

Study on the Propagation Characteristics of Fungal Microorganisms in Air Conditioning System

Bailin Fu¹, Yang Lv^{1*}, Wenjie Yuan², Bin Chen¹, An Xie¹, Jinmu Huang¹

¹School of Civil Engineering, Dalian University of Technology, Dalian

²School of Life Science and Biotechnology, Dalian University of Technology, Dalian

Email: *lvyang@dlut.edu.cn

Received: Jun. 25th, 2013; revised: Jul. 28th, 2013; accepted: Aug. 8th, 2013

Copyright © 2013 Bailin Fu et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: Indoor air quality does a great impact on our health and there are many reasons contributing to the pollution of indoor air. At present, people have widely concerned about air conditioning system, which was regarded as potential microbial pollution sources. The study is about separation and identification of fungal microorganisms on the surface of the central air-conditioning system filters, and then researching on the colonies and mycelium grown and reproducing regular of fungal microorganisms in different thermal environment, aimed to lay groundwork of effective air microbial contamination solve by thermal methods. The result shows that the dominant fungi are *Penicillium spp* and *Cladosporium spp*. No matter constant or variable temperature conditions, the reproduce rate of *Penicillium spp* is faster than *Cladosporium spp* and the relationship between colony diameter and time is liner relation. The variable temperature does obvious restrain on *Penicillium spp* and *Cladosporium spp* has the same tendency.

Keywords: Air Conditioning System; Fungi; Thermal Response; Temperature Control Technology

空调系统真菌类微生物繁殖特性研究

付柏淋¹, 吕 阳^{1*}, 袁文杰², 陈 滨¹, 谢 安¹, 黄金木¹

¹大连理工大学土木工程学院, 大连

²大连理工大学生命科学与技术学院, 大连

Email: *lvyang@dlut.edu.cn

收稿日期: 2013年6月25日; 修回日期: 2013年7月28日; 录用日期: 2013年8月8日

摘 要: 室内空气质量对人们健康影响很大, 引起室内空气污染的原因也有很多。当前, 空调系统作为潜在的微生物污染源受到人们的普遍关注。本研究对中央空调系统过滤器表面真菌类微生物进行分离鉴定, 并通过实验研究不同温热环境下真菌类微生物菌落生长繁殖规律, 为通过热湿手段有效解决空气微生物污染问题奠定基础。研究表明, 空调系统真菌类微生物优势菌属为青霉属(*Penicillium spp*)和枝孢属(*Cladosporium spp*), 菌落数分别为 600 cfu/cm² 和 140 cfu/cm²。无论恒温或变温条件, 青霉属生长速率都要快于枝孢属, 且菌落直径变化和时间呈现规律性变化关系。通过恒温和变温实验发现, 温度变化对青霉属的生长具有明显抑制作用, 对枝孢属的生长也有抑制倾向。

关键词: 空调系统; 真菌; 热响应; 温控技术

1. 引言

*通讯作者。

当前, 由空调系统引起的室内空气污染问题越发严重, 特别是对暴露在空调室内环境中的人群健康可

造成危害,因此空调系统的卫生状况受到人们的普遍关注。空调系统作为主要污染源,其系统内部很多地方容易滋生微生物。研究表明,空调过滤器积存了大量灰尘,以及设备中易吸水的材料,加湿器、冷却盘管、冷凝水积水盘都提供了高湿甚至积水的环境,而这些环境往往是细菌、真菌等微生物的滋生地^[1-3]。另外,在滋生的微生物中,真菌在空调系统中的存在比例比较高。哈尔滨工业大学卢振等人对我国北方城市哈尔滨两栋建筑的中央空调系统进行测试表明,空调系统内真菌总数是细菌的 4.7 倍^[4]。西安建筑科技大学李安桂等人对陕西历史博物馆空调系统实测研究表明,空调系统送风段各工作段中真菌浓度是细菌浓度的 1.6~128 倍^[5]。

在人体健康危害性方面,真菌微生物的影响也尤为严重。法国国家卫生与医学研究所研究表明,室内真菌对严重哮喘患者的危害相对于其它过敏物质的 2 倍^[6]。人们受真菌的感染易患脚气、皮炎、皮癣、湿疹等疾病^[7]。Somers 等人观测到吸入污染真菌颗粒的小鼠发生基因突变,为真菌导致癌变提供了间接证明^[8]。

