

田旭朝,翟美珠. 城市绿化带对空气微生物污染的屏障作用[J]. 江苏农业科学,2018,46(15):248-253.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.15.063

城市绿化带对空气微生物污染的屏障作用

田旭朝¹, 翟美珠²

(1. 河北政法职业学院建设工程系,河北石家庄 050061; 2. 河北工程技术学院,河北石家庄 050091)

摘要:深入研究城市绿化带对空气微生物污染的屏障作用,对城市空气污染的控制、环境质量的改善以及城市道路绿化的科学配置具有重要指导意义。以河北省石家庄 3 个城市绿化带为研究对象,以非城市绿化带为对照,分析空气细菌、真菌含量、种类及减菌效应和屏障作用。结果表明,非城市绿化带和城市绿化带细菌和真菌所占微生物比例随季节变化呈先增后降趋势,且细菌所占微生物比例高于真菌所占微生物比例。细菌和真菌含量、微生物总含量随季节变化呈逐渐降低趋势,基本表现为春季>夏季>秋季>冬季,其中不同季节细菌含量均高于真菌含量。城市绿化带和非城市绿化带共鉴定出 45 个属空气细菌,其中革兰氏阳性菌 37 个属,占 82.22%;革兰氏阴性菌 8 个属,占 17.78%。对于城市绿化带来说,对空气微生物污染具有一定的屏障作用,其屏障距离在 40 m 左右。

关键词:城市绿化带;空气微生物;细菌;真菌;屏障作用

中图分类号: X172 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)15-0248-06

大量的能源消耗及环保意识淡薄等问题造成了诸如大气污染、水污染等一系列的环境污染问题,随着环境污染恶果越来越严重、能源短缺问题日益突出,人们对环境污染的重视程度越来越高,尤其是近年来的雾霾天气更是让人们对空气污染有了更深入的认识和了解。空气污染物不仅导致空气质量大大降低,更严重危害着人体健康,其污染物通过一系列的物理及化学反应侵入人体器官^[1-2]。空气污染物存在的形式具有多样性,不仅有常见的悬浮颗粒物、粉尘等固态污染物,还有诸如 SO₂、NO_x 等气态化学污染物,更有一些微生物含在其中,这些污染物通过风而产生了很强大的扩散性,且扩散速度惊人,不仅危害动植物的正常生长,更严重危害人们的呼吸系统等,一旦侵入人体将难以清除^[3-4]。大气污染物通过一系列的生物化学反应会生成诸多的细菌、真菌等有害病毒微生物,这些微生物附着在空气粒子上就构成了有害的生物粒子^[5-6]。如果空气中的生物粒子含量水平过高,超过了人体正常的承受能力,则会危害人体的肺部等呼吸器官,会引发一系列的呼吸疾病,轻则引起咳嗽、哮喘等慢性呼吸道疾病,重则造成慢性阻塞性肺病、心血管疾病等,对于老年人的影响更厉害^[7],因此研究空气污染的治理具有重要的现实意义。

空气污染物中包含诸如烟、雾、粉尘等一系列悬浮颗粒,空气的有害微生物一旦附着在这些悬浮颗粒上,就形成了危害性很强的气溶胶^[8-9],且具有很强的空气扩散性,影响面积广;另外,空气中的有害微生物数量庞大、种类繁多,不仅包括了常见的一些细菌、真菌,还包括了一些藻类病菌等,这些有害微生物难以通过肉眼进行辨识,且具有长期的危害性,目前已经能够查明的空气真菌、细菌种类分别达到了 40 000、1 200 种^[8-9],这些菌类来源广泛,土壤、水体乃至于动植物都

能够作为其来源,这些带有有害微生物的悬浮颗粒被人体吸入后会沉淀并生长在体内,给人体造成长期的病害性^[10-11]。从很大程度上说,空气中有害微生物的含量也是对空气质量好坏的直接反映,毕竟空气质量优良的情况下,空气中不会存在这么多的有害微生物,微生物作为生态系统中的重要组成部分,其生长状况受到生活污染、环境质量和人体健康的多方面影响^[12]。可以说,开展对空气中有害微生物的生长特性研究具有重要的现实意义,对于研究空气污染治理、加强环境保护、降低人体呼吸道疾病具有很强的针对性^[10-11]。近年来,随着社会经济的不断发展,人们对空气环境质量的重视程度越来越高,而城市绿植建设对于改善空气质量、吸附粉尘等悬浮颗粒具有重要的现实意义^[13]。相关研究表明,地区环境不同,其微生物种类和含量也具有很大差异性,对于诸如公园等绿植较多的区域,其空气中的微生物含量显著低于绿植较少的地区,从中也可以看出,绿植对空气质量的影响。因此,开展绿植与空气微生物间的关系研究具有重要的现实意义。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

