

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2024. 01. 022

郑州市 13 种常绿灌木及其主要挥发物抑菌效应研究

原江琴¹, 王翼飞¹, 汪安印¹, 李朝梅¹, 刘召强², 贺丹¹, 张曼¹

(1. 河南农业大学 风景园林与艺术学院, 河南 郑州 450002; 2. 武汉市伊美净科技发展有限公司, 武汉 430070)

摘要:为探究郑州市常绿灌木的抑菌能力,以十大功劳(*Mahonia fortunei*)、南天竹(*Nandina domestica*)等 13 种常见常绿灌木为试验材料,采用平板计数法测定抑菌率,选择癸醛、苯甲醛、 β -蒎烯、柠檬烯、3-萜烯 5 种叶片中主要的挥发物单体,以抑菌圈直径、最小抑菌浓度和最小杀菌浓度为检测指标,研究不同挥发物单体的抑菌能力。结果表明,13 种常绿灌木间抑菌率差异显著($P<0.05$),同一植物碎叶的抑菌率大于相同质量的整叶,南天竹和海桐对金黄色葡萄球菌抑制效果最好,对枯草芽孢杆菌和大肠杆菌抑制效果最好的均为南天竹;5 种挥发物单体对供试菌株的抑制程度不同,苯甲醛的抑菌和杀菌效果最强, β -蒎烯最弱。在今后郑州市进行城市绿化时,可以选择南天竹等抑菌能力较强的树种。

关键词:郑州市;常绿灌木;挥发物;抑菌率;抑菌圈直径;最小抑菌浓度;最小杀菌浓度

中图分类号:S793;S482.7 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2024)01-0125-08

引文格式:原江琴,王翼飞,汪安印,等. 郑州市 13 种常绿灌木及其主要挥发物抑菌效应研究[J]. 林业调查规划, 2024, 49(1): 125-132. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2024. 01. 022

YUAN Jiangqin, WANG Yifei, WANG Anyin et al. Antibacterial Effects of 13 Evergreen Shrubs and Main Volatiles in Zhengzhou City[J]. Forest Inventory and Planning, 2024, 49(1): 125-132. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2024. 01. 022

Antibacterial Effects of 13 Evergreen Shrubs and Main Volatiles in Zhengzhou City

YUAN Jiangqin¹, WANG Yifei¹, WANG Anyin¹, LI Chaomei¹, LIU Zhaoqiang²,
HE Dan¹, ZHANG Man¹

(1. College of Landscape Architecture and Art, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;
2. Wuhan Imagination Science and Technology Development Co. Ltd., Wuhan 430070, China)

Abstract: For the antimicrobial ability of evergreen shrubs in Zhengzhou, 13 typical evergreen shrubs such as *Mahonia fortunei* and *Nandina domestica* were used to determine the antimicrobial rate by the method of plate count. Decanal, benzaldehyde, β -pinene, limonene and 3-carene were selected as the main volatiles, the antimicrobial capability of volatiles was researched by taking inhibitory zone, the minimum inhibitory concentration and minimal bactericidal concentration as determining target. The results showed that there were significant differences in the antimicrobial rate among the 13 evergreen shrubs species ($P<0.05$), the bacteriostatic rate of broken leaves was greater than that of whole leaves of the same quality, *Nandina domestica* and *Pittosporum tobira* against *Staphylococcus aureus* was the strongest, and

收稿日期:2022-08-05.

基金项目:国家自然科学基金项目(31600579);河南省科技攻关项目(202102110234).

第一作者:原江琴(2000-),女,山西长治人,硕士研究生.主要从事风景园林植物应用. Email:yuanjiangqin1215@163.com

责任作者:张曼(1982-),女,河南商丘人,硕士,中级实验师.主要从事园林植物栽培应用.

the antimicrobial effect of *Nandina domestica* against *Bacillus subtilis* and *Escherichia coli* was the strongest. Five volatile monomers had different inhibitory effects on the tested strains, benzaldehyde had the strongest antibacterial capability, and β -pinene had the weakest. The evergreen trees with a strong antibacterial capability, such as *Nandina domestica* should be priority selection in urban greening of Zhengzhou City.

Key words: Zhengzhou City; evergreen shrubs; volatile material; antimicrobial rate; inhibitory zone; minimum inhibitory concentration; minimal bactericidal concentration

近年来,随着工业化和城市化的不断发展,城市环境污染日趋严重,引发了温室效应、沙尘、雾霾等一系列环境问题^[1-2]。雾霾天气时大气含有非常多的微生物,其中细菌可达 80%,其对降解有机污染物、维持生态平衡具有重要作用;致病微生物如空气中的细菌可通过呼吸道或受损的皮肤进入体内,对人体健康造成严重危害^[3]。园林植物作为城市园林绿化的主体部分,具有吸附、阻滞大气颗粒物以及抑菌杀菌、净化空气等方面的作用,在美化环境的同时,也能改善空气质量^[1,4-5]。植物通过释放挥发性物质对细菌产生影响^[6]。因此,研究不同植物及其挥发物成分对空气中微生物的影响对保护环境、调节人类身心健康具有重要意义。

