

[文章编号] 1003-4684(2020)04-0064-05

3 种植物和基材在种植槽式墙面绿化中的研究

罗先林, 叶建军, 吴亚蒙

(湖北工业大学土木建筑与环境学院, 湖北 武汉 430068)

[摘要] 为研究不同植物和基材应用于种植槽式墙面绿化的绿化效果, 采用 1 个 1.5 m×1.2 m×2 m 的建筑模型模拟真实建筑物, 在建筑模型东、南和西 3 面墙上进行绿化试验, 相隔 6 个月对比观测不同墙面种植槽里植物的生长状态、盖度和高度变化。结果表明: 相比于麦冬(*Ophiopogon japonicus* (L.f.) Ker-Gawl.)、葱兰(*Zephyranthes candida*.), 佛甲草(*Sedum lineare* Thunb.) 在种植槽式墙面绿化的应用效果更佳; 3 种植物在种植槽式墙面绿化的盖度排序: 佛甲草>麦冬>葱兰; 佛甲草在建筑垃圾基材上生长最优, 麦冬在泵送轻质基材上生长最优, 葱兰在种植块基材上生长最优; 南墙种植槽的佛甲草生长最佳, 西墙种植槽的麦冬、葱兰生长最佳。研究表明不同植物、基材在种植槽式墙面绿化中的绿化效果差异明显。

[关键词] 墙面绿化; 植物; 种植槽; 种植基材

[中图分类号] S731 [文献标识码] A

随着我国高度“压缩型”的城镇化进程加快, “井喷式”的开发建设致使城市趋于高密度发展, 城市原有的生态平衡被打破, 近年来大中城市出现的内涝、空气污染、“热岛效应”、雾霾和噪音等环境问题愈演愈烈^[1-2]。怎样有效地应对和缓解这些环境问题, 是当代城市绿色可持续发展亟待解决的难题之一。墙面绿化作为一种创新的城市绿化方式, 享有“垂直花园”的美誉, 不仅有净化空气、吸尘降噪、美化环境、提升景观、拓展观赏空间等诸多生态及社会效益, 还具有节约资源、开发和带动一系列绿色产业链发展等经济效益, 正越来越受到社会各界的广泛关注^[3-4]。墙面绿化技术是墙面绿化应用及发展的关键和难点, 常用的墙面绿化有种植槽式^[5]、铺贴式^[6]、水培式^[7]、模块式^[8]、攀爬式^[9]等技术。其中种植槽式墙面绿化具有结构安全可靠、基材装量大、植物组合多样性等优势, 是广泛采用的技术。然而, 墙面绿化的外墙裸露于建筑物外, 终年受风吹日晒, 冰霜雨雪。因此, 通常对应用于墙面绿化的植物、基材有严格的要求, 植物必须具有耐寒、耐高温、抗倒伏等特性, 基材必须具有保水肥、抗侵蚀、抗冲刷等特性。这些局限性对墙面绿化有一定的技术挑战性, 影响了墙面绿化的广泛发展和应用。因此, 如何正确选择适宜的植物、基材并有效地提高墙面绿化

效果, 是墙面绿化发展面临的重难点问题。

为此, 以种植槽式墙面绿化为基础, 选用亚热带常见的 3 种植物: 佛甲草(*Sedum lineare* Thunb.)、麦冬(*Ophiopogon japonicus* (L.f.) Ker-Gawl.) 和葱兰(*Zephyranthes candida*.), 3 种代表性的专利基材: 泵送轻质基材^[10]、种植块^[11]和建筑垃圾^[12]基材, 进行试验研究, 在 6 个月内对比观测不同墙面种植槽里植物的生长状态、盖度和高度变化, 以对比 3 种植物和 3 种基材在种植槽式墙面绿化中的应用效果。

1 材料与方法

1.1 试验材料与基材配比

1.1.1 试验材料 木板: 购于湖工大东门外木料店。钉子、吸水条: 购于湖工大南门外红星商场。锯子、卷尺、记号笔等工具: 自备。表土: 取自湖工大土建楼附近的表土。建筑垃圾: 取自湖工大土建楼附件废弃的砖块、砼块, 经铁锤捣碎。有机质: 取自湖工大校园园林绿化植物(香樟和水杉)的枯枝落叶, 经晒干后剪成碎片。陶粒、河沙、泥炭土、复合肥: 购于南湖花木城。墙面绿化植物见表 1。

