

8 种园林草本植物挥发性物质的抑菌效果研究

刘 洋,王 飞,田治国,王 剑,巩 艺

(西北农林科技大学 园艺学院,陕西 杨凌 712100)

【摘要】【目的】比较我国北方地区常见的 8 种园林绿化草本花卉植物叶片挥发性物质的抑菌效果,为园林绿化中植物的合理配置提供依据。【方法】采用皿内试验,测定 8 种供试植物(一串红、矮牵牛、鸡冠花 I、鸡冠花 II、万寿菊、彩叶草、羽衣甘蓝、紫叶酢浆草)的 1 g 和 2 g 整叶、碎叶,对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌及酵母菌的抑菌率,比较其抑菌效果的差异。【结果】所有供试植物叶片的挥发性物质均具有一定的抑菌活性,一般碎叶的抑菌率大于相同质量的整叶,2 g 叶片的抑菌率大于 1 g 叶片;8 种植物 2 g 碎叶对大肠杆菌的抑菌率为 14.84%~66.41%,其中彩叶草、羽衣甘蓝和矮牵牛的抑菌率超过 50%;对金黄色葡萄球菌的抑菌率为 23.93%~54.70%,其中仅彩叶草的抑菌率超过了 50%;对枯草芽孢杆菌的抑菌率为 11.82%~65.59%,其中彩叶草、一串红和万寿菊的抑菌率超过了 50%;对酵母菌的抑菌率为 34.91%~74.52%,其中一串红、矮牵牛、羽衣甘蓝和彩叶草的抑菌率超过了 50%,而鸡冠花 II 的挥发性物质对酵母菌无抑制作用。【结论】彩叶草、羽衣甘蓝、矮牵牛、一串红具有较强的抗菌活性,是较为理想的城市生态保健型绿化模式栽培植物。

【关键词】 草本植物;挥发性物质;抑菌作用;园林绿化

【中图分类号】 S481+.9;S482.2+92

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2009)03-0141-05

The research of bacteriostasis of volatile organic compounds from eight landscape herbaceous plants

LIU Yang, WANG Fei, TIAN Zhi-guo, WANG Jian, GONG Yi

(College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 The comparison of the inhibition effect on the biogenic volatile organic compounds of 8 kinds of common landscape herbaceous plants in north of China could provide a basis for the rational distribution of plants in landscape. 【Method】 The antibacterial rate of 1 g and 2 g whole leaves and broken leaves of 8 kinds of tested plants (*Salvia splendens* Ker-Gawl, *Petunia hybrida* Vilm., *Celosia cristata* I, *Celosia cristata* II, *Tagetes erecta* L., *Coleus blumei*, *Brassica oleracea* var. *acephala*, *Oxalis triangularis*) to *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces cerevisiae* were determined with the method of testing in dish, and then the difference of their antibacterial activity was compared. 【Result】 All of the bacteriostasis from the tested plants had antibacterial activities to a certain extent. Regularly, the antibacterial rate of broken leaves was greater than that of whole leaves of the same quality, and the antibacterial rate of 2 g leaves was greater than that of 1 g leaves. The antibacterial rate of 2 g broken leaves of the 8 kinds of plants against *E. coli* was 14.84%—66.41%, among which the antibacterial rates of *C. blumei*, *B. acephala*, *P. hybrida* Vilm. were more than 50%. The antibacterial rate against *S. aureus* was 23.93%—54.70%, among which the antibacterial rate of *C. blumei* was more than 50% only. The antibacterial rate against *B. subtilis* was 11.82%—65.59%, among which the antibacterial rates of

* [收稿日期] 2008-05-06

[基金项目] 中国科学院知识创新项目(kzcxz-xb1-06)

[作者简介] 刘 洋(1982—),男,宁夏银川市人,在读硕士,主要从事园林植物生理生态研究。

C. blumei, *S. splendens*, *T. erecta* L were more than 50%. The antibacterial rate against *S. cerevisiae* was 34.91%—74.52%, among which the antibacterial rates of *S. splendens*, *P. hybrida* Vilm., *B. acephala*, *C. blumei* were more than 50%, but *C. cristata* II didn't have the ability to inhibit *S. cerevisiae*. 【Conclusion】 *C. blumei*, *B. acephala*, *P. hybrida* Vilm. and *S. splendens* had stronger antibacterial activities, therefore, they could be viewed as ideal choice for ecological healthy virescence mode in cities.