本次城市绿植与微生物关系的研究地点是河北省石家庄市,选取的典型城市绿植分别是针叶乔草、乔灌木混交、针阔乔草,并分别用 A、B、C 表示,分别对这 3 种城市绿植进行长期的监测,并在试验中取样分析,选择的试验对比区为工业区,因工业区绿植较少,能够达到对比效果。本次试验的时间选择在 2015 年 6 月 25 日至 2016 年 6 月 25 日,取样时间为 09:00 至 11:30,通过平皿沉降法进行试验分析和样本采集,选取 9 cm 直径的培养皿,针对不同的样地,共设置 9 个取样的地理点,分别在其中央(M)及与林缘相距 10、20、30、40、50、60、70、80、90 m 处,针对每个取样点进行 3 次重复取样。为了分析的准确性,要求在各梯度采取同时取样的方式,要求采样高度达到 1.5 m,接种的时间持续 10 min,采样之后装入

收稿日期:2017-08-30

作者简介:田旭朝(1965—),男,河北石家庄人,硕士,工程师,主要从事风景园林、园林植物配置、城市规划与设计研究。E-mail: Tian_xuchao@163.com。

培养皿,之后带回实验室进行培养。

1.2 试验材料及方法

1.2.1 空气微生物取样器 将试验样本采集后需要进行相关的样本数据分析,本试验采用辽阳应用技术研究所生产的 FA-1 Andersen 生物粒子取样器开展相应的取样数据测定,该设备制造原理是利用对人体呼吸道解剖结构的模拟技术,同时结合空气动力学相关原理及惯性撞击原理。该取样器利用分级设计,共有 6 级,其中每级包含有 400 个孔,从第 1 级开始,其直径呈现逐级缩小的变化规律,并采取 28.3 L/min 的空气流量,同时空气流速是逐级增大的,而不同的带菌粒子具有不同的直径,这样通过取样器不同的空气流速能够将不同大小的粒子吸附到不同级的培养皿中,为后续分析奠定基础。

1.2.2 取样和培养方法 采样利用的是平皿自然沉降法。采样点选取的是呼吸带,要求其距离地面 1.5~2.0 m 的高度,要求采样持续时间在 5 min,并重复 3 次进行,要求培养皿直径达到 9 cm。对于真菌、细菌培养而言,分别采用 PDA、NA 培养基。为了抑制细菌的生长,需要将链霉素(50 μg/mL)加入到 PDA 培养基中;为了抑制细菌的生长,需要将同样含量的青霉素加入 NA 培养基中,这样才能准确进行试验数据测定。然后利用培养箱分别进行真菌、细菌的培养,要求培养箱温度分别为 28、37 ℃,培养时间分别为 72、24 h,然后分别进行培养后的观察和计数。

1.2.3 培养观测和计算 为了加强培养观测,需要对取样后的培养皿进行再次恒温培养,要求培养皿倒置于恒温的培养箱中,对于细菌、霉菌的培养温度分别为 37、25 ℃,培养时间分别为 48、72 h,完成培养后对平均菌落数进行检查,单位为 CFU/m³。细菌和霉菌的平均菌落数总和就是总微生物。之后再利用微生物分类学方法,进行宏观和微观的形态分析,鉴定到属^[14]。

1.3 数据统计与结果评价

分别对采样后的真菌和细菌进行计数,并将每次计数记录下来,并通过奥梅梁斯基公式将之换算成空气中微生物含量,具体公式如下:

$$[A/100 \times t \times 10/5] \times N = 50\,000N/(A \times t)^{[8]}$$
式中:A 代表培养皿的面积,用 cm² 表示;每皿的菌落个数用 N 表示,单位为个/皿;采样的持续时间用 t 表示,单位为 min。

依据中国科学院生态环境研究中心发布的标准对空气中微生物污染进行评价,具体的标准见表 1。对数据的统计整理采用 Excel 2010 进行,之后利用 SPSS 18.0 开展相应的方差分析,并进行统计学检验分析,并分别在 0.05、0.01 的显著性水平下进行 LSD 多重比较,并利用单因素方差分析来对数据差异性是否显著进行分析。

表 1 空气微生物污染评价标准 ×10³ CFU/m³

等级	空气质量	细菌	真菌	微生物总数
1	清洁	<1.0	<0.50	<3
2	较清洁	1.0~<2.5	0.50~<0.75	3~<5
3	轻微污染	2.5~<5.0	0.75~<1.00	5~<10
4	污染	5.0~<10.0	1.00~<2.50	10~<15
5	中度污染	10.0~<20.0	2.50~<6.00	15~<30
6	严重污染	20.0~<45.0	6.00~<20.00	30~<60
7	极严重污染	≥45.0	≥20.00	≥60

