

郭 晖. 河南省郑州市公园绿地常见植物固碳释氧能力分析[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(15): 103–106.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.15.026

# 河南省郑州市公园绿地常见植物固碳释氧能力分析

郭 晖

(新乡学院生命科学技术学院, 河南新乡 453000)

**摘要:**重点研究河南省郑州市公园绿地常见的 20 种阔叶落叶乔灌木的固碳释氧能力。采用 LI-COR (LI-6400XT) 便携式光合作用测量系统对郑州城市公园绿地 20 种植物净光合速率进行测定。结果表明: 20 种供试树木中光合速率、单位叶面积固碳释氧量为灌木高于乔木, 而植物整株固碳释氧量为乔木高于灌木, 20 种植物整株固碳量从高到低依次是栾树、悬铃木、银杏、国槐、合欢、乌桕、紫薇、白玉兰、白蜡树、元宝枫、刺槐、红瑞木、连翘、紫丁香、垂柳、山梅花、西府海棠、忍冬、紫叶李、碧桃, 释氧量从高到低依次是栾树、悬铃木、银杏、国槐、合欢、乌桕、紫薇、元宝枫、刺槐、白玉兰、白蜡树、红瑞木、紫丁香、连翘、垂柳、山梅花、西府海棠、忍冬、紫叶李、碧桃。

**关键词:**郑州市; 公园绿地; 园林植物; 固碳释氧

**中图分类号:** S718.43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)15-0103-03

城市绿化作为城市环境重要的组成部分, 对城市系统的稳定性起着不可估量的作用, 城市园林的生态功能与居民的生活息息相关<sup>[1-3]</sup>。植物通过光合作用进行二氧化碳固定、氧气释放、水分蒸发等生理活动, 起到增加空气含氧量、降低环境温度的作用, 进而改善了局部空气质量、提高了人体舒适度, 这种生态功能是目前人工手段不可替代的<sup>[4-7]</sup>。面对目前城市用地紧张、绿化用地不断缩小的窘境, 合理利用植物自身特性, 发挥其最大生态功能就显得尤为重要。因此, 研究城市园林树木的固碳释氧效应, 是构建城市生态园林的基本方法与手段<sup>[8]</sup>。本试验通过对河南省郑州市园林绿化中常见的 20 种落叶木本植物的光合速率、冠幅面积及叶面积指数进行研究, 分析其单位叶面积、整株固碳释氧能力, 以期为豫北地区城市生态园林的建设提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 园林植物的选择

笔者所在课题组在广泛而深入调查的基础上, 选择生长健壮、病害较少的、在郑州市区园林绿化中常用的刺槐、合欢、悬铃木、元宝枫、碧桃等 20 种落叶木本植物作为研究对象, 具体信息详见表 1。

### 1.2 植物光合速率和叶面积指数的测定方法

采用美国 LI-COR (LI-6400XT) 便携式光合作用测量系统, 于 2016 年 7 月底至 9 月初在郑州市紫荆山公园园内选择晴朗、无风或微风的天气, 在自然光照条件下, 从 08:00—18:00 每隔 2 h 测量 1 次, 每种植物均选择 3 株作为代表个体, 在每株上选择 3 张向阳且叶面完整、长势较好的功能叶进行测定, 每张叶片记录 3 个瞬时光合速率值, 然后分别取其平均值<sup>[9-11]</sup>。

叶面积指数利用 CI-110 型植物冠层分析仪进行测定, 每种植物依然选择 3 株具有代表性的个体, 每个植物个体分别测定 2 个不同方向的叶面积指数, 然后取其平均值<sup>[12]</sup>。

### 1.3 植株冠幅大小计算

分别利用圆形、椭圆形面积公式估算植物冠幅面积<sup>[13]</sup>:

$$X_1 = \pi D^2 / 4;$$

$$X_2 = \pi(a \times b) / 4。$$

式中:  $X_1$  为圆形时的冠幅面积,  $m^2$ ;  $D$  为冠幅,  $m$ ;  $X_2$  为椭圆形时的冠幅面积,  $m^2$ ;  $a$  为东西方向的冠幅,  $m$ ;  $b$  为南北方向的冠幅,  $m$ 。