Key words: herbaceous plant; volatile material; antibacterial activity; landscape

关于植物挥发性分泌物的杀菌作用已有许多报道^[1-7],绿色植物可以通过茎、叶分泌物抑制细菌和病毒的生长,但不同园林植物的抑菌效果差异较大。因此,掌握与研究园林植物的抑菌效果非常必要。近年来,随着城市的不断扩大与园林绿化水平的提高,各种草本花卉的种植也越来越多,但关于草本花卉植物的抑菌效果却罕见报道。为了解草本花卉植物对城市空气的净化能力,本试验着重对 8 种常见的园林草本花卉植物的抑菌效果进行了研究,旨在筛选出抑菌性强的草本花卉,为城市园林绿化中合理的植物配置提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试植物 供试植物为我国北方地区已广泛应用于城市园林绿化中的草本花卉植物,有一串红(*Salvia splendens* Ker-Gawl)展望系列、矮牵牛(*Petunia hybrida* Vilm.)幻影系列、鸡冠花(*Celosia cristata*)合服和世纪红叶系列、万寿菊(*Tagetes erecta* L.)发现系列 F1、彩叶草(*Coleus blumei*)、羽衣甘蓝(*Brassica oleracea* var. *acephala*)海鸥系列 F1 及紫叶酢浆草(*Oxalis triangularis*)。供试花种由内蒙古赤峰卉源园艺有限公司提供,在西北农林科技大学园艺学院实验室培育。

1.1.2 供试菌种 通过对空气微生物种类及含量的调查,选择金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)、大肠杆菌(*Escherichia coli*)革兰氏阴性、枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)革兰氏阳性和酵母菌(*Saccharomyces cerevisiae*)单细胞真核微生物兼性厌氧菌共 4 种具有代表性的空气微生物。供试菌种均由西北农林科技大学资源环境学院微生物教研室提供。

1.2 仪器与试剂

1.2.1 仪器 DHG-9076A 型电热鼓风干燥箱,LRH-250-G 型光照培养箱,YXQ-SG4-280 型电热手提压力蒸气消毒器,SW-CJ-1B(U) 型单人单面净化工作台,HZQ-C 空气浴震荡器,培养皿等。

1.2.2 试剂 1 mol/L NaOH 溶液,体积分数 10% HCl 溶液,无菌水,牛肉膏蛋白胨液体培养基,牛肉膏蛋白胨琼脂培养基^[8-9],马铃薯葡萄糖液体培养基,马铃薯葡萄糖琼脂培养基。

1.3 方法

1.3.1 供试菌的活化培养 将大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌分别接种于牛肉膏蛋白胨琼脂培养基上,37 ℃ 培养 24 h;将酵母菌接种在马铃薯葡萄糖琼脂培养基上,28 ℃ 培养 48 h。

1.3.2 供试菌悬液的配制 用接种环挑取在生化培养箱中活化 24 h 的菌种,分别接种在盛有牛肉膏蛋白胨液体培养基和马铃薯葡萄糖液体培养基的小三角瓶中,使接种环在液体表面与瓶壁接触处轻轻研磨,取出接种环,震荡三角瓶,用封口膜封好后放入 37 ℃ 空气浴震荡器中培养。将标准菌液培养至 OD₆₀₀ = 0.3,酵母菌培养至 OD₅₆₀ = 0.3,并用稀释法配置成含量约为 10⁵ mL⁻¹ 的菌悬液,即为供试菌悬液。

1.3.3 植物叶片的采集与处理 选择生长状况良好的供试植物,采其新鲜叶片(无虫蛀点,大小适中),去柄后用蒸馏水冲洗 3 次,去除表面异物,平铺于瓷盘中置阴凉通风处晾干,再用体积分数 75% 酒精擦拭叶片,随后用蒸馏水冲洗 3 次,晾干备用。

1.3.4 抑菌试验 将已配备好的 4 种供试菌悬液分别稀释 10 倍,用移液枪各取 0.2 mL 分别接种在牛肉膏蛋白胨和马铃薯葡萄糖琼脂培养基上(先做平板,再加菌液)。用三角涂布器涂布均匀。待菌液被培养基吸收后,将培养皿倒置,在皿盖中分别加入供试植物的整叶和碎叶各 1 g 和 2 g,设 2 个不加入叶片的培养皿为对照,每组试验重复 3 次(叶片不与琼脂接触)。将细菌培养皿放入 37 ℃ 的培养箱内培养 24 h,将酵母菌培养皿放入 28 ℃ 的培养箱内培养 24 h,然后观察平板培养基上细菌的生长情况及菌落大小,计算菌落个数,并与空白对照进行对比观察,计算抑菌率,评定抑菌效果。

$$\text{抑菌率}/\% = ((\text{对照菌落数} - \text{处理菌落数}) \div \text{对照菌落数}) \times 100\%$$

