

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2019.04.006

城市行道绿带减噪植物种类与配置模式筛选

艾锦辉¹,魏镇欢¹,刘文文¹,廖晨阳^{1,2*},陈一¹

(1. 四川大学建筑与环境学院,四川成都 610065;2. 伊利诺伊大学厄巴纳香槟分校,美国厄巴纳 61801)

摘要:为寻求减噪效果好的植物配置模式,实地测定成都市16种常见绿化植物的减噪能力,选出乔木和灌木各3种,购置大苗并模拟测试多种组合方式的减噪能力。结果显示:①实地实验中,山玉兰、银杏、天竺桂、洒金桃叶珊瑚、金丝桃及红花檵木的减噪能力较强。②模拟实验中,银木+洒金桃叶珊瑚,天竺桂+红花檵木,杜英+洒金桃叶珊瑚的减噪效果最佳。绘制行道绿带植物规划示意图,为成都市绿化设计和人居环境改善提供参考。

关键词:园林植物;城市噪声;植物降噪;植物配置;减噪能力

中图分类号:S731.2 文献标识码:A

文章编号:1003-5508(2019)04-0028-06

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Screening of Noise Reduction Plant Species and Configuration Modes in Urban Road Green Belts

AI Jin-hui¹ WEI Zhen-huan¹ LIU Wen-wen¹ LIAO Chen-yang^{1,2*} CHEN Yi¹

(1. College of Architecture and Environment, Sichuan University, Chengdu 610065, China;

2. Department of Plant Biology, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, Illinois 61801, U. S. A.)

Abstract: The noise-reducing capability of 16 species of greening plants was measured in order to find the plant configuration mode with good noise reduction effect in Chengdu, and three tree species and three shrub species were selected. Then, the seedlings of six plants were purchased and simulation tests were carried out to test the noise-reducing capability of various combinations. The result suggested that ① in the field experiment, *Magnolia delavayi*, *Cinnamomum japonicum*, *Cinnamomum japonicum*, *Aucuba japonica*, *Hypericum monogynum* and *Loropetalum chinense* showed strong noise-reducing capability. ② In simulation test, *C. austrosinense* + *A. japonica*, *C. japonicum* + *L. chinense* and *Elaeocarpus decipiens* + *A. Japonica* represented the best noise-reducing effect. A schematic diagram to the road greening was drawn to provide reference for the greening design and the improvement of human living environment in Chengdu.

Key words: Landscape plant, Urban noise, Plant noise-reduction, Plant configuration, Noise-reducing capabilities

随着经济发展和城市化进程的加快,噪声污染已成为我国城市主要污染之一。交通噪声、工地噪声、社会噪声等严重影响着人的情绪,甚至危害人体健康^[1]。植物作为城市中主要的生物设施,发挥着

重要的生态功能,不仅能美化环境、吸尘降尘、降温增湿、固土保水、吸收有害气体,还具有较强的隔音减噪能力^[2~3]。

自20世纪40年代末 Eyring 开始探究绿植减噪

收稿日期:2019-03-25

基金项目:国家自然科学基金(31400195);四川大学大学生创新训练计划(201710611050)

