

# 冬季高校室内空气微生物体积浓度和粒径分布特征

于丹<sup>1</sup>, 蔡志斌<sup>1</sup>, 李冉<sup>2</sup>, 王丽娜<sup>1</sup>

1.北京建筑大学环境与能源工程学院,北京 100044;2.中国建筑科学研究院有限公司

**【摘要】** 目的 了解高校空气中微生物污染情况,为控制微生物污染和改善室内空气品质提供参考。方法 于 2018 年 11 月,采用安德森六级采样器对北京市某高校不同功能区、不同时间态的空气微生物进行采样并培养。结果 在测试期间,不同功能区、不同时间态的微生物气溶胶体积浓度差异有统计学意义( $F$  值分别为 3.99, 7.77,  $P$  值均 $<0.05$ ),卫生间的细菌体积浓度相对较高,平均体积浓度为 659 CFU/m<sup>3</sup>,校园的真菌体积浓度相对较高,平均体积浓度为 660 CFU/m<sup>3</sup>;12:00 的空气中细菌和真菌体积浓度相对较低,平均体积浓度分别为 320 和 322 CFU/m<sup>3</sup>。空气中微生物的粒径分布特征呈现大致相同的规律,微生物体积浓度峰值集中出现在 IV, V 级(1.1~3.3 μm),其中细菌最高体积浓度值为 253 CFU/m<sup>3</sup>,出现在 V 级;真菌最高体积浓度值为 249 CFU/m<sup>3</sup>,出现在 IV 级。结论 高校空气中的微生物体积浓度主要集中在 1.1~3.3 μm 粒径大小。需采取有针对性的综合防治措施来改善空气品质。

**【关键词】** 学生;空气污染,室内;公共卫生;空气微生物学

**【中图分类号】** X 513 R 122 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-9817(2019)11-1706-03

**Microbial concentration and particle size distribution characteristics of indoor air in colleges and universities in winter/YU Dan\*, CAI Zhibin, LI Ran, WANG Lina.\* Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing(100044), China**

**【Abstract】 Objective** To understand the microbial pollution of indoor air in colleges and universities, and to provide a reference for controlling microbial pollution and improving indoor air quality. **Methods** In November 2018, the air microorganisms in different functional areas and at different times were sampled and cultured in a university in Beijing by Anderson's six-level sampler. **Results** During the test, there were differences in microbial aerosol concentrations in different functional areas and at different times( $F=3.99, 7.77, P<0.05$ ), the concentration of bacteria in toilets was relatively high, the average concentration is 659 CFU/m<sup>3</sup> and the concentration of fungi in the campus was relatively high, the average concentration is 660 CFU/m<sup>3</sup>; the concentration of bacteria and fungi in the air at 12 o'clock noon was relatively low, the average concentration is 320 CFU/m<sup>3</sup> and 322 CFU/m<sup>3</sup>. The particle size distribution of microorganisms in the air presents roughly the same law, and the peak concentration of microbial concentrations occurs at the IV and V levels (1.1-3.3 μm), in which the highest concentration of bacteria (253 CFU/m<sup>3</sup>) appears at the V level, and the highest concentration of fungi (249 CFU/m<sup>3</sup>) appears at the IV level. **Conclusion** The microbial concentration in the air of colleges and universities is mainly concentrated in the size of 1.1-3.3 μm, and it is necessary to take targeted comprehensive control measures to effectively improve air quality.

**【Key words】** Students; Air pollution, indoor; Public health; Air microbiology

近年来,随着传染性疾病的不断出现,室内空气微生物污染已逐渐成为人们关注的热点话题。空气微生物包括细菌、霉菌、放线菌、病毒、孢子和尘螨等有生命活性物质的微粒,主要以微生物气溶胶的形式存在于大气环境中,粒径一般为(0.002~30) μm<sup>[1]</sup>。悬浮在空气中的微生物可能会引起哮喘、支气管炎、过敏等疾病,是危害人体健康的潜在危险因素。

高校是大学生学习和生活的重要场所,室内空气质量的好坏对学生的身心健康有直接影响。冬季气温低,空气干燥,人体免疫系统抵抗力差,更容易引起呼吸道疾病的流行<sup>[2]</sup>。本文对北京市某高校冬季空气中的微生物浓度展开研究,选择早、中、晚 3 个时间段,对宿舍、卫生间和校园 3 个不同功能区进行测试,分析高校冬季空气中细菌和真菌的体积浓度变化与粒径分布特征,为控制微生物污染和改善室内空气品质提供参考。