2 结果与分析

2.1 城市绿化带空气微生物含量

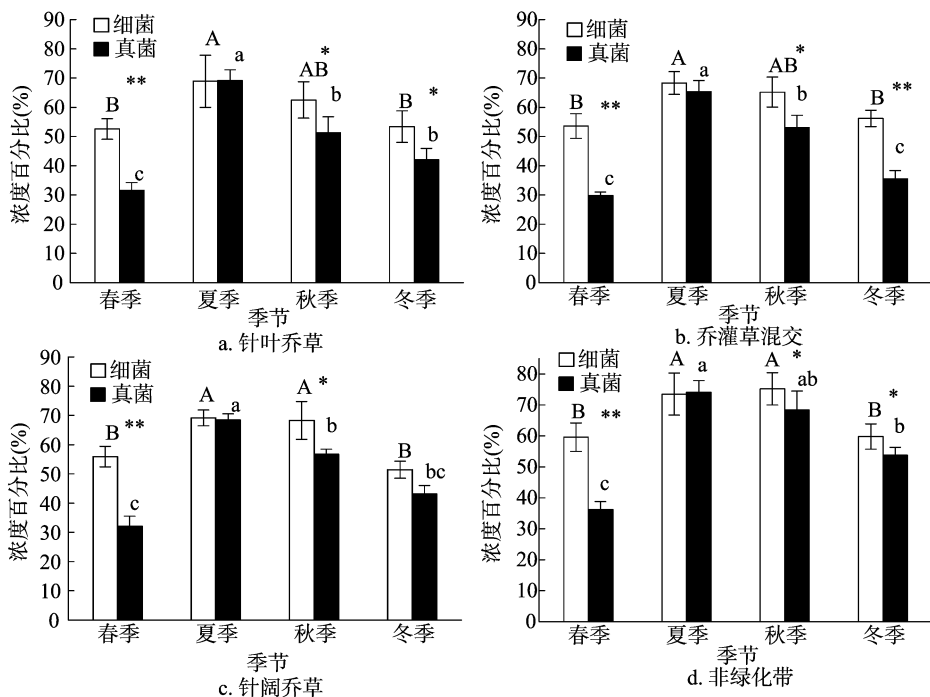
由表 2 可知,城市绿化带中针叶乔草空气微生物总含量变化为 287~4 569 CFU/m³,细菌含量为 152~3 247 CFU/m³,真菌含量为 85~1 236 CFU/m³;空气微生物总含量平均值为 2 206 CFU/m³,细菌含量平均值为 1 652 CFU/m³,真菌含量平均值为 554 CFU/m³。城市绿化带中乔灌草混交空气微生物总含量变化为 358~5 987 CFU/m³,细菌含量为 169~3 694 CFU/m³,真菌含量为 96~2 143 CFU/m³;空气微生物总含量平均值为 1 987 CFU/m³,细菌含量平均值为 1 025 CFU/m³,真菌含量平均值为 962 CFU/m³。城市绿化带中针阔乔草空气微生物总含量变化为 465~6 257 CFU/m³,细菌含量为 268~3 849 CFU/m³,真菌含量为 107~2 016 CFU/m³;空气微生物总含量平均值为 2 418 CFU/m³,细菌含量平均值为 1 742 CFU/m³,真菌含量平均值为 676 CFU/m³。非城市绿化带中针阔乔草空气微生物总含量变化为 523~5 483 CFU/m³,细菌含量为 204~4 023 CFU/m³,真菌含量为 305~1 876 CFU/m³;空气微生物总含量平均值为 2 678 CFU/m³,细菌含量平均值为 1 842 CFU/m³,真菌含量平均值为 836 CFU/m³,空气细菌的含量明显高于真菌。

表 2 城市绿化带空气微生物含量概况

城市绿植类型	微生物种类	微生物含量(CFU/m ³)				自由度
		最小值	最大值	平均值	中位数	
针叶乔草	微生物	287	4 569	2 206	1 562	9
	细菌	152	3 247	1 652	1 023	9
	真菌	85	1 236	554	356	9
乔灌草混交	微生物	358	5 987	1 987	1 874	9
	细菌	169	3 694	1 025	862	9
	真菌	96	2 143	962	625	9
针阔乔草	微生物	465	6 257	2 418	1 857	9
	细菌	268	3 849	1 742	985	9
	真菌	107	2 016	676	471	9
非绿化带	微生物	523	5 483	2 678	1 863	18
	细菌	204	4 023	1 842	1 235	18
	真菌	305	1 876	836	569	18

2.2 城市绿化带空气细菌和真菌含量占微生物总含量百分比

由图 1 可知,对于城市绿化带中针叶乔草,空气微生物总含量中,细菌和真菌含量百分比均随着季节呈先增加后降低趋势。春季、秋季和冬季细菌含量百分比高于真菌,夏季细菌含量百分比低于真菌,其中,春季细菌含量百分比极显著高于真菌($P < 0.01$),秋季和冬季细菌含量百分比显著高于真菌($P < 0.05$)。对于城市绿化带中乔灌木混交,空气微生物总含量中,细菌和真菌含量百分比均随着季节呈先增加后降低趋势。在不同季节细菌含量百分比均高于真菌,其中,春季细菌含量百分比极显著高于真菌($P < 0.01$),秋季和冬季细菌含量百分比显著高于真菌($P < 0.05$)。



