

北京城市空气细菌群落结构与动态变化特征

方治国 欧阳志云* 赵景柱 王效科 郑 华

(中国科学院生态环境研究中心系统生态重点实验室 北京 100085)

摘 要 在北京市选择 3 个典型的功能区,通过定点系统取样,运用 BIOLOG 鉴定技术,着重研究了北京城市空气细菌的群落结构与动态变化特征。结果表明,北京市空气中革兰氏阳性菌明显多于革兰氏阴性菌,约占 80%~85%,其中阳性球菌占总数的 50%~55%。不同功能区共发现 47 属空气细菌,其中革兰氏阳性菌 31 属,革兰氏阴性菌 16 属。优势菌属依次为微球菌属(*Micrococcus*)、葡萄球菌属(*Staphylococcus*)、芽孢杆菌属(*Bacillus*)、棒杆菌属(*Corynebacterium*)和假单胞菌属(*Pseudomonas*),它们总和约占 50%。在优势菌属中,微球菌属约占总数的 20%~30%,是北京市空气中比例最大的菌属,假单胞菌属约占 2.5%~5.0%。文教区和交通干线细菌浓度明显高于公园绿地($P < 0.01$)并且文教区和交通干线空气细菌浓度四季变化特征显著,夏季和秋季较高,春季和冬季较低,公园绿地空气细菌浓度四季没有显著差异。3 个功能区 13:00 时的细菌浓度明显低于 9:00 时和 17:00。

关键词: 细菌气溶胶; BIOLOG; 优势菌属; 功能区

中图分类号: Q938 **文献标识码**: A **文章编号**: 1001-6209(2006)04-0618-06

空气细菌是空气中微生物的重要组成部分,与人类有着密切的关系。它们能够向周围的环境扩散,导致人类过敏反应,对免疫力低下的人们造成严重的健康危害^[1],容易造成人群传染病爆发流行,污染食品,造成人们食物中毒;使医药品、化妆品等日常用品变质,并且能够腐蚀用于基础建设的金属材料及用于科研生产的精密仪器,造成重大的经济损失^[2]。

研究表明,空气中的优势细菌属为芽孢杆菌属、微球菌属、葡萄球菌属和假单胞菌属等^[3~11]。空气中细菌浓度过高,会导致各种疾病的发生,并且浓度随着时间和空间变化而变化。在开放的大海浓度较低,在陆地较高,而在城市和农业区域浓度最高^[12,13],在一年内不同的季节和月份细菌浓度变化较大,在一日内也有很大的变化,并且与城市功能区、土地覆盖、环境条件有密切的关系^[14]。空气细菌对人类健康的影响除了与其群落结构和物种组成及其浓度相关外,还与细菌的粒子大小密切相关。10~30 μm 的粒子可进入鼻腔和上呼吸道,6~10 μm 的粒子能沉着在小支气管内,1~5 μm 的粒子可进入肺深处^[15]。一些病原体对人及动物感染致病的剂量与其颗粒的大小直接关系,微生物粒子在空气中远距离的传播与粒子大小密切相关。因此空气细

菌的研究越来越受到人们的重视,全面掌握城市空气细菌的群落特征和物种组成及其浓度,对控制城市微生物污染、改善环境质量、控制微生物疾病的发生和维持人们健康、提高工农业生产具有重要的理论意义。本文通过定点试验,全面研究了北京市空气细菌的污染状况,分析了空气细菌群落结构及浓度的时空变化规律,为北京城乡建设、环境保护、工农业生产和环境污染治理提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 研究地点概况

在北京市 3 个功能区即文教区(Culture and Education Region, CER)、交通干线(Main Traffic Line, MTL)和公园绿地(Garden Green Region, GGR)各选取 1 个观测点,分别选在中国科学院生态环境研究中心(简称生态中心)、西直门和北京植物园(简称植物园),于 2003 年 6 月至 2004 年 5 月取样。中科院生态环境研究中心是研究机构,院内有实验楼、办公楼与道路,绿地覆盖率约为 50%,人口比较密集,人员走动较多,车辆来往较少,毗邻中国科学院半导体研究所、清华大学、北京林业大学、中国农业大学等众多科研院校,西直门是北京城市交通枢纽,车辆来往很多,各条道路平均每分钟通过车辆约 150 余辆,取