基于以上原因,对空调系统真菌类微生物进行生长特性研究,并找到适宜的控制方法极其重要。本研究通过对实际建筑空调系统中真菌微生物进行实测研究,掌握中央空调系统过滤器表面真菌类微生物优势菌属,并通过热响应实验研究,对不同温热环境下真菌微生物菌落生长繁殖规律进行分析。

2. 实测研究

2.1. 实测仪器与材料

灭菌无纺布,蒸馏水,察氏培养基,高压灭菌锅,恒温培养箱,具有双向调节温度的培养摇床,显微镜,TR-72i 温湿度自记仪等。

2.2. 真菌的采样与计数

实测对象为某体育馆内中央空调系统,从空调系统过滤网上选取 5 cm × 5 cm 的区域用灭菌无纺布轻拭,采集区域内全部积尘。将擦拭物无菌操作加入到无菌水中,充分清洗,使擦拭物上物质完全溶于无菌水,制成菌原液。分别再制备原液浓度、10 倍梯级稀释浓度、100 倍梯级稀释浓度。分别取三种不同浓度

的溶液 1 ml 在培养基上培养,观察菌落数,平行样菌落数取平均值。

2.3. 优势菌属的分离鉴定

根据菌落的形态、颜色等生理生化特征,并在 40 倍显微镜下观察菌丝及孢子结构,可见菌属 1(图 1 所示)特征为有隔膜、多核的菌丝,菌丝体产生扫状分支的分生孢子梗,分生孢子为椭圆无隔孢子,结合真菌鉴定手册初步判定为青霉,再经分子生物学鉴定后,确认菌属 1 为青霉属(*Penicillium spp*);菌属 2(图 2 所示)特征为有隔多核的菌丝,具有足的结构,菌落呈绒状绿色,菌丝白色,比较稳定的特有颜色,结合真菌鉴定手册初步判定菌属 2 为枝孢菌,再经分子生物学鉴定后,确认菌属 2 为枝孢属(*Cladosporium spp*)。

3. 实验研究

3.1. 实验方案

为研究空调系统真菌类微生物在不同温度下的生长规律,本实验进行了恒温培养和变温培养两组实验。恒温培养设定环境温度为 25℃,每 12 h 记录菌落直径变化;变温培养设定环境温度变化范围是 22℃~28℃,并且每 12 h 将 22℃ 和 28℃ 互换一次并记录菌落直径变化,实验方案如图 3 所示。所有实验相对湿度为恒定值。

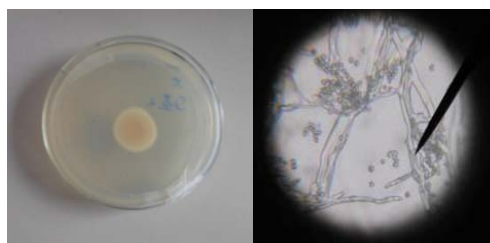


Figure 1. *Penicillium spp*
图 1. 青霉属

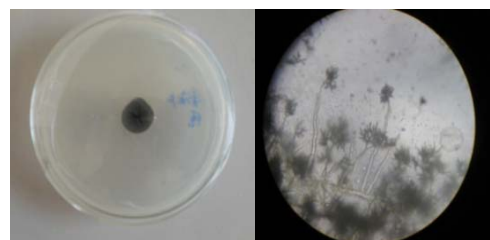


Figure 2. *Cladosporium spp*
图 2. 枝孢属

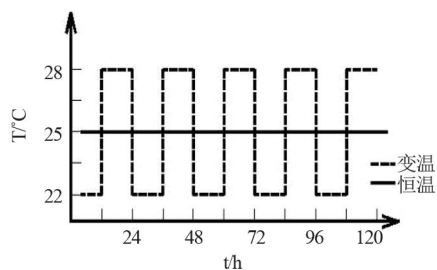


Figure 3. Experimental program
图 3. 实验方案示意图

3.2. 实验结果

图 4、图 5 分别为 25°C 恒温及 22°C~28°C 变温下空调系统优势菌属的生长变化。由图可见无论哪种培养方式，青霉属和枝孢属均随时间不断繁殖，菌落在培养基中不断变大，但其增长速度和增长形态却各异。

