

一种中药复方提取液空气气溶胶消毒剂的消毒效果

孙 秋, 高宏伟, 王 瑶, 刘 业, 秦克力*

黑龙江中医药大学附属第一医院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2024年7月11日; 录用日期: 2024年8月11日; 发布日期: 2024年8月20日

摘 要

目的: 观察中药复方提取液空气气溶胶消毒剂的消毒效果。方法: 借助气溶胶喷雾机将中药复方提取液呈气溶胶状喷洒于室内空气中, 同时同普通喷雾器喷撒、中药熏蒸作对照, 以通风法为空白对照、紫外线照射、氯剂消毒为阳性对照组对照, 分别于消毒前、消毒后30 min、1 h、2 h、4 h各时间段采用平板空气暴露法取样, 进行细菌培养, 观察各种消毒方法对室内空气消毒的效果及维持时间。结果: 各组消毒后30 min、1 h、2 h、4 h空气菌落数均有明显下降, 同对照组比较有明显差异($P < 0.05$)。消毒后30 min气溶胶喷雾组与紫外线对照组消毒效果相当, 但是同其他组比较有显著差异($P < 0.05$); 消毒后1 h紫外线对照组菌落低于气溶胶喷雾组, 效果优于气溶胶喷雾组; 但是随着消毒结束时间的不断延长, 各组空气菌落数不断增多, 但在同一时间点上消毒后2 h、4 h空气菌落数, 气溶胶喷雾组消毒的菌落数增加程度显著低于各对照组, 差异具有统计学意义($P < 0.05$)。结论: 复方提取液空气气溶胶消毒剂具有和紫外线消毒相同的消毒效果, 两组均具有良好的消毒效果, 能有效防止室内空气中细菌污染, 但优于普通喷雾器喷撒、中药熏蒸、氯剂消毒, 在维持消毒时间上空气气溶胶消毒剂更持久。

关键词

中药, 消毒, 气溶胶, 空气, 提取液

Disinfection Effect of an Air Aerosol Disinfectant Extracted from a Traditional Chinese Medicine Compound

Qiu Sun, Hongwei Gao, Yao Wang, Ye Liu, Keli Qin*

The First Affiliated Hospital, Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin Heilongjiang

Received: Jul. 11th, 2024; accepted: Aug. 11th, 2024; published: Aug. 20th, 2024

*通讯作者。

文章引用: 孙秋, 高宏伟, 王瑶, 刘业, 秦克力. 一种中药复方提取液空气气溶胶消毒剂的消毒效果[J]. 临床个性化医学, 2024, 3(3): 623-629. DOI: 10.12677/jcpm.2024.33089

Abstract

Objective: Observe the disinfection effect of air aerosol disinfectant extracted from traditional Chinese medicine compound. **Methods:** With the help of aerosol spray machine, the extract of traditional Chinese medicine compound was sprayed into the indoor air in the form of aerosol gel. At the same time, it was compared with ordinary spray spraying and traditional Chinese medicine fumigation. With ventilation method as the blank control, ultraviolet radiation, and chlorine disinfection as the positive control group, the plate air exposure method was used to sample before disinfection, 30 min, 1 h, 2 h, and 4 h after disinfection, respectively, for bacterial culture, Observe the effectiveness and maintenance time of various disinfection methods for indoor air disinfection. **Result:** The results showed that the air bacterial count in each group decreased significantly at 30 minutes, 1 hour, 2 hours, and 4 hours after disinfection, and there was a significant difference compared to the control group ($P < 0.05$). The disinfection effect of aerosol spray group 30 minutes after disinfection was similar to that of ultraviolet control group, but there was significant difference compared with other groups ($P < 0.05$); One hour after disinfection, the colony of ultraviolet control group was lower than that of aerosol spray group, and the effect was better than that of aerosol spray group; However, with the continuous extension of the end time of disinfection, the number of air colonies in each group continued to increase, but at the same time point, the number of air colonies in the aerosol spray group was significantly lower than that in the control groups at 2 h and 4 h after disinfection, with a statistically significant difference ($P < 0.05$). **Conclusion:** The compound extract aerosol disinfectant has the same disinfection effect as ultraviolet disinfection. Both groups have good disinfection effect, which can effectively prevent bacterial pollution in indoor air, but it is better than ordinary spray spraying, traditional Chinese medicine fumigation, and chlorine disinfection. Aerosol disinfectant is more durable in maintaining disinfection time.