柱上不同小写字母表示真菌含量在不同季节差异显著($P < 0.05$);不同大写字母表示细菌含量在不同季节差异显著;“(”)“(”)”分别表示相同季节细菌和真菌含量差异显著($P < 0.05$)、极显著($P < 0.01$)

图1 城市绿化带空气细菌和真菌含量占微生物总含量百分比

2.3 城市绿化带空气微生物含量时间变化特征

城市绿化带空气微生物含量的季节变化特征如图 2 所示。对于城市绿化带中针叶乔草,细菌含量变化为 $1\,754 \sim 3\,522\text{ CFU/m}^3$,真菌含量变化为 $289 \sim 1\,023\text{ CFU/m}^3$,微生物总含量变化为 $2\,043 \sim 4\,545\text{ CFU/m}^3$;细菌含量、真菌含量和微生物总含量随着季节变化,呈逐渐降低趋势,基本表现为春季 > 夏季 > 秋季 > 冬季,其中不同季节细菌含量均高于真菌含量。对于城市绿化带中乔灌木混交,细菌含量变化为 $1\,104 \sim 3\,256\text{ CFU/m}^3$,真菌含量变化为 $523 \sim 1\,569\text{ CFU/m}^3$,微生物总含量变化为 $1\,627 \sim 4\,825\text{ CFU/m}^3$;细菌含量、真菌含量和微生物总含量随着季节变化,呈逐渐降低趋势,基本表现为春季 > 夏季 > 秋季 > 冬季,其中不同季节细菌含量均高于真菌含量。对于城市绿化带针阔乔草,细菌含量变化为 $1\,035 \sim 3\,986\text{ CFU/m}^3$,真菌含量变化为 $621 \sim 1\,458\text{ CFU/m}^3$,微生物总含量变化为 $1\,656 \sim 5\,444\text{ CFU/m}^3$;细菌含量、真菌含量和微生物总含量随着季节变化,呈逐渐降低趋势,基本表现为春季 > 夏季 > 秋季 > 冬季,其中不同季节细菌含量均高于真菌含量。对于城市非绿化带,细菌含量变化为 $1\,025 \sim$

冬季细菌含量百分比极显著高于真菌($P < 0.01$),秋季细菌含量百分比显著高于真菌($P < 0.05$)。对于市绿化带中针阔乔草,空气微生物总含量中,细菌和真菌含量百分比均随着季节呈先增加后降低趋势。在不同季节细菌含量百分比均高于真菌,其中,春季细菌含量百分比极显著高于真菌($P < 0.01$),秋季细菌含量百分比显著高于真菌($P < 0.05$)。对于非城市绿化带,空气微生物总含量中,细菌和真菌含量百分比均随着季节呈先增加后降低趋势,其中,春季细菌含量百分比极显著高于真菌($P < 0.01$),秋季和冬季细菌含量百分比显著高于真菌($P < 0.05$)。

$5\,238\text{ CFU/m}^3$,真菌含量变化为 $847 \sim 3\,256\text{ CFU/m}^3$,微生物总含量变化为 $1\,872 \sim 8\,494\text{ CFU/m}^3$;细菌含量、真菌含量和微生物总含量随着季节变化,呈逐渐降低趋势,基本表现为春季 > 夏季 > 秋季 > 冬季,其中不同季节细菌含量均高于真菌含量。

2.4 城市绿化带主要空气微生物类群

由表 3 可知,城市绿化带(针叶乔草、乔灌木混交、针阔乔草)和非城市绿化带主要空气微生物类群呈一致的季节性变化规律。

革兰氏阳性菌含量占微生物总含量百分比随季节呈先降低后增加的趋势,在春季和冬季达到最大,且不同季节城市绿化带革兰氏阳性菌含量百分比高于非城市绿化带。总体来看,城市绿化带和非城市绿化带共鉴定出 45 个属空气细菌,其中革兰氏阳性菌 37 个属,占 82.22%;革兰氏阴性菌 8 个属,占 17.78%。对于针叶乔草,优势细菌属依次为微球菌属(*Micrococcus*)、芽孢杆菌属(*Bacillus*)、葡萄球菌属(*Staphylococcus*)和库克菌属(*Kocuria*),4 个属细菌含量百分比占 64.3% ~ 71.1%;对于乔灌木混交,4 个属细菌含量百分

