

# Concentrations and Mutagenic Activities of Ambient Particulate Matter and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons

## 东北某市大气颗粒物物质和多环芳烃类化合物的浓度及其致突变性

朴丰源<sup>1</sup>/段志文<sup>2</sup>/张玉敏<sup>2</sup>/崔金山<sup>2</sup>/  
孙鲜策<sup>1</sup>/杨光<sup>1</sup>/山内彻<sup>3</sup>

(1. 大连医科大学卫生学教研室 辽宁 大连 116027; 2. 沈阳医学院卫生毒理教研室, 辽宁 沈阳 110034; 3. 日本国立三重大学医学部, 日本三重县 津市 514-8507)

PIAO Feng-yuan<sup>1</sup>, DUAN Zhi-wen<sup>2</sup>, ZHANG Yu-min<sup>2</sup>, CUI Jin-shan<sup>2</sup>, SUN Xian-ce<sup>1</sup>, YANG Guang<sup>1</sup>, YAMAUCHI Toru<sup>3</sup>,  
(1. Department of Hygiene, Dalian Medical University, Dalian 116027, Liaoning, China; 2. Department of Hygiene Toxicology, Faculty of Preventive Medicine, Shenyang Medical College, Shenyang 110034, Liaoning, China; 3. Department of Public Health, Graduate School of Medicine, Mie University, Tsu 514-8507, Mie Prefecture, Japan)

**【摘要】**背景与目的: 调查东北某工业城市大气颗粒物质和多环芳烃类化合物的浓度以及它们的致突变活性。材料与方法: 用大流量粉尘采样器采样, 带有荧光检测仪的高压液相色谱仪 (HPLC) 检测总的多环芳香烃类化合物 (PAHs) 以及其中的苯并 (a) 芘 [B(a)P] 的浓度。以 Ames 沙门氏菌致突变活性检测样品的致突变性。结果: 工业区和交通干道大气中颗粒物质浓度高于居住区或郊区, 工业区大气中颗粒物质中多环芳香烃化合物和苯并 (a) 芘的浓度高于郊区和交通干道 ( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ )。工业区大气颗粒物质和有机提取物致沙门氏菌 TA<sub>98</sub> 和 TA<sub>100</sub> 回复突变率高于其他各区采样点 ( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ )。结论: 工业区大气中颗粒物质和多环芳香烃类化合物浓度较高, 并具有很高的间接致突变活性和较弱的直接致突变活性。

**【关键词】**大气污染; 颗粒物质; 多环芳烃化合物; 致突变活性; Ames 试验

中图分类号: R994.6 文献标识码: A 文章编号: 1004-616X(2007)02-0143-03

**【ABSTRACT】** BACKGROUND & AIM: To investigate concentrations and mutagenic activities of ambient particulate matter (PM) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in an industrial area of northeastern China. MATERIALS AND METHODS: The concentrations of PM, PAHs and benzo(a) pyrene [B(a)P] were determined by high liquid chromatography (HPLC) and mutagenicity of the samples were examined by the Ames Salmonella mutagenic assay over two years from September 2000 to August 2002 in a northeast industrial city of China. RESULTS: Concentrations of PM, PAHs and BaA were significantly higher in the industrial area than those in the other sampling area ( $P < 0.05$  or  $P < 0.01$ ). Mutagenic activities of PM and its extracted organic matters (EOM) were significantly higher in the industrial area than those in the other sampling area ( $P < 0.05$  or  $P < 0.01$ ). CONCLUSION: Concentrations of PM and PAHs were high in the industrial area, and there were strong indirect mutagenic activities.

**【KEY WORDS】** air pollution; particulate matter (PM); polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs); mutagenic activity; Ames test

流行病学调查研究表明, 城市空气中悬浮颗粒物的污染程度与人群肺癌的发病率明显相关<sup>[1-2]</sup>。大气颗粒物质是大气环境中组成复杂、危害严重的污染物, 颗粒中含有较多的重金属和多环芳烃。其中有的具有较强的致癌、致突变作用, 如苯并 (a) 芘 [B(a)P] 就是较明确的直接致癌物<sup>[3-4]</sup>。

我们对东北某工业城市大气中的颗粒污染物和多环芳香烃类化合物的浓度以及它们的致突变活性进行了测定, 并分析它们的季节变化, 以期了解大气颗粒污染物的致癌、致突变性以及为制定防治对策提供细胞遗传毒理学依据。

收稿日期: 2006-04-17; 修订日期: 2006-11-13

基金项目: 日本文部科技省资助课题 (30571584)