图 6 所示为两株真菌在 25°C 恒温下生长曲线图。

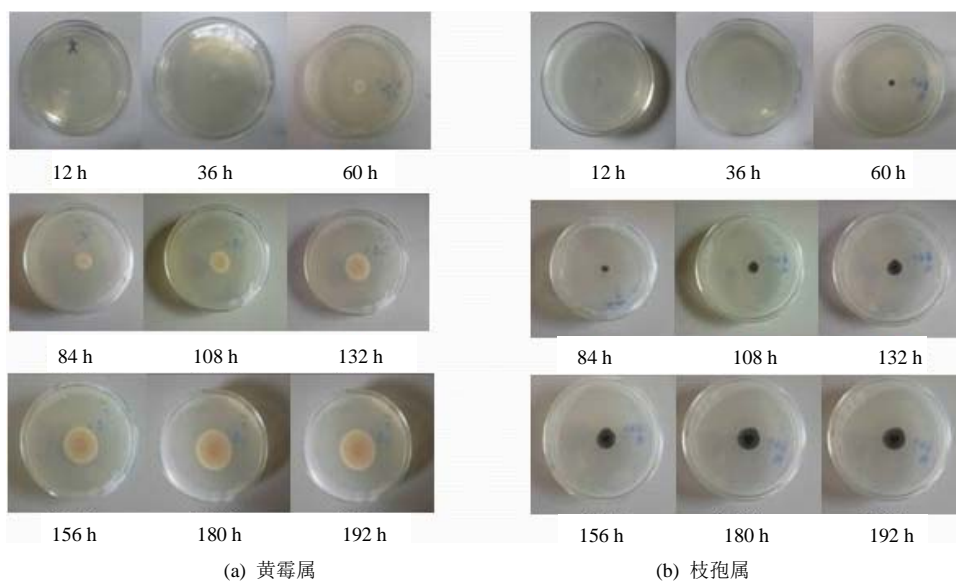


Figure 4. Time series of two fungal colonies at constant temperature of 25°C
图 4. 25°C 恒温两株真菌菌落变化

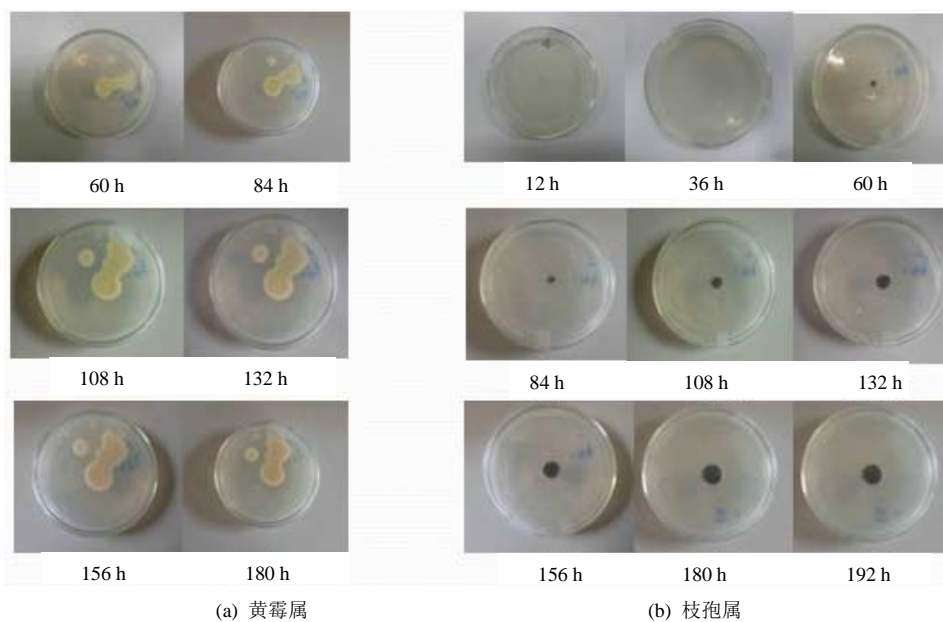


Figure 5. Time series of two fungal colonies at variable temperature ranging from 22°C to 28°C
图 5. 22°C~28°C 变温两株真菌菌落变化

