

# 静电场采样装置对室内空气中过敏原采集效率的研究

张惠力<sup>1</sup>, 周明浩<sup>2</sup>, 甄世祺<sup>2</sup>, 陈连生<sup>2</sup>, 要茂盛<sup>3</sup>, 陈晓东<sup>2</sup>, 周连<sup>2</sup>, 张琦<sup>2</sup>

(1 东南大学公共卫生学院劳动与环境卫生专业, 江苏 南京 210009

2 江苏省疾病预防控制中心, 江苏 南京 210009, 3 北京大学环境与工程学院, 北京 100871)

**摘要:**以 Biosampler 采样器为参照, 采用平行重复的实验方法, 以电压和流量作为匹配因素结合 ELISA、LAL 和 GLUCANTELL 技术, 检测空气中过敏原 Der p 和 Der f 及内毒素和多聚糖。结果表明, 静电场采样装置对 4 种生物气溶胶的采集效率要比 Biosampler 采样器高 2 倍 ~ 8 倍, 静电场采样法优于撞击式采样法。

**关键词:**静电场采样器; 室内空气; 过敏原; Der p, Der f 内毒素; 多聚糖

中图分类号: X 859 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2009)02-0057-03

## Study on Collecting Efficiency of Electrostatic Field Sampler for Allergens in Indoor Air

ZHANG Hu-li<sup>1</sup>, ZHOU Ming-hao<sup>2</sup>, ZHEN Shi-qi<sup>2</sup>, CHEN Lian-sheng<sup>2</sup>,

YAO Mao-sheng<sup>3</sup>, CHEN Xiao-dong<sup>2</sup>, ZHOU Lian<sup>2</sup>, ZHANG Qi<sup>2</sup>

(1 College of Public Health, Southeast University, Nanjing, Jiangsu 210009, China;

2 Jiangsu Provincial Center for Disease Prevention and Control, Nanjing, Jiangsu 210009, China;

3 College of Environmental Science and Engineering, Beijing University, Beijing 100871, China)

**Abstract** Der p, Der f, endotoxin and glucan were collected in parallel and repeatedly by electrostatic sampling devices and biosampler and their concentrations were measured by ELISA, LAL and GLUCANTELL methods. The results showed that the sampling efficiency of electrostatic sampling devices were about 2 ~ 8 times higher than biosampler's when collecting the airborne allergens and toxins. The effect of electrostatic sampling was observed better than the impactor. The electrostatic field sampling devices needed to be further improved.

**Key words** Electrostatic field sampler; Indoor air; Allergen; Der p; Der f; Endotoxin; Glucan

生物气溶胶的采集方法和分析处理方法是环境科学领域的研究热点。文献 [1] 表明, 20 世纪 80 年代住宅内生物气溶胶对过敏性疾病和哮喘的发病率有影响。这些致病性生物气溶胶种类很多, 诸如过敏原、细菌、内毒素、多聚糖和病毒等<sup>[2]</sup>, 因此检测空气中的生物气溶胶就显得十分重要, 了解空气中的生物气溶胶是研究和认识与此相关疾病的基础。

采集空气中的生物气溶胶有多种办法, 目前通用的采样方法为撞击法<sup>[3]</sup>, 其采样中产生的压力会对微生物的形态和生物活性带来损害。设计的静电场采样装置利用生物颗粒自身电荷, 在电场的

作用下, 将其富集到采样载体上, 现以尘螨过敏原 Der p 和 Der f 及内毒素和多聚糖为参照, 结合撞击式采样器 Biosampler, 建立静电场采样条件。

### 1 材料与方法

#### 1.1 采样装置

收稿日期: 2008-09-24 修订日期: 2009-01-14

基金项目: 2007 年江苏省科技计划基金资助项目 (BS2007069)

作者简介: 张惠力 (1983-), 男, 山东惠民人, 硕士生, 从事环境与健康研究。

\* 通讯作者: 陈晓东, E-mail: jsxcd@126.com

静电场采样装置的外壳为耐热和绝缘的有机塑料,在其上方和下方各镶嵌一块铜板,分别接于变压器 (Spelman 205B Rack-Mount High Voltage Power Supply) 的两端。采样器宽度可以并排放置 2 个 96 孔板,并且上方有 2 cm 的空间,适合进气。采样器的抽气端连接小型的抽气泵 (MILLIPORE) 和流量计。见图 1。

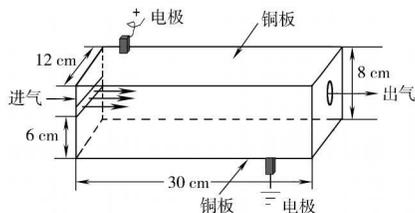


图 1 静电场采样器气路结构

## 1.2 实验室分析方法

采集的空气样品,用三明治式 ELISA 检测方法测量过敏原 Der p 和 Der f 的含量,内毒素和多聚糖含量分别用 LAL 和 Glucan test 检测。