基金项目:中国科学院知识创新工程方向性项目(KZCX3-SW-424)

* 通讯作者。Tel: 86-10-62849191; Fax: 86-10-62943822; E-mail: zyouyang@mail.rcees.ac.cn

作者简介:方治国(1977-),男,安徽黄山人,博士后,从事生物多样性与微生物生态研究。E-mail: zhgfang77@sohu.com

收稿日期:2005-10-09;接受日期:2005-11-01;修回日期:2006-03-27

样点行人较少,绿地面积很少,覆盖率低于5%;植物园位于海淀区西郊,远离市中心,园内有大量不同类型的树木和花草,如乔木、半乔木、灌木和草本植物等。绿地面积较多,植被覆盖率约为95%以上,

草本植物占有绝大的比例。平时几乎没有车辆和行人通过,空气环境质量良好,是个环境非常洁净的地方(表1)。

表1 取样地点基本概况
Table 1 General situation of sampling sites

Sampling sites		Functional type	Architecture type	Vehicle and foot passenger	Greenbelt coverage rate	Air pollution
Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences		Culture and education region	Experimental building and office building around	A few flow of vehicle and personnel	About 50 percent	A little air pollution
Xizhimen		Main traffic line	Flyover bridge, low dwelling house around	A few flow of personnel	Less than 5 percent	Serious air pollution
Beijing Garden	Botanical Garden	Garden green region	No building around	Few flow of vehicle and personnel	More than 95 percent	Little air pollution

1.2 空气微生物取样器

采用国产的 Andersen 生物粒子取样器(FA-1, 辽阳应用技术研究所)进行取样测定。它是模拟人呼吸道的解剖结构和空气动力学生理特征,采用惯性撞击原理设计制造的。该取样器分为六级,每级400个孔,从Ⅰ~Ⅵ级孔的直径逐渐缩小,空气流量为28.3L/min,每一级的空气流速逐次增大,从而把空气中的带菌粒子按大小不同分别捕获在各级培养皿上。表2为采样器各级的特性。

表2 FA-Ⅰ 取样器各级特征
Table 2 Characteristics of FA-Ⅰ sampler

Series	Aperture/mm	Velocity of air flow/ms ⁻¹	Range of trapping/ μ m	ECD* / μ m
Stage1	1.18	1.08	> 8.2	8.2
Stage2	0.91	1.79	5.0~10.4	6.0
Stage3	0.71	2.97	3.0~6.0	3.0
Stage4	0.53	5.28	2.0~3.5	2.0
Stage5	0.34	12.77	1.0~2.0	1.0
Stage6	0.25	23.29	< 1.0	0.65

* ECD represents effective cut diameter.

1.3 采样方法和培养方法

在这3个观测点同时进行取样,每月取样1次,每次连续取样3d,每天分别在9:00,13:00和17:00取样3次,每次3个重复。取样时天气晴朗,取样前没有大风,在一年的取样过程中,最高空气温度为37.8℃,最低温度为-6℃,相对湿度为21%~91%。采样高度距离地面1.5m处,采样空气流量为28.3L/min,采样器各层的孔眼至采样面的距离(即撞击距离)为2mm,空气细菌的采样时间为3min。采样用9cm的玻璃平皿,灭菌后在无菌的条件下加入20mL的培养基。采样介质用营养琼脂培养基,

采集的细菌样品在37℃培养箱内培养48h,然后分别在各级采样皿上对细菌菌落进行记数。

1.4 空气细菌浓度计算方法

由于通过 Andersen 采样器各筛孔的微生物粒子超过一定数量后,会出现微生物粒子通过同一筛孔撞击在同一点上的重叠现象,故各级采集的菌落数需经下式校正:

$$Pr = N(\frac{1}{N} + \frac{1}{N-1} + \frac{1}{N-2} + \cdots + \frac{1}{N-r+1})$$

式中,Pr为校正后的菌落数;N为采样器各级采样孔数;r为实际的菌落数。

最后根据校正后各级空气带菌粒子的数量,计算空气细菌的浓度,具体计算方法如下:

$$C(CFU/m^3) = \frac{T \times 1000}{(t \text{ min}) \times F(L/min)}$$

式中,C为空气细菌浓度;T为六级总菌落数;t为采样时间;F为空气流量。

1.5 空气细菌鉴定方法

细菌挑取单菌落,分离和纯化后,进行革兰氏染色,先用显微镜鉴定细菌的类型,分为革兰氏阳性球菌、革兰氏阳性杆菌、革兰氏阳性产芽孢杆菌、革兰氏阴性非肠道菌、革兰氏阴性肠道菌。然后在不同的接种条件下,革兰氏阳性菌接种到GP板上,革兰氏阴性菌接种到GN板上,在不同的条件下培养,再用BIOLOG微生物鉴定系统对照数据库进行细菌鉴定。