植物在生长周期内主要通过叶片释放外源挥发性物质,能抑制或杀灭某些特定的植物和人类病原体,从而改善生态环境质量^[7-8]。不同植物其抑菌作用不同^[1,6]。孙雨珂等^[7]对成都市 16 种园林植物抑菌能力进行研究,发现雪松、八角金盘、南天竹对空气中微生物整体抑菌效果较好,而山茶和狭叶梾子抑菌能力较弱。李睿等^[9]研究发现郑州市园林植物枇杷、南天竹、碧桃和旱柳具有良好的综合抑菌能力,对供试菌种的抑制作用较强。植物挥发性物质是一类小分子化合物,包括萜烯类化合物、脂肪酸衍生物、苯丙类、苯类和其他氨基酸衍生物等^[10]。研究表明,癸醛、苯甲醛、 β -蒎烯、柠檬烯、3-萜烯等化合物在园林植物中含量较高^[2,11-12]。Mari 等^[13]研究发现,醛类物质具有杀菌、抗癌等保健作用;萜烯类化合物具有调节神经系统、缓解紧张情绪等作用。Gao 等^[14]对癸醛、苯甲醛、壬醛 3 种单体进行研究,发现醛类物质对空气微生物的生长有明显抑制作用。连翘挥发油含有 β -蒎烯、柠檬烯等烯类化合物,对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌均具有较强的抑制作用^[15]。

目前,园林植物抑菌试验材料的处理方法有植物整叶处理、碎叶处理和叶片挥发物处理等,研究方法尚不统一。通过对郑州市 13 种常绿灌木的叶片

及其主要挥发物质的抑菌能力进行系统研究,筛选出抑菌能力较强的植物,为郑州市大气污染防治过程中合理选择高效抑菌的绿化树种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 采样点概况

采样地点位于郑州市中心城区文化公园,四季分明,全年均温 16.7℃,年均相对湿度 61.1%。周边多为居民区和大学,无大型工厂及其他主要污染源,其空气污染物主要来自于道路交通,能代表城市中的主要污染来源与污染情况。所选 13 种供试常绿灌木树种在文化公园内均有分布,且在多处群落景观配置中出现(图 1)。



图 1 采样地区位

Fig. 1 Sampling location

1.2 树种样品选择与供试材料

1.2.1 树种与叶片采集

本试验中采集叶片样品所选树种如表 1 所示。在所选择树的四周随机采集叶片,采集叶片样品时从叶柄处摘下,以保证叶片完整、不受损伤。所选叶片应生长良好,且无病虫害。采集完成后放入自封袋并于冰盒中保存,带回实验室 4℃ 保存。

表 1 供试植物统计
Tab. 1 List of tested shrub species

编号	种名	科名	属名	株高 /m	冠幅 /m
1	十大功劳 <i>Mahonia fortunei</i>	小檗科	十大功劳属	0.83	0.47
2	南天竹 <i>Nandina domestica</i>	小檗科	南天竹属	1.50	1.13
3	蚊母树 <i>Distylium racemosum</i>	金缕梅科	蚊母树属	2.87	2.53
4	海桐 <i>Pittosporum tobira</i>	海桐科	海桐属	2.40	2.57
5	火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i>	蔷薇科	火棘属	1.57	2.00
6	石楠 <i>Photinia serratifolia</i>	蔷薇科	石楠属	2.50	2.67
7	洒金桃叶珊瑚 <i>Aucuba japonica</i>	山茱萸科	桃叶珊瑚属	0.57	0.47
8	冬青卫矛 <i>Euonymus japonicus</i>	卫矛科	卫矛属	1.60	2.33
9	枸骨 <i>Ilex cornuta</i>	冬青科	冬青属	1.37	1.73
10	八角金盘 <i>Fatsia japonica</i>	五加科	八角金盘属	1.27	2.23
11	夹竹桃 <i>Nerium indicum</i>	夹竹桃科	夹竹桃属	2.53	1.93
12	金叶女贞 <i>Ligustrum vicaryi</i>	木犀科	女贞属	0.50	0.67
13	珊瑚树 <i>Viburnum odoratissimum</i>	忍冬科	荚蒾属	2.80	1.80

1.2.2 供试材料

选择大气中常见的枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)、大肠杆菌(*Escherichia coli*)和金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)进行试验,以上菌种来自河南农业大学风景园林与艺术学院观赏植物实验室。植物叶片挥发物单体癸醛、苯甲醛、β-蒎烯、柠檬烯和3-萜烯均购买自上海安谱实验科技股份有限公司。

1.3 植物叶片抑菌率测定

将采回的完整叶片去柄,用75%酒精和无菌水充分清洗干净后,置于超净工作台中灭菌15 min。按照常规法制备牛肉膏蛋白胨固体培养基和液体培养基^[16],活化3种供试菌种并进行菌液的制备。将3种细菌悬浮液均匀涂布于平板培养基上,在皿盖中加入预处理后的整叶和碎叶各1 g,放入37℃恒温培养箱中培养12~18 h,观察各菌落在平板培养

基上的生长情况,以不放植物叶片的培养基作为空白对照(CK),整叶和碎叶各3次重复。统计各平板中的菌落数量,并与对照组进行对比,得出抑菌率,公式为:

抑菌率(%) = (对照组平均菌落数 - 处理组平均菌落数) / 对照组平均菌落数 × 100% (1)