## 1 对象与方法

**1.1 对象** 以北京市某高校空气中微生物为研究对象,对不同功能区空气进行测试。学生宿舍楼建于 2017 年,楼层共 5 层,宿舍使用面积为 16 m<sup>2</sup> 左右,每

**【基金项目】** 国家重点研发计划资助项目(2017YFC0702800);北京建筑大学市属高校基本科研业务费专项资金资助项目(X19023)。

**【作者简介】** 于丹(1974-),女,黑龙江省人,博士,副教授,主要研究方向为建筑节能、室内空气品质。

DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2019.11.030

个宿舍住 4 人。卫生间为公共卫生间,面积 30 m<sup>2</sup> 左右。在 2018 年 11 月 10—12 日连测 3 d,测试时间为每天 9:00,12:00 和 18:00 共 3 个时间段。按照《公共场所卫生检验方法 第 3 部分:空气微生物》(GB/T 18204.3—2013)<sup>[3]</sup> 的相关规定进行布点和采样。在宿舍和卫生间房间中心各设 1 个采样点,选用安德森六级采样器进行采样,采样时间 5 min,采样流量为 28.3 L/min,采样点距地面高度为 1.5 m,采样前需关闭门窗 20 min。

1.2 方法 按照《公共场所卫生检验方法 第 3 部分:空气微生物》(GB/T 18204.3—2013)<sup>[3]</sup> 的相关规定进行培养基的制备和培养。培养皿采用 90 mm 平皿。细菌采用营养琼脂培养基(北京,奥博星),37 ℃ 恒温培养 48 h;真菌采样用沙氏琼脂培养基(北京,奥博星),28 ℃ 恒温培养 72 h。

安德森六级采样器采用惯性撞击原理,模拟人体呼吸道的生理结构特征。采样器分为 6 级,每级孔数为 400 个,从 I ~ VI 级孔径依次缩小,空气的流速逐渐加快,从而使微生物气溶胶按粒径大小不同分别捕获在各级培养皿上。

通过安德森采样器各筛孔的微生物粒子,由于撞击作用,会使部分微生物失活死亡,所以需要先采用空气微生物浓度修正公式对菌落数进行修正<sup>[4-6]</sup>。

1.3 统计分析 利用 SPSS 24.0 软件对测试期间不同功能区、不同时态的微生物气溶胶体积浓度进行单因素分析。 $P < 0.05$  为有统计学意义。

## 2 结果

2.1 空气微生物污染情况评价 由表 1 可以看出,测试期间空气中微生物体积浓度大部分处于清洁状态( $< 2\ 500\ \text{CFU}/\text{m}^3$ ),有 14.8% 的真菌体积浓度样本超过清洁限值( $< 750\ \text{CFU}/\text{m}^3$ )。

表 1 冬季高校室内空气微生物体积浓度的测试结果/( $\text{CFU} \cdot \text{m}^{-3}$ )

测试日期	测试地点	细菌			真菌		
		9:00	12:00	18:00	9:00	12:00	18:00
2018/11/10	宿舍	671	191	276	198	212	481
	卫生间	389	763	523	438	240	551
	校园	481	254	459	389	410	714
2018/11/11	宿舍	650	155	318	551	198	269
	卫生间	1 053	212	1 265	926	318	827
	校园	565	325	1 025	650	572	1 300
2018/11/12	宿舍	629	191	756	297	233	148
	卫生间	389	481	862	127	247	530
	校园	396	311	657	459	473	975

测试期间,不能功能区、不同时态细菌和真菌体积浓度差异均有统计学意义( $F$  值分别为 3.99,7.77, $P$  值均 $< 0.05$ )。宿舍的卫生状况相对较好,空气中的细菌和真菌体积浓度均为最低,平均体积浓度分别为

426 和 287  $\text{CFU}/\text{m}^3$ ;卫生间空气中的细菌体积浓度相对较高,平均体积浓度为 659  $\text{CFU}/\text{m}^3$ ;校园空气中的真菌体积浓度相对较高,平均体积浓度为 660  $\text{CFU}/\text{m}^3$ 。不同功能区细菌和真菌体积浓度均在 12:00 最低,平均分别为 320 和 322  $\text{CFU}/\text{m}^3$ 。

2.2 高校空气中微生物的粒径分布特征 由图 1 可以看出,测试 3 d 空气中微生物呈现出明显相同的粒径分布特征,细菌和真菌集中出现在 V 级和 IV 级采样器,粒径范围为 1.1~3.3  $\mu\text{m}$ 。其中第 2 天的空气细菌浓度最高(253  $\text{CFU}/\text{m}^3$ ),集中在 V 级采样器,占当天细菌总量的 56%;同样是第 2 天的空气真菌浓度最高(249  $\text{CFU}/\text{m}^3$ ),集中在 IV 级采样器,占当天真菌总量的 71%。