作者简介: 朴丰源 (1958-) 男, 沈阳人, 博士, 教授, 研究方向: 毒理学。

\* Correspondence to: PIAO Feng-yuan Tel: 0411-84720059, E-mail: piaofy-dy@yahoo.com.cn

## 1 材料和方法

### 1.1 大气采样

用日本紫田科学技术会社产 LTD HV2000 型大流量粉尘采样器,分别在北方某城市的工业区、居民区、郊区及交通干道,每月连续 5 d 24 h 采样(离地面 16 m 高)。采样时间是从 2000 年 9 月到 2002 年 8 月共 2 年。采样器是利用石英滤膜采集颗粒物,石英滤膜每 24 h 更换,泵的流量定在 1.0 L/min。采完样的滤膜用锡纸包好后,放到 -20 °C 冰箱中直到样品被处理。

### 1.2 样品处理

采完样的滤膜用 350 ml dichloromethane (DCM) 通过 20 min 超声波震动提取其中的有机物质。然后样品经蒸发和浓缩,放到 -80 °C 冰柜中待大气颗粒物中的 PAH 含量及其致突变活性的检测。

### 1.3 致突变活性的检测<sup>[5]</sup>

8 ml (864 mg 颗粒物)有机物质提取液被蒸发达到几乎干枯时,在缓慢的氮气流动条件下溶入二甲亚砜(DMSO)中,通过 Ames 沙门氏菌致突变活性检测程序<sup>[5]</sup>检测样品的致突变活性。检测前用 2-AA (aminoanthracene) 对菌株进行阳性试验,其 S<sub>9</sub> 购于日本(Oriental Yeast Co. Ltd.)。

### 1.4 PAH 浓度分析

用带有荧光检测仪的高压液相色谱仪(HPLC)检测分析 DMSO 溶液中的多环芳香烃类化合物(PAHs)浓度。检测 PAHs 及其中的苯并(a)芘[B(a)P]的浓度。

荧光检测器:RF10AXL 型(岛津公司);直径:5 μm;内径:4.6 mm;长度为:250 mm;温度:28 °C;流速:0.8 ml/min;移动相:CH<sub>3</sub>CN/H<sub>2</sub>O = 80/20(isocratic mode); Injection volume: 10~20 μl;检测波长:激发波长为 295 nm(Ex), 荧光波长为 410 nm (Em)。标准

品为 16-PAH, 购于日本(Supelco Co. Ltd)。

### 1.5 统计学方法

大气悬浮颗粒物中的多环芳香烃类化合物的浓度以及 Ames 试验回复突变率的差异分析采用 Scheffé test 方法。使用 StartView Ver 5.0 (SAS Institute Inc) 软件进行统计处理。

## 2 结果

### 2.1 大气中颗粒物质和多环芳香烃化合物浓度

某城市工业区、交通干道、居住区及郊区大气中颗粒物(PM)、总多环芳香烃化合物以及 B(a)P 的浓度见表 1。工业区和交通干道大气中颗粒物浓度高于居住区或郊区。而总多环芳香烃化合物和 B(a)P 的浓度是以交通干道,郊区,居住区,工业区的顺序递增,其中工业区的浓度显著高于郊区和交通干道(P < 0.05 或 P < 0.01)。

表 1 各采样点大气颗粒物质和多环芳香烃化合物浓度

Sampling points	PM (μg/m <sup>3</sup> )	Concentrations (ng/m <sup>3</sup> )	
		PAHs	B(a)P
Main road	438	135.25 ± 89.07	12.70 ± 9.09
Downtown	353	223.00 ± 145.88	19.75 ± 15.19
Industrial	491	328.51 ± 184.51 <sup>a,b</sup>	30.88 ± 19.18 <sup>b,c</sup>
Suburb	346	151.75 ± 95.46	14.65 ± 10.89

Compared with Suburb, a: P < 0.01, b: P < 0.05; compared with main road, c: P < 0.01.