2 结果与分析

2.1 供试植物对大肠杆菌的抑制作用

由表1可以看出,8种供试植物对大肠杆菌的生长均有抑制作用,其中抑菌率达到50%以上的是彩叶草,其2g碎叶抑菌率为66.41%,其次是羽衣甘蓝和矮牵牛;抑菌率不到20%的是万寿菊和紫叶

酢浆草。从表1还可看出,碎叶的抑菌率一般大于同质量的整叶,并且2g碎叶或整叶的抑菌效果优于1g。可见,叶片的破碎加强了植物挥发性物质的挥发,随着叶片量的增加,植物挥发性物质增多,植物的抑菌效果也随之增强,说明植物分泌的挥发性物质对大肠杆菌具有明显的抑菌作用。

表1 供试植物对大肠杆菌的抑制作用

Table 1 Antibacterial activities against *E. coli* of the tested plants

植物名称 Plant name	菌落数 Bacterium number					抑菌率/% Antibacterial rate			
	对照 Comparison	整叶 Whole leaf		碎叶 broken leaf		整叶 Whole leaf		碎叶 Broken leaf	
		1 g	2 g	1 g	2 g	1 g	2 g	1 g	2 g
一串红 <i>S. splendens</i>	128	113	90	95	83	11.72	29.69	25.78	35.16
矮牵牛 <i>P. hybrida</i> Vilm	128	97	83	74	62	24.21	35.16	42.19	51.56
鸡冠 I <i>C. cristata</i> I	128	116	109	101	92	9.38	14.84	21.09	28.13
鸡冠 II <i>C. cristata</i> II	128	109	98	102	89	14.84	23.44	20.31	30.47
万寿菊 <i>T. erecta</i> L	128	116	99	113	109	9.38	22.66	11.72	14.84
彩叶草 <i>C. blumei</i>	128	64	52	60	43	50.00	59.38	53.13	66.41
羽衣甘蓝 <i>B. oleracea</i> var	128	76	63	67	52	40.63	50.78	47.66	59.38
紫叶酢浆草 <i>O. triangularis</i>	128	120	114	114	105	6.25	10.94	10.94	17.97

2.2 供试植物对金黄色葡萄球菌的抑制作用

如表2所示,8种供试植物2g碎叶对金黄色葡萄球菌的抑菌效果均大于20%,抑菌能力由高到低依次为:彩叶草>矮牵牛>羽衣甘蓝>鸡冠I>紫

叶酢浆草>一串红>鸡冠II>万寿菊,其中彩叶草的抑菌率为54.7%,矮牵牛、羽衣甘蓝的抑菌率均在40%以上。

表2 供试植物对金黄色葡萄球菌的抑制作用

Table 2 Antibacterial activities against *S. aureus* of the tested plants

植物名称 Plant name	菌落数 Bacterium number					抑菌率/% Antibacterial rate			
	对照 Comparison	整叶 Whole leaf		碎叶 Broken leaf		整叶 Whole leaf		碎叶 Broken leaf	
		1 g	2 g	1 g	2 g	1 g	2 g	1 g	2 g
一串红 <i>S. splendens</i>	117	103	100	93	79	11.97	14.53	20.51	32.48
矮牵牛 <i>P. hybrida</i> Vilm	117	86	75	79	61	26.50	35.90	32.48	47.86
鸡冠 I <i>C. cristata</i> I	117	95	82	88	75	18.80	29.91	24.79	35.90
鸡冠 II <i>C. cristata</i> II	117	106	108	87	82	9.40	7.69	25.64	29.91
万寿菊 <i>T. erecta</i> L	117	78	115	105	89	33.33	1.71	10.26	23.93
彩叶草 <i>C. blumei</i>	117	71	64	69	53	39.32	45.30	44.44	54.70
羽衣甘蓝 <i>B. oleracea</i> var	117	92	80	85	70	21.37	31.62	27.35	40.17
紫叶酢浆草 <i>O. triangularis</i>	117	89	65	98	76	23.93	44.44	16.24	35.04

