

文章编号: 1006-7329(1999)06-0060-06

住宅室内细菌污染现状与分析

15

李娟

TU834.8

60-65

(重庆建筑大学 城市建设学院 400045)

摘要 针对影响住宅室内空气品质的空气中细菌浓度水平进行测试、分析、研究。通过对住宅室内空气中的微生物浓度进行测定,并对造成室内空气中细菌污染的原因进行分析,指出在重庆住宅室内空气中存在着严重的细菌污染问题,其主要影响因素是空气的湿度和自然通风、采光情况;建筑结构形式、室内布置和地面装饰材料也是较重要的影响因素。提出提高室内空气品质,改善室内环境质量,防止室内空气中细菌污染的措施、建议。

关键词 空气污染;细菌;室内空气品质;通风;采光;潮湿

中图法分类号 TU834.6⁺

文献标识码 A

随着人类文明与进步的发展,尤其近年来工业、交通业、饮食业的迅猛发展,全球大气污染状况日趋严重。在全球大气污染最为严重的十个大城市中,中国就占了五位^[1];而事实上,情况可能更为严重,因为中国有许多污染严重的城市并未加入全球大气环境监测网,因而未被统计在内。室内空气品质(IAQ)因其与人类的居住、休息及工作密切相关,随着人民生活水平的提高、生活条件的改善,影响人居环境质量和室内环境质量的室内空气品质日益受到重视。有学者甚至认为,室内空气污染比室外大气污染更为严重。由于大多数人在室内停留的时间长达一生的三分之二以上,可以说空气污染对人的影响主要是由室内空气品质决定。室外大气污染通过影响室内空气品质而最终影响人体健康及工作情况。

目前,关于室内空气品质的研究,主要是针对住宅、办公室、医院、影剧院、商场、学校、地铁车厢、车站等;对住宅而言,室内空气污染物主要有:颗粒物、二氧化碳、有机污染物、放射性物质及空气中的微生物等。因为空气中没有供细菌和其它微生物生长所必需的足够的水份和可利用形式的养料,空气不是微生物产生和生长的自然环境;但由于人们的生产活动和生活活动,以及其它外环境和动植物的活动等,实际上空气中是存在着某些微生物的,并可以通过空气引起一些疾病如流行性感、麻疹、结核、流行性腮腺炎、流行性脑脊髓膜炎、猩红热、白喉、百日咳等的传播。室外空气由于大气运动和空气流动而扩散稀释及受太阳辐射等影响,一般微生物浓度较低,而且病原微生物较少;室内空气相对比较稳定,尤其当建筑结构不佳、室内通风不良、日照少、家具布置或清扫不当时,室内空气中微生物数量大增,病原微生物数量可能也较多,以微生物气溶胶的形式存在。本文仅针对重庆住宅室内空气品质中微生物污染水平进行测试研究、分析。通过对住宅室内空气中的微生物浓度进行测定,并对影响室内空气中微生物污染的原因进行分析,提出防止室内空气中微生物污染的措施、建议,以提高室内空气品质,改善室内环境质量。

1 实验方法

采用沉降菌落法^[2]。即将盛有已经消毒处理的营养琼脂培养基和血琼脂培养基的平皿置于欲检测的地点,打开皿盖暴露于空气中5 min后,盖好皿盖,放入培养箱中37℃培养48 h,然后对培

收稿日期:1999-10-20

作者简介:李娟(1964-),女,重庆人,讲师,博士生,主要从事空气污染控制与室内空气质量研究。

养皿上生长的菌落数进行计数。

2 实验设计

2.1 实验地点

实验地点为某大学教师宿舍。选择该住宅楼底层自然通风较好的端头房间及自然通风不良的中部房间(共8间)作为实验对象,并选择二层中部的一套房间进行对比实验,以分析楼层对空气中的细菌数的影响。实验均在自然通风条件下进行,以保证实验结果具有可比性。所选房间卧室建筑面积均为 18 m²,长期居住人数为 2~3 人,各房间情况列于表 1。实验时每套房间内放置普通培养皿 5 个,分别置于房间四角及中部地面上;第二次实验时增加了一个血平皿,以检测空气中的绿色和溶血性链球菌浓度。

表 1 各测试房间基本情况

房间号	楼层	房间位置	房间朝向	室内人员	外窗	室内布置		纤维地毯	塑料地胶	自然采光	自然通风	机械通风	空调设备	潮湿情况
						家具								
						布置	多少							
1	1	中	北	2	1	隔断	多		有	较差	差	较好	无	较潮
2	1	东	南	2	2	靠墙	多	有		好	差	较差	无	潮
3	1	东	北	3	2	靠墙	适中		有	较差	差	较差	无	极潮
4	1	西	北	4	2	靠墙	适中		有	好	较好	较好	无	较干
5	1	西	南	1	2	隔断	适中	无	无	好	较好	较好	无	较干
6	1	中	南	1	1	靠墙	适中		有	较好	较好	较差	无	较潮
7	1	中	南	2	1	隔断	多	无	无	较好	较差	较好	无	较潮
8	2	中	北	2	1	靠墙	适中	有		较好	较好	较差	有	较干