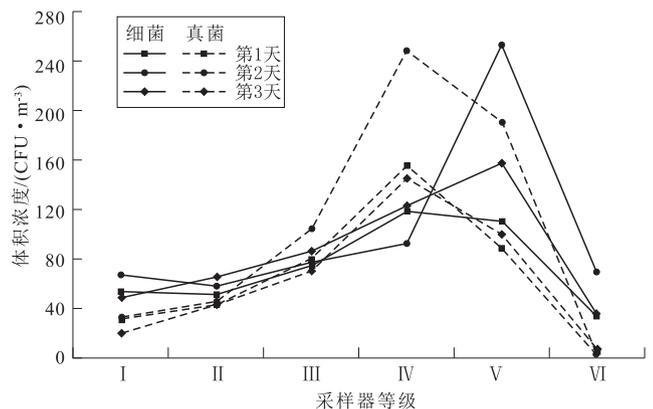


图 1 空气中细菌与真菌的粒径分布特征

## 3 讨论

建筑室内空气环境是人们工作和生活的最基本的条件之一,高校室内人口密集、人员活动频繁,室内微生物污染直接威胁着师生的健康。冬季室内通风较差,更有利于有害微生物在室内的积累与传播。微生物气溶胶对人体健康的危害与种类、浓度和粒径大小有很大的关系<sup>[7]</sup>。本研究结果显示,冬季高校室内微生物污染状况良好,空气中微生物体积浓度大部分处于清洁状态,仅有 14.8% 的真菌体积浓度样本超过清洁限值,可能是由于冬季气温低、空气干燥,使得微生物活性低。

对比不同功能区的空气微生物体积浓度发现,校园空气中的真菌体积浓度相对较高,可能是由于校园中植被较多,植被所产生的真菌孢子释放到空气中,增加了校园空气中真菌体积浓度,与熊超等<sup>[8-9]</sup>的测试结果一致。不同时态的空气微生物体积浓度,空气中的细菌和真菌体积浓度均在 12:00 最低,可能是由于中午的光照充足,阳光杀菌作用致使该时段空气中的细菌和真菌体积浓度最低,同时 9:00 和 18:00 人员活动频繁致使空气的微生物体积浓度较高,与李启华等<sup>[10-11]</sup>的测试结果一致。

分析空气微生物中不同粒径的分布特征发现,测试期间空气中细菌和真菌集中出现在Ⅳ级和Ⅴ级采样器,粒径范围为 1.1~3.3  $\mu\text{m}$ 。不同粒径的微生物沉积到人体呼吸道的位置不同,对人体的危害也不相同,<5  $\mu\text{m}$  的孢子可以渗透到下支气管,导致过敏和哮喘<sup>[12]</sup>。由于这部分粒径与 PM 2.5 粒径相当,故可以采用控制室内细颗粒物浓度的同时降低室内微生物浓度。

综上所述,室内空气微生物污染对人体健康和空气环境有很大的危害,做好防护和控制措施是十分重要的。建议校园内植被较多时定期进行真菌测试,并在冬季中午室外空气优良,太阳光照较强时进行开窗通风,有条件的情况下,可以采用控制设备有针对性的对粒径范围为 1.1~3.3  $\mu\text{m}$  的微生物进行除去,以快速有效的达到改善室内空气品质的目的。