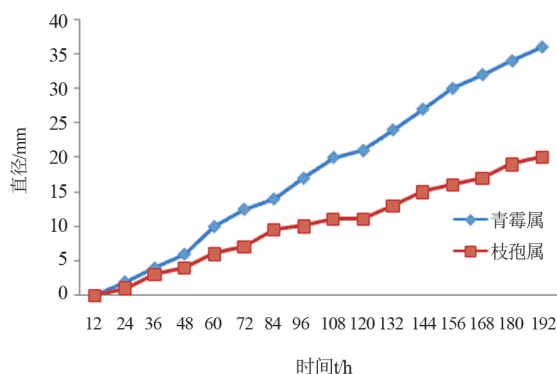


Figure 6. Growth curve of two fungi at constant temperature of 25°C
图 6. 25°C恒温两株真菌生长曲线

由图 6 可知，在恒温环境下两株真菌都能够较好的生长，菌落直径随时间近似于线性变化，两株真菌在培养结束之前均未出现稳定期，且青霉属的菌落生长速率大于枝孢属。

图 7 所示为空调系统优势菌属在 22°C~28°C 变温环境下的生长曲线图。由图 7 可知，在变温环境下，青霉属较早出现了真菌缓慢生长至不再生长的情况（培养 5 天后菌落直径不再变化），枝孢属在培养 8 天后也出现不再生长的倾向。

将青霉属在不同温度环境下生长情况进行比较。如图 8 所示可见，在恒温环境下，青霉属快速生长；但在变温环境下，经过 4 天后，青霉属的生长明显受到抑制，5 天后青霉属菌落不再变化。由此可见，变温可以控制真菌的生长。

将枝孢属在不同温度环境下生长状况进行比较。如图 9 所示可见，在恒温环境下，枝孢属的生长速度要快于变温环境。在变温环境下，经过 3 天和 8 天后，枝孢属的生长均有受到抑制的倾向。

4. 分析与讨论

4.1. 不同菌株在相同温度环境下生长分析

由上述实验结果可知，在 25°C 恒温培养下，两种真菌都以一定的生长速率增殖，且一周后仍未出现稳定期，菌落直径和时间均成线性关系。由此可知，稳定的温度有利于真菌生长。在 22°C~28°C 变温环境下，无论何种菌株菌落生长稳定性均不如 25°C 恒温培养，生长速率也都有所降低，且经过不同时间后，菌落生长均受到抑制。另外，由图 5(a) 可见，在变温环境下，青霉属的菌落更容易扩散，推断这可能与温变有关。

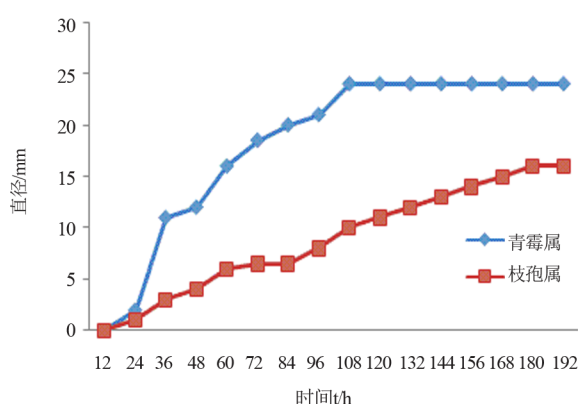


Figure 7. Growth curve of two fungi at variable temperature ranging from 25°C to 28°C
图 7. 22°C~28°C 变温两株真菌生长曲线

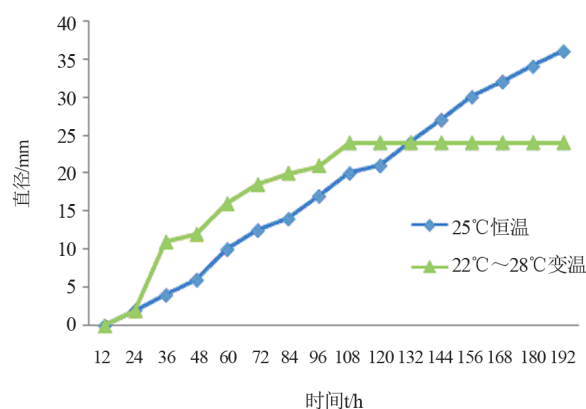


Figure 8. Growth curve of *Penicillium* spp in two environments
图 8. 青霉属在两种环境下生长曲线