1.4 挥发物单体抑菌能力测定

按照常规方法配制LB固体培养基和液体培养基^[16],挑取3种活化后的菌落制备悬浮液。采用滤纸片扩散法测定不同挥发物单体的抑菌圈直径。使用无菌96孔板进行最小抑菌浓度检测,在每孔中先后加入100 μL稀释后的悬浮液和不同浓度的挥发物单体,在37℃下培养12 h,记录菌落的生长状况,以100 μL的LB液体培养基作为空白对照,重复进行3次实验。最小抑菌浓度(minimum inhibitory concentration, MIC)指菌落数量明显少于对照组的挥发物浓度。最小杀菌浓度(minimal bactericidal concentration, MBC)是培养后仍无菌落生长的挥发性物质浓度。

1.5 数据处理

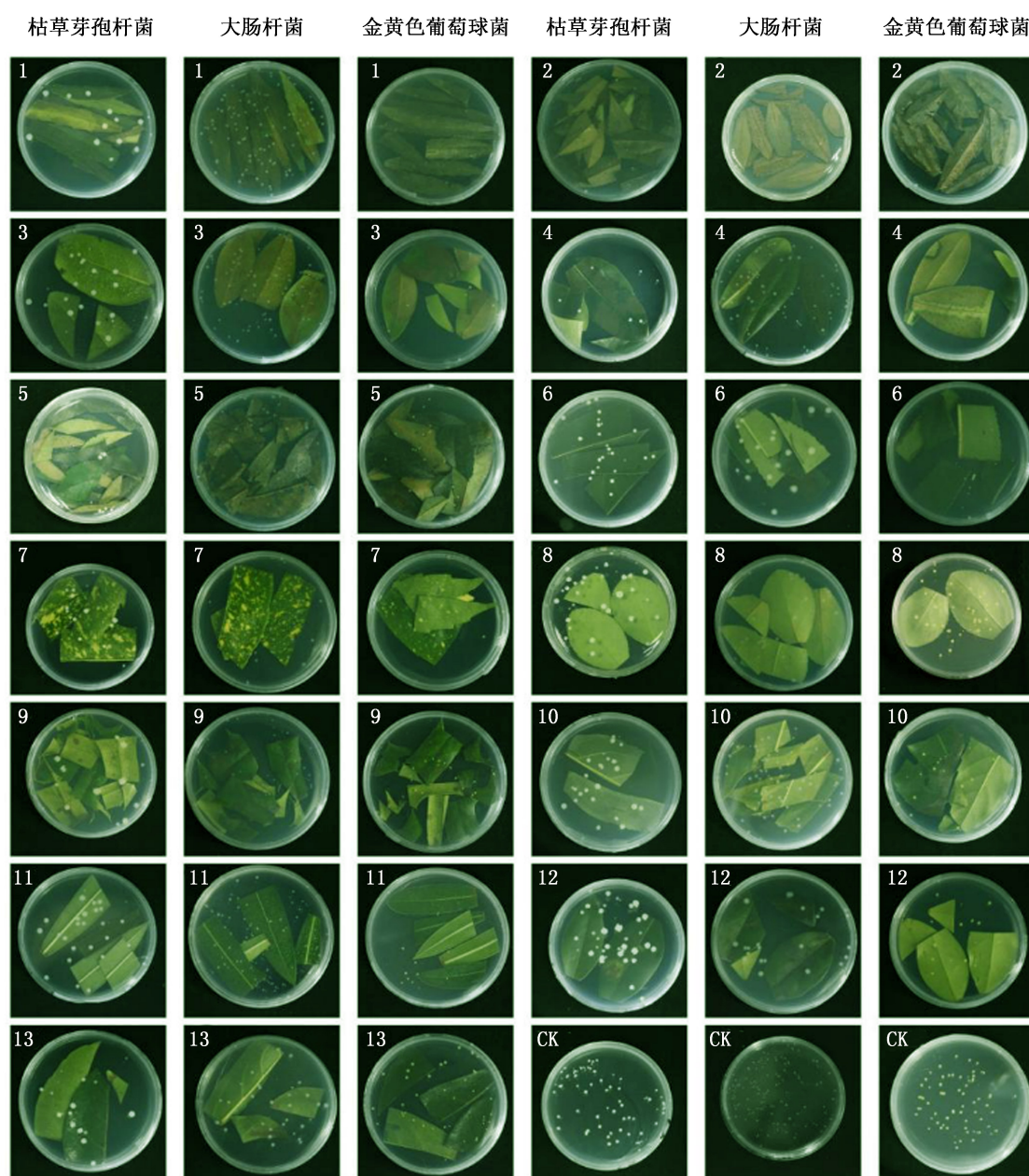
利用SPSS 26.0软件对数据进行处理,采用单因素方差分析法(one way ANOVA)分析不同植物整叶和碎叶抑菌率的差异,并用Photoshop 2020和Excel 2016对图片及数据进行处理。

2 结果与分析

2.1 不同植物整叶的抑菌能力

在相同菌液浓度下,经过植物叶片处理的平板上生长的菌落数明显少于对照组平板上所生长的菌落数(图2)。不同树种整叶的抑菌率具有显著差异($P<0.05$),具体见表2。