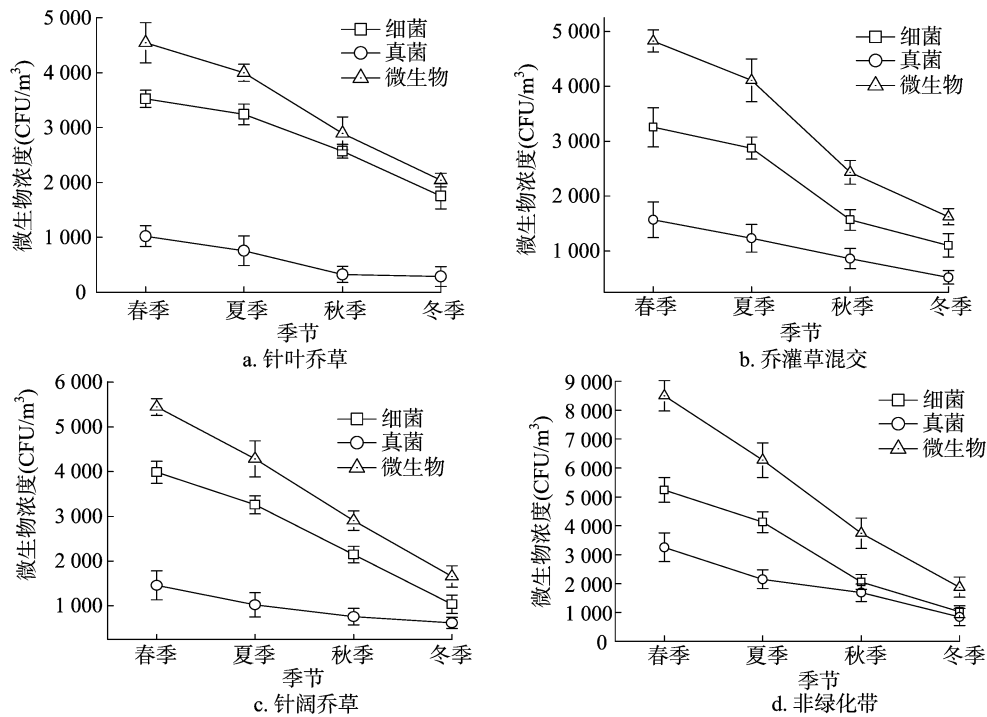


图2 城市绿化带微生物含量季节变化特征

表3 城市绿化带主要空气微生物类群

微生物种类	属	针叶乔草含量 百分比(%)				乔灌木混交含量 百分比(%)				针阔乔草含量 百分比(%)				非绿化带含量 百分比(%)			
		春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季
细菌	革兰氏阳性菌	96.3	93.2	91.5	97.4	95.2	92.3	90.5	96.7	94.2	92.1	89.7	95.2	93.5	91.5	86.8	94.7
	节杆菌属(<i>Arthrobacter</i>)	2.6	2.1	3.6	2.6	1.8	1.9	2.1	1.9	2.3	1.2	1.9	2.4	2.3	1.8	1.7	1.9
	芽孢杆菌属(<i>Bacillus</i>)	13.5	12.3	11.4	10.9	13.4	12.7	9.5	9.6	10.5	13.6	12.8	16.4	15.4	13.2	14.2	11.7
	短状杆菌属(<i>Brachy bacterium</i>)	2.7	2.5	1.9	3.1	1.8	2.5	1.6	1.5	1.3	1.9	0.8	0.6	1.2	1.4	1.3	1.2
	棒状杆菌属(<i>Corynebacterium</i>)	1.8	1.9	2.3	1.8	2.4	2.9	2.5	1.6	2.3	3.2	3.4	3.2	1.8	2.4	2.1	2.2
	微小杆菌属(<i>Exiguobacterium</i>)	0.9	0.6	0.9	1.1	1.3	1.4	1.6	0.9	0.8	1.6	1.8	2.1	2.3	0.4	0.5	0.6
	库克菌属(<i>Kocuria</i>)	18.4	16.8	17.3	18.9	18.2	19.2	15.8	15	14.8	15.2	16.3	17.2	14.3	14.5	15.8	13.7
	巨球菌属(<i>Macrococcus</i>)	2.4	2.1	2.8	3.2	2.7	1.9	2.3	1.3	1.6	1.8	2.9	3.2	3.4	3.5	1.5	1.7
	微杆菌属(<i>Microbacterium</i>)	0.9	1.1	0.6	0.7	0.6	0.5	0.9	0.5	0.3	0.4	0.6	1.6	1.5	0.8	0.9	1.1
	微球菌属(<i>Micrococcus</i>)	27.9	26.7	25.3	24.7	26.8	26.8	24.1	23.5	22.8	26.5	24.1	23.5	21.4	25.4	23.4	22.6
	红球菌属(<i>Rhodococcus</i>)	7.5	6.8	7.9	8.3	5.2	6.4	6.4	6.2	5.2	8.4	7.2	6.8	8.2	7.3	6.8	7.9
	葡萄球菌属(<i>Staphylococcus</i>)	11.3	12.6	10.3	12.7	10.4	7.3	12.3	15.6	14.7	13.5	10.4	9.8	13.4	9.8	8.3	13.5
	其他	6.4	7.7	7.2	9.4	10.6	8.8	11.4	19.1	17.6	4.8	7.5	8.4	8.3	11	10.3	16.6
	革兰氏阴性菌	3.7	6.8	8.5	2.6	4.8	7.7	9.5	4.3	5.8	7.9	10.3	4.8	6.5	8.5	13.2	5.3
	不动细菌属(<i>Acinetobacter</i>)	1.9	1.3	2.5	0.8	2.9	1.9	2.5	2.7	1.9	1.8	2.3	2.7	2.6	2.5	3.9	2.8
	假单胞菌属(<i>Pseudomonas</i>)	0.6	1.2	2.8	0.6	1.3	2.6	3.6	1.2	1.8	3.7	3.5	1.4	3.2	2.8	4.3	1.6
	其他	1.2	4.3	3.2	1.2	0.6	3.2	3.4	0.4	2.1	2.4	4.5	0.7	0.7	3.2	5	0.9
真菌	链格孢属(<i>Alternaria</i>)	2.9	4.8	1.9	0.8	2.8	4.6	2.3	0.7	3.2	4.7	1.6	0.8	2.3	4.3	2.1	0.8
	曲霉属(<i>Aspergillus</i>)	4.6	4.9	5.3	4.2	3.8	4.2	4.1	5.3	3.5	3.2	4.1	3.5	2.9	4.1	3.5	2.6
	枝孢菌属(<i>Cladosporium</i>)	31.2	29.5	35.6	32.1	33.4	28.6	31.2	30.5	33.5	29.8	30.4	34.5	32.2	35.4	32.4	33.9
	青霉菌属(<i>Penicillium</i>)	32.8	30.2	31.4	29.4	26.8	34.1	30.5	29.8	28.4	26.7	29.8	32.4	31.2	26.7	25.6	28.3
	未鉴定	25.4	26.5	23.7	30.4	30.1	26.7	28.9	28.7	28.9	31.5	32.1	26.5	29.8	26.4	31.7	31.5
	其他	3.1	4.1	2.1	3.1	3.1	1.8	3	5	2.5	4.1	2	2.3	1.6	3.1	4.7	2.9