2.3 供试植物对枯草芽孢杆菌的抑制作用

由表3可知,除鸡冠II外,各供试植物对枯草芽孢杆菌生长均有较好的抑制作用,2g碎叶抑菌率达到50%以上的植物有彩叶草、一串红和万寿菊,其中彩叶草的抑菌率最高,为65.59%,抑菌效果是最低的鸡冠II(11.82%)的5倍多;矮牵牛、鸡冠I和羽衣甘蓝的抑菌率也均在45%以上。万寿菊整叶与碎叶的抑菌效果相差较大,其1g和2g碎叶的抑菌率分别较同质量的整叶高19.25%和26.83%。

一串红2g碎叶的抑菌率均超过了50%,说明其分泌的挥发性物质对酵母菌的抑菌、杀菌作用特别显著。由于酵母菌能使植物腐败或引起病害,而实际培育过程中鸡冠II的叶片也最易腐变,故其对酵母菌无抑制作用。

2.5 供试植物对4种微生物的抑菌效果比较

比较8种植物2g碎叶对4种供试微生物的抑菌率(表1~表4)可知,抑菌效果最好的是彩叶草,其对4种微生物的抑菌率均达到50%以上;其次是矮牵牛和羽衣甘蓝,它们的抑菌率也达到40%以上;鸡冠II的抑菌效果较其他7种植物都低,特别是对酵母菌的抑菌率为0,对枯草芽孢杆菌的抑菌率

2.4 供试植物对酵母菌的抑制作用

由表4可以看出,7种植物对酵母菌都表现出较好的抑菌效果,其中矮牵牛、羽衣甘蓝、彩叶草和

为 11.82%；而鸡冠 I 对金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌及酵母菌的抑菌效果均优于鸡冠 II，说明即使

是同一种植物，品种不同，其抑菌效果也有差异。可见，进行不同植物的抑菌效果研究很有必要。

表 3 供试植物对枯草芽孢杆菌的抑制作用

Table 3 Antibacterial activities against *B. subtilis* of the tested plants

植物名称 Plant name	对照 Comparison	菌落数 Bacterium number				抑菌率/% Antibacterial rate			
		整叶 Whole leaf		碎叶 Broken leaf		整叶 Whole leaf		碎叶 Broken leaf	
		1 g	2 g	1 g	2 g	1 g	2 g	1 g	2 g
一串红 <i>S. splendens</i>	93	56	50	47	41	39.78	46.24	49.46	55.91
矮牵牛 <i>P. hybrida</i> Vilm	93	72	65	58	50	22.58	30.11	37.63	46.24
鸡冠 I <i>C. cristata</i> I	93	55	41	53	51	40.86	55.91	43.01	45.16
鸡冠 II <i>C. cristata</i> II	93	91	87	88	82	2.15	6.45	5.37	11.82
万寿菊 <i>T. erecta</i> L	93	77	70	60	45	17.20	24.73	36.45	51.56
彩叶草 <i>C. blumei</i>	93	53	46	40	32	43.01	50.54	56.99	65.59
羽衣甘蓝 <i>B. oleracea</i> var	93	59	54	53	50	36.56	41.94	43.01	46.24
紫叶酢浆草 <i>O. triangularis</i>	93	80	73	74	63	13.98	21.51	20.43	32.26

表 4 供试植物对酵母菌的抑制作用

Table 4 Antibacterial activities against *S. cerevisiae* of the tested plants

植物名称 Plant name	对照 Comparison	菌落数/Bacterium number				抑菌率/% Antibacterial rate			
		整叶 Whole leaf		碎叶 Broken leaf		整叶 Whole leaf		碎叶 Broken leaf	
		1 g	2 g	1 g	2 g	1 g	2 g	1 g	2 g
一串红 <i>S. splendens</i>	106	70	67	58	49	33.96	36.79	45.28	53.77
矮牵牛 <i>P. hybrida</i> Vilm	106	87	81	50	27	17.92	23.58	52.83	74.52
鸡冠 I <i>C. cristata</i> I	106	91	98	87	69	14.15	7.55	17.92	34.91
鸡冠 II <i>C. cristata</i> II	106	162	>200	190	>200				
万寿菊 <i>T. erecta</i> L	106	83	67	79	68	21.70	36.79	25.47	35.85
彩叶草 <i>C. blumei</i>	106	55	48	51	37	48.11	54.72	51.89	65.09
羽衣甘蓝 <i>B. oleracea</i> var	106	59	38	46	29	44.34	64.15	56.60	72.64
紫叶酢浆草 <i>O. triangularis</i>	106	87	64	75	61	17.92	39.62	29.25	42.45