### 1.4 植物日平均光合速率、固碳释氧能力的计算

植物日净同化总量、日平均光合速率、日固碳量与释氧量分别用以下 4 式计算:

$$M = \sum_{i=1}^n \frac{(M_{i+1} + M_i) \times (t_{i+1} - t_i) \times 3\,600}{2 \times 1\,000}; P = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}; w_{CO_2} =$$

$$\frac{M \times 44}{1\,000}; w_{O_2} = \frac{M \times 32}{1\,000}。$$

式中:  $M$  为测定日净同化总量,  $mmol/(m^2 \cdot d)$ ;  $M_i$  为初测点瞬时光合作用速率,  $\mu mol/(m^2 \cdot s)$ ;  $M_{i+1}$  为下一测点瞬时光合作用速率,  $\mu mol/(m^2 \cdot s)$ ;  $t_i$  为初测点的瞬时时间,  $h$ ;  $t_{i+1}$  为下一测点时间,  $h$ ;  $n$  为测试的次数;  $P$  为日平均光合速率,  $\mu mol/(m^2 \cdot s)$ ;  $w_{CO_2}$ 、 $w_{O_2}$  分别为单位面积日固碳量、单位面积日释氧量,  $g/(m^2 \cdot d)$ ; 下同。

植物整株日固碳量、释氧量分别用以下 2 式计算:

$$W_{CO_2} = w_{CO_2} \times L \times X;$$

$$W_{O_2} = w_{O_2} \times L \times X。$$

式中:  $W_{CO_2}$  为植物整株日固碳总量,  $g/d$ ;  $W_{O_2}$  为植物整株日释氧总量,  $g/d$ ;  $L$  为植株叶面积指数;  $X$  为植株冠幅面积,  $m^2$ 。

### 1.5 数据分析

供试植物中乔木与灌木的叶面积指数、平均光合速率、冠幅面积以及固碳释氧量的差异比较采用 SPSS 软件中的独立样本  $t$  检验功能进行<sup>[14]</sup>。

收稿日期: 2016-12-03

基金项目: 河南省基础与前沿技术研究(编号: 142300410100)。

作者简介: 郭 晖(1982—), 男, 宁夏彭阳人, 硕士, 讲师, 研究方向为园林植物应用。E-mail: 290711657@qq.com。

表 1 20 种落叶木本植物的基本信息

树种	拉丁名	科属	生活型
刺槐	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	豆科刺槐属	落叶乔木
山梅花	<i>Philadelphus incanus</i>	虎耳草科山梅花属	落叶灌木
紫丁香	<i>Syringa oblata</i> Lindl	木犀科丁香属	落叶灌木
连翘	<i>Forsythia suspensa</i>	木犀科连翘属	落叶灌木
红瑞木	<i>Swida alba</i> Opiz	山茱萸科柞木属	落叶灌木
西府海棠	<i>Malus micromalus</i>	蔷薇科苹果属	落叶乔木
元宝枫	<i>Acer truncatum</i> Bunge	槭树科槭树属	落叶乔木
忍冬	<i>Lonicera japonica</i>	忍冬科忍冬属	落叶灌木
白玉兰	<i>Magnolia denudata</i>	木兰科木兰属	落叶乔木
乌桕	<i>Sapium sebiferum</i> (L. ) Roxb	大戟科乌桕属	落叶乔木
白蜡树	<i>Fraxinus chinensis</i>	木犀科白蜡属	落叶乔木
悬铃木	<i>Platanus acerifolia</i> ( Ait. )	悬铃木科悬铃木属	落叶乔木
合欢	<i>Albizia julibrissin</i> Durazz.	豆科合欢属	落叶乔木
银杏	<i>Ginkgo biloba</i> Linn.	银杏科银杏属	落叶乔木
碧桃	<i>Amygdalus persica</i> L. var. <i>persica</i> f. <i>duplex</i> Rehd.	蔷薇科李属	落叶灌木
紫薇	<i>Lagerstroemia indica</i>	千屈菜科紫薇属	落叶灌木
栾树	<i>Koelreuteria paniculata</i>	无患子科栾树属	落叶乔木
国槐	<i>Sophora japonica</i> Linn.	蝶形花科槐属	落叶乔木
垂柳	<i>Salix babylonica</i>	杨柳科柳属	落叶乔木
紫叶李	<i>Prunus cerasifera</i> Ehrhar f. <i>atropurpurea</i> (Jacq. )	蔷薇科李属	落叶乔木