比占 61.7% ~68.8% ;对于针阔乔草,4 个属细菌含量百分比占 62.8% ~68.8% ;对于非绿化带,4 个属细菌含量百分比占 61.5% ~64.5% 。

革兰氏阴性菌含量占微生物总含量百分比随季节呈先增

加后降低的趋势,在夏季和秋季达到最大,且不同季节城市绿化带革兰氏阴性菌含量百分比高于非城市绿化带。对于针叶乔草,优势细菌属依次为枝孢属(*Cladosporium*)、青霉属(*Penicillium*),2 个属细菌含量百分比占 59.7% ~67.0% ;对

于乔灌草混交,2 个属细菌百分比占 60.2% ~62.7%;对于针阔乔草,2 个属细菌百分比占 56.5% ~66.9%;对于非绿化带,2 个属细菌百分比占 61.5% ~64.5%。

2.5 城市绿化带对空气微生物污染的屏障作用

从图 3 可以看出,对于城市绿化带来说,微生物含量(细

菌和真菌)均随着远离绿化带的距离而增加,在距离 40 m 以后微生物含量变化趋势比较平缓。对于非城市绿化带来说,微生物含量(细菌和真菌)随着远离非绿化带的距离呈波动趋势,其变化不明显。由此可知,城市绿化带对空气微生物污染具有一定的屏障作用,其屏障距离在 40 m 左右。