作者简介:艾锦辉(1998-),男,湖南邵阳人,本科,主要从事景观规划设计及其相关应用研究,e-mail:1352188414@qq.com。

*通讯作者:廖晨阳(1982-),博士,讲师,主要从事植物资源与应用研究,e-mail:chenyangliao@scu.edu.cn。

以来,国内外学者对植物的减噪机理、影响因素及不同树种的减噪能力等展开了深入研究^[4]。影响因素方面,研究主要集中于林带平均高度、宽度、叶面积指数、群落结构树种组成、发声点与受测点之间的距离等因子对林带减噪功能的影响^[5]。近年来也有学者开始关注林带孔隙度、种植强度等因子,Lai FernOwS. Ghosh^[6] 等的实验表明,植被种植强度由最小强度增至中等强度时,交通噪声降低了 50%,而当植被进一步增至密集强度时,减噪效果没有明显增强。基于大量实验,国内外学者认为,植物的结构特征会对其减噪效果产生影响,减噪能力主要与茎、干、枝、叶等结构组成有关^[7]。其中枝叶主要影响噪声的反射作用^[8],植株茎干半径、平均高度分别与声波的散射、绕射作用有关^[9]。树种减噪能力方面,张明丽等^[3]发现与常绿阔叶林、落叶阔叶林、散生竹林、丛生竹林、常绿灌木、落叶灌木相比,针叶林和常绿阔叶林的减噪效果更好。洪昕晨等^[10]对群植植物组合的研究结果表明竹林的减噪效果最佳,其次是乔灌草型、乔草型、灌草型和灌木型,草坪型减噪效果较差。杨莉娟^[11]通过对日照市 13 种彩叶树种的减噪能力的研究,发现黄栌(*Cotinus coggygria* Scop.)的减噪能力最强,其次为紫叶李(*Prunus cerasifera* Ehrh.)、美国红栌(*Cotinus coggygria* Scop. var. *cinera* Engl.)等,挪威槭(*Acer platanoides* L.)的减噪能力最弱。

目前相关研究多采用实地测评的方式,即对既定配置的绿化林带、纯林、混交林或更复杂的群落进行现场测定^[12];这样的实验数据虽然直观,但测试的平行性较难保证。本研究采用实地测试与模拟实验相结合的方法,在平行条件下筛选降噪能力强的园林植物及其配置方式,以获取更客观、重复性更好的数据。

本研究选取成都市 16 种常见园林绿植,通过实地测试和对比分析筛选出减噪能力较强的植物,并

在此基础上进行室内大苗模拟实验,探究最佳植物配置模式,并绘制行道绿带植物规划示意图,以期为城市绿化设计提供具有实践性、适应性的参考。

1 材料与方法

1.1 实地实验

1.1.1 实验地概况

成都市介于东经 102°54' ~ 104°53' 和北纬 30°05' ~ 31°26' 之间,属中亚热带湿润季风气候区,年平均气温 16℃ 左右,年平均降水量 900 mm ~ 1 300 mm,自然生态环境多样,生物资源十分丰富。成都市植物园位于市区北部,设有 8 个专类植物区,荟萃全省主要科属植物 2 000 余种和中外珍稀树种 200 余种,实验所需树种在植物园均有分布,因此实地测试选择在成都市植物园进行。

1.1.2 实验对象

选取成都市常见的 16 种绿化树种,包括 8 种乔木:山玉兰(*Magnolia delavayi* Franch.)、银木(*Cinnamomum austrosinense* H. T. Chang.)、雪松(*Cedrus deodara* (Roxb. ex D. Don) G. Don.)、银杏(*Ginkgo biloba* L.)、天竺桂(*Cinnamomum japonicum* Siebold.)、柳杉(*Cryptomeria fortunei* Otto & A. Dietr.)、大叶杨(*Populus lasiocarpa* Oliv.)、杜英(*Elaeocarpus decipiens* Hemsl.); 8 种灌木:木芙蓉(*Hibiscus mutabilis* L.)、金丝桃(*Hypericum monogynum* L.)、海桐(*Pittosporum tobira* (W. T. Aiton.) Ait.)、四季桂(*Osmanthus fragrans* Lour.)、南天竹(*Nandina domestica* Thunb.)、红花檵木(*Loropetalum chinense* Oliv.)、洒金桃叶珊瑚(*Aucuba japonica* Thunb.)、杂交杜鹃(*Rhododendron* cv.),进行实验。

8 种乔木包括常绿阔叶树、常绿针叶树及落叶阔叶树,各乔木生长特征见表 1。

表 1 8 种乔木生长特征表

Tab. 1 The characteristic of eight trees

种类	类型	叶片形状	叶片质地	平均高度/m	平均冠幅/m	叶面积/m ²	带宽/m
山玉兰	常绿乔木	长圆形	叶厚革质	6.50	6.8	0.023	10.0
银杏	落叶乔木	扇形	纸质	7.92	3.5	0.003	8.7
天竺桂	常绿乔木	长圆形	革质	7.03	5.7	0.004	18.6
杜英	常绿乔木	披针形或倒披针形	革质	4.31	3.4	0.004	11.8
银木	常绿乔木	卵形	革质	6.98	7.2	0.003	9.0
大叶杨	落叶乔木	卵圆形	纸质	7.35	5.5	0.016	16.0
雪松	常绿乔木	针形	-	9.36	5.3	-	11.4
柳杉	常绿乔木	钻形	-	9.40	2.3	-	12.7