1.6 统计分析

本研究数据分析和图表绘制用SPSS Version 10.0和Microsoft Excel 2000进行。

2 结果和分析

2.1 空气细菌种类组成与群落结构

2.1.1 空气细菌的种类组成 :空气中革兰氏阳性菌 (G⁺)明显多于革兰氏阴性菌(G⁻),G⁺ 约占 80% ~ 85% ,其中革兰氏阳性球菌约占 50% ~ 55% ,革兰氏阳性杆菌约占 25% ~ 35% ,G⁻ 约占 15% ~ 20%。

2.1.2 空气细菌的群落结构 北京市 3 个功能区共发现 47 属空气细菌 ,其中革兰氏阳性菌 31 属 ,占 66.0% ,革兰氏阴性菌 16 属 ,占 34.0%。优势细菌属依次为微球菌属(*Micrococcus*)、葡萄球菌属(*Staphylococcus*)、芽孢杆菌属(*Bacillus*)、棒杆菌属(*Corynebacterium*)和假单胞菌属(*Pseudomonas*) 5 属细菌百分比约占 50%。在优势菌属中 ,微球菌属约占总数的 20% ~ 30% ,假单胞菌属约占 2.5% ~ 5.0%(表 3)。

文教区共发现 38 属空气细菌 ,其中革兰氏阳性菌 28 属 ,革兰氏阴性菌 10 属 ,分别占 73.7% 和 26.3% ;优势菌属依次为微球菌属、葡萄球菌属、芽孢杆菌属、漫游球菌属(*Vagococcus*)、棒杆菌属和假单胞菌属 ,微球菌属约占 26%。交通干线共发现 34 属空气细菌 ,其中革兰氏阳性菌 25 属 ,革兰氏阴性菌 9 属 ,分别占 73.5% 和 26.5% ;优势菌属依次为微球菌属、葡萄球菌属、芽孢杆菌属、短杆菌属(*Brevibacterium*)、棒杆菌属和假单胞菌属 ,微球菌属约占 33%。公园绿地共发现 33 属空气细菌 ,其中革兰氏阳性菌 24 属 ,革兰氏阴性菌 9 属 ,分别占 72.7% 和 27.3% ;优势菌属依次为微球菌属、葡萄球菌属、芽孢杆菌属、微杆菌属(*Microbacterium*)、棒杆菌属、短杆菌属和假单胞菌属 ,微球菌属约占 20%。

2.2 空气细菌浓度变化特征

2.2.1 空气细菌浓度的空间变化 :文教区和交通干线细菌浓度明显高于公园绿地($P < 0.01$) ,文教区与交通干线则没有显著差异($P > 0.05$)(图 1)。

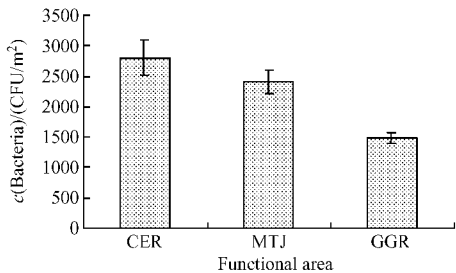


图 1 不同功能区空气细菌浓度
Fig.1 Concentrations of airborne bacteria in different functional area.