2.2 实验时间

第一次实验选择在盛夏七月,并结合测试室内热环境质量;第二次实验选择在温湿的五月份,以期得到潮湿对室内空气微生物污染水平的影响情况。两次实验均在傍晚时分,室内人员活动较少时进行,各房间同时采样。

2.3 采样及培养

普通培养皿采样时间 5 min,血平皿采样时间为 30 min。采样完成后,在 37℃培养 48 h,再计数菌落。

3 实验结果及分析

3.1 评价与分析

因为小粒子不易沉降,利用沉降法所测得的实验数据偏小,故采纳 Шифир 的建议:按奥梅梁斯基的计算法计算空气中的细菌数。由于我国无现行住宅室内空气卫生学评价标准,利用表 3 的数据作为住宅室内空气卫生评价的参考标准,其评价结果列于表 2。

奥梅梁斯基计算公式^[3]如下:

$$\text{每立方米空气中细菌数} = 1000 / (A/100 \times t \times 10/5) \times N$$

式中: A——所用平皿面积,平方厘米;

t——平皿暴露于空气中的时间,分;

N ——培养后皿上的细菌菌落数,个;

对空气进行卫生监测,若检查空气中的病原菌较困难,故常以经常存在于口腔和鼻咽腔的链球菌作为空气卫生程度的指标,根据空气中的链球菌多少以及空气中细菌总数的多少来判断空气卫生状况、污染程度。所以,第一次实验结束后,发现存在室内空气细菌污染问题,在进行第二次实验时,特制备血平皿以检测空气中的绿色和溶血性链球菌数,其实验结果用奥梅梁斯基公式计算后列于表 4、表 5。

3.2 实验数据的方差分析

对于空气中细菌卫生学检验,因所选房间在朝向、位置、居室布置、人员情况等各方面均存在差异,而这些差异大多不能用数字来定量描述。因此,在进行析因实验方差分析中,可将以上诸因素作为一个综合因素,在保持实验条件一致的前提下,对房间的细菌污染水平测试结果进行单因素实验,检验因房间或楼层差异是否对结果的方差的影响显著。

表 2 各房间空气中的细菌总数(个/ m^3 空气)(第一次实验)

序号	细菌总数					细菌总数 平均值	超标水平		
	点1	点2	点3	点4	点5		点数	倍数	评价
1	3 119	4 324	9 118	5 581	1 547	4 737.8	4	0.98	污染
2	30 390	1 389	37 831	24 312	24 208	23 626	4	8.45	污染
3	5 241	10 794	184	5 738	7 677	5 926.8	4	1.37	污染
4	236	2 988	4 140	1 651	6 472	3 097.4	3	0.24	污染
5	263	1 442	3 380	3 196	3 564	2 369	3	不达标	清洁
6	3 301	4 062	943	3 354	1 468	2 625.6	3	0.05	污染
7	8 804	1 206	2 096	4 375	5 555	4 407.2	3	0.76	污染
8	1 860	5 502	3 380	5 136	8 515	4 878.6	4	0.95	污染

检出菌种:放线菌、霉菌、芽胞杆菌、球菌、葡萄球菌、链球菌、双球菌、金黄色葡萄球菌、镰刀霉菌等。
室内平均气温: $t_1 = 27.04 \sim 27.91^\circ\text{C}$ $t_2 = 24.87 \sim 25.98^\circ\text{C}$

表 3 住宅室内空气卫生评价的参考标准(原苏联)^[4]

空气评价	夏季标准		冬季标准	
	细菌总数	绿色和溶血性链球菌	细菌总数	绿色和溶血性链球菌
清洁空气	< 1 500	< 16	< 4 500	< 24
污染空气	> 2 500	> 36	> 7 000	> 36

单位:个/ m^3 空气。

表 4 各房间空气中的细菌总数(个/ m^3 空气)(第二次实验)

房间号	细菌总数						细菌总数 平均值	超标水平		
	点1	点2	点3	点4	点5	点6		点数	倍数	评价
1	29 473	41 262	21 352	12 051	1 834		21 194	5	7.48	污染
3	36 809	22 534	30 652	21 876	786		24 731	5	8.89	污染
4	22 268	32 224	28 032	30 128	42 179	655	22 203	5	7.88	污染
5	25 019	22 792	20 173	14 933	42 441	3 668	18 956	6	6.58	污染
6	19 256	16 243	22 793	28 949	1 048		17 658	4	6.06	污染
7	40 336	39 166	18 470	23 448	786	393	21 767	4	7.71	污染
8	31 045	34 713	24 626	24 757	14 802	1 769	19 069	5	6.63	污染