2 结果与分析

表 2 园林植物叶面积指数、冠幅面积和日平均光合速率值

名称	叶面积指数	冠幅面积 (m <sup>2</sup> )	日平均光合速率 [μmol/(m <sup>2</sup> ·s)]
刺槐	1.83	21.34	11.54
山梅花	1.76	5.14	5.13
紫丁香	1.89	6.23	5.98
连翘	1.79	5.87	6.98
红瑞木	2.13	9.44	6.23
西府海棠	1.67	6.14	5.78
元宝枫	3.56	9.64	4.24
忍冬	2.18	3.44	12.98
白玉兰	2.45	21.32	10.98
乌桕	1.99	41.25	12.67
白蜡树	1.54	29.87	10.98
悬铃木	1.78	110.98	1.76
合欢	1.63	47.89	6.23
银杏	3.89	29.65	2.76
碧桃	1.89	6.54	5.92
紫薇	2.23	6.53	12.58
栾树	1.95	37.34	11.76
国槐	1.97	35.74	10.21
垂柳	4.68	7.21	4.23
紫叶李	2.67	5.67	4.36
总平均值	2.27	22.36	7.67
乔木	2.43	31.08	7.50
灌木	1.98	6.17	7.97

2.1 试验植物叶面积指数、冠幅面积和日平均光合速率

由表 2 可知,本试验选取的 20 种园林落叶植物中叶面积指数大致分布在 1.54~4.68 之间,其中 13 种乔木、7 种灌木的叶面积指数平均值分别为 2.43、1.98,灌木树种与乔木相比偏低,两者平均相差 0.45;20 种园林植物的冠幅面积在 3.44~110.98 m<sup>2</sup> 之间,其中 13 种乔木、7 种灌木的平均冠幅面积分别为 31.08、6.17 m<sup>2</sup>,可见乔木的冠幅远远大于灌木。

本试验所选 20 种园林植物的日平均光合速率分布范围为 1.76~12.98 μmol/(m<sup>2</sup>·s),其中忍冬、乌桕、紫薇 3 种植物最高,位列前 3;悬铃木、银杏和垂柳最低,排在后 3 位;供试植物中乔木、灌木的平均日光合速率均值分别为 7.50、7.97 μmol/(m<sup>2</sup>·s),灌木略高于乔木 0.47 μmol/(m<sup>2</sup>·s)。

本研究采用 SPSS 软件中的 *t* 检验,如果 *P*<0.05,表明上述不同类型园林植物的叶面积指数、日平均光合速率和冠幅面积有显著差异。

2.2 植物固碳能力分析

通过测定园林植物光合作用的净同化量,计算出 20 种常用园林植物单位叶面积和整株日固碳、释氧量。从表 3 可以看出,20 种园林植物中,单位叶面积、整株固碳量均存在差异,单位叶面积固碳量最高的是紫薇,最低的是碧桃,单位叶面积固碳量变化范围在 2.55~20.56 g/(m<sup>2</sup>·d) 之间,其中乔木、灌木单位叶面积固碳量均值分别为 5.23、10.28 g/(m<sup>2</sup>·d),乔木远远低于灌木,低 5.05 g/(m<sup>2</sup>·d);园林植物整株固碳量分布范围为 31.51~1 192.67 g/d,从大到小排列顺序依次为栾树、悬铃木、银杏、国槐、合欢、乌桕、紫薇、白玉兰、白蜡树、元宝枫、刺槐、红瑞木、连翘、紫丁香、垂柳、山梅花、西府海棠、忍冬、紫叶李、碧桃,其中乔木、灌木平均整株固碳量分别为 326.96、122.26 g/d,乔木明显高于灌木,高 204.7 g/d。

2.3 植物释氧能力分析

由表 4 可知,20 种园林植物的单位叶面积释氧量范围为 1.42~14.68 g/(m<sup>2</sup>·d),平均为 4.46 g/(m<sup>2</sup>·d),紫薇最高,为 14.68 g/(m<sup>2</sup>·d),垂柳最低,为 1.42 g/(m<sup>2</sup>·d);供试植物中 7 种灌木、13 种乔木单位叶面积释氧量平均值分别为 5.41、3.94 g/(m<sup>2</sup>·d),灌木比乔木高 1.47 g/(m<sup>2</sup>·d);20 种植物整株释氧量变化范围在 26.57~899.96 g/d 之间,从高