#### 4 参考文献

- [1] 陈锴,万东,褚可成,等.空气微生物污染的监测及研究进展[J].中国环境监测,2014,30(4):171-178.
  - [2] 杨绍基,任红.传染病学[M].7版.北京:人民卫生出版社,2008:62-65.
  - [3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.公共场所卫生方法第3部分:空气微生物 GB/T 18204.3—2013[S].北京:中国标准出版社,2013.
  - [4] ANDERSEN A A.New sampler for the collection, sizing, and enumeration of viable airborne particles[J].J Bacteriol, 1958, 76(5):471-484.
  - [5] 方治国,孙平,欧阳志云,等.北京市居家空气微生物粒径及分布特征研究[J].环境科学,2013,34(7):2526-2532.
  - [6] 刘婷,李露,张家泉,等.梅雨期大学宿舍室内生物气溶胶浓度及粒径分布[J].环境科学,2016,37(4):1256-1263.
  - [7] 胡凌飞,张柯,王洪宝,等.北京雾霾天气大气颗粒物中微生物气溶胶的浓度及光谱特征[J].环境科学,2015,36(9):3144-3149.
  - [8] 熊超,邹晓,喻澜清,等.某高校校园空气真菌分布特征及污染评价[J].山地农业生物学报,2015,34(3):24-30.
  - [9] 潘剑彬,乔磊,董丽.北京奥林匹克森林公园空气菌类浓度特征研究[J].中国园林,2010,26(12):7-11.
  - [10] 李启华,刘仰斌,徐燕,等.高校学生宿舍空气细菌总数的调查分析[J].现代预防医学,2010,37(11):2019-2020,2022.
  - [11] 邹雪山,孙桂平,赵继红,等.冬季大学生主要室内活动场所空气菌落总数分析[J].中国学校卫生,2012,33(11):1401-1402.
  - [12] HORNER W, HELBLING A, SALVAGGIO J, et al. Fungal allergens [J]. Clin Microbiol Rev, 1995, 8(2):161-179.
- 收稿日期:2019-05-23;修回日期:2019-08-16
- 
- (上接第 1705 页)
- [13] OKORODUDU D O, JUMEAN M F, MONTORI V M, et al. Diagnostic performance of body mass index to identify obesity as defined by body adiposity: a systematic review and meta-analysis [J]. Int J Obes (Lond), 2010, 34(5):791-799.
  - [14] RAHMAN M, BERENSON A B. Accuracy of current body mass index obesity classification for white, black, and Hispanic reproductive-age women [J]. Obstet Gynecol, 2010, 115(5):982-988.
  - [15] 张苗,陈晋,甘亚楠,等.四种常用成年人肥胖评价标准的诊断价值研究[J].中国全科医学,2017,20(22):2732-2738.
  - [16] GARRIDO-CHAMORRO R P, SIRVENT-BELANDO J E, GONZALEZ-LORENZO M, et al. Correlation between body mass index and body composition in elite athletes [J]. J Sports Med Phys Fitness, 2009, 49(3):278-284.
  - [17] 何春林,平越,顾秀华,等.生物电阻抗法(BIA)测量学生人体成分的应用性研究(一)[J].职业时空,2011,7(9):146-148.
  - [18] 裴飞霸,张和华,尹军.生物电阻抗测量技术研究与应用[J].中国医学物理学杂志,2015,32(2):234-238.
  - [19] 曹玲,宋鸽,徐坚,等.利用生物电阻抗法对大学生肥胖进行正确分析评价的研究[J].中国学校体育(高等教育),2014,1(8):78-81.
  - [20] 黄航君,郭倩倩,张营,等.天津籍汉族大学生的人体组成成分研究[J].生物学通报,2017,52(4):9-13.
  - [21] 王洋洋.不同肥胖指标诊断的肥胖与健康相关生命质量的关系研究[D].北京:北京中医药大学,2014.
  - [22] 洪小勤.浙江省大学生体重指数、体脂率和腰臀比的相关分析[J].浙江体育科学,2014,36(6):18-21.
  - [23] 唐勇,郑兵.三种人群 BMI、WHR、BMD 以及 PWV 和 ABI 比较研究[J].成都体育学院学报,2013,39(7):91-94.
  - [24] FAROOQ A, KNEZ W L, KNEZ K, et al. Gender differences in fat distribution and inflammatory markers among Arabs [J]. Med Inflamm, 2013, 2013:497324.
  - [25] 张海龙,席焕久,付强,等.利用生物电阻抗法分析西藏藏族青少年肌肉发育特点[J].解剖学报,2013,44(2):292-296.
  - [26] 徐难.大学生体脂率与身体意象、运动参与与结构方程模型的建立[D].杭州:杭州师范大学,2018.
  - [27] 谢志丹.体育舞蹈运动对女大学生骨密度和体成分的影响[D].西安:西安体育学院,2013.
  - [28] 邹志春,陈佩杰,庄洁.体质指数法、皮褶厚度法和生物电阻抗法判断青少年超重、肥胖的一致性[J].上海体育学院学报,2012,36(1):64-67.
  - [29] 刘佳佳. BMI 与体脂率肥胖“分型矛盾”大学生的体成分特征分析[C].中国生理学会体适能研究运动生理学专业委员会,2018“普通高校运动风险与损伤防控技术”学术研讨暨论文报告会.宜春,2018.
  - [30] 傅宁,邓燕妮,施俊.关于体脂百分比、腰臀比、体重指数诊断肥胖的研究[J].中国疗养医学,2011,20(9):779-780.
- 收稿日期:2019-04-15;修回日期:2019-09-05