8种灌木包括常绿灌木、半常绿灌木及落叶灌木,各灌木生长特征见表2。

表2 8种灌木生长特征表
Tab.2 The characteristic of eight shrubs

种类	类型	叶片形状	叶片质地	平均高度/m	平均冠幅/m	叶面积/m ²	带宽/m
金丝桃	半常绿灌木	长椭圆形	坚纸质	0.8	0.95	0.002	1.5
洒金桃叶珊瑚	常绿灌木	长椭圆形	薄革质	1.0	0.60	0.004	3.0
红花檵木	常绿灌木	卵圆形或椭圆形	坚纸质	1.0	0.70	0.001	3.0
南天竹	常绿灌木	披针形	纸质	1.6	1.60	0.001	10.0
四季桂	常绿灌木	椭圆形	革质	1.1	0.70	0.003	10.0
木芙蓉	落叶灌木	宽卵形至心形	纸质	1.8	1.50	0.004	7.0
海桐	常绿灌木	倒卵形	革质	1.7	1.50	0.001	4.7
杂交杜鹃	常绿灌木	卵形	纸质	0.7	0.70	0.0002	3.0

1.1.3 实验方法

实验于2017年7—8月进行,选择风速小于2 m·s⁻¹的中午。测声仪器为TES-1350A声级计,声源分贝值为128.8 dB,频率为214 Hz~218 Hz。如图1-A所示,根据实地情况为每种植物选取3个矩形测试样地,记录样地内植物的林带宽度、高度、冠幅、叶型等特征。样地一边中点作为声源安置点,对侧为测点(a、b、c),声源、声级计置于距植物1.0 m、距地面1.2 m处。保持声源高度、声源与测点间距等相同,测试声源经植物带后的噪声强度,每个样地测试3次(每隔10 s测1次),3个样地共计9次。

在测试区域周围无植被、干扰少的空旷地设置空白对照。

1.2 模拟实验

1.2.1 实验对象

综合考虑实地测试各树种的减噪效果、植物特性、栽种成本等因素,筛选出模拟实验所用树种,包括3种乔木(天竺桂、杜英、银木)、3种灌木(金丝桃、洒金桃叶珊瑚、红花檵木),购置上述6种长势良好、整齐的健壮大苗,栽植于育苗盆中,每盆1株,填实土面与盆口齐平^[13]。大苗生长特征见表3。

表3 6种实验用苗生长特征表
Tab.3 The characteristic of six test seedlings

大苗种类	类型	叶片形状	叶片质地	平均高度/m	平均冠幅/m	叶面积/m ²
天竺桂	常绿乔木	长圆形	革质	1.0	0.20	0.0026
杜英	常绿乔木	披针形或倒披针形	革质	1.0	0.15	0.0033
银木	常绿乔木	卵形	革质	1.3	0.25	0.0034
金丝桃	半常绿灌木	长椭圆形	坚纸质	0.6	0.11	0.0001
洒金桃叶珊瑚	常绿灌木	长椭圆形	薄革质	0.6	0.18	0.0042
红花檵木	常绿灌木	卵圆形或椭圆形	坚纸质	0.8	0.13	0.00004

1.2.2 实验方法

室内模拟减噪实验是量化测试绿化配置方案的有效途径,能够相对准确地评价不同植物配置方式的减噪能力^[13]。实验共设置15个配置方式,包括6个单一树种和9个乔灌木混合搭配,每一配置均为20株盆栽苗。

实验开始前,测记大苗的树高、冠幅、叶型等特征。如图1-B所示,在空旷的室内中划出1×1 m²的矩形区域,分为4×5的方格。测试单一乔木或灌木时,按照1株/格安置大苗;测试混合搭配的乔灌木时,在中间一列放置乔木,左右两侧各放置两列灌木。矩形一边中点设声源安置点,对侧为测点,声源及测声仪器与实地实验相同,声源置于大苗树冠处。