表3 植物单位叶面积和整株固碳量

名称	单位叶面积固碳量 [g/(m <sup>2</sup> ·d)]	整株固碳量 (g/d)
刺槐	4.18	163.23
山梅花	9.86	89.19
紫丁香	12.37	101.72
连翘	10.98	115.37
红瑞木	8.02	161.25
西府海棠	7.98	81.82
元宝枫	4.89	167.81
忍冬	7.65	57.36
白玉兰	4.02	209.98
乌桕	3.79	311.11
白蜡树	3.73	171.57
悬铃木	3.07	606.46
合欢	4.17	325.51
银杏	4.28	493.64
碧桃	2.55	31.51
紫薇	20.56	299.39
栾树	16.38	192.67
国槐	5.39	379.49
垂柳	2.91	98.19
紫叶李	3.24	49.05
总平均值	7.00	255.32
乔木	5.23	326.96
灌木	10.28	122.26

表4 植物单位叶面积和整株释氧量

名称	单位叶面积释氧量 [g/(m <sup>2</sup> ·d)]	整株释氧量 (g/d)
刺槐	4.78	186.66
山梅花	3.78	34.19
紫丁香	4.27	50.27
连翘	4.57	48.01
红瑞木	4.17	83.84
西府海棠	3.26	33.42
元宝枫	5.78	198.36
忍冬	4.24	31.79
白玉兰	2.78	145.21
乌桕	3.07	252.00
白蜡树	2.93	134.77
悬铃木	2.05	404.96
合欢	3.25	253.69
银杏	3.08	355.24
碧桃	2.15	26.57
紫薇	14.68	213.76
栾树	12.36	899.96
国槐	4.65	327.39
垂柳	1.42	47.91
紫叶李	1.85	28.00
总平均值	4.46	187.80
乔木	3.94	251.35
灌木	5.41	69.78

到低排列依次为栾树、悬铃木、银杏、国槐、合欢、乌桕、紫薇、元宝枫、刺槐、白玉兰、白蜡树、红瑞木、紫丁香、连翘、垂柳、山梅花、西府海棠、忍冬、紫叶李、碧桃，乔木、灌木整株释氧量平均分别为 251.35、69.78 g/d，乔木明显高于灌木，比灌木高

181.57 g/d，约为灌木的 4 倍。经 *t* 检验，不同类型园林植物单位面积、整株释氧量均无显著差异。

3 结论与讨论

本研究是对郑州市公园绿地常用植物固碳释氧能力的测定、研究，在树种的选择上具有一定的典型性，主要选择了应用频率较高，长势与景观效果较好的落叶乔灌木树种。但是由于选择树种的环境条件、测试时间和年份不同，导致不同树种的单位面积固碳释氧能力与前人研究结果有些差异，这与陆贵巧等学者研究结果一致，他们也认为一般树种单位面积日固碳释氧能力夏季表现最高，春季较低<sup>[15]</sup>。叶面积指数是衡量单株植物固碳释氧能力的极为重要的指标，同一树种的单位面积固碳释氧能力与整株植物的固碳释氧能力也存在不同。这不但与单位叶面积有关，还与树种的生长地点（接受光照的多少）、生活型、总叶面积、叶片结构等有关。在测试的 20 种落叶植物中，由于乔木进行光合作用时间长，又是上层树种，从总叶面积方面考虑，乔木同样也占有优势，因此在整株固碳释氧量能力方面，乔木明显强于灌木，这与郭杨等研究结果一致<sup>[16]</sup>。因此对于树种的选择，应以落叶乔木作为上层树种，小乔木作为中层树种，灌木作为中下层树种，这样可以充分利用光能，提高单位面积的固碳释氧能力。

本研究仅对郑州市区公园绿地阔叶落叶乔木、灌木进行测定，而没有对园林建设常用的常绿、地被植物进行测定，下一步重点考虑将这三者一起进行对比研究，从而提出更加合理的植物种植模式，为郑州市城市公园绿化树种的选择提供一定的理论依据。

参考文献：

[1]孙海燕,祝宁. 哈尔滨市绿化树种生态功能研究(1)[J]. 中国城市林业,2008,6(5):54-57.