13种植物叶片对枯草芽孢杆菌的抑制效果较好,抑菌率均在40%以上,其中火棘的抑菌作用最强,达到87.07%,冬青卫矛抑菌率最小,为43.82%。13种植物叶片对大肠杆菌的抑菌率为6.33%~100%,其中,南天竹、洒金桃叶珊瑚和石楠抑菌率达80%以上,南天竹抑菌作用最大,为100%;蚊母树和十大功劳抑菌率小于20%,十大功劳的抑菌率最低,只有6.33%。对金黄色葡萄球菌抑菌率最高的是南天竹和海桐,达到100%,其次为十大功劳(98.35%)、洒金桃叶珊瑚(96.73%)和蚊母树(87.57%),珊瑚树抑菌率最小,为37.69%。



注:1~13 号所选择树种参见表 1。下同。

图 2 13 种常绿灌木整叶抑菌效果

Fig. 2 Antimicrobial effect of whole leaves of 13 evergreen shrubs

2.2 不同植物碎叶的抑菌能力

经过碎叶处理后的菌落数显著低于对照组以及整叶处理后的菌落数量(图 3)。不同植物碎叶对枯草芽孢杆菌和大肠杆菌的抑菌效果差异显著,而对金黄色葡萄球菌无显著差异,只有珊瑚树与其他树种的抑菌率有明显差异($P<0.05$),具体见表 3。

13 种植物碎叶对枯草芽孢杆菌的抑菌效果较好,均在 60%以上,其中南天竹抑菌作用最强,抑菌率达 98.7%,其次是蚊母树、枸骨和海桐,抑菌率分

别为 89.35%、89.10%和 87.87%;金叶女贞抑菌率最小,为 61.92%。13 种植物碎叶对大肠杆菌的抑菌率为 12.28%~100%,其中南天竹抑菌率最高(100%),金叶女贞最低(12.28%),除海桐、蚊母树、十大功劳和金叶女贞外,其他 9 种供试植物抑菌率均在 70%以上。对金黄色葡萄球菌抑菌率最高的是十大功劳、南天竹、石楠、海桐、洒金桃叶珊瑚和八角金盘 6 种植物,抑菌率均为 100%,珊瑚树抑菌率最低,为 74.24%。