保持声源高度、声源与测点间距等相同,测试声源经植物带后的噪声强度,测试3次(每隔10s测1次)。空白对照设置同实地实验。

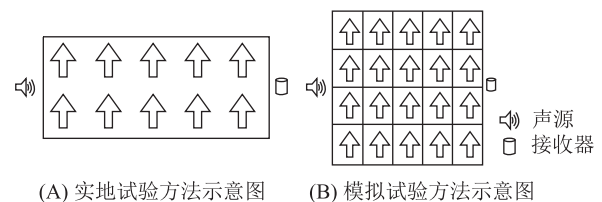


图1 实地试验及模拟试验方法示意图

Fig. 1 Field test and simulation test method

1.3 减噪能力评价指标

根据等效连续A声级衰减值、对照空旷距离声

衰减量及植物带宽可得到 3 个减噪能力评价指标:总减噪量、相对减噪量及相对 A 声级减噪能力。由于不同植物结构差异较大,只用总减噪量或相对减噪量不能科学反映植物的减噪能力,而相对 A 声级减噪能力在相对减噪量的基础上除以林带带宽,代表的是单位林带带宽的减噪能力,能较好地评价植物减噪能力^[5]。本文以相对 A 声级减噪能力为评价指标,计算方法如下:

$$L_0 = N_s - N \quad (1)$$

$$L_1 = N_s - N_0 \quad (2)$$

$$L_2 = L_0 - L_1 \quad (3)$$

$$L = L_2/d \quad (4)$$

式中 L_0 ——总减噪量(dB);
 L_1 ——距离衰减(dB);
 L_2 ——相对减噪量(dB);
 L ——相对 A 声级减噪能力(dB/m);
 N_s ——声源的噪声强度, $N_s = 128.8$ dB;
 N ——声源经植物带后的噪声强度(dB);
 N_0 ——空白对照组经距离衰减后的噪声强度(dB);
 d ——声源与测点的距离(m)(带宽)。

1.4 数据处理

采用 SPSS21.0 软件进行数据分析。经 Kolmogorov-Smirnow 检验,实验数据服从正态分布,对数据进行单因素方差(one-way ANOVA)处理,以比较不同树种间相对 A 声级减噪能力的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 实地实验

2.1.1 乔木实验结果分析

如图 2 所示,不同乔木的相对 A 声级减噪能力有差别,山玉兰与其他 7 种乔木有显著性差异($P < 0.05$),相对 A 声级减噪能力最强;雪松、柳杉与前 5 种乔木有显著性差异($P < 0.05$),相对 A 声级减噪能力最弱;此外,银杏(0.460) \approx 天竺桂(0.388) \approx 杜英(0.376),天竺桂(0.388) \approx 杜英(0.376) \approx 银木(0.322) \approx 大叶杨(0.296)。山玉兰减噪效果最好,这可能与其叶片面积最大、叶厚革质、叶面被卷曲长毛、分枝点低、枝叶稠密且分布均匀等特征有关。雪松、柳杉减噪效果最差,主要因其同属针叶树种,叶片为针形、钻形,面积小;树冠位置较高,声源与树冠并未垂直相对,倾角过大,不利于吸收反射噪

声。

山玉兰的减噪能力最强,但其生长缓慢、喜生于海拔 1 500 m ~ 2 800 m 的凉爽湿润坡地,种植局限性较强,在成都市区难以大面积推广;银杏作为行道树存在树冠成型时间长、投资成本高等问题。因此最终选择减噪能力较强且适应性好、成本低廉的天竺桂、杜英及银木用于室内模拟实验。