3 结论与讨论

大量研究表明，植物在长期的进化过程中，都会产生一些对自身有保护性的物质——植物杀菌素，其能够杀死细菌、真菌和某些多细胞生物^[10-15]。植物在受到创伤时会分泌出具有杀菌作用的挥发性物质，其目的是为了保护自己本身不受外界微生物的侵害，尤其是对植物有致病力的微生物的侵害。有人对此进行研究，解释了草地、草坪、树林修剪后，植物杀菌物质分泌量增多等现象^[14-15]。本试验也证实了这点，8 种植物 1 g 整叶或 2 g 整叶的抑菌效果大多较其相同质量的碎叶低。

试验证明，植物叶片具有合成并释放有抑杀菌作用的挥发性有机物的功能^[2,7]。本试验中的 8 种植物，大多对 4 种供试菌有较明显的抑菌、杀菌效果，其中对大肠杆菌的抑菌作用大小依次为彩叶草>羽衣甘蓝>矮牵牛>一串红>鸡冠花 II>鸡冠花 I>紫叶酢浆草>万寿菊，对枯草芽孢杆菌的抑菌作用大小依次为彩叶草>一串红>万寿菊>矮牵牛、羽衣甘蓝>鸡冠花 I>紫叶酢浆草>鸡冠花 II，仅鸡冠花 II 的挥发性有机物对酵母菌无抑制作用，

所有供试植物对金黄色葡萄球菌均有明显的抑制作用。

本试验证明，随着叶片量的增加，供试植物的抑菌效果增强，呈剂量效应，这是因为叶片量的增加使空气中的抑菌物质浓度增加所致，而破碎度的增加则加强了这些挥发性物质的挥发^[16-17]。不同植物由于各自叶片结构、大小及分泌物的差异，从而导致其抑菌能力也有所不同。从本试验结果来看，万寿菊虽具有一定的抑菌效果，但不明显，只对枯草芽孢杆菌表现出较好的抑菌效果。很多研究表明^[2,7,5,13]，同一种植物对不同菌种的作用效果有较大差别，不同植物对同一种微生物的作用效果也不同^[7]。

园林植物通过各种方式减少植物层内及周围空气中菌类数量的作用简称为除菌作用，然而不同园林植物的除菌效果差异较大。虽然由乔木、灌木、草本植物构成的结构复杂的植物群落，可以通过其本身的滞尘和防风作用等，间接减少植物层及周围空气中的细菌，但园林植物通过叶片分泌挥发性杀菌素而抑菌的作用也是非常重要的。在某些人群密集的地带，如公园、广场、城市的中心地区等，均是以空气传播为主的流行性疾病多发地，多栽培一些抑杀

菌作用较强的草本花卉植物,不仅可美化城市,而且对疾病的控制也有很重要的现实意义。

因此,了解各种园林植物的除菌效果,不仅可为城市生态系统建设提供定量参考数据,而且对指导城市园林绿化,指导人们科学地养生、保健、锻炼身体,适时适地地开展生态旅游活动具有重要意义^[18]。在选择绿化植物时,应充分考虑植物的抑杀菌作用。

[参考文献]