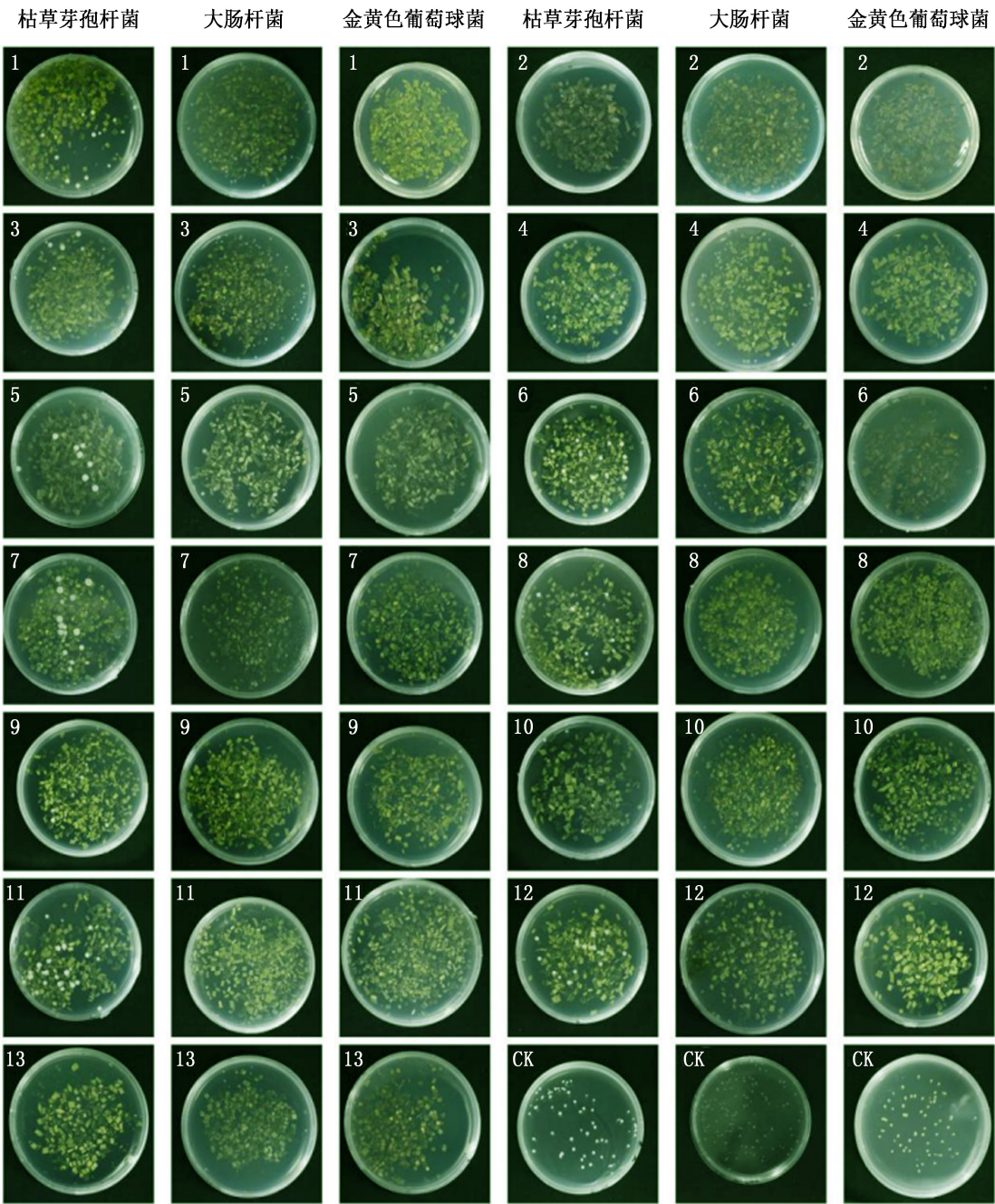


图 3 13 种常绿灌木碎叶抑菌效果

Fig. 3 Antimicrobial effect of broken leaves of 13 evergreen shrubs

综合 13 种常绿灌木整叶与碎叶的抑菌率发现,南天竹、海桐、枸骨 的整叶与碎叶对枯草芽孢杆菌的抑制作用较强。南天竹、石楠的整叶与碎叶对大肠杆菌的抑制作用较强。南天竹、海桐、十大功劳的整叶与碎叶抑制金黄色葡萄球菌的能力较强。

2.3 不同叶片挥发物单体的抑菌能力

2.3.1 不同挥发物单体的抑菌活性

5 种叶片挥发物单体对受试菌株有不同程度的

抑制作用(图 4)。不同挥发物单体对枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌、大肠杆菌抑制效果如表 4 所示。

如表 4 所示,癸醛、苯甲醛对枯草芽孢杆菌,苯甲醛、3-萜烯对金黄色葡萄球菌,3-萜烯对大肠杆菌抑制作用最强(均为极敏);3-萜烯对枯草芽孢杆菌,柠檬烯对大肠杆菌,癸醛对金黄色葡萄球菌抑制作用较强(均为高敏);柠檬烯对枯草芽孢杆菌,苯

表 2 13 种常绿灌木整叶抑菌率(抑菌率 $\pm$ 标准偏差)Tab. 2 Antimicrobial rate of whole leaves of 13 evergreen shrubs(antimicrobial rate $\pm$ SE)

树种	抑菌率/%		
	枯草芽孢杆菌	金黄色葡萄球菌	大肠杆菌
十大功劳	67.43 $\pm$ 0.15abc	98.35 $\pm$ 0.02a	6.33 $\pm$ 0.16g
南天竹	84.79 $\pm$ 0.03a	100.00 $\pm$ 0.00a	100.00 $\pm$ 0.00a
蚊母树	56.04 $\pm$ 0.15cd	87.57 $\pm$ 0.04acd	16.44 $\pm$ 0.17fg
海桐	79.07 $\pm$ 0.04ab	100.00 $\pm$ 0.00a	30.45 $\pm$ 0.23ef
火棘	87.07 $\pm$ 0.04a	74.61 $\pm$ 0.13bcde	74.25 $\pm$ 0.08bc
石楠	52.34 $\pm$ 0.03cd	79.25 $\pm$ 0.07abcd	84.54 $\pm$ 0.03ab
洒金桃叶珊瑚	52.92 $\pm$ 0.13cd	96.73 $\pm$ 0.04ab	84.28 $\pm$ 0.04ab
冬青卫矛	43.82 $\pm$ 0.14cd	44.00 $\pm$ 0.10f	79.81 $\pm$ 0.10ab
枸骨	78.32 $\pm$ 0.07ab	73.98 $\pm$ 0.16cde	75.39 $\pm$ 0.07bc
八角金盘	58.17 $\pm$ 0.06bcd	53.99 $\pm$ 0.16ef	56.31 $\pm$ 0.23cd
夹竹桃	61.39 $\pm$ 0.18bcd	57.76 $\pm$ 0.15def	47.44 $\pm$ 0.08de
金叶女贞	53.29 $\pm$ 0.16cd	71.89 $\pm$ 0.05cde	71.50 $\pm$ 0.06bc
珊瑚树	67.95 $\pm$ 0.06abc	37.69 $\pm$ 0.29f	70.67 $\pm$ 0.03bc

注:同列不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平差异显著。下同。

表 3 13 种常绿灌木碎叶抑菌率(抑菌率 $\pm$ 标准偏差)Tab. 3 Antimicrobial rate of broken leaves of 13 evergreen shrubs(antimicrobial rate $\pm$ SE)