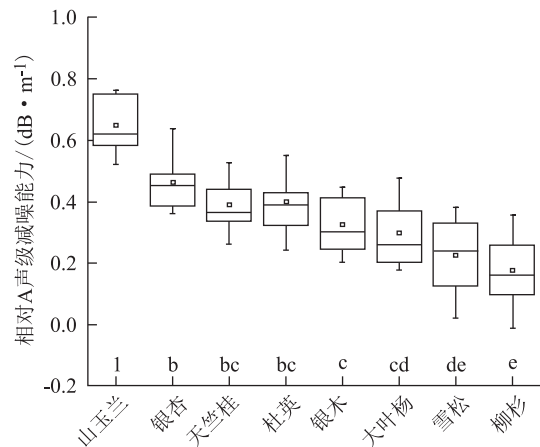


图 2 8 种乔木相对 A 声级减噪能力

Fig. 2 The noise-reduction capability of eight trees on relative sound level A

(盒形图中字母(a,b,...g)相同表示植物间减噪能力差异不明显,字母不同表示差异明显:***、**、*分别表示 $P < 0.05$ 、 $P < 0.01$ 、 $P < 0.001$;图 2: $F = 47.158^{***}$,图 3: $F = 111.536^{***}$,图 4: $F = 17.046^{***}$ 。)

2.1.2 灌木实验结果分析

如图 3 所示,不同灌木的相对 A 声级减噪能力差别较大,金丝桃(3.78) $>$ 洒金桃叶珊瑚(1.64) \approx 红花檵木(1.47) $>$ 南天竹(0.61) \approx 四季桂(0.43) \approx 木芙蓉(0.13) \approx 海桐(0.04) \approx 杜鹃(-0.01)。金丝桃的相对 A 声级减噪能力最强,其叶面积不大,但重叠的分枝和稠密的叶片可以改变噪声直射的方向,形成乱反射^[14]。与金丝桃、洒金桃叶珊瑚等相比,海桐叶片较小且叶片簇生于枝条顶端,冠间中空^[15],杜鹃叶片小且枝叶稀疏,减噪效果都不理想。

基于减噪能力,最终选择洒金桃叶珊瑚、金丝桃及红花檵木进行室内模拟实验。

2.2 模拟实验

如图 4 所示,不同配置方式的相对 A 声级减噪能力不同,配置 1(银木 + 洒金桃叶珊瑚)与配置 3 ~ 15 间有显著性差异($P < 0.05$),配置 2(天竺桂 + 红花檵木)与配置 4 ~ 15 间有显著性差异($P <$

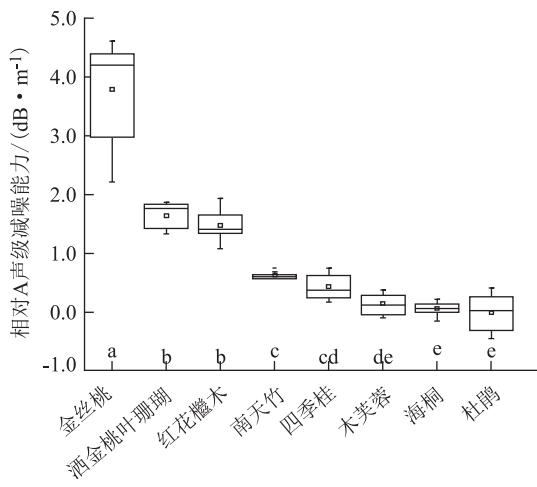


图3 8种灌木相对A声级减噪能力

Fig. 3 The noise-reduction capability of eight shrubs on relative sound level A

0.05), 配置1、2间没有显著性差异, 可见银木+洒金桃叶珊瑚和天竺桂+红花檵木吸声效果相近且优于其他配置。由表3可知, 银木和洒金桃叶珊瑚在乔木与灌木大苗中叶面积均为最大, 两者平均高度分别为1.25 m和0.6 m, 洒金桃叶珊瑚可有效填补银木的枝下空缺。天竺桂和红花檵木均具有分枝多而密的特点, 可形成内部均匀紧实的配置实体, 有利于反射、吸收噪声。总体而言, 叶片宽大、枝叶稠密的配置方式具有良好的减噪效果。