表 3 不同功能区空气细菌群落结构

Table 3 Community structure of airborne bacteria in different functional area

Groups	Functional area		
	CER	MTL	GGR
Gram-positive	82.3	83.7	86.8
Actinomyces	1.21	0.41	0.39
Aerococcus	0.40	0.41	—
Arcanobacterium	—	1.22	1.16
Arthrobacter	1.21	0.81	0.39
Bacillus	5.65	8.94	6.20
Brevibacterium	2.82	5.28	3.10
Camobacterium	1.21	0.81	0.39
Cellulomonas	0.81	1.22	1.55
Cellulosimicrobium	0.40	1.22	0.78
Clavibacter	0.81	0.41	1.94
Corynebacterium	3.23	4.88	3.88
Curtobacterium	2.82	1.63	1.55
Deinococcus	1.98	—	0.78
Dermabacter	0.40	—	—
Enterococcus	0.40	0.41	0.78
Gardnerella	—	0.41	—
Gemella	0.40	—	1.94
Gordonia	0.81	2.03	0.39
Kocuria	0.40	1.22	—
Kurthia	—	—	0.39
Kytococcus	0.81	0.81	—
Leuconostoc	0.40	—	—
Macrococcus	2.02	1.63	1.55
Microbacterium	2.02	1.63	4.26
Micrococcus	26.61	32.52	20.54
Pediococcus	1.21	0.41	1.94
Rathaybacter	0.40	—	—
Rhodococcus	0.40	2.03	1.94
Staphylococcus	10.48	8.94	16.28
Streptococcus	1.21	1.22	0.39
Vagococcus	4.03	0.41	3.10
No-identification	7.66	2.85	10.85
Gram-negative	17.7	16.3	13.2
Achromobacter	—	—	0.78
Acinetobacter	0.81	0.41	—
Aeromonas	1.61	—	—
Brevundimonas	0.81	—	0.78
Buttiauxella	0.40	0.41	—
Escherichia	—	0.41	—
Flavobacterium	0.40	—	—
Pantoea	0.81	1.63	1.94
Pasteurella	2.02	0.81	—
Phyllobacterium	—	—	0.39
Pseudomonas	2.82	4.47	5.04
Rahnella	0.40	0.41	0.39
Ralstonia	—	—	0.39
Vibrio	0.80	2.03	1.16
Xanthomonas	—	0.41	—
Yersinia	—	—	0.39
No-identification	6.85	5.28	1.94

2.2.2 空气细菌浓度的时间变化 ① 季节变化:文教区和交通干线空气细菌浓度四季变化特征显著,夏季和秋季较高,春季和冬季较低,其中秋季浓度最高,冬季浓度最低(图2)。公园绿地空气细菌浓度四季没有显著的差异,没有明显的变化趋势。② 月变化:文教区和交通干线空气细菌浓度在6~10月之间变化幅度较大,11月至次年5月细菌浓度变化趋势不明显。并且6~10月的细菌浓度明显高于11月至次年5月的细菌浓度,其中10月份的细菌浓度较高。公园绿地在各月中空气细菌浓度没有显著差异,没有明显的变化趋势(图3)。③ 日变化:3个功能区13:00时的细菌浓度明显低于9:00和17:00(图4)。

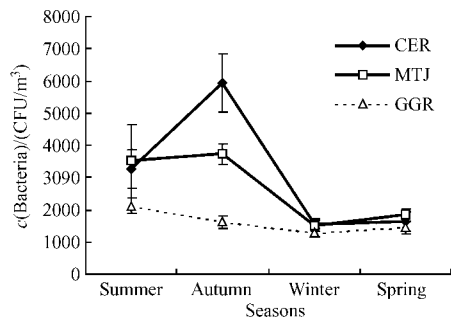


图2 不同功能区空气细菌浓度季节变化

Fig.2 Seasonal variation of airborne bacteria in different functional area.

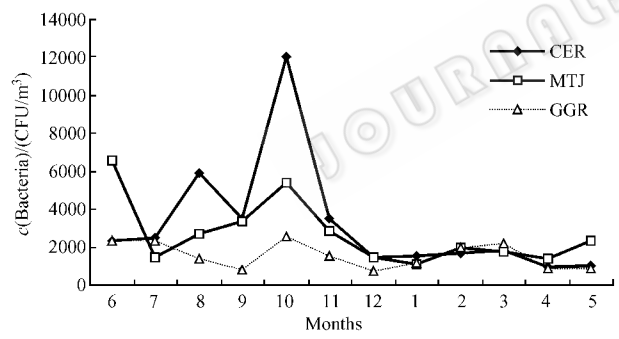


图3 不同功能区空气细菌浓度月变化

Fig.3 Monthly variation of airborne bacteria in different functional area.