### 2.2 大气颗粒物质和有机提取物的致突变活性

各采样点大气颗粒物质和有机提取物的致突变活性结果见表 2、3。工业区大气颗粒物质致沙门氏菌 TA<sub>98</sub> 和 TA<sub>100</sub> 回复突变率高于居住区和交通干道采样点(P < 0.05 或 P < 0.01), 郊区的大气颗粒物质回复突变率仅次于工业区,但也相对较高。工业区和居住区大气

表 2 各采样点大气颗粒物质和有机提取物致 TA<sub>98</sub> 突变活性 (Rev/mg)

Table 2 Mutagenic activity of PM and extracted organic substance on TA<sub>98</sub>

Sampling points	PM		The extracted organic substances	
	(-S <sub>9</sub> )	(+S <sub>9</sub> )	(-S <sub>9</sub> )	(+S <sub>9</sub> )
Main road	99.25 ± 3.86 <sup>a</sup>	247.75 ± 25.03	1 653.50 ± 57.40	3 926.25 ± 110.76
Downtown	115.75 ± 10.38	273.70 ± 26.93	2 573.25 ± 218.36 <sup>a,c</sup>	5 826.50 ± 24.78 <sup>a,c</sup>
Industrial	132.25 ± 1.39 <sup>b,d</sup>	357.25 ± 11.42 <sup>b,d</sup>	2 378.00 ± 201.06 <sup>a,c</sup>	6 171.00 ± 384.51 <sup>a,c</sup>
Suburb	123.25 ± 9.65	308.00 ± 21.71	1 680.25 ± 166.43	383.22 ± 219.69

Compared with Suburb, a: P < 0.01, b: P < 0.05; compared with main road, c: P < 0.01.

表 3 各采样点大气颗粒物质和有机提取物致 TA<sub>100</sub> 突变活性 (Rev/mg)

Table 3 Mutagenic activity of PM and extracted organic substance on TA<sub>100</sub>

Sampling points	PM		The extracted organic substances	
	(-S <sub>9</sub> )	(+S <sub>9</sub> )	(-S <sub>9</sub> )	(+S <sub>9</sub> )
Main road	261.00 ± 38.85	429.25 ± 53.14	3 848.50 ± 300.43	7 214.50 ± 627.31
Downtown	289.06 ± 39.00	459.24 ± 61.38	5 615.72 ± 145.55 <sup>b</sup>	8 973.49 ± 103.79 <sup>a</sup>
Industrial	358.23 ± 20.50	604.75 ± 34.63 <sup>d</sup>	6 074.00 ± 298.73 <sup>b,e</sup>	10 467.25 ± 719.40 <sup>b,c,e</sup>
Suburb	340.25 ± 40.16	525.50 ± 60.61	3 922.71 ± 173.10	606.00 ± 210.71

Compared with Suburb, a: P < 0.05, b: P < 0.01; compared with downtown, c: P < 0.05; compared with main road, d: P < 0.05, e: P < 0.01.

颗粒物有机提取物致沙门氏菌 TA<sub>98</sub> 和 TA<sub>100</sub> 回复突变率明显高于其他两区 ( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ )。大气颗粒物质和它们的有机提取物 + S<sub>9</sub> 的致沙门氏菌 TA<sub>98</sub> 和