Keywords

Traditional Chinese Medicine, Disinfect, Aerosol, Air, Extracts

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着现代经济社会的长足发展，人类社会已经形成了城市化聚集、人员流动性大、多重交叉感染等环境特点，人类日益频繁的交往给致病的细菌、病毒的传播带来了良好的机会，近年来重大的医院感染事件频发，如 SARS、甲型 H1N1 型流感、手足口病等传染病的发生与流行都严重威胁着人类的生命健康，特别是 2019 年底新冠病毒全球大爆发，给人们的消杀观念和手段带来了一定的冲击，加强空气质量控制、预防交叉感染成为全球公共场所面临的难题。中药空气消毒古既有之，早在春秋时期《庄子》中就有记载“越人熏之艾”。《离骚》[1]中记载“户服艾以盈要兮，谓幽兰其不可佩”。晋朝时葛洪在《肘后备急方》[2]中提到：“断瘟疫病令不相染，密以艾灸病人床四角，各一壮，佳也”。说明以中药熏蒸达到消毒隔离的作用在中国古代已有广泛应用。目前国内常用的空气消毒方法有很多种[3]，如紫外线消毒、空气消毒机消毒、氯剂、甲醛、过氧化氢、过氧乙酸、甲醛、84 消毒液等化学试剂消毒，以及中药艾叶熏蒸等等，但各有利弊没有达到统一高效、安全的消毒目的。氯剂、甲醛、过氧化氢和过氧乙酸等化学消毒剂熏蒸或喷洒，由于此类消毒液具有一定的毒性、刺激性、腐蚀性，会对人体和设备造成不同

程度的损害,且试剂本身又会构成污染,不同程度地影响人体健康,消毒时所有人员必须离场,不适合有人环境使用,消毒后异味不能很快消除,长期使用会蓄积在人体内有中毒的危险等一系列应用的弊端[4]。国内外许多学者根据中草药的功用,在空气消毒方面进行了抗细菌、抗病毒的探索,医学家们迫切希望能从天然中药中研制出消毒作用强、无不良反应、使用方便的中药空气消毒剂。2019年12月的肺炎疫情,其传播途径之一为气溶胶模式,表现为呼吸道和黏膜接触传播,其传播速度之快、波及范围之广引起了国内外高度关注,激发了人民对于气溶胶的重视和重新认识。我们通过查阅国内外的医学文献显示,中药消毒空气具有安全、可靠的杀菌作用,且不会产生像紫外线、空气消毒机、化学消毒剂那样的缺点。因此,我们通过制取气溶胶中药消毒剂,来达到消灭传染病病原体的气溶胶传播目的,为中药消毒制剂寻找一种可靠新型的消毒试剂。

2. 材料与方法

2.1. 试验材料

中药贯众、厚朴、重楼、半夏、藿香购于黑龙江中医药大学附属第一医院,气溶胶喷雾器(摩亨机械,3WQ-ULV5),电磁炉(苏泊尔,C22-IH68E8),普通喷雾器(德力西),紫外线灯(粤华,ZWX-201A),恒湿培养箱(苏珀,SPX-50),次氯酸消毒片(山东名德),培养皿(比克曼生物)。

2.2. 实验方法

2.2.1. 实验分组

分成气溶胶喷雾组、普通喷雾器喷撒组、中药熏蒸组、空白对照组、紫外线对照组、氯剂对照组。

2.2.2. 中药消毒药液制备

采用贯众 15 g、厚朴 10 g、重楼 15 g、半夏 10 g、藿香 15 g 进行配方,药材用 10 倍 70%乙醇浸泡 2 小时,回流提取 2 次,每次 1 小时,合并滤液,静置 12 小时,滤过,减压浓缩至相对密度约为 1.15 (60℃) 的稠膏,加入 3 倍量水,沉淀 24 小时,过滤取上清液,调 pH 值至 8.0,灭菌,即得。