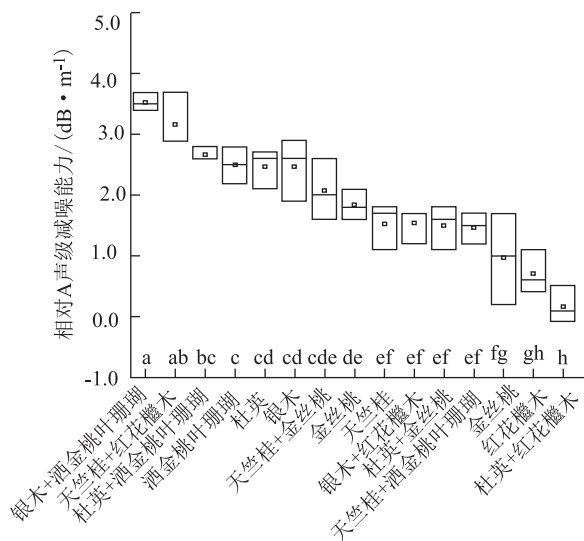


图4 15种配置方式相对A声级减噪能力

Fig. 4 The noise-reduction capability of fifteen configurations shrubs on relative sound level A

乔灌木组合的减噪能力优于单一树种配置, 这是因为单一树种组成的林带, 其林冠层以下结构单

调, 以树干为主, 实际减噪效应并不因绿地的宽度大而加大^[16], 将乔木与灌木进行搭配后, 灌木填充了乔木的枝下与株间的空隙^[17], 直接影响了声波的水平传播, 扩大了垂直方向上树体与噪声的接触面积。此外, 灌木矮小靠近地面, 能够有效地减少地面的噪声反射, 使减噪效果更佳。

2.3 行道绿带规划示意图

结合研究结果及成都市城市道路绿化建设导则^[18], 绘制银木+洒金桃叶珊瑚、天竺桂+红花檵木两种配置方式的50 m行道绿带规划示意图(见图5)。配置图中乔木胸径8 cm~13 cm, 冠幅3 m~5 m, 株距5 m; 灌木带宽度1.5 m, 高度1.2 m, 种植密度5株·m⁻²~7株·m⁻²。

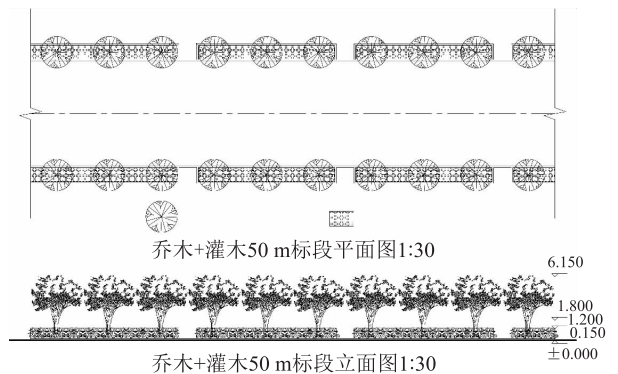


图5 行道绿带规划示意图

Fig. 5 Road green belts plan

3 结论与讨论

(1) 实地实验表明, 山玉兰、银杏、天竺桂、金丝桃、洒金桃叶珊瑚及红花檵木的减噪能力较强; 植株减噪能力与树种特性关系密切, 叶片宽大质厚、枝下高低、枝叶繁密且分布均匀的树种减噪能力佳。模拟实验结果显示, 叶片宽大、枝叶稠密的配置方式具有良好的减噪效果, 银木+洒金桃叶珊瑚, 天竺桂+红花檵木的配置减噪效果最佳。

(2) 实验所选树种不仅是成都市绿化常见绿植, 在西南地区亦广泛种植。模拟实验选用了6种成都市常用园林绿化植物的15种配置方式作为测试对象, 具有一定代表性, 可以作为我国西南地区绿化方案选择的重要参考。根据研究结果和物种特性, 建议在噪声污染严重的街道、商业区、工矿区等以阔叶树种为绿化主体, 采用天竺桂、杜英、银木等乔木与金丝桃、洒金桃叶珊瑚、红花檵木等灌木相互搭配, 减噪效果好的同时兼备良好的景观效果和污

染防治能力。天竺桂、银木、杜英为常绿阔叶乔木,长势强、树冠扩展快、耐修剪、病虫害少。天竺桂对二氧化硫抗性强;银木有很强的吸烟滞尘、吸收多种有毒气体及固土防沙的能力;金丝桃花色金黄,可供观赏且管理方便;洒金桃叶珊瑚是良好的观叶植物,且对烟尘和大气污染抗性强;红花檵木萌芽力强、耐修剪、耐瘠薄,叶片呈紫红色,可与常绿乔木相互衬托。此外,考虑到地区差异和气候条件,今后的研究可根据绿化树种和配置方案的实际需要进行扩大实验,因地制宜地探究适宜的植物减噪配置模式,为各地城镇绿化设计提供更广泛的树种选择参考。