## 1.3 采样点选择、布局和记录

以人口密集、通风不佳的场所作为采样点的选取标准。该研究选取了 1 个三星级宾馆和 1 个办公实验楼作为采样点。夏季采样,室外约 35 °C。采样房间为封闭环境,用空调降温和换风,采样前门窗关闭至少 12 h 在采样时保证房间密闭且环境

相对稳定,避免人为干扰。

采用平行重复的实验方法,可以有效减少系统误差。平行为两套采样装置同时采样,采样时间一致,目的是找出高效的静电场采样条件,分析变量为 2 种流量 (5 L/min 和 12.5 L/min) 和 2 种电压 (5 kV 和 10 kV) 的相互匹配,从中找出最佳组合;而作为对照的 Biosampler 采样器的采样条件不变。各种静电场条件都重复采样 3 次, Biosampler 也作相应重复。

分上午、中午和晚上 3 个时间段采样,同步详细记录采样房间内的温度和湿度。同时记录室外温度,以备参考。办公室和宾馆内的温度为 25 °C ~ 30 °C,湿度为 45% ~ 71%。

## 1.4 数据分析方法

数据用 SPSS13.0 统计分析。采用配对 *t* 检验和双因素析因分析,析因分析时将 biosampler 采集的内毒素、多聚糖、Der f 和 Der p 含量作为协变量。

## 2 结果

### 2.1 采样条件的比较

静电场采样装置中电压和流量是主要试验条件,将电压和流量作为变量条件配对,找出相对高效的采样条件。将电压设置为 5 kV 和 10 kV,流量设定在 5 L/min 和 12.5 L/min。

通过析因分析,电压与流量间不存在交互作用 (*P* 值均大于 0.05),见表 1。

表 1 电压和流量对静电场采样装置效率的影响<sup>①</sup>

采样条件	内毒素		多聚糖		Der f		Der p	
	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
电压	2.223	0.041 <sup>③</sup>	7.365	0.011 <sup>③</sup>	0.053	0.819	1.973	0.170
流量	214.431	0.000 <sup>③</sup>	35.184	0.000 <sup>③</sup>	4.406	0.044 <sup>③</sup>	4.585	0.040 <sup>③</sup>
电压 × 流量 <sup>②</sup>	5.255	0.059	2.047	0.162	0.008	0.931	2.636	0.114

① 每组样本量为 18 电压有 5 kV 和 10 kV; 流量有 5 L/min 和 10 L/min *F* 为统计量; *P* 值为概率。② 电压 × 流量代表两者的交互作用,若 *P* 值 < 0.05, 则说明两者存在交互作用。③ *P* < 0.05, 有统计学意义。

### 2.2 采样效果的比较

由配对 *t* 检验结果,电场 4 种采样条件测得的内毒素、多聚糖、Der f 和 Der p 含量均比 Biosampler 采样测得的含量高,差异有统计学意义 (*P* < 0.05)。静电场采样装置的采集效率比撞击式采样器高 2 倍 ~ 8 倍。

电压 10 kV 与 5 kV 相比,对内毒素 (*P* =

0.041) 和多聚糖 (*P* = 0.011) 的采样效率分别提高了 39.5% 和 53.7%。而流量 5 L/min 与 12.5 L/min 相比,对 4 种生物气溶胶的采集效率 (*P* 值均小于 0.05) 提高了一二倍。由此在实际应用中,静电场采样装置针对 4 种生物气溶胶的采样电压为 10 kV,流量为 5 L/min,见表 2。

表 2 两种采样方法在 4 种条件下空气中过敏原含量的比较

采样条件 <sup>①</sup>	例数	静电场				Biosampler			
		内毒素	多聚糖	Der f	Der p	内毒素	多聚糖	Der f	Der p
		$I/(EU \cdot m^{-3})$	$\rho/(ng \cdot m^{-3})$	$\rho/(ng \cdot m^{-3})$	$\rho/(ng \cdot m^{-3})$	$I/(EU \cdot m^{-3})$	$\rho/(ng \cdot m^{-3})$	$\rho/(ng \cdot m^{-3})$	$\rho/(ng \cdot m^{-3})$
A	9	13.9 ± 0.61	6.75 ± 3.89	14.5 ± 17.4	16.3 ± 15.5	2.48 ± 0.20 <sup>②</sup>	1.25 ± 0.68 <sup>②</sup>	3.02 ± 3.48 <sup>②</sup>	5.58 ± 4.79 <sup>②</sup>
B	9	5.55 ± 0.44	1.98 ± 1.36	5.44 ± 5.70	12.1 ± 9.04	2.32 ± 0.14 <sup>②</sup>	0.98 ± 0.53 <sup>②</sup>	3.72 ± 3.49	7.14 ± 4.78
C	9	20.1 ± 0.85	10.2 ± 7.22	16.0 ± 17.3	41.0 ± 44.5	2.31 ± 0.17 <sup>②</sup>	1.33 ± 0.90 <sup>②</sup>	3.29 ± 3.33 <sup>②</sup>	8.31 ± 6.52 <sup>②</sup>
D	9	7.04 ± 0.37	3.22 ± 1.58	6.09 ± 1.02	10.3 ± 5.97	2.57 ± 0.24 <sup>②</sup>	1.03 ± 0.72 <sup>②</sup>	1.99 ± 2.82	4.75 ± 5.63 <sup>②</sup>