1.1.2 基材配比 采用上述材料配制 3 种墙面绿化基材, 分别为种植块、建筑垃圾和泵送轻质基材。

[收稿日期] 2019-12-25

[基金项目] 国家自然科学基金项目(51909081); 湖北工业大学高层次人才科研启动金(BSQD14047)

[第一作者] 罗先林(1992-), 男, 湖北麻城人, 湖北工业大学硕士研究生, 研究方向为屋顶绿化

[通信作者] 叶建军(1974-), 男, 湖北英山人, 工学博士, 湖北工业大学教授, 研究方向为屋顶绿化, 生态护坡和绿色拆除爆破技术

3 种基材分别搅拌均匀后待用。种植块基材:干燥骨料为浮石、陶粒、膨胀页岩组合,粒径 5~40 mm,干燥水泥土为水泥与表土(体积比) 15% : 85%; 建筑垃圾基材:碎砖与碎混凝土(体积比)为 85% :

15% 混合物。泵送轻质基材:粗骨料为陶粒,细骨料为陶砂或珍珠岩砂,粘结料为泥炭土或改性粘土。基材配比见表 2。

表 1 墙面绿化植物表

| 植物名称 | 拉丁学名 | 科 | 株高/cm | 数量/株 | 应用位置 |
|------|---|-----|---------|------|------|
| 佛甲草 | <i>Sedum lineare</i> Thunb. | 景天科 | 5~5.4 | 60 | 顶层 |
| 麦冬 | <i>Ophiopogon japonicus</i> (L. f.) Ker-Gawl. | 百合科 | 7.9~8.3 | 60 | 中层 |
| 葱兰 | <i>Zephyranthes candida</i> . | 石蒜科 | 4.5~4.9 | 60 | 底层 |

表 2 试验基材配方表

| 体积比例 | 基材 | | |
|-----------------------|-------|------|------|
| | 种植块 | 建筑垃圾 | 泵送轻质 |
| 55/% | 干燥骨料 | 碎砖、砂 | 粗骨料 |
| 20/% | 干燥水泥土 | 河沙 | 细骨料 |
| 15/% | 水 | 表土 | 粘结料 |
| 10/% | 干燥有机质 | 有机质 | 有机料 |
| 3/g · L ⁻¹ | 复合肥 | 复合肥 | 复合肥 |

1.2 试验方法与现场试验

1.2.1 试验方法 利用 CAD,按照墙面绿化相关标准及规范画出种植槽式墙面绿化立面示意图,然后利用 SU(草图大师)建模模拟墙面绿化试验(图 1)。此试验仅研究墙面,模型屋顶不作研究。墙面绿化模型的尺寸为:长×宽×高 1500 mm×1200 mm×2000 mm,东、南、西每面墙上分别设计安装 3 层种植槽,槽深 100 mm,上下两层种植槽间距为 400 mm。最后计算出模型所需材料的尺寸(长、宽)及种植槽的体积,并计算出所需基材量,形成完整可操作的试验设计方案。后期按照试验设计方案在指定时间(2019 年 3 月 23 日、5 月 23 日、7 月 23 日、9 月 23 日)对试验进行取样观测。

条向每个种植槽输送水分。同时将准备好的基材材料(表土、陶粒、河沙、有机质等)按试验方案分别配制成种植块、建筑垃圾和泵送轻质基材,用铁锹充分拌和待用,泵送轻质、建筑垃圾和种植块基材分别填充至对应的东、西和南墙的种植槽;将准备好的佛甲草、葱兰、麦冬分别栽种至对应的种植槽(每个种植槽各 20 株),最后在每个种植槽里浇适量的水,于 2019 年 3 月 8 日完成(图 2)。



图 2 墙面绿化现场试验

1.3 测试指标与方法

1.3.1 植物生长状态观测 植物生长状态是通过植物的根、茎、叶、花和果等表现出来的特征,不同时期有不同生长的特征,根据植物生长状态(叶片色泽、枯叶数、萎蔫等)可分为 5 个等级^[13]。植物生长状态观测及评定方法:分别对试验模型的东、南、西墙面上种植槽里的佛甲草、麦冬、葱兰的实际生长情况进行观测,按表 3 进行综合评定、分级。