2.2.3. 消毒方法

- 1) 气溶胶喷雾组:将复方中药消毒液按 30 mL/m³ 置于气溶胶喷雾机内均匀喷洒于室内空气中。
- 2) 普通喷雾器组:将复方药液按 30 mL/m³ 置于普通喷雾器内,使药液均匀喷洒于室内空气中。
- 3) 中药熏蒸组:消毒时应将病房内门窗关紧,按照比例将中药复方消毒液按 30 mL/m³ 置于不锈钢盆内,电磁炉加热煮沸,放置于车厢中间位置,不加盖熏蒸气化至药液完全蒸发。
- 4) 空白对照组:对照组采用通风法进行空气消毒。
- 5) 紫外线对照组:采用紫外线灯消毒法,使用紫外线消毒车,上下各 1 支紫外线灯管,与天花板和地面距离 1.0~1.5 m,照射距离在 2.0 m 之内,消毒 30 min。
- 6) 氯剂对照组:将三氯异氰尿酸消毒片 1000 mg/L 配制成溶液置于普通喷雾器内,将药液均匀喷洒于室内空气中。

2.2.4. 质量控制

试验前对实验区地面进行干燥、清洁处理,试验中确保实验区域内温度为 20℃~26℃,空气相对湿度为 50%~60%,空气消毒过程中除空白对照组外保持门窗关闭。采样人员做好个人防护,防止污染。按 GB15982-2012《医院消毒卫生标准》以空气菌落数 ≤ 500 cfu/m³,无致病菌,真菌生长为合格[5]。杀菌率(%) = (消毒前菌落总数 - 消毒后剩余菌落数/消毒前菌落总数) $\times 100\%$

2.2.5. 细菌总数测定

1) 消毒前和消毒后 30 min、1 h、2 h、4 h 分别取样。采用平板空气暴露法将 9 cm 培养皿 5 只分别放置中央及四周，四周安放均距墙及地面各 1 m，每次在同一高度、同一位置布点，培养皿打开暴露 15 min 后合盖。每种消毒方法分别于同一时间进行空气细菌培养，然后分别记录 5 个平板上的菌落数，并计算平均菌落数。

2) 细菌培养及计数方法采样后的培养皿立即送往本院检验科，进行微生物检测，将培养皿于在恒湿培养箱 37℃恒温下连续培养 48 h，然后参考卫生部关于《消毒技术规范》中的要求，以平板沉降法进行细菌数计算，沉降法计算公式为：每立方米空气细菌总数(cfu/m³) = 50,000 N/At (N 代表生长菌落数，A 代表所用平板面积 cm²，t 代表平板暴露时间 min)，利用上述公式计算医院感染科病房空气中的菌落数。

3) 菌落消亡率 = (消毒前平均菌落数 - 消毒后平均菌落数)/消毒前平均菌落数 × 100%

2.2.6. 统计学方法

所有数据资料均是应用 SPSS 22.0 统计学软件包进行统计、分析与处理，计量数据资料应用标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示，t 检验，计数数据资料应用 χ^2 检验，以 P < 0.05 代表组间表示差异有统计学意义。

3. 结果

3.1. 各组消毒前后空气菌落总数比较，见表 1

各组消毒后 30 min、1 h、2 h、4 h 空气菌落数均有明显下降，同对照组比较有明显差异(P < 0.05)。消毒后 30 min 气溶胶喷雾组与紫外线对照组消毒效果相当，但是同其他组比较有显著差异(P < 0.05)；消毒后 1 h 紫外线对照组菌落低于气溶胶喷雾组，效果优于气溶胶喷雾组；但是随着消毒结束时间的不断延长，各组空气菌落数不断增多，但在同一时间点上消毒后 2 h、4 h 空气菌落数，气溶胶喷雾组消毒的菌落数增加程度显著低于各对照组，差异具有统计学意义(P < 0.05)。