树种	抑菌率/%		
	枯草芽孢杆菌	金黄色葡萄球菌	大肠杆菌
十大功劳	72.49 $\pm$ 0.05def	100.00 $\pm$ 0.00a	41.36 $\pm$ 0.22de
南天竹	98.70 $\pm$ 0.02a	100.00 $\pm$ 0.00a	100.00 $\pm$ 0.00a
蚊母树	89.35 $\pm$ 0.07ab	98.82 $\pm$ 0.01a	38.28 $\pm$ 0.13e
海桐	87.87 $\pm$ 0.02abc	100.00 $\pm$ 0.00a	59.52 $\pm$ 0.11cd
火棘	83.41 $\pm$ 0.10bcd	98.04 $\pm$ 0.03a	86.13 $\pm$ 0.06ab
石楠	71.45 $\pm$ 0.11def	100.00 $\pm$ 0.00a	86.65 $\pm$ 0.07ab
洒金桃叶珊瑚	75.59 $\pm$ 0.01cde	100.00 $\pm$ 0.00a	85.63 $\pm$ 0.06ab
冬青卫矛	81.53 $\pm$ 0.08bcd	98.61 $\pm$ 0.02a	87.58 $\pm$ 0.05ab
枸骨	89.10 $\pm$ 0.02abc	99.51 $\pm$ 0.01a	79.33 $\pm$ 0.05ab
八角金盘	76.88 $\pm$ 0.10bcde	100.00 $\pm$ 0.00a	74.44 $\pm$ 0.15bc
夹竹桃	67.43 $\pm$ 0.09ef	94.67 $\pm$ 0.09a	90.52 $\pm$ 0.07ab
金叶女贞	61.92 $\pm$ 0.09f	93.55 $\pm$ 0.04a	12.28 $\pm$ 0.20f
珊瑚树	84.06 $\pm$ 0.05bcd	74.24 $\pm$ 0.19b	85.72 $\pm$ 0.02ab

甲醛对大肠杆菌, β -蒎烯、柠檬烯对金黄色葡萄球菌抑制作用明显(均为中敏); 癸醛对大肠杆菌抑制作用不显著(低敏); β -蒎烯对枯草芽孢杆菌和大肠杆菌无抑制作用。

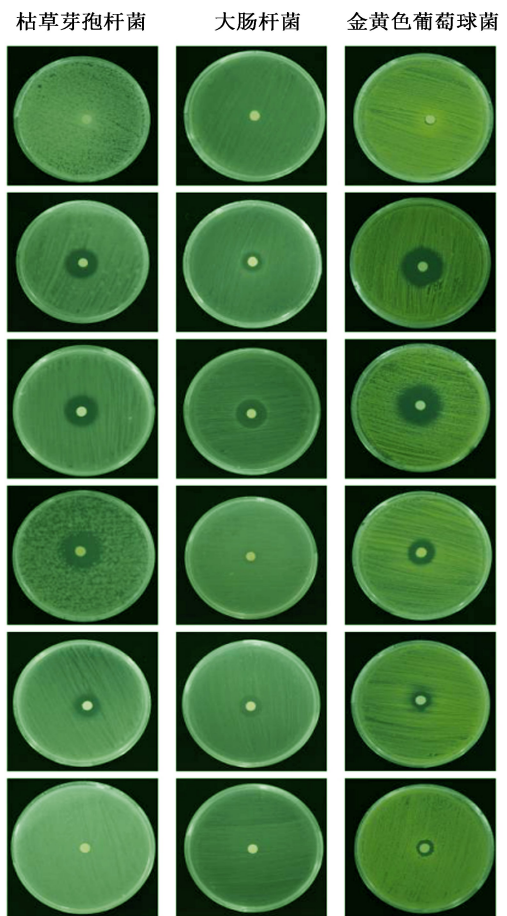


图 4 不同挥发物单体抑菌圈

Fig. 4 Inhibition zone of different volatiles

表 4 不同挥发物单体对 3 种条件致病菌的抑制效果

Tab. 4 Inhibitory effects of different volatiles on three kinds of opportunistic pathogens

挥发物单体	抑菌圈直径/mm		
	枯草芽孢杆菌	大肠杆菌	金黄色葡萄球菌
癸醛	30.15	7.41	15.73
苯甲醛	20.65	11.46	26.06
β -蒎烯	6.99	6.00	11.27
柠檬烯	12.65	15.71	12.71
3-蒎烯	17.28	20.49	23.57

注:滤纸片直径(6 mm)包含在测量结果中。抑菌圈直径(D) <7 mm 代表药敏试验无敏; $D<10$ mm 代表低敏; $D<15$ mm 代表中敏; $D<20$ mm 代表高敏; $D\geq 20$ mm 代表极敏。

2.3.2 不同挥发物单体最小抑菌浓度(MIC)和最小杀菌浓度(MBC)

不同挥发物单体浓度对供试菌种表现出不同程度的抑制作用(表 5)。

表 5 不同挥发物单体的最小抑菌浓度和最小杀菌浓度
Tab. 5 Minimal inhibitory concentration and minimal bactericidal concentrations of different volatiles

挥发物 单体	最小抑菌浓度/%			最小杀菌浓度/%		
	枯草芽 孢杆菌	大肠 杆菌	金黄色 葡萄球 菌	枯草 芽孢 杆菌	大肠 杆菌	金黄色 葡萄球 菌
癸醛	1. 560	—	50. 000	6. 250	—	—
苯甲醛	0. 780	1. 560	3. 125	6. 250	3. 125	6. 250
β-萜烯	—	—	50. 000	—	—	—
柠檬烯	3. 125	6. 250	100. 000	12. 500	50. 000	—
3-萜烯	6. 250	12. 500	6. 250	12. 500	25. 000	50. 000