表 3 植物生长状态评价

| 等级 | 植物生长状态 |
|-----|-----------------------------------|
| I | 植株正常生长,无枯死叶片 |
| II | 植株生长缓慢,顶部叶片出现轻度萎蔫,叶片反卷,叶枯死量<10% |
| III | 植株停止生长,叶片出现黄化、干枯等现象,叶枯死量<40% |
| IV | 主干顶部叶片及分枝严重萎蔫,底部叶片黄化甚至倒伏,叶枯死量<60% |
| V | 植株失水严重,部分倒伏死亡,叶枯死量>60% |

1.3.2 植物盖度测量 盖度指植物地上部分投影面积占地面的比率,佛甲草成坪速度快慢反应盖度变化见文献^[14]。盖度测量方法:在试验模型的东、南、西 3 面墙,9 个种植槽的正上方,垂直高度约 30 cm,向下拍照。采用 PS 软件对观测照片进行分

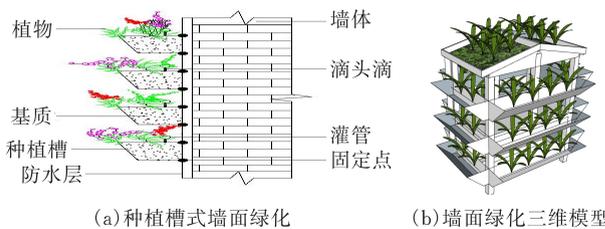


图 1 墙面绿化示意图

1.2.2 现场试验 现场试验分 3 个阶段:制作墙面绿化主体结构、配制填充绿化基材、栽种植物。第 1 阶段,制作墙面绿化主体结构:于 2019 年 3 月 1 日在湖北工业大学土建楼试验区开始,按照试验设计方案,将提前准备好的材料(木板、钉子等),利用木工工具(锯子、锤子、卷尺、记号笔等)制作出现场的试验模型,于 2019 年 3 月 5 日完成。第 2、3 阶段,配制填充绿化基材和栽种植物:于 2019 年 3 月 6 日开始,按照试验设计方案,将吸水条连通每个种植槽,最后引至中层的储水槽中,中层储水槽通过吸水

析,计算相应种植槽里的佛甲草、麦冬、葱兰,在基材上的投影面积,然后计算其盖度。

1.3.3 植物高度测量 植物高度一般指从地面到植物顶部的平均高度,是植物最为直接和简单的特征^[14]。高度测量方法:在试验模型的东、南、西3面墙,9个种植槽里的佛甲草、麦冬、葱兰分别用直尺进行测量,并归类记录,计算相应种植槽里的佛甲草、麦冬、葱兰的平均高度。

2 结果与分析

2.1 植物生长状态

第1次(2019年3月23日,下同)观测时,东、

表4 试验植物生长状态评价(第4次观测)

| 墙面 | 植物类型 | 植物生长状态 | 评定等级 |
|----|------|------------------------------|------|
| 东墙 | 佛甲草 | 生长缓慢,部分叶片萎蔫,叶片翻卷发黄,叶枯死量<10% | II |
| | 麦冬 | 叶片大量发黄,失水严重,部分倒伏死亡,叶枯死量>63% | V |
| | 葱兰 | 植株失水严重,部分萎蔫,半数倒伏死亡,叶枯死量>62% | V |
| 西墙 | 佛甲草 | 生长缓慢,少量叶片轻度萎蔫,叶片翻卷,叶枯死量<8% | II |
| | 麦冬 | 叶片大量发黄翻卷,失水严重,倒伏死亡,叶枯死量>68% | V |
| | 葱兰 | 植株出现失水,少量萎蔫,部分倒伏死亡,叶枯死量>69% | V |
| 南墙 | 佛甲草 | 生长缓慢,少量叶片轻度萎蔫,叶片发黄,叶枯死量<6% | II |
| | 麦冬 | 叶片多数发黄干枯,大部分失水倒伏死亡,叶枯死量>75% | V |
| | 葱兰 | 植株失水严重,半数萎蔫,大部分倒伏死亡,叶枯死量>80% | V |