检出菌种:放线菌、霉菌、芽胞杆菌、球菌、葡萄球菌、链球菌、双球菌、金黄色葡萄球菌、镰刀霉菌等。
室内平均气温: $t_1 = 24.9 \sim 27.0^\circ\text{C}$ $t_2 = 23.2 \sim 24.4^\circ\text{C}$

分别对两次实验结果利用 F 检验法进行方差分析。从单因素方差分析结果来看,第一次试验各房间室内空气细菌污染水平存在显著性差异;但是从测定结果来看,2号房间的测定结果特别高;如剔除2号房间再进行单因素方差分析,以判别2号房间室内空气细菌污染水平是否与其它房间室内空气细菌污染水平之间存在显著性差异。计算结果表明:在不考虑2号房间后,各房间室内空气细菌污染水平不存在显著性差异。同理,对第二次实验进行方差分析:各房间室内空气细菌污染水平也不存在显著性差异,这与第一次实验结果相吻合;但是,在初夏时,因室内空气细菌污染情况十分严重,2号房间与其它各房间室内空气细菌污染水平并不存在显著性差异,这是与盛夏时的情况所不同的特点,也说明了在初夏时,通风和日照对室内空气中细菌污染水平影响十分显著。

3.3 各房间情况多因素分析

1) 对2号房间进行分析,发现其存在严重的室内空气细菌污染问题。它的主要特点是:①是该房间长期白天室内无人,出于对安全的考虑,房间窗户关闭,导致自然通风不良;②其地上铺设地毯,而初夏时底层室内地面潮湿,给细菌滋生繁殖提供了有利的场所;③其房间未设有机通风装置,不具备机械通风条件。

2) 潮湿问题:初夏室内空气中细菌污染情况较盛夏时严重,超标倍数多达6~8.89倍,主要是由于当时气温相对较低,而空气湿度较大,潮湿的空气和室内环境为微生物的生长创造了必要的条件。潮湿是导致室内空气细菌污染的最重要的原因。利用空调设备除湿对降低室内空气中的细菌浓度有非常明显的的作用;8号房间在第二次实验时已加设了空调器,其室内空气中的细菌浓度水平相对于其它房间降低非常明显。

3) 日照:光线和射线对微生物的影响,随其性质、强度、波长、作用距离等而不同。或刺激生长、或可引起变异,或可抑制其代谢,或可使其死亡。日光是最经济、最方便的杀菌因素,许多微生物在日光照射下均易死亡。但重庆室外大气污染极为严重,空气中颗粒物及有害气体浓度均很大,雾天、阴天多、日照少,尤其黄梅季更甚。太阳辐射弱是导致室内空气细菌污染严重的非常重要的原因。

4) 房间的朝向:因其对于室内采光影响很大,从而间接地影响室内空气中的细菌浓度,朝北的房间比朝南的房间室内空气中的细菌浓度明显要高,在日照少的初夏,其影响更为明显;盛夏时,其影响相对来说就不明显或几乎没有。

5) 房间的位置:当室内通风条件不存在明显差异时,位于东端的房间比位于西端的房间室内空气中的细菌浓度明显要高,这一点并不受到季节的影响。

6) 建筑结构尤其是外窗数量,决定了室内通风和采光情况;室内布置如家具的多少、摆设方式又影响室内通风情况,因而间接地、较为显著地影响室内空气中的细菌浓度水平;这也提示规划师、建筑师在设计时应当注意选择适于建筑住宅的环境,合理布局小区,综合考虑位置、朝向、户型、间距、居住面积、层高、进深等诸多因素对室内环境和空气品质的影响,尤其对山城重庆普遍存在的下沉式建筑更应多加注意;

7) 人员情况:室内人数多少及活动情况,对室内空气中的细菌浓度水平有极大的影响,吉择等的研究成果表明室内每人发菌量占室内发菌量的2.7%~20%左右,人多、活动量大,室内空气中的细菌浓度水平就高。

8) 地面情况:地面装饰材料对于室内空气中的细菌浓度水平有极大的影响,它当其它条件相

表5 各房间空气中的细菌种类及其总数
(个/m³空气)(第二次实验)

房间号	细菌总数		链球菌超标倍数	评价
	链球菌	霉菌		
1	53	393	0.47	污染
3	53	131	0.47	污染
4	0	393	不超标	清洁
5	26	655	不超标	清洁
6	105	0	1.92	污染
7	53	262	0.47	污染
8	0	393	不超标	清洁