Table 1. Comparison of total bacterial count in air before and after disinfection
表 1. 消毒前后空气菌落总数比较

组别	空气菌落数(cfu/m ³)					杀菌率/%			
	消毒前	消毒后 30 min	消毒后 1 h	消毒后 2 h	消毒后 4 h	消毒后 30 min	消毒后 1 h	消毒后 2 h	消毒后 4 h
气溶胶喷雾组	1312	111	187	302	368	91.55	85.76	76.96	71.96
普通喷雾器组	1299	256	314	420	464	80.26	75.84	67.65	64.26
中药熏蒸组	1386	381	464	605	633	72.52	66.54	56.32	54.32
空白对照组	1357	1402	1459	1499	1546	-	-	-	-
紫外线对照组	1390	106	150	347	534	92.34	89.22	75.03	61.55
氯剂对照组	1336	194	238	415	615	85.48	82.15	68.96	53.98

3.2. 各组消毒效果比较，见图 1

通过图 1 的折线我们可以看出气溶胶喷雾组与紫外线对照组在消毒后 30 min 消毒效果相当，且优于各对照组；消毒后 1 h 紫外线对照组消毒效果优于气溶胶喷雾组，这两组消毒效果优于各对照组；但是在消毒后 2 h、4 h 气溶胶喷雾组消毒效果优于各对照组，说明气溶胶消毒组具有消毒持久的特性。

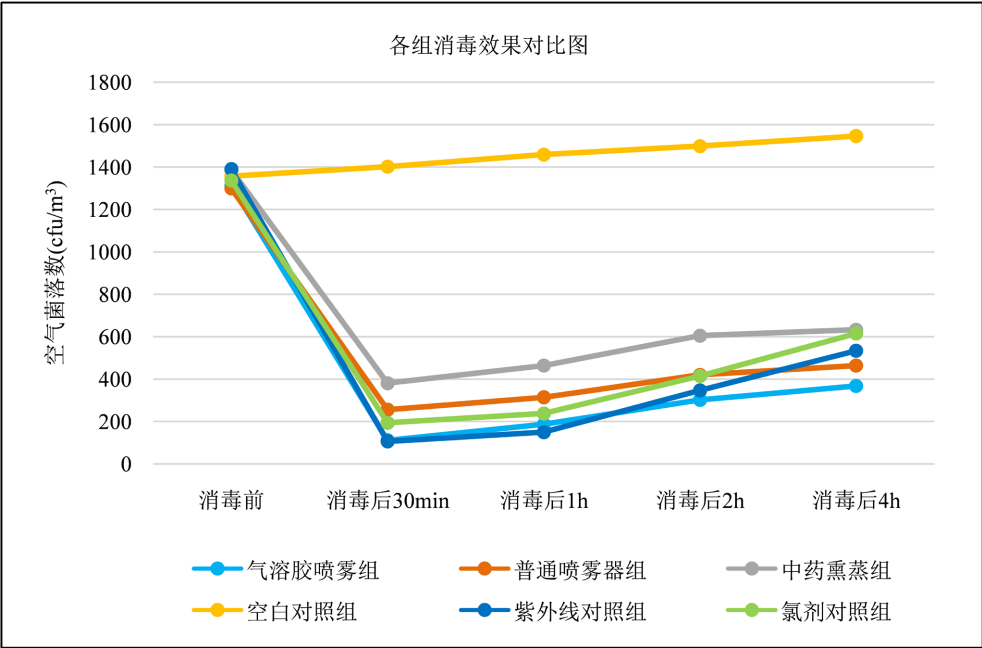


Figure 1. Comparison of disinfection effects among different groups
图 1. 各组消毒效果对比