(3)本实验针对单一频率(214 Hz ~ 218 Hz)噪声下的植物减噪效应研究,实际情况下,单一噪声源的情况较少,更常见的是具有多声频谱段的混合噪声,各种植物对不同噪声的减噪效果也千差万别,因此探究植物对不同类型噪声的减噪能力对营造各类降噪绿地尤为重要。后期实验中可进一步研究这些植物对多种频率噪声的减噪效应,以研究多样化的植物配置方式应对不同声频谱段的混合型噪声。

(4)实验选用了6种成都市常用园林绿化植物的15种配置方式作为测试对象,但成都市常用木本园林植物多达五六十种,可能存在其他减噪效果更好的树种,故将在以后的研究中逐步扩大研究样本,对更多树种和更复杂的植物组合方式进行探究。

(5)室内模拟植物配置方式固定,测试条件可比性强、重复性高;且植物减噪能力的主导影响因子为其茎、叶、枝、干组成的实体结构,大苗与成年树种的实体结构相似,大苗配置下的减噪效果结论一定程度上可代表成年树种配置下的结论;此外,孙翠玲^[13]通过室内大苗配置实验,指出结合大苗模拟实验可提高植物配置减噪能力综合评定的可靠性。所以,大苗模拟实验作为实际树种配置减噪效果比较的依据具有一定合理性。

参考文献:

[1] 吴佳宁,伏玮航,陈丽婷,等. 城市道路绿地减噪效果调查研

究——以夏季沙依巴克区为例[J]. 江西农业,2017,(10):118~119.

- [2] 巴成宝,梁冰,李湛东. 城市绿化植物减噪研究进展[J]. 世界林业研究,2012,25(05):40~46.
- [3] 张明丽,胡永红,秦俊. 城市植物群落的减噪效果分析[J]. 植物资源与环境学报,2006,15(02):25~28.
- [4] Eyring CF. Jungle acoustics[J]. Journal of the Acoustical Society of America,1946,18(2):257~270.
- [5] 巴成宝. 北京部分园林植物减噪及其影响因子研究[D]. 北京:北京林业大学,2013.
- [6] Lai FernOw,S. Ghosh. Urban cities and road traffic noise: Reduction through vegetation[J]. Applied Acoustics,2017,(120):15~20.
- [7] 王琳琳. 福州市不同园林植被类型减噪效果研究[D]. 福州:福建农林大学,2016.
- [8] 刘洋,汪坤,祝遵凌. 高速公路不同植物带不同时期降噪效果研究——以苏北里下河地区为例[J]. 中外公路,2014,(5):9~12.
- [9] 张晶,郭小平,王宝,等. 绿化带降噪机理及模型研究进展[J]. 热带亚热带植物学报,2013,(4):381~388.
- [10] 洪昕晨,兰思仁,陈凯,等. 群植树木对声环境优化的研究[J]. 防护林科技,2016,(1):5~7.
- [11] 杨莉娟. 日照市主要彩叶树种综合评价研究[D]. 泰安:山东农业大学,2016.
- [12] 崔海南. 国内的植物降噪研究进展[J]. 现代园艺,2014,(10):168.
- [13] 孙翠玲. 树木减噪的模拟研究[J]. 林业科学,1985,21(02):132~139.
- [14] 余树勋. 北方城市噪声如何减弱——在“面向21世纪首都绿化学术研讨会”上的发言[J]. 中国园林,2000,16(2):16~18.
- [15] 刘佳妮. 园林植物降噪功能研究[D]. 杭州:浙江大学,2007.
- [16] 孙翠玲. 北京市绿化减噪效果的初步研究[J]. 林业科学,1982,(3):329~334.
- [17] 陆旭蕾,刘艳,栗志峰,等. 城市绿地对减弱环境噪声作用的探讨[J]. 石河子科技,2003,(5):17~18.
- [18] 成都市林业和园林管理局. 成都市城市道路绿化建设导则[M]. 成都:成都市林业和园林管理,2017.