[2]韩焕金. 城市绿化植物的固碳释氧效应[J]. 东北林业大学学报,2005,33(5):68-70.

[3]徐玮玮,李晓储,汪成忠,等. 扬州古运河风光带绿地树种固碳释氧效应初步研究[J]. 浙江林学院学报,2007,24(5):575-580.

[4]王莹,卓丽环,赵亚洲. 上海市 10 种树种的固碳释氧效应研究[J]. 中国科技博览,2009(36):173-174.

[5]陆贵巧,尹兆芳,谷建才,等. 大连市主要行道绿化树种固碳释氧功能研究[J]. 河北农业大学学报,2006,29(6):49-51.

[6]陈卓梅,杜国坚,缪宇明. 浙江省 38 种园林绿化植物对氟化氢气体的抗性 & 吸收能力[J]. 浙江林学院学报,2008,25(4):475-480.

[7]韩焕金. 哈尔滨市主要植物生理生态功能研究[J]. 江苏林业科技,2005,32(4):5-10.

[8]鲁敏,李英杰,鲁金鹏. 绿化树种对大气污染物吸收净化能力的研究[J]. 城市环境与城市生态,2002,15(2):7-9.

[9]史红文,秦泉,廖建雄,等. 武汉市 10 种优势园林植物固碳释氧能力研究[J]. 中南林业科技大学学报,2011,31(9):87-90.

[10]李延明,郭佳,冯久莹. 城市绿色空间及对城市热岛效应的影响[J]. 城市环境与城市生态,2004,7(1):1-4.

[11]王军鸽,郭星源,杨芳绒. 郑州市园林豆科植物多样性调查与应用分析[J]. 江西农业学报,2014,11(4):36-39,42.

[12]刘海荣,宋力,鲜靖苹. 5 种常用灌木固碳释氧能力的比较研究[J]. 安徽农业大学学报,2009,36(2):204-207.

王丽花,瞿素萍,杨秀梅,等.景天科多肉植物在昆明地区引种试验[J].江苏农业科学,2017,45(15):106-109.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.15.027

# 景天科多肉植物在昆明地区引种试验

王丽花<sup>1</sup>,瞿素萍<sup>1</sup>,杨秀梅<sup>1</sup>,易芳<sup>2</sup>,吴学尉<sup>3</sup>,张艺萍<sup>1</sup>

(1. 云南省农业科学院花卉研究所/云南省花卉育种重点实验室,云南昆明 650205;

2. 云南省昆明市盘龙区人民政府松华街道办事处,云南昆明 650000; 3. 云南大学农学院,云南昆明 650091)

**摘要:**对 8 个属 25 种景天科多肉植物引种并在云南省昆明市露地盆栽试种,记录并统计其植物学特性(生长速度、新发叶片数、产生侧芽情况)、生理学特性(叶片变色、植株开花情况)、病虫害及冻害的耐受情况、成活率、商品化率。结果表明,24 个品种成活率达 70% 以上;22 个品种商品化率达 70% 以上;19 个品种能萌发侧芽;16 个品种叶片颜色发生变化;4 个品种开花;8 个属中拟石莲属和景天属的品种易被虫危害;青锁龙属品种易遭受病害;拟石莲属和厚叶草属大部分品种能在昆明地区露地安全越冬,可用于城市屋顶绿化和城市绿化。