3.3. 消毒后气溶胶喷雾组与紫外线照射组菌属数量对比，见表 2

消毒后气溶胶喷雾组与紫外线照射组对空气中常见的菌属均有不同程度的抑制，消毒后 2 h、4 h 气溶胶消毒组的菌落数明显少于紫外线对照组。

Table 2. Distribution of colony types in aerosol spray group and ultraviolet irradiation group after disinfection [n(%)]
表 2. 消毒后气溶胶喷雾组与紫外线照射组菌落种类分布[n(%)]

病原菌	消毒后 30 min		消毒后 1 h		消毒后 2 h		消毒后 4 h	
	气溶胶 喷雾组	紫外线 照射组	气溶胶 喷雾组	紫外线 照射组	气溶胶 喷雾组	紫外线 照射组	气溶胶 喷雾组	紫外线 照射组
革兰氏阴性菌	19 (17.12%)	18 (16.98%)	33 (17.65%)	26 (17.33%)	54 (17.88%)	66 (17.65%)	65 (17.66%)	96 (17.98%)
大肠杆菌	11 (9.91%)	11 (10.38%)	19 (10.16%)	16 (10.67%)	31 (10.26%)	40 (10.70%)	38 (10.33%)	57 (10.67%)
肺炎克雷伯菌	6 (5.41%)	5 (4.72%)	11 (5.88%)	8 (5.33%)	18 (5.96%)	20 (5.35%)	21 (5.71%)	29 (5.43%)
铜绿假单胞菌	2 (1.80%)	2 (1.89%)	3 (1.60%)	2 (1.33%)	5 (1.66%)	6 (1.60%)	6 (1.63%)	10 (1.87%)
革兰氏阳性菌	66 (59.46%)	64 (60.38%)	112 (59.89%)	90 (60.00%)	178 (58.94%)	228 (60.96%)	216 (58.70%)	324 (60.67%)
金黄葡萄球菌	32 (28.83%)	31 (29.25%)	53 (28.34%)	45 (30.00%)	87 (28.81%)	112 (29.95%)	106 (28.80%)	162 (30.34%)
乙型溶血葡萄球菌	16 (14.41%)	15 (14.15%)	28 (14.97%)	22 (14.67%)	44 (14.57%)	56 (14.97%)	52 (14.13%)	80 (14.98%)
表皮葡萄球菌	10 (9.01%)	10 (9.43%)	17 (9.09%)	14 (9.33%)	27 (8.94%)	36 (9.63%)	32 (8.70%)	50 (9.36%)
链球菌	8 (7.21%)	8 (7.55%)	14 (7.49%)	9 (6.00%)	20 (6.62%)	24 (6.42%)	26 (7.07%)	32 (5.99%)
真菌	26 (23.42%)	24 (22.64%)	42 (22.46%)	34 (22.67%)	70 (23.18%)	80 (21.39%)	87 (23.64%)	114 (21.35%)
青霉菌	10 (9.01%)	9 (8.49%)	16 (8.56%)	13 (8.67%)	27 (8.94%)	32 (8.56%)	33 (8.97%)	46 (8.61%)
白色念珠菌	16 (14.41%)	15 (14.15%)	26 (13.90%)	21 (14.00%)	43 (14.24%)	48 (12.83%)	54 (14.67%)	68 (12.73%)

4. 结论

复方提取液空气气溶胶消毒剂具有和紫外线消毒相同的消毒效果, 两组均具有良好的消毒效果, 能有效防止室内空气中细菌污染, 但优于普通喷雾器喷撒、中药熏蒸、氯剂消毒, 但在维持消毒时间上空气气溶胶消毒剂更持久。

5. 讨论

随着现代经济社会的长足发展, 人类社会已经形成了城市化聚集、人员流动性大、多重交叉感染等环境特点, 人类日益频繁的交往给致病的细菌、病毒的传播带来了良好的机会, 近年来重大的医院感染事件频发, 如 SARS、甲型 H1N1 型流感、手足口病等传染病的发生与流行都严重威胁着人类的生命健康, 特别是 2019 年底新冠病毒全球大爆发, 给人们的消杀观念和手段带来了一定的冲击, 加强空气质量控制、预防交叉感染成为全球公共场所面临的难题。