注:—表示该单体成分无抑菌或杀菌作用。

如表 5 所示,癸醛对大肠杆菌无明显抑制作用,对枯草芽孢杆菌和金黄色葡萄球菌的最小抑菌浓度分别为 1. 56%和 50%;苯甲醛对枯草芽孢杆菌、大肠杆菌以及金黄色葡萄球菌的最小抑菌浓度分别为 0. 78%、1. 56%和 3. 125%;β-萜烯仅对金黄色葡萄球菌有一定的抑制作用,最小抑菌浓度为 50%,对其他 2 种细菌无抑菌效果;柠檬烯和 3-萜烯对 3 种供试菌种的最小抑菌浓度分别为 3. 125%、6. 25%、100%和 6. 25%、12. 5%、6. 25%。癸醛对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌无杀菌作用,对枯草芽孢杆菌的最小杀菌浓度为 6. 25%;苯甲醛对 3 种供试菌种的杀菌效果较好,最小杀菌浓度分别为 6. 25%、3. 125%和 6. 25%;β-萜烯对供试菌种无杀菌作用;柠檬烯对枯草芽孢杆菌和大肠杆菌有一定杀菌效果,最小杀菌浓度分别为 12. 5%和 50%,但对金黄色葡萄球菌无杀菌作用;3-萜烯对 3 种供试菌种的最小杀菌浓度分别为 12. 5%、25%和 50%。试验表明,苯甲醛对 3 种供试菌的抑制作用最强,仅 0. 78%浓度即可抑制枯草芽孢杆菌的生长,浓度为 3. 125%时可完全杀灭大肠杆菌。β-萜烯的抑杀菌效果最差,仅对金黄色葡萄球菌有一定的抑制作用。

3 讨论与结论

植物能够分泌天然杀菌素,对大气中常见细菌有抑制作用。植物的抑菌效果因植物种类而异,且同一植物对不同细菌的抑制程度也不同^[1]。本研究中,南天竹、火棘、枸骨对 3 种细菌抑制作用明显,抑菌率均在 70%以上,可能是由于这些植物体内释放的间羟基苯甲酸、柠檬烯、乙醚等物质含量较多,使细菌的细胞膜发生畸变和损伤破裂,改变菌体的

细胞膜通透性,导致内部物质大量外流;或通过破坏细胞内的酶和功能蛋白,使其不能生长繁殖,从而达到一定抑菌效果^[17-21]。十大功劳对大肠杆菌的抑制作用较弱,而对另外 2 种细菌的抑制作用较强,可能是由于阔叶植物释放的抑菌物质较复杂,这与郑素兰等^[22]研究结果相同。植物挥发物主要通过叶片向外界释放,当叶片受损时挥发性物质的释放更加彻底,抑杀菌物质的浓度增加,抑菌能力也随之增强,因此同一植物碎叶的抑菌效果普遍大于相同质量的整叶^[23-24]。本研究中不同植物整叶和碎叶的抑菌率存在一定差异,但整体表现为碎叶的抑菌效果更好。而金叶女贞对大肠杆菌的抑菌效果在整叶状态下更好,这可能是因为金叶女贞的完整叶片挥发抑菌物质的能力较强^[6]。本研究中火棘和八角金盘整叶和碎叶的抑菌率同李睿等^[9]存在一定差异,这可能与植物的立地环境条件等因素有关^[7,19]。

植物释放的挥发性成分能够抑制空气中微生物的生长或加速附着在颗粒物表面细菌的沉降,最终达到抑菌、杀菌的效果^[25]。对 5 种主要挥发性单体进行抑菌试验,结果表明 5 种挥发物单体对供试细菌具有不同程度的抑制作用。其中,癸醛对枯草芽孢杆菌有较强的抑制作用,浓度为 1. 56%即可抑制其生长,对金黄色葡萄球菌的最小抑菌浓度则为 50%,但对大肠杆菌无抑制作用。研究表明,石楠叶片中癸醛含量较高^[11],其抑制枯草芽孢杆菌的能力也较强,因此推测石楠对枯草芽孢杆菌的抑菌效果正是由于其叶片所释放的癸醛发挥作用。苯甲醛对 3 种致病细菌均有明显的抑制和杀菌效果,可能是抑制微生物生长的主要成分,这与 Mari 等^[13]研究结果一致。郭阿君等^[8]研究发现,β-萜烯对枯草芽孢杆菌抑制作用较强(高敏),对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抑制作用较弱(低敏)。在本试验中,β-萜烯对枯草芽孢杆菌、大肠杆菌均为无敏,而对金黄色葡萄球菌为中敏,与上述研究结果存在差异,可能是滤纸片上挥发物单体的体积以及菌液浓度等导致的^[26]。海桐挥发性成分中 β-萜烯含量较高^[27],这进一步说明海桐抑制金黄色葡萄球菌的能力也较强。柠檬烯对枯草芽孢杆菌和大肠杆菌的抑菌效果较好,但对金黄色葡萄球菌抑制作用较差,这可能是因为柠檬烯对酵母菌有良好的抑制作用,而对霉菌的抑制作用相对较弱,特别是对金黄色葡萄球菌和青霉菌不敏感^[28]。综合对比表明,醛类物质抑菌效果比萜烯类更明显,这与赵亚红等的研究结果一致^[4,25]。本试验中醛类和萜烯类抑菌效果与相关研