**关键词:**景天科;多肉植物;植物学特性;生理学特性;病虫害;冻害;引种栽培;城市绿化;昆明地区

**中图分类号:** S68 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)15-0106-04

多肉植物是具有肥厚的肉质茎、叶或根的植物的统称,在园艺学上别称多肉花卉<sup>[1]</sup>。由于多肉植物外形奇特、品种极多、家庭养护容易,近年来多肉植物在全国各地得到迅猛发展,多肉植物爱好者群体日益壮大,养肉已逐渐成为一种时尚爱好。景天科是多肉植物中数量较多的一个科,目前已知景天科植物约有 34 个属 1 460 个种,主要分布于非洲、亚洲、欧洲和美洲。景天科多肉植物作为一种重要的园林地被植物,具有生长迅速、对逆境耐受力强、观赏价值高等特点,是园林绿化中不可多得的植物材料<sup>[2]</sup>。近年来,人们逐渐认识到景天科植物的重要性和优异性,国内外相继开展了许多相关的引种试种工作<sup>[3-4]</sup>。国内对景天科植物引种和适应性研究刚刚起步。曹玉峰等引种的八宝景天经 5 年的引种栽培发现,八宝景天观赏价值显著优于乡土品种长药景天,是绿化、美化、香化的优良品种<sup>[5]</sup>;张乔松等通过绿景天在天台引种栽培研究,开发出适合天台绿化的绿景天材料<sup>[6]</sup>;赵定国等提出,佛甲草可推广应用于北京屋顶绿化<sup>[7]</sup>;在多肉植物抗旱性方面,史燕山等提出抗旱性由强到弱的顺序依次为佛甲草>常夏石竹>百里香>金叶过路黄<sup>[8]</sup>;金立敏等提出胭脂红景天在江苏省苏州地区具有的良好适应性,且能保持冬季常绿、观赏价值高,适合露地栽培<sup>[9]</sup>;黄卫昌等选出适合上海地

区屋顶绿化的景天植物为佛甲草和凹叶景天<sup>[10]</sup>。然而,国内对景天科多肉植物资源的应用研究还不多,而且各地的气候条件差异很大,云南省昆明地区的气候条件特殊,适宜栽培的景天科植物种类较多。该研究通过在昆明地区引种试种景天科 8 个属的 25 个品种,研究它们的生物学特性、栽培特性及适应性,筛选适宜在昆明地区栽培的优良景天科多肉植物,拓宽昆明地区城市和屋顶绿化的植物种类,为加快多肉植物的开发应用提供科学的参考依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 引种

25 种景天科多肉植物植株(表 1)来源于上海市和福建省,每个品种引种数量不少于 20 株。

### 1.2 试验场所

试验地位于云南省农业科学院花卉研究所基地,海拔为 1 888 m,气温数据如图 1 所示,试验时间为 2013 年 2 月 10 日至 2014 年 2 月 9 日,最高温度为 34 ℃,最低温度为 -4 ℃。

### 1.3 试验方法

**1.3.1 种苗处理** 将购买的种苗拆箱检验种苗质量,合格苗用规格为 11 cm×11 cm 的盆于 2 月底定植,栽培基质比例为  $V_{\text{泥炭}}:V_{\text{珍珠岩}}:V_{\text{园土}}=3:1:1$ ,定植后浇 1 次透水,放置露地栽培培养。

**1.3.2 栽培后的管理** 用牙签插土法控制浇水时间和浇水量,具体视插土牙签干湿情况而定,若牙签干燥就浇 1 次透水。

**1.3.3 生长特性观察及指标测定** 引种栽培 1~6 个月后,观察每个试材的生长特性,并测定和分析每个品种的成活率、商品化率、生长期间侧芽的有无及其生长情况、记录植株叶片由绿色变为其他颜色的时间、对病虫害及冻害的抗性等。

收稿日期:2016-04-05

基金项目:云南省首批“云岭产业技术领军人才”培养项目(云发改人事[2014]1782 号)。

作者简介:王丽花(1977—),女,云南大理人,研究员,主要从事花卉标准化和质量控制技术研究。Tel:(0871) 65895021;E-mail:wlh2525@21cn.com。

通信作者:吴学尉,博士,研究员,主要从事花卉育种和资源利用研究。Tel:(0871)65031539;E-mail:wxw2323@163.com。

[13]梁爽,李立平,邢维芹,等.郑州市城市大叶黄杨叶片重金属含量研究[J].西北林学院学报,2011,26(3):50-54.

[14]吴晓华,王水浪.城市园林绿地雨水利用的方法探析[J].西北林学院学报,2010,25(5):212-215.

[15]陆贵巧,尹兆芳,谷建才,等.大连市主要行道绿化树种固碳释氧功能研究[J].河北农业大学学报,2006,29(6):49-51.

[16]郭杨,卓丽环.哈尔滨居住区常用的 12 种园林植物固碳释氧能力研究[J].安徽农业科学,2014,42(17):5533-5536.