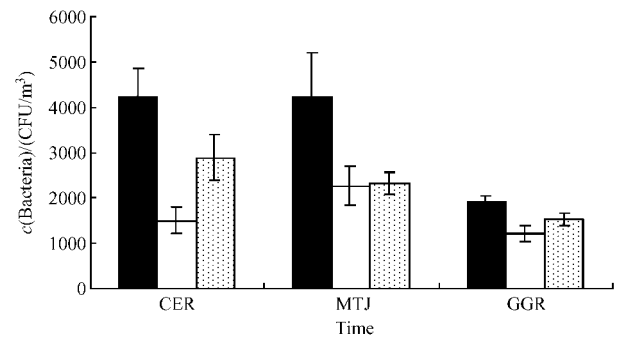


图4 不同功能区空气细菌浓度日变化

Fig.4 Daily variation of airborne bacteria in different functional area.

3 讨论

北京市不同功能区空气细菌的类型 G^+ 明显多于 G^- , 阳性球菌明显多于阳性杆菌。这与国内外学者在不同环境中的研究结果一致^[16~19]。但是在不同环境条件下, G^+ 和 G^- 百分比含量明显不同。其中优势菌属为微球菌属、葡萄球菌属、芽孢杆菌属、棒杆菌属和假单孢菌属, 它们大多为条件致病菌。其中微球菌属约占总数的 20%~30%。这可能是由于微球菌属等 G^+ 球菌所含有的胡萝卜等色素和芽孢杆菌的孢子, 可抵御日光辐射的灭杀作用^[20]。这与国内外不同学者对不同环境中空气细菌群落结构的研究结果相似^[3~5, 7~10, 20], 优势细菌属都为微球菌属和葡萄球菌属等。而且微球菌属、葡萄球菌属和芽孢杆菌属作为优势菌属都出现在国内的一些的地区和城市空气中^[17, 19, 21, 22]。但是 Shaffer & Lighthart 等在研究森林、海岸、城市和乡村四个生态系统中空气细菌发现, 芽孢杆菌的百分含量最高。在 4 个生态系统中, 微球菌属的百分含量很低, 葡萄球菌属则没有出现, 均为非优势菌属^[6]。这可能与取样环境有关, 因为在干燥的环境条件下, 那些能够忍受干燥环境的孢子能够萌发, 而其它的细菌粒子的活力就会比较差, 这样空气中的优势细菌属就为芽孢杆菌属^[6]。

空气细菌浓度文教区和交通干线明显高于公园绿地。这与巨天珍等(2003)在兰州的研究结果相同^[23]。研究表明, 人员流动、车辆活动和绿化植被是影响空气中细菌浓度的最重要的因素, 空气细菌含量与地面扰动呈显著正相关^[19, 23]。在文教区人们各种的活动较多, 出入比较频繁, 容易引起近地面的飘尘和扬尘, 而空气细菌的数量与飘尘浓度之间存在显著正相关关系^[3, 24]。文教区植被覆盖率不是很高, 不能够很好地滤除空气中的细菌粒子, 所以空气中细菌粒子的数量较高。交通干线车辆来往频繁, 而细菌则是以气溶胶的形式存在于空气中, 大多数是粘附在空气中的颗粒物上而存在的。研究表明, 空气颗粒物的含量与车辆和人流密切相关, 所以人流量、车流量比较大的地方, 空气细菌的含量都很高^[23]。公园绿地人流量和车流量很少, 人们的活动也较少, 空气比较洁净, 没有细菌气溶胶粘附的载体, 植物园植被覆盖率达 95% 以上, 空气湿润, 较为阴凉, 不利于空气细菌的生长, 并且绿地对空气细菌有滤除作用^[23]; 此外, 不同种类植物的挥发性分泌物对空气中的细菌有灭杀作用^[25]。综合以上所有因素可以得出, 公园绿地空气细菌含量很低。因