究结果不完全一致,这可能是由于细菌种类的差异以及细菌浓度等造成的^[26]。

综上所述,南天竹、石楠、海桐、枸骨等植物抑菌能力较强。在今后郑州市景观规划过程中,在满足植物观赏特性的前提下可优先选择以上植物应用于城市园林绿化。

参考文献:

- [1] 郑素兰,王兵丽,陈凡,等. 10 种园林植物的抑菌作用和滞尘能力研究[J]. 闽南师范大学学报(自然科学版), 2015,28(4):77-81.
- [2] 沈鑫,柳新红,蒋冬月,等. 枫香等 22 种常见园林植物滞尘与抑菌能力评价[J]. 东北林业大学学报,2019,47(1):65-70.
- [3] 甄泉,方治国,王雅晴,等. 雾霾空气中细菌特征及对健康的潜在影响[J]. 生态学报,2019,39(6):2244-2254.
- [4] 赵亚红,徐翠霞,马玲,等. 3 种常绿树挥发物成分对空气负离子及微生物的影响[J]. 浙江农林大学学报, 2020,37(4):654-663.
- [5] 马海旭,郭阿君. 两种园林植物提取液抑菌活性的研究[J]. 林业勘查设计,2017(1):54-56.
- [6] 张国帅,张义坤,谷衍川,等. 5 种常绿园林树种抑菌能力研究[J]. 山东林业科技,2012,42(1):8-10,76.
- [7] 孙雨珂,郑雨曦,邓思颖,等. 成都市 16 种园林植物抑菌作用的比较[J]. 中国城市林业,2015,13(5):10-13.
- [8] 郭阿君,李丽敏. 红刺玫挥发物成分及抑菌作用[J]. 东北林业大学学报,2016,44(11):81-84.
- [9] 李睿,谢久凤,聂林杰,等. 郑州市 38 种常用园林植物的抑菌作用比较[J]. 河南科学,2018,36(12):1947-1951.
- [10] ŠIMPRAGA M, TAKABAYASHI J, HOLOPAINEN J K. Language of plants: Where is the word? [J]. Journal of Integrative Plant Biology,2016,58(4):343-349.
- [11] 马楠. 16 种常用园林植物 VOCs 成分研究及 AHP 评价[D]. 杭州:浙江农林大学,2012.
- [12] 梁珍海,刘海燕,周玉开,等. 南京紫金山主要植物挥发物成分与含量分析[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2010,34(1):48-52.
- [13] MARI M, BAUTISTA-BAOS S, SIVAKUMAR D. Decay control in the postharvest system: Role of microbial and plant volatile organic compounds[J]. Postharvest Biology & Technology,2016(122):70-81.
- [14] GAO Y, JIN Y J, LI H D, et al. Volatile organic compounds and their roles in bacteriostasis in five conifer species [J]. Journal of Integrative Plant Biology, 2005, 47(4): 499-507.
- [15] 田丁,史梦琪,王赞. 连翘挥发油化学成分及其药理作用研究进展[J]. 天然产物研究与开发,2018,30(10): 1834-1842.
- [16] 周德庆,徐德强. 微生物学实验教程[J]. 北京:高等教育出版社,2013.
- [17] 王进,曹先爽,宋丽,等. 吹扫捕集-热脱附-气相色谱-质谱联用法分析不同产地香樟叶精油成分及抑菌活性比较[J]. 食品科学,2017,38(12):131-136.
- [18] 黄丽云,马海旭,郭阿君. 罗勒精油成分鉴定及抑菌活性测定[J]. 北华大学学报(自然科学版),2018,19(2):257-261.
- [19] 霍归国,梁婷玉,黄志芸,等. 茛蒿精油成分分析及抑菌活性机理探究[J]. 西北植物学报,2021,41(2): 273-280.
- [20] 刘婷. 胡桃醌的抗氧化、抑菌活性及抑菌机理研究[D]. 太原:山西师范大学,2018.
- [21] LV F, LIANG H, YUAN Q P, et al. In vitro antimicrobial effects and mechanism of action of selected plant essential oil combinations against four food-related microorganisms [J]. Food Research International,2011,44(9):3057-3064.
- [22] 郑素兰,王兵丽. 9 种常见灌木滞尘和抑菌的初步研究[J]. 西北林学院学报,2015,30(6):186-189.
- [23] 张薇. 几种园林植物挥发性物质成分分析及抑菌活性研究[D]. 长沙:湖南大学,2007.
- [24] 刘洋,王飞,田治国,等. 8 种园林草本植物挥发性物质的抑菌效果研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2009,37(3):141-145.
- [25] 韦赛君,张静,王翔,等. 金钱松林挥发物季节性变化对空气负离子及微生物的影响[J]. 江西农业大学学报,2021,43(6):1316-1326.
- [26] 李进强,卢国洪,邱建鹏,等. 三种红树植物醇提取物抗菌及抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技,2016,37(4):173-177.
- [27] 江汉美,李婷,郭彧,等. 海桐挥发油化学成分 GC-MS 分析[J]. 中国医药导报,2011,8(7):29-31.
- [28] 王雪梅,湛徽,李雪姣,等. 天然活性单萜-柠檬烯的抑菌性能研究[J]. 吉林农业大学学报,2010,32(1): 24-28.

责任编辑:陈旭