同时,铺设有纤维地毯的房间中的室内空气中的细菌浓度水平相当高,它可能是影响室内空气中的细菌浓度水平的住宅室内条件中第一位的原因。

9) 楼层:本实验结果表明,位于一层的房间与位于二层的房间室内空气细菌浓度水平不存在显著性差异。

4 结 论

1) 在重庆,住宅底层居室存在着严重的室内空气细菌污染问题;潮湿是影响和决定室内空气细菌污染的最主要的因素。初夏时由于气候非常潮湿,室内空气细菌污染比盛夏时的室内空气细菌污染更为严重。

2) 室内的自然通风、采光条件是影响室内空气细菌浓度的第二位的原因。当居室室内自然通风不良,自然采光条件差时,室内空气细菌污染情况十分严重;

3) 当实验条件及各房间通风、采光条件,不存在明显差别时,对位于同一栋且具有相同的建筑构造的底层居室之间及与二层居室之间,各房间室内空气细菌污染水平不存在显著性差异;但实验过程中发现,一层房间空气中的霉气味要较二层的明显严重;改善居室室内空气品质,防止室内空气细菌污染,应加强室内通风,包括自然通风和机械通风;采用空调器既有利于改善室内热环境质量,也非常有利于降低室内空气细菌浓度;

4) 位置、朝向对于室内空气细菌浓度均有影响,位于东端的房间比位于西端的房间室内空气细菌污染要严重,在温湿季节其影响更为显著;朝北的房间比朝南的房间室内空气细菌污染水平高。

5) 改善居室室内空气品质,防止室内空气细菌污染,应加强室内通风,包括自然通风和机械通风;室内尤其是底层,不应铺设纤维地毯;室内家具的摆放应有利于通风、采光;同时,保持良好的室内卫生状况,有助于造就良好的室内空气品质和室内环境质量。

6) 设计、建造住宅工程时,应当注意设计、组织、加强自然通风和充分利用自然采光,避免建造阴暗的、通风不良的住宅环境,以营造一个良好的人居环境。

参 考 文 献

- [1] 张坤民,等. 中国的可持续发展战略与国际环境合作[J]. 中国环境管理,1999
- [2] 杨履渭主编. 微生物学及检验技术[M]. 广州:广东科技出版社,1986
- [3] 上海第一医学院主编. 环境卫生学[M]. 北京:人民卫生出版社,1981
- [4] 王秀茹主编. 卫生微生物学[M]. 北京:北京医科大学、北京协和医科大学联合出版社,1998
- [5] 田胜元等. 实验设计与数据处理[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1988
- [6] 汪荣鑫. 数理统计[M]. 西安:西安交通大学出版社,1986
- [7] 梅自力编著. 医疗建筑空调设计[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1993

Evaluation and Analysis of Bacteria Pollution in Dwelling Indoor Air

Li Juan

(Faculty of Urban Construction Engineering, Chongqing Jianzhu University, 400045, China)

Abstract Tests and study were carried out on indoor air bacteria pollution in dwelling house in Chongqing

city. Based on the data of measured bacteria concentration of the indoor air, the reasons for indoor air pollution were analyzed. It was found that the bacteria seriously polluted the indoor air. The main factors influencing the indoor air bacteria pollution are moisture, natural ventilation and lighting conditions. The construction forms and decoration of the dwelling house are the secondary reasons for indoor air bacteria pollution. Measures and suggestions of preventing the indoor air bacteria pollution and improving the indoor air quality and environmental quality were presented.

Key Words indoor air pollution; bacteria; indoor air quality; ventilation; natural lighting; moisture

(上接第 59 页)

参 考 文 献

- [1] 罗固源,等. 组合式间歇曝气系统处理城市污水试验研究[J]. 环境保护,1997.12.,总 242 期
[2] 上海师范大学数学系. 回归分析及其试验设计[M]. 上海:上海教育出版社,1978.2

Analysis of Phosphorus Removal in the Non - backflow Intermittent Aeration System

LOU Gu-yuan LIU Zhi-gang

(Faculty of Urban Construction Engineering, Chongqing Jianzhu University, 400045, China)

Abstract In this paper the phosphorus removal performance has been studied in Non - backflow Intermittent Aeration System (NBIAS), when the aeration duration and SRT were adjusted. At the same time, nitrogen removal was also studied. Test results show that when the cycle duration is 6 h., anaerobic duration 1.5h. sedimentation and displacement time 0.5 h. and SRT = 20 d, aerobic ratio 0.42, the removal efficiency for COD_{Cr}, nitrogen and phosphorus will be 85%, 75% and 69%, respectively.

Key Words NBIAS; sludge age; phosphorus removal; nitrogen removal; cycle duration