目前国内常用的空气消毒方法有很多种, 如紫外线消毒、空气消毒机消毒、氯剂、甲醛、过氧化氢、过氧乙酸、甲醛、84 消毒液等化学试剂消毒, 以及中药艾叶熏蒸等等, 但各有利弊没有达到统一高效、安全的消毒目的。目前医疗机构较为常用的就是紫外线灯消毒, 但是此项消毒时间长, 消毒效果维持时间短, 且消毒后产生的臭氧会造成人员的不适, 要求人员必须离开消毒现场, 因此在有人工作的环境中不易采用该方式进行室内空气消毒, 存在人员误入被紫外线灼伤的风险, 同时也导致拥有卧床患者、输液治疗患者的病室消毒有较大困难。另外紫外线灯照射属于一种直线传播消毒的方法, 所以穿透能力较差, 若室内存在任意障碍物, 即便是纸片都有可能限制紫外线的穿透强度, 所以如果在消毒期间遇到遮挡物, 则灭菌效果将大幅降低。消毒效果也容易受到灯管质量以及消毒距离的干扰。紫外线灯照射消毒持续效果不理想, 一般情况下, 室内接受紫外线灯照射消毒 2~3 h 后, 空气细菌总量将恢复至消毒前的水平。可见, 该消毒方式的缺陷在于不能维持较长时间的灭菌效果。空气消毒机是一种安全可靠的消毒方法, 其使用时也允许人员走动, 但对于人流密集、面积大的地方如医院导诊、候诊区、药局等地方需安装多个空气消毒机, 需要投入大量财力, 不适合经济薄弱地区使用[6]。氯剂、甲醛、过氧化氢和过氧乙酸等化学消毒剂熏蒸或喷洒, 由于此类消毒液具有一定的毒性、刺激性、腐蚀性, 会对人体和设备造成不同程度的损害, 且试剂本身又会构成污染, 不同程度地影响人体健康, 消毒时所有人员必须离场, 不适合有人环境使用, 消毒后异味不能很快消除, 长期使用会蓄积在人体内有中毒的危险等一系列应用的弊端[4], 故需要场所内相关人员撤离才能降低此类消毒液对人身体的影响。

气溶胶是指悬浮于气体中的固体或液体颗粒物, 其颗粒直径在 0.001~100 μm 之间[7], Tellier 等[8]提出, 所谓气溶胶应具有 3 个属性: ① 遵循气流流线运动特点的颗粒; ② 具有空气动力学直径大小的特点、可在气体中悬浮的颗粒; ③ 具有短距离和长距离潜在传播能力的颗粒。气溶胶传播, 即较小感染性颗粒被易感者呼吸道直接吸入所引起的感染。医疗机构作为特殊的公共场所, 在传染病流行中具有其独特的地位, 气溶胶传播作为呼吸道传染病高致病性的特点备受重视。2003 年发生在香港淘大花园的“SARS”事件更能说明是机会性的空气传播[9], 2019 年 12 月的肺炎疫情, 其传播途径之一为气溶胶模式, 表现为呼吸道和黏膜接触传播, 其传播速度之快、波及范围之广引起了国内外高度关注, 激发了人民对于气溶胶的重视和重新认识。因此, 我们通过制取气溶胶中药消毒剂, 来达到消灭传染病病原体的气溶胶传播目的, 为中药消毒制剂寻找一种可靠新型的消毒试剂。

从实验结果可以看出, 消毒后 30 min 气溶胶喷雾组与紫外线对照组消毒效果相当, 但是要优于其他组消毒效果($P < 0.05$); 消毒后 1 h 紫外线对照组消毒效果要优于气溶胶喷雾组, 但是随着消毒结束时间的不断延长, 各组空气菌落数不断增多, 但在同一时间点上消毒后 2 h、4 h 空气菌落数, 气溶胶喷雾组