2.2 3种植物盖度变化情况

3种植物在种植槽式墙面绿化的盖度变化情况见图3,图中横轴表示测量时间,纵轴表示指标的数量大小,每次取样时间间隔2个月。第1次测量时,建筑垃圾基材、种植块、泵送轻质基材上相应的佛甲草、麦冬、葱兰盖度均较小,分别为:40.4%、25.1%和12.6%。第3次测量时,每个种植槽里的佛甲草、麦冬、葱兰盖度达最大,其中:建筑垃圾基材的佛甲草盖度达100%,泵送轻质基材的麦冬盖度达78.8%,种植块的葱兰盖度达61.8%。第4次测量时,种植槽里的佛甲草的盖度有所下降,麦冬、葱兰的盖度为0(死亡)。

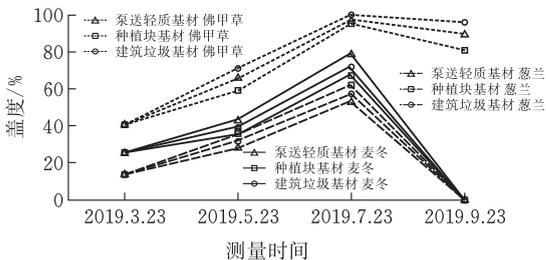


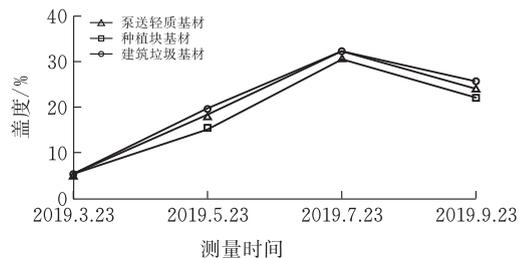
图3 植物在基材上的盖度变化情况

2.3 3种植物高度变化情况

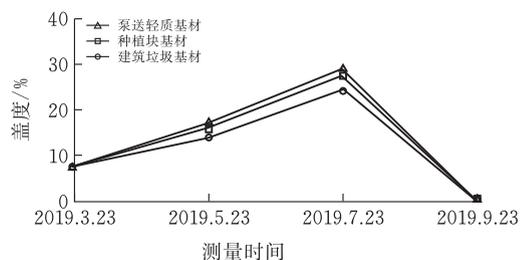
3种植物在种植槽式墙面绿化的高度变化情况见图4,第1次测量时,建筑垃圾基材、种植块、泵

南和西墙:佛甲草、麦冬、葱兰已种植15d,3墙差异不明显,3种植物叶色逐渐恢复绿色,萎蔫状态逐渐消退,主茎恢复挺立。第2次(2019年5月23日)观测时,东、南和西墙:佛甲草均开了黄色小花,尤其南墙建筑垃圾基材的佛甲草开花最旺盛。第3次(2019年7月23日)测量时,东、南和西墙:佛甲草、麦冬和葱兰茎叶粗壮、叶色鲜绿,尤其西、南墙的植物长势最佳。第4次(2019年9月23日)测量时的植物生长状态见表4,东、南和西墙:麦冬、葱兰均枯死,佛甲草有不同程度的萎蔫、倒伏,其中:南墙种植槽的佛甲草生长状态良好。

送轻质基材上相应的佛甲草、麦冬、葱兰高度均较小,分别为:5.2cm、8.1cm和4.7cm。第3次测量时,每个种植槽里的佛甲草、麦冬、葱兰高度达最大,其中:建筑垃圾基材的佛甲草高度最大(32.1cm)、泵送轻质基材的麦冬高度最大(29cm)、种植块的葱兰高度最大(21.5cm)。第4次测量时,种植槽里的佛甲草的高度有所下降,麦冬、葱兰的高度为0(死亡)。