- [1] 花晓梅. 树木杀菌作用研究初报 [J]. 林业科学, 1980, 16(3): 236-240.
Hua X M. A primary study on function of trees sterilization [J]. Science Silvae Sinicae, 1980, 16(3): 236-240. (in Chinese)
- [2] 刘云国, 马涛, 张薇, 等. 植物挥发性物质的抑菌作用 [J]. 吉首大学学报: 自然科学版, 2004, 25(2): 52.
Liu Y G, Ma T, Zhang W, et al. Bacteriostasis of volatile organic compounds from some plants [J]. Journal of Jishou University: Natural Science Edition, 2004, 25(2): 52. (in Chinese)
- [3] 褚泓阳, 弓弼, 马梅, 等. 园林树木杀菌作用的研究 [J]. 西北林学院学报, 1995, 10(4): 64-67.
Chu H Y, Gong B, Ma M, et al. Study on function of landscape trees sterilization [J]. Journal of Northwest Forestry University, 1995, 10(4): 64-67. (in Chinese)
- [4] 张庆费, 庞名瑜, 姜义华, 等. 上海主要绿化树种的抑菌物质和芳香成分分析 [J]. 植物资源与环境学报, 2000, 9(2): 62-64.
Zhang Q F, Pang M Y, Jiang Y H, et al. The bactericidal and aromatic volatile gas of the main greenery tree species in Shanghai [J]. Journal of Plant Resources and Environment, 2000, 9(2): 62-64. (in Chinese)
- [5] 刘福才. 绿色植物减菌试验研究 [J]. 园林科技通讯, 1987(2): 39-42.
Liu F C. Test for bacteria reduction of green plants [J]. Garden Communications Technology, 1987(2): 39-42. (in Chinese)
- [6] 吴传万, 杜小凤, 徐建明, 等. 植物源抑菌活性成分研究新进展 [J]. 西北农业学报, 2004, 13(3): 81-88.
Wu C W, Du X F, Xu J M, et al. Research advances in natural antibacterial constituents from plant origin [J]. Northwest China Journal of Agricultural Sciences, 2004, 13(3): 81-88. (in Chinese)
- [7] 胡仁火, 任国祥, 徐辉, 等. 8种植物挥发性物质的抑菌杀菌作用 [J]. 咸宁学院学报, 2004, 27(3): 52.
Hu R H, Ren G X, Xu H, et al. Inhibition and sterilization effect of the volatile substances in eight kinds of greening plants [J]. Journal of Xianning College, 2004, 27(3): 52. (in Chinese)
- [8] 王家玲. 环境微生物学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1988.
Wang J L. Environmental microbiology [M]. Beijing: Higher Education Press, 1988. (in Chinese)
- [9] 周群英, 高廷耀. 环境工程微生物学 [M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2000.
Zhou Q Y, Gao T Y. Microbiology of environmental engineering [M]. 2nd edition. Beijing: Higher Education Press, 2000. (in Chinese)
- [10] 马杏绵, 花晓梅, 张萍, 等. 华北珍珠梅杀菌作用的研究 [J]. 环境科学, 1985, 6(2): 33-39.
Ma X M, Hua X M, Zhang P, et al. Study on function of pearl plum sterilization [J]. Journal of Environmental Sciences, 1985, 6(2): 33-39. (in Chinese)
- [11] 李端, 周立刚, 姜微波, 等. 伞形科植物抗菌成分的研究进展 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2005, 33(s1): 161.
Li R, Zhou L G, Jiang W B, et al. Advances on antimicrobial constituents from Umbelliferous plants [J]. Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry: Natural Science Edition, 2005, 33(s1): 161. (in Chinese)
- [12] 谢慧玲, 李树人, 阎志平, 等. 植物杀菌作用及其应用研究 [J]. 河南农业大学学报, 1997, 37(4): 367-370.
Xie H L, Li S R, Yan Z P, et al. The studies on the disinfection of plants and its application [J]. Journal of Henan Agricultural University, 1997, 37(4): 367-370. (in Chinese)
- [13] 郭阿君, 岳桦. 观赏植物挥发物的研究 [J]. 北方园艺, 2003(6): 36-37.
Guo A J, Yue H. Study on volatiles of ornamental plant [J]. Northern Horticulture, 2003(6): 36-37. (in Chinese)
- [14] БП托金. 植物杀菌素 [M]. 林伟光, 等译. 北京: 科学出版社, 1958.
БПДержит золото. Plant spinosad [M]. Lin W G, et al translate. Beijing: Science Press, 1958. (in Chinese)
- [15] 艾玲. 植物分泌物的生物学作用和间作中的种间相互关系 [M]. 北京: 科学出版社, 1961.
Ai L. The biological function of plant secretion and interrelationship among intercrop [M]. Beijing: Science Press, 1961. (in Chinese)
- [16] BAI Jian-hui, WANG Ming-xing, HU Fei. Analyzing method on biogenic volatile organic compounds [J]. Advances in Atmospheric Science, 2002, 19(1): 64-73.
- [17] Cuenther A, Zimmerman P, Wildermuth M. Natural volatile organic compound emission rate estimates for U. S. woodland landscapes [J]. Atmospheric Environment, 1994, 28(6): 1197-1210.
- [18] 黄枢. 城市绿化建设的目标应是改善生态环境 [J]. 环境保护, 2002(7): 22-24.
Huang S. To improve eco-environment is the goal of making cities green [J]. Environmental Protection, 2002(7): 22-24. (in Chinese)