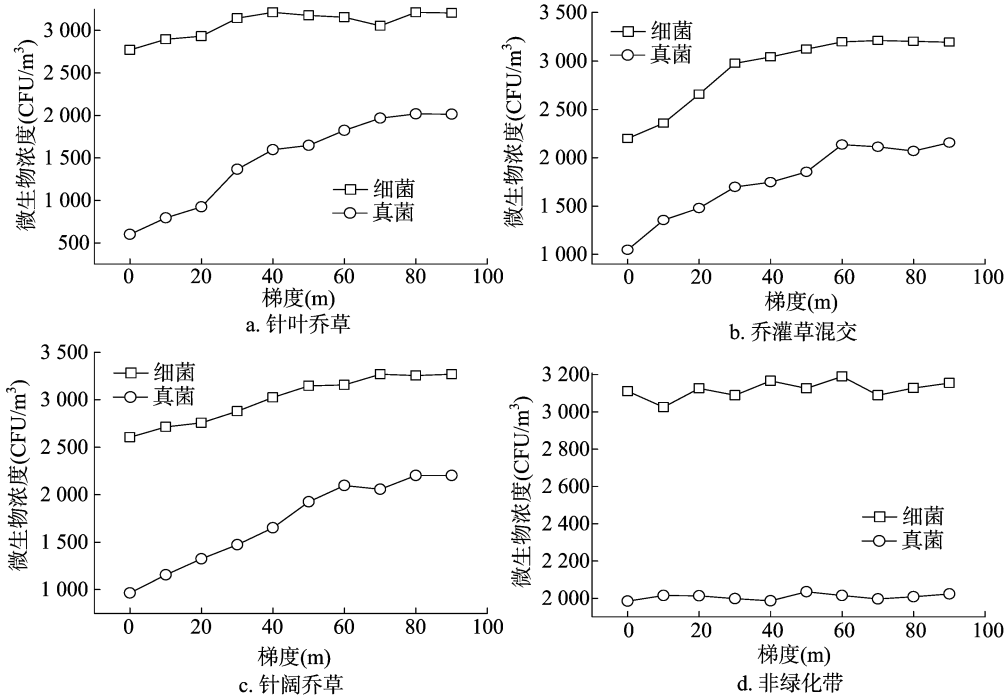


图3 城市绿化带对空气微生物污染的屏障作用

2.5 城市绿化带空气微生物污染评价

对城市绿化带、非城市绿化带采样点不同季节空气微生物的污染状况进行了评价,结果见表 4。城市绿化带和非城市绿化带的污染程度均表现为春季>夏季>秋季>冬季,且真菌污染程度高于细菌污染程度,城市绿化带污染程度高于非城市绿化带污染程度。对于针叶乔草,细菌在春季、夏季和秋季表现为轻微污染,冬季表现为较清洁水平;真菌在春季表现为污染,夏季表现为轻微污染,秋季和冬季表现为清洁。对

于乔灌草混交,细菌在春季和夏季表现为轻微污染,秋季和冬季表现为较清洁;真菌在春季和夏季表现为污染,冬季表现为清洁。对于针阔乔草,细菌在春季和夏季表现为轻微污染,在秋季和冬季表现为较清洁;真菌在春季和夏季表现为污染,冬季表现为较清洁。对于非城市绿化带,细菌在春季表现为污染,在夏季表现为轻微污染,在秋季和冬季表现为较清洁;真菌在春季表现为中度污染,在夏季和秋季表现为污染,在冬季表现为轻微污染。

表 4 城市绿化带空气微生物污染评价

城市绿植类型	微生物类型	春季		夏季		秋季		冬季	
		含量 (CFU/m ³)	等级	含量 (CFU/m ³)	等级	含量 (CFU/m ³)	等级	含量 (CFU/m ³)	等级
针叶乔草	细菌	3 522	轻微污染	3 241	轻微污染	2 569	轻微污染	1 754	较清洁
	真菌	1 023	污染	756	轻微污染	325	清洁	289	清洁
乔灌草混交	细菌	3 256	轻微污染	2 874	轻微污染	1 569	较清洁	1 104	较清洁
	真菌	1 569	污染	1 235	污染	865	轻微污染	523	较清洁
针阔乔草	细菌	3 986	轻微污染	3 259	轻微污染	2 147	较清洁	1 035	较清洁
	真菌	1 458	污染	1 024	污染	756	轻微污染	621	较清洁
非绿化带	细菌	5 238	污染	4 123	轻微污染	2 056	较清洁	1 025	较清洁
	真菌	3 256	中度污染	2 147	污染	1 685	污染	847	轻微污染

3 讨论与结论

本研究对石家庄 3 种城市绿植类型进行了研究,选取了工业区作为数据对比区,并通过取样对空气中细菌、真菌的种类及比例进行了对比分析,从而探讨了城市绿植带来的减菌

效应,并对绿植对空气污染物的屏障效应^[3,8]进行了分析。通过试验发现,细菌、真菌和微生物总数在不同的季节具有不同的分布差异,且均随着四季变化而逐渐降低,具体表现为春季>夏季>秋季>冬季,虽然季节不同,但是真菌含量明显低于细菌含量,也就是说细菌带来的危害更大。此次试验中已

经证实的空气细菌有 45 个属,其中占比最高的是革兰氏阳性菌,高达 37 个属,占到了细菌总数的 82.22%,其中的微球菌属、芽孢杆菌属、葡萄球菌属和库克菌属成为了优势细菌属;革兰氏阴性菌共计 8 属,所占比例为 17.78%,其中的枝孢属、青霉属^[15]成为了优势细菌属。虽然本试验对细菌进行了分离纯化,其中占大部分的是非致病菌,但是这些病菌能够显著影响人体呼吸系统,极易导致过敏反应,对具有慢性病的老年人影响更大,同时会对食品、化妆品等带来影响。

本研究表明,无论是城市绿化带,还是工业区域的非绿化带,其空气微生物类群都表现出一致的季节性,随季节变化而不同;就革兰氏阳性菌而言,随着四季变换,其类群表现出了明显的先降低后增加规律,且绿化带区域其含量百分比明显高于非绿化带。就夏季而言,绿植生长茂盛,绿植分泌物具有一定的杀菌作用,同时由于雨水对空气有净化作用,加之太阳辐射的灭菌作用,因而夏季空气中细菌含量较低。就绿化带空气真菌而言,其含量表现为夏季>春季>秋季>冬季,之所以真菌含量较高的季节是春季和夏季,是因为真菌孢子多源于植被,而不是源于土壤,随着植被越来越旺盛,作为真菌天然培养基的叶原基越来越高,真菌生长旺盛,自然含量也会不断升高^[16];此外,气温的升高会加快真菌的生长、繁殖^[3,16]。春季是植物病害多发期,病原真菌孢子大量产生。