(a)佛甲草高度变化



(b)麦冬高度变化

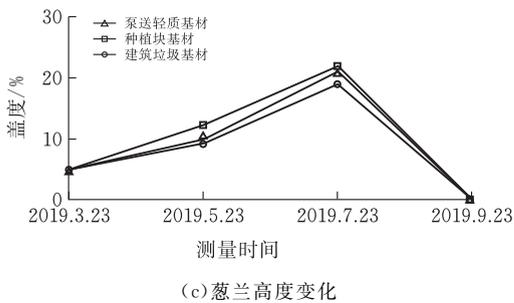


图4 植物在基材上的高度变化情况

3 结论与讨论

本试验以种植槽式墙面绿化为基础,选用了3种常见植物和3种代表性的专利基材进行试验,半年内4次对墙面绿化种植槽里的3种植物进行观测,得到以下结论:相比于麦冬、葱兰,佛甲草在种植槽式墙面绿化的效果更好;3种植物在种植槽式墙面绿化的盖度排序:佛甲草>麦冬>葱兰;佛甲草在建筑垃圾基材上生长最优,麦冬在泵送轻质基材上生长最优,葱兰在种植块基材上生长最优;南墙种植槽的佛甲草生长最佳,西墙种植槽的麦冬、葱兰生长最佳。

本研究发现种植槽式墙面绿化的3种植物的形态呈现:“萎蔫—恢复正常—枝叶繁茂—萎蔫”的趋势,尤其是麦冬、葱兰表现明显。产生此现象的原因可能是:植物栽种后萎蔫,移栽时根有一定程度的损伤,无法正常的从基材里吸收养分来供给各器官;植物恢复正常,经过一段适应时间,植物各器官(根、茎、叶等)恢复正常功能,吸收养分、运输能量、进行光合、呼吸作用等;植物枝叶繁茂,随着植物各器官不断的吸取养分,根部发达、茎叶粗壮,新陈代谢旺盛,生长茂盛;植物最终萎蔫,2019年夏季持续的高温,加上罕见的干旱天气,植物缺水严重致死。表明进行墙面绿化时,要配备适合的浇灌系统(如:滴灌)^[15]。

本研究发现佛甲草、葱兰和麦冬分别在建筑垃圾、种植块和泵送轻质基材的生长最佳(茎叶粗壮,叶色鲜绿)。产生此现象的原因可能是:建筑垃圾基材里的碎红砖、碎砾颗粒相对大,且表面孔隙、裂纹较多,团粒结构好,可储藏水分和养分,佛甲草须根发达,能快速吸取养料,生长迅速^[16];种植块有陶粒和少量的水泥土,基材空间结构好,排水通畅,且有一定的黏性,尤适葱兰生长;泵送轻质基材里有小粒径的陶粒、粘结料和有机料,基材呈微碱性,有一定的和易性,肥沃湿润,尤适麦冬生长。表明进行墙面绿化时,不同的植物要专门配制满足其生长习性的特殊基材。

本研究发现南墙种植槽的佛甲草、麦冬和葱兰的形态、盖度和高度最佳,西墙次之,东墙最差。产生此现象的原因可能是:在北半球中纬度地区的建筑物,一天中,南墙获得太阳光照射时间最长,西墙太阳辐射强,东墙太阳辐射次之,而植物在生长期,需吸收大量阳光,进行光合作用,满足各器官(根、茎、叶等)的生长^[17]。表明进行墙面绿化时,针对建筑物不同墙面获取阳光时长及辐射强弱的差异,有针对性的对不同墙面应用喜光或喜阴的植物。

笔者主要从华中亚热带气候区对佛甲草、葱兰和麦冬在不同基材的种植槽式墙面绿化中的应用进行了研究。墙面绿化植物生长的优劣取决于很多因素,不仅与种植基材、水分、植物类型等因素有关,还与通风性、光照、温度等因素密切相关。北半球亚热带气候区,建筑物夏季东、南墙受东南风影响大,冬季西、北墙受西北风影响大;建筑物不同朝向的墙面光照时间、太阳辐射强度在一年中的不同时间段(尤其夏、冬季)有较大差异(上文中有所讨论)^[18]。本墙面绿化试验由于场地限制,与实际的建筑物墙面绿化存在一定的差异,后期结合实际墙面绿化项目,进一步探讨其中规律。其适用性还可从其他不同气候区、墙面绿化类型等方面进行探讨,有待后续拓展研究。