此在城市规划建设中,控制人口、交通密度,加强绿化,提高植被覆盖率,将极大地减少空气中细菌含量,改善城市空气质量,提高城市居民健康水平。

由于受到细菌的来源及其它环境因素的影响,不同功能区细菌浓度的季节变化和月变化特征不同。文教区和交通干线细菌浓度夏季和秋季较高,春季和冬季较低,这是因为在夏季和秋季,空气温度和湿度适合细菌的生长和繁殖,而北京春季和冬季温度较低,不适合细菌的生长。细菌浓度在秋季达到最高值,这可能是由于文教区夏季植物生长茂盛,它的挥发性分泌物会对一些细菌有灭杀作用,减少了夏季空气中细菌的含量;交通干线夏季近地面太阳辐射很强,而太阳辐射对空气细菌也有灭杀作用,并且降雨较多,能够有效的净化空气中的细菌。秋季太阳辐射相对减少,植物的生长旺盛期已过,植物挥发性分泌物较少,对空气中细菌的灭杀作用也大大降低,而且人们的活动也增加,所以文教区和公园绿地秋季空气细菌浓度达到最高值。公园绿地一年四季空气细菌浓度没有显著的变化,这可能是由于植物园植被覆盖率很高,夏季植物挥发性分泌物对空气细菌的灭杀作用很大,秋季由于人们的活动和干扰较少,空气洁净,空气中细菌浓度也不会增加,春季和冬季由于温度和湿度等环境条件不适合细菌的生长,所以就造成了一年四季空气细菌浓度没有显著的变化。

近地面空气细菌浓度昼夜变化较大,并且与地点和环境条件密切相关,空气细菌浓度中午低于早晨和傍晚。这与国内外其它学者的研究结果相似,但是不同的城市还应具体的情况而变化^[1]。这是因为空气细菌的分布除受地区和季节因素的影响外,每天还受到人类活动和日照、空气稳定度变化规律的影响^[26]。每天早晨,人类开始了一天的活动,街道上的人员和车辆增加,随之排入和有地面扬尘带入空气中的细菌粒子增多。另一方面,早晨近地层空气呈逆温,处于稳定状态,风速较小,空气流通量小,日辐射强度也小,所以空气细菌浓度较高。从9:00到13:00随着时间的变化,气温逐渐升高,风速增大,空气的稳定程度收到破坏,空气低层的带菌粒子被垂直扩散到上空而被稀释。另外,日辐射强度增加,从太阳发出的紫外线能有效地灭杀空气中的细菌粒子^[6, 27, 28]。从13:00到17:00,气温降低,日落前,空气低层逐渐又出现逆温状态,抑制了空气细菌粒子的垂直交换,同时日辐射逐渐消失,失去了对空气细菌的灭杀作用,而傍晚又是街道上人员和车辆活动的高峰期,所以空气中细菌粒子浓度增加。

参 考 文 献

- [1] Chang C, Chung H, Huang C, et al. Exposure of workers to airborne microorganisms in open-air swine houses. *Applied and Environmental Microbiology*, 2001, **67**(1): 155–161.
- [2] 陈宁庆. 大气生物污染及其控制. 中国消毒学杂志, 1989, **6**(1): 33–36.
- [3] Mancinelli R, Shulls W. Airborne bacteria in an urban environment. *Applied and Environmental Microbiology*, 1978, **35**(6): 1095–1101.
- [4] Shintani H, Taniai E, Miki A, et al. Comparison of the collecting efficiency of microbiological air samplers. *Journal of Hospital Infection*, 2004, **56**: 42–48.
- [5] Simard C, Trudel M, Paquette G, et al. Microbial investigation of the air in an apartment building. *Journal of Hygiene (London)*, 1983, **91**: 277–286.
- [6] Shaffer B, Lighthart B. Survey of culturable airborne bacteria at four diverse locations in Oregon: urban, rural, forest, and coastal. *Microbial Ecology*, 1997, **34**: 167–177.
- [7] Pastuszka J, Paw U, Lis D, et al. Bacteria and fungal aerosol in indoor environment in Upper Silesia, Poland. *Atmospheric Environment*, 2000, **34**: 3833–3842.
- [8] Liu L, Krahmer M, Fox A, et al. Investigation of the concentration of bacteria and their cell envelope components in indoor air in two elementary schools. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 2000, **50**: 1957–1967.
- [9] Seino K, Takano T, Nakamura K, et al. An evidential example of airborne bacteria in a crowded, underground public concourse in Tokyo. *Atmospheric Environment*, 2005, **24**(3): 624–634.
- [10] Sarica S, Asan A, Otkun M, et al. Monitoring indoor airborne fungi and bacteria in the different areas of Trakya University Hospital, Edime, Turkey. *Indoor and Built Environment*, 2002, **11**: 285–292.
- [11] 方治国, 欧阳志云, 胡利锋, 等. 城市生态系统空气微生物群落研究进展. 生态学报, 2004(2): 315–322.
- [12] Bovallius Å, Bucht B, Roffey R, et al. Three-year investigation of the natural airborne bacterial flora at four localities in Sweden. *Applied and Environmental Microbiology*, 1978, **35**(5): 847–852.
- [13] Blomquist G. Sampling of biological particles. *Analyst*, 1994, **119**: 53–56.
- [14] Lighthart B. The ecology of bacteria in the alfresco atmosphere. *FEMS Microbiology Ecology*, 1997, **23**: 263–274.
- [15] 于玺华. 现代空气微生物学. 北京: 人民军医出版社, 2002, 336–339.
- [16] 张松乐. 近地面大气微生物本底调查研究进展, 中国微生物学杂志, 1996, **8**(5): 40–44.
- [17] 谢淑敏. 大气微生物研究(II) 京津地区大气微生物污染动态变化规律. 环境科学学报, 1988, **8**(2): 195.
- [18] 车凤翔. 京津地区大气微生物时空分布. 中国公共卫生学报, 1988, **8**(3): 151.
- [19] 宋凌浩, 宋伟民, 施 玮. 上海市大气细菌污染研究. 上海环境科学, 1999, **18**(6): 258–260.
- [20] 陈皓文, 孙修勤, 张进兴. 环球空气微生物考察. 中国环境科学, 1994, **18**(2): 112.
- [21] 李能树, 陈 熹, 杨 嘉. 合肥市春季大气微生物生态分布. 安徽大学学报(自然科学版), 1997, **21**(3): 110–112.
- [22] 孙荣高. 兰州城区大气细菌污染分布及区系组成. 微生物学通报, 1994, **21**(2): 85–88.