本研究还可以说明,细菌和真菌等微生物含量受到绿化带的影响较大,其含量高与绿化带距离大小成正相关,即距离绿化带区域越远,其微生物含量越高,在绿化带 40 m 以外区域,其含量变化不大,从中不难看出绿化带对微生物具有显著的屏障作用,作用范围约为 40 m 左右。线源污染在非绿化带影响明显,主要的污染因子为颗粒物、微生物、二氧化硫(SO₂),并且通过风力扩散等直接影响周边的商业区及居民区等,直接危害人体健康。空气微生物通过吸附在悬浮颗粒上进行传播,进而进入人体呼吸系统,但悬浮颗粒极易被绿植吸附隔离,且在绿化带的影响下因气流流速下降而使得大量颗粒物发生沉降,从而起到微生物污染隔离作用。另外,树枝叶能够对悬浮颗粒物进行粘附,一旦遇到雨水则能冲刷到地面,从而完成滞尘^[17];因此绿化带能够通过降低空气颗粒物含量来达到降低空气微生物含量的效果。此外,植物挥发物还能抑制甚至是杀死部分病菌,如黄曲霉、绿脓杆菌的克星之一就是碧桃、云杉等树种;油松等松柏科植物能够很好地抑制结核杆菌生长^[15-17]。同时,绿植对 SO₂ 具有很好的吸收作用。为了充分发挥城市绿化带的降菌及屏障效应,必须选择对空气微生物污染具有明显抑制作用的植物,并做好种类配置,从而降低空气中微生物污染,提高空气质量。

参考文献:

- [1] Seinfeld J H, Pandis S N. Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change[M]. New York: John Wiley and Sons, 2016.
- [2] Lelieveld J, Evans J S, Fnais M, et al. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale[J]. Nature,

2015, 525(7569):367-371.

- [3] Adam R I, Bhanger S, Pasut W, et al. Correction; chamber bioaerosol study: outdoor air and human occupants as sources of indoor airborne microbes[J]. PLoS One, 2015, 10(7):e0133221.
- [4] Mayol E, Arrieta J M, Jimenez M A, et al. Long-range transport of airborne microbes over the global tropical and subtropical ocean[J]. Nature Communications, 2017, 8(1):201.
- [5] Krist S, Banovac D, Tabanca N, et al. Antimicrobial activity of nerolidol and its derivatives against airborne microbes and further biological activities[J]. Natural Product Communications, 2015, 10(1):143-148.
- [6] Dong L J, Qi J H, Shao C C, et al. Concentration and size distribution of total airborne microbes in hazy and foggy weather[J]. Science of the Total Environment, 2016, 541(15):1011-1018.
- [7] Konstantinidis K T. Do airborne microbes matter for atmospheric chemistry and cloud formation? [J]. Environmental Microbiology, 2014, 16(6):1482-1484.
- [8] Gaeuzere C, Moletta - Denat M, Blanquart H, et al. Stability of airborne microbes in the Louvre Museum over time[J]. Indoor Air, 2014, 24(1):29-40.
- [9] Sun Y, Xie B Z, Wang M J, et al. Microbial community structure and succession of airborne microbes in closed artificial ecosystem[J]. Ecological Engineering, 2016, 88:165-176.
- [10] Barberan A, Ladau J, Leff J W, et al. Continental-scale distributions of dust-associated bacteria and fungi[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2015, 112(18):5756-5761.
- [11] Rahav E, Paytan A, Chien C T, et al. The impact of atmospheric dry deposition associated microbes on the Southeastern Mediterranean Sea surface water following an intense dust storm[J]. Frontiers in Marine Science, 2016, 3(403):127.
- [12] Mayol E, Jimenez M A, Herndl G J, et al. Resolving the abundance and air-sea fluxes of airborne microorganisms in the North Atlantic Ocean[J]. Frontiers in Microbiology, 2014, 5(959):557.
- [13] Lymperopoulou D S, Adams R I, Lindow S E. Contribution of vegetation to the microbial composition of nearby outdoor air[J]. Applied and Environmental Microbiology, 2016, 82(13):3822-3833.
- [14] Gales A, Latrille E, Wery N, et al. Needles of *pinus halepensis* as biomonitors of bioaerosol emissions [J]. PLoS One, 2014, 9(11):e112182.
- [15] Jamil S, Abhilash P C, Singh A, et al. Fly ash trapping and metal accumulating capacity of plants: implication for green belt around thermal power plants[J]. Landscape and Urban Planning, 2009, 92(2):136-147.
- [16] Adams R I, Miletto M, Lindow S E, et al. Airborne bacterial communities in residences: similarities and differences with fungi [J]. PLoS One, 2014, 9(3):e91283.
- [17] Liang R P, Xiao P, She R P, et al. Culturable airborne bacteria in outdoor poultry-slaughtering facility [J]. Microbes and Environments, 2013, 28(2):251-256.