① A、B、C、D 分别代表静电场的 4 种采样条件。其中 A: 电压为 5 kV, 流量为 5 L/min; B 电压为 5 kV, 流量为 12.5 L/min; C 电压为 10 kV, 流量为 5 L/min; D: 电压为 10 kV, 流量为 12.5 L/min。② 4 种采样条件下电场采样测得的空气中的含量与 Biosampler 采样测得含量的差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。

### 3 讨论

(1) 静电场采样装置的采集效率比撞击式采样器 biosampler 高。静电场采样装置利用空气中微生物的自然电荷, 直接采集空气中的微生物, 不损伤微生物活性, 可以显著提高空气中微生物的采集效率。利用静电场采样器采集空气中的细菌与真菌的效率比标准 Anderson BioStage 采样器高出 5 倍 ~ 9 倍<sup>[4]</sup>。

(2) 在比较静电场采样装置与撞击式采样装置采样效果的同时, 分析了电压和流量两种因素对静电场采集效率的影响。流量的变化对采集效率的影响显著, 而电压变化则影响不大, 这提示试验中可寻求更合理的采样条件, 使其更适合在现场作业<sup>[5-7]</sup>。

(3) 所采集的几种生物气溶胶主要引起呼吸系统疾病。多聚糖的空气质量浓度范围是 5.60 ng/m<sup>3</sup> ~ 19.65 ng/m<sup>3</sup>, 与相关结果<sup>[8]</sup> 比较数值偏低 (居住地和办公场所多聚糖空气质量浓度为 4 ng/m<sup>3</sup> ~ 80 ng/m<sup>3</sup>), 而内毒素的结果 (20 EU/m<sup>3</sup> ~ 23 EU/m<sup>3</sup>), 则偏高<sup>[9-10]</sup>, 这可能与人员密集程度和房间面积等因素有关。国内外关于室内 Der p 和 Der f 的空气含量危险度研究较少, 该试验得到结果数据有利于补充居住环境的空气状况的资料。

### 4 结语

静电场采样技术是一种新兴的空气微生物采样技术, 对微生物粒子的损害小、富集多, 可提高采集效率, 更适用于对空气中生物气溶胶的采集, 有利于环境工作者更好地了解居住环境、公共场所等的空气质量, 及时对空气中致病微生物采取消除措施。限于静电场采样装置试验条件, 选择影响采集

效率的因素及其水平较为局限, 需在实践中不断完善。

#### [参考文献]

- [1] BURR M L, MULLINS J, MERRETT T G, et al. Indoor molds and asthma [J]. Royal Society of Health, 1988, 108(3): 99-101.
- [2] MICHELO, KIPS J, DUCHATEAU J, et al. Severity of asthma is related to endotoxin in house dust [J]. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 1996, 154(6): 1641-1646.
- [3] LIN X, REPONEN T, WILLEKEIK, et al. Survival of airborne microorganisms during swirling aerosol collection [J]. Aerosol Science and Technology, 2000, 32: 184-196.
- [4] MAOSHENG Y, MA NEL S G. Utilization of natural electrical charges on airborne microorganisms for their collection by electrostatic means [J]. Aerosol Science, 2006, 37(4): 513-527.
- [5] VERHOEFF A P, BURGEH A. Health risk assessment of fungi in home environments [J]. Annals of Allergy, Asthma & Immunology, 1997, 78(6): 544-554.
- [6] PASANEN A L. Review: Fungal Exposure Assessment in Indoor Environments [J]. Indoor Air, 2001, 11: 87-98.
- [7] GRAHAM J A H, PAVLICKER P K, SERCOMBE J K, et al. The nasal air sampler: a device for sampling inhaled aeroallergens [J]. Annals of Allergy, Asthma & Immunology, 2000, 84(6): 599-604.
- [8] RYLANDER R. Airborne (1,3)-β-D-Glucan and airway disease in a day-care center before and after renovation [J]. Archives of Environmental Health, 1997, 52: 281-285.
- [9] HAMMOND S K, SUGIURA M, NOTHE M, et al. Airborne endotoxin inside and outside homes in the Fresno (CA) Asthmatic Children's Environment Study (FACES) [Abstract] [J]. Respir Crit Care Med, 2003, 167: 7.
- [10] CDC. Health concerns associated with mold in water-damaged homes after Hurricanes Katrina and Rita-New Orleans area, Louisiana [R]. MMWR Morbidity and Mortality Weekly Report, 2006, 55(2): 41-44.