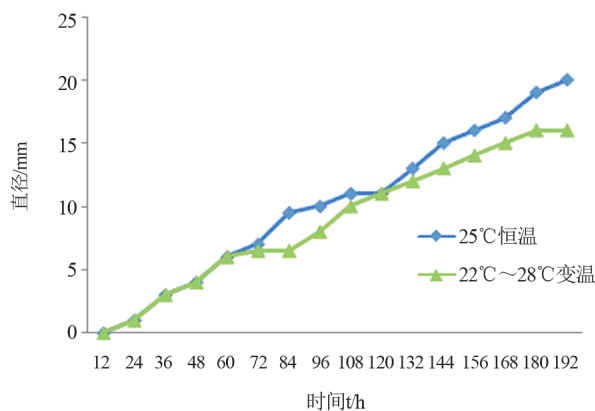


Figure 9. Growth curve of *Cladosporium* spp in two environments
图 9. 枝孢属在两种环境下生长曲线

4.2. 相同菌株在不同温度环境下生长分析

对于同一菌株在不同温度环境下分析可知，温度变化对青霉属的生长具有明显抑制作用，对枝孢属也

有此倾向。

5. 结论

本研究通过对中央空调系统真菌类微生物分离鉴定及环境热响应实验,得出结论如下:

1) 空调系统真菌类微生物优势菌属为青霉属和枝孢属,菌落数分别为 600 cfu/cm^2 和 140 cfu/cm^2 。

2) 恒温或变温条件,青霉属生长速率都要快于枝孢属,这是温度所不能控制的。

3) 通过恒温和变温研究发现,无论是青霉属还是枝孢属,在变温环境下菌落的增殖速率均要落后于恒温环境,温度变化对青霉属的生长具有明显抑制作用,对枝孢属也有此倾向。

6. 致谢

本研究受国家“十二五”科技支撑计划课题“室内健康环境表征参数及评价方法研究(2012BAJ02B05)”、国家自然科学基金(51308088)、高等学校博士学科点专项科研基金资助课题(20120041120003)、辽宁省博士科研启动基金“空调系统过滤器表面微生物

增殖现象数理形态解析(2011 1027)”及大连理工大学创新创业训练计划项目“空调系统微生物环境响应分析”资助。另外,本研究得到大连理工大学生命科学与技术学院包永明教授的大力支持,笔者在此向所有相关研究人员表示感谢。

参考文献 (References)

- [1] P. M. Bluysen, C. Cox, O. Seppanen, et al. Why, when, how do HVAC-systems pollute the indoor environment and what to do about it? *The Environment*, 2003, 38(2): 209-225.
- [2] 侯娟娟. 通风空调系统污染调查及其微生物特性实测研究[D]. 西安: 环境与市政工程学院, 西安建筑科技大学, 2009: 9- 10.
- [3] 陈凤娜, 赵彬, 杨旭东. 公共场所通风空调系统微生物污染调查分析及综述[J]. *暖通空调*, 2009, 39(2): 50-56.
- [4] 卢振, 张吉礼, 曹达君等. 公共建筑集中空调系统微生物及颗粒物测试分析[J]. *暖通空调*, 2007, 37(1): 103-107.
- [5] 李安桂, 姚灵芝, 侯娟娟. 集中式空调机组系统微生物污染的实测分析[J]. *暖通空调*, 2010, 40(3): 121-125.
- [6] 张金良, 郭新彪. *居住环境与健康*[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [7] 赵安乐, 郭玉明, 潘小川. 建筑室内生物污染及健康影响的研究进展[J]. *环境与健康杂志*, 2009, 26(1): 82-84.
- [8] C. M. Somers, B. E. McCarry, F. Malek, et al. Reduction of particulate air pollution lowers the risk of heritable mutations in mice. *Science*, 2004, 304(5673): 1008-1010.