消毒的菌落数增加程度显著低于各对照组($P < 0.05$)。依据以上结果我们认为气溶胶喷雾组消毒效果可以与目前主流的紫外线消毒相匹敌,甚至随着时间的延长要优于紫外线消毒、氯剂喷洒消毒,同时实验也表明喷洒的方式会影响消毒效果,气溶胶消毒方式更利于消毒药液的消毒效果发挥。

使用中药复方提取液空气气溶胶消毒剂消毒空气,有几大优势:第一,中药获得产业链成熟,具有价格低廉、取材方便的特点;第二,中药复方提取液消杀体现了“治未病”理念,既能防病又能治病,可以用于呼吸道疾病的多个环节阻断,符合自然与人合一的观念;第三,由于中药复方提取液几乎无毒性、刺激性小,不会造成环境污染,不影响人体健康,适合有人环境。环境内人员不会出现呼吸道刺激症状,既能净化空气(使尘埃沉降)又有消毒(药液的抗菌作用)作用,并且具有湿化空气、清香空气的多种效果。既可以提高机体免疫力,中药的天然香味又可令人醒神意爽;第四,中药复方提取液没有腐蚀性,不会对设备造成损害,可以直接喷洒到物体表面;第五,将中药消毒剂制成气溶胶形式,使中药更容易悬停在空气中,增加药液的抗菌作用,延长消毒时间;第六,中药空气消毒操作简单、方式灵活多样,不需要过于专业的人员操作,未来可以制成类似于“花露水”的小型瓶装喷雾,也可以使用大型喷雾或气溶胶机器喷洒;第七,应用场所多样化,可以应用于医疗机构等灭菌要求严格的场所,也可以应用于火车站、飞机场等公共场所,更可以应用于家庭、办公等室内小型场所。

综上所述,中药气溶胶消毒空气具有安全、可靠的杀菌作用,且不会产生像紫外线、空气消毒机、化学消毒剂那样的缺点。因此,医学专家们迫切希望能从天然中药中研制出消毒作用强、无不良反应、使用方便的中药空气消毒剂。国内外许多学者根据中草药的功用,在空气消毒方面进行了抗细菌、抗病毒的探索,并取得了一定的效果,但是消毒效果和机理有待深入研究和规范化,为此我们希望能找到可靠安全的中药消毒剂型。

基金项目

黑龙江省中医药科研项目(ZHY2020-107)。

参考文献

- [1] 张哲俊. 檀君神话中的艾草及其形成的时间[J]. 民族文学研究, 2011(4): 115-121.
- [2] 葛洪. 肘后备急方[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1963.
- [3] 殷月琴, 宋政贤, 田永衍, 等. 近二十年中药空气消毒实验研究进展[J]. 河西学院学报, 2023, 39(2): 60-64.
- [4] 王建中, 王利敏, 姚冲, 等. 中药空气消毒剂研究现状[J]. 中医药学刊, 2006, 24(11): 2053-2054.
- [5] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB15982-2012 医院消毒卫生标准[S]. 北京: 中国国家标准化管理委员会, 2012.
- [6] 侯希永. 医院室内空气消毒净化技术研究进展及应用分析[J]. 全科口腔医学电子杂志, 2019, 6(17): 32+34.
- [7] Tang, J.W., Li, Y., Eames, I., Chan, P.K.S. and Ridgway, G.L. (2006) Factors Involved in the Aerosol Transmission of Infection and Control of Ventilation in Healthcare Premises. *Journal of Hospital Infection*, **64**, 100-114. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2006.05.022>
- [8] Tellier, R., Li, Y., Cowling, B.J. and Tang, J.W. (2019) Recognition of Aerosol Transmission of Infectious Agents: A Commentary. *BMC Infectious Diseases*, **19**, Article No. 101. <https://doi.org/10.1186/s12879-019-3707-y>
- [9] 倪晓平, 邢玉斌, 索继江, 等. 医疗机构中微生物气溶胶的特性与作用[J]. 中华医院感染学杂志, 2020, 30(8): 1183-1190.