[参考文献]

- [1] 董楠楠. 高密度城市中心区立体绿化规划关键策略与技术实践[C]. 中国城市科学研究会、郑州市人民政府、河南省住房和城乡建设厅, 2019: 239-246.
- [2] Jia Wang, Weiqi Zhou, Min Jiao, et al. Significant effects of ecological context on urban trees' cooling efficiency[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2020, 159: 78-89.
- [3] 斯卡兰. 建筑墙面绿化[M]. 桂林: 广西师范大学出版社, 2015(3): 6-9.
- [4] Sara Johnson. Inside the garden walls[J]. Architect, 2018, 107(7): 14.
- [5] 柳婧雯, 陈宇. 墙面绿化关键技术及推广建议[J]. 湖南农业科学, 2016(2): 88-90, 93.
- [6] 张更新. 铺贴式墙体绿化技术研究[D]. 北京: 北方工业大学, 2015.
- [7] 费莹, 陈星. 幕墙垂直绿化的水培种植槽技术浅析[J]. 华中建筑, 2018, 36(7): 46-48.
- [8] 陈伟. 一种模块化垂直绿化装置的研究[J]. 绿色科技, 2018(9): 52-53.
- [9] 黄佳敏, 徐斌, 余江勇. 高层建筑设计中攀爬式垂直绿化应用——以保利华苑建筑立面垂直绿化设计为例[J]. 绿色科技, 2019(21): 57-59.

- [10] 叶建军.泵送轻质屋顶绿化基材:中国,200710053781.0 [P],2009-10-21.
- [11] 叶建军.屋顶绿化种植块及制作方法:中国,201010118617.5[P],2011-08-24.
- [12] 叶建军,许文年,余世孝.屋顶绿化系统及绿化方法:中国,200910063086.1[P],2011-08-17.
- [13] 曾玲玲,李永胜.4种暖季型草坪草在墙面绿化中的应用初探[J].广东农业科学,2013,40(17):45-47.
- [14] 王文和,关雪莲.植物学[M].北京:中国林业出版社,2015:56-57.
- [15] 曾林军,卢漫,黎修东,等.滴灌技术在墙面绿化中的应用研究[J].安徽农业科学,2013,41(24):10 057-10 058,10 171.
- [16] 王立河.土壤肥料[M].北京:中国农业大学出版社,2018(4):31-40.
- [17] Martinez-Rubio A et al. Evaluating solar irradiance over facades in high building cities, based on LiDAR technology[J]. Applied Energy,2016,183:133-147.
- [18] 丁庆.建筑活墙太阳辐射模型的建立与验证[D].武汉:华中科技大学,2018.

Experimental Study on 3 Plants and Substrates in Planting Trough Wall Greening

LUO Xianlin, YE Jianjun, WU Yameng

(School of Civil Engin., Architecture and Environment, Hubei Univ. of Tech., Wuhan 430068, China)

Abstract: To study the greening effect of different plants and substrates applied to planting trough wall greening, a 1.5 m×1.2 m×2 m building model was used to simulate the real building, and the greening tests were performed on the 3 walls of the east, south, and west of the building model. Growing state, coverage and height of plants in different planting troughs were compared and observed at 6 months. The results showed that: compared with *Ophiopogon japonicas*(L.f.)Ker-Gawl and *Zephyranthes candida*, the application effect of *Sedum lineare* Thunb was better in planting trough wall greening; the coverage of the three kinds of plants in the planting trough wall greening order: *Sedum lineare* Thunb > *Ophiopogon japonicas*(L.f.)Ker-Gawl > *Zephyranthes candida*. *Sedum lineare* Thunb grew best on construction waste substrates, *Ophiopogon japonicas* (L.f.)Ker-Gawl grew best on pumped light substrates, and *Zephyranthes candida* grew best on planting block substrates; *Sedum lineare* Thunb best in the south wall planting trough, *Ophiopogon japonicas*(L.f.)Ker-Gawl and *Zephyranthes candida* grew best in the west wall planting trough. This study proved that different plants and substrates have different greening effects in planting trough wall greening.

Keywords: wall greening; plant; planting trough; planting substrate

[责任编辑:裴 琴]