TA<sub>100</sub> 的回复突变率明显高于 - S<sub>9</sub> 的样品。

2.3 致突变活性的季节变化 大气颗粒物质和有机提取物的致突变活性的季节变化如图 1 所示。

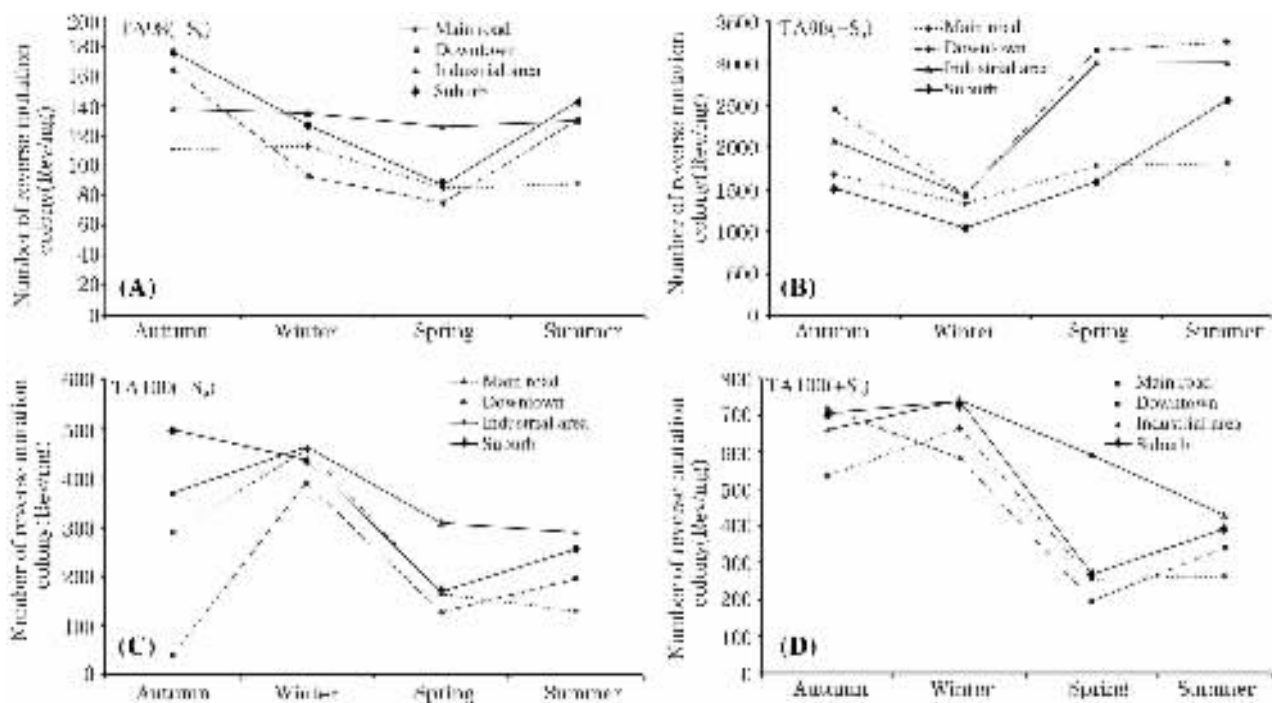


图 1 大气颗粒物质致突变活性的季节变化

Figure 1 Seasonal change in mutagenic activities of ambient particulate matter (PM)

### 3 讨论

近年来,国内外学者陆续报道了空气中悬浮颗粒物质的致突变作用,并发现其致突变作用主要是由颗粒上吸附的有机物引起<sup>[6-7]</sup>,为研究环境致癌因素提供了一条有用的线索。本调查发现工业区和交通干道的大气颗粒物质浓度显著高于郊区或居民区 ( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ ),而且多环芳香烃类化合物总浓度和 B(a)P 的浓度也是工业区相对高于其它各采样点。这说明,工业区大气中的多环芳香烃类化合物的浓度是随着大气颗粒物质浓度的增高而增高。但是,居民区的大气颗粒物质浓度较低,而多环芳香烃类化合物的浓度较高。相反,交通干道的大气颗粒物质浓度高,而多环芳香烃类化合物的浓度相对较低。造成这一现象的原因可能是,大气颗粒物质的浓度主要与施工、刮风、车辆通过时引起尘土飞扬等有关,而多环芳香烃类化合物的浓度则主要与企业 and 家庭的煤烟排放等有关。工业区大气颗粒物质和有机提取物致沙门氏菌 TA<sub>98</sub> 和 TA<sub>100</sub> 回复突变率高于其它各采样点,与该区企业排放的烟气等污染大气较重有关。有机提取物致沙门氏菌 TA<sub>98</sub> 和 TA<sub>100</sub> 回复突变率高于颗粒物质,表明大气污染物的致突变性主要与 B(a)P 等多环芳香烃类

化合物的浓度有关,而除了有机提取物以外的大气颗粒物质组分具有的弱的致突变性可能与吸附在颗粒中的具有致癌、致突变性的重金属污染有关。另外,颗粒物质和有机提取物致沙门氏菌 TA<sub>98</sub> 和 TA<sub>100</sub> 回复突变率,加 S<sub>9</sub> 高于不加 S<sub>9</sub>,提示大气污染物是以间接致突变性为主。

### 参考文献:

- [1] 钟雪云,孙艳花. 肺癌研究的回顾和展望 [J]. 肿瘤研究与临床, 2002, 14(2): 75-77.
- [2] 王志瑾. 肺癌流行病学 [J]. 肿瘤防治杂志, 2002, 9(1): 1-5.
- [3] Chan Yeung MN. Air pollution and health [J]. Hong Kong Med J, 2000, 6(4): 390-398.
- [4] Du Four VA, Van Larebeke N, Janssen CR. Genotoxic and mutagenic activity of environmental air samples in Flanders Belgium [J]. Mutat Res, 2004, 558(1): 390-398.
- [5] Ames BN, McCann J, Yamasaki E. Methods for detecting carcinogens and mutagens with Salmonella/Mammalian-Microsome Mutagenicity test [J]. Mutat Res, 1975, 31(6): 347-364.
- [6] Crebelli RS. Mutagenicity of airborne particles and concentration of some organic and inorganic pollutants in the air of Rome [J]. Mutat Res, 1992, 27(2): 167-171.
- [7] 朱惠刚. 大气颗粒的致突变性研究 [J]. 上海环境科学, 1991, 10(6): 10-14.

