOPHER T, WIBERG J L. Phytotoxicity observed in *Tradescantia* correlates with diesel fuel contamination in soil[J]. Environmental and Experimental Botany, 1996, 36(3): 313—321.
- [4] GUIMARAES E T, DOMINGOS M, AVES E S. Detection of the genotoxicity of air pollutants in and around the city of sao paulo(Brazil) with the *Tradescantia* micronucleus(*Trad*-MCN) assay[J]. Environmental and Experimental Botany, 2000, 44(1): 1—8.
- [5] RODRIGUES G S, MADKOUR S A, WEINSTEIN L H. Genotoxic activity of ozone in *Tradescantia*[J]. Environmental and Experimental Botany, 1996, 36(1): 45—50.
- [6] XU Zhi dong, MA Te hsiu. Clastogenicity of formaldehyde fumes and X-rays evaluated by the *Tradescantia*-micronucleus assay[J]. Environmental and Experimental Botany, 1998, 39(2): 169—176.
- [7] 段昌群, 杨俊波, 卢秀萍, 等. 蚕豆微核临测在云南地区的品种优选及应用[J]. 云南大学学报(自然科学版), 1994, 16(3): 250—255.
- [8] ICHIKHMA S, YAMAMOTO I, MURAI M, et al. Fallout decay simulation experiments with the hairs of stable and mutable *Tradescantia* clones[J]. Mutation Research, 1996, 36(2): 173—184.
- [9] 昆明市滇池保护委员会. 关于滇池生态环境恶化及其综合治理方案的说明[J]. 云南环境科学, 1993, 12(3): 11—12.
- [10] 邓新晏, 许继宏. 澄江抚仙湖藻类植物研究[J]. 云南大学学报(自然科学版), 1996, 18(2): 139—145.

## *Tradescantia* micronucleus biomonitoring for water pollution in Fuxian Lake, Yunnan

CHEN Ting<sup>1,2</sup>, WANG Haijuan<sup>1</sup>, DUAN Changqun<sup>1</sup>, SHI Xiaodong<sup>1,3</sup>

(1. Department of Environmental Sciences, Yunnan University, Kunming 650091, China;

2. Department of Biology and Chemistry, Hulunbeier College, Haila'er 021008, China;

3. Department of Chemistry, Qujing Teacher's College, Qujing 655000, China)

**Abstract:** Located in the middle of Yunnan Plateau, as the second deepest lake in China, Fuxian Lake is being polluted. *Tradescantia* micronucleus frequency were determined in 10 water samples obtained from different sites of Fuxian Lake, and the mutagenesis of the water samples of the lake were estimated. The results showed that the water along the shores of the lake was much more polluted than that in the central area of the lake, and the water in the southern part of the lake was more contaminated than that in the northern part of the lake.

**Key words:** *Tradescantia* micronucleus test; Fuxian Lake; water pollution