- [23] 巨天珍,索安宁,田玉军,等. 兰州空气微生物分析. 工业安全与环保, 2003, (29): 17-19.
- [24] Lee R, Harris J, Akland G. Relationship between viable bacteria and air pollutants in an urban atmosphere. *Journal of American Industrial Hygiene Association*, 1973, **34**: 164-170.
- [25] 谢慧玲,李树人,袁秀云,等. 植物挥发性分泌物对空气微生物杀灭作用的研究. 河南农业大学学报, 1999, **33**(2): 127-133.
- [26] 胡庆轩,车凤翔,张松乐,等. 京津地区大气微生物的浓度. 环境科学, 1989, **10**(5): 30-35.
- [27] Cox C. Airborne bacteria and viruses. *Science Progress Oxford*, 1989, **73**: 469-500.
- [28] Lighthart B, Shaffer B. Airborne bacteria in the atmospheric surface layer: temporal distribution above a grass seed field. *Applied and Environmental Microbiology*, 1995, **61**: 1492-1446.

Community composition and dynamics of airborne bacteria in Beijing

FANG Zhi-guo, OUYANG Zhi-yun*, ZHAO Jing-zhu, WANG Xiao-ke, ZHENG Hua

(Key Laboratory of Systems Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences,
Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China)

Abstract Airborne bacteria are important biological components of the aerosol. They have a close relation with human health. The much higher concentrations can result in kinds of microbial disease. Using BIOLOG identification technology, the study on the community structure and dynamics of airborne bacteria was carried out in three typical functional areas in Beijing by systemic site sampling. Results show that the gram positive bacteria contributing 80% ~ 85% were much more than the gram negative bacteria. Amongst 47 genera of bacteria including 31 Gram positive bacteria and 16 Gram negative bacteria, *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Corynebacterium*, and *Pseudomonas* were dominant, and *Micrococcus* contributing 20% ~ 30% was the most dominant genus. The concentration of airborne bacteria was significant lower in GGR than in CER and MTL. In a year, the bacterial concentrations of summer and autumn were much more than those of winter and spring in CER and MTL, and there were no significant variations of bacterial concentrations in GGR. In different periods, the lower concentration of airborne bacteria was exhibited at 13 00.

Keywords : Bacterial aerosol ; BIOLOG ; Dominant genus ; Functional area

Foundation item : The Project of Knowledge Innovation of Chinese Academy Sciences (KZCX3-SW-424)

* Corresponding author. Tel : 86-10-62849191 ; Fax : 86-10-62943822 ; E-mail : zyouyang@mail.rcees.ac.cn

Received 9 October 2005/Accepted : 1 November 2005/Revised : 27 March 2006