

5种园林植物生态效益研究^{*}

罗 丹

(广东省岭南综合勘察设计院, 广东 广州 510520)

摘要 对适合用于屋顶绿化的5种园林植物南美蟛蜞菊(*Wedelia trilobata*)、马缨丹(*Lantana camara*)、蔓花生(*Arachis duranensis*)、小蚌兰(*Rhoeo discolor*)和铺地锦(*Melastoma dodecandrum*)的光合特性、滞尘能力、吸收硫和氯的能力进行测定,并对5种植物的生态效益进行综合性评价。结果表明:5种植物中,小蚌兰喜阳耐荫,南美蟛蜞菊和铺地锦的净光合速率较大,分别为 4.40 和 $3.46\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,吸碳放氧能力较强;马缨丹滞尘能力最强,单位绿化面积年滞尘量 $692.47\ \text{g}\cdot\text{m}^{-2}$;蔓花生吸收硫和氯的能力最强,单位绿化面积含硫、含氯量分别为 0.5219 和 $0.3724\ \text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 。5种植物的生态效益强弱顺序为南美蟛蜞菊、马缨丹、蔓花生、小蚌兰和铺地锦。

关键词 屋顶绿化;园林植物;生态效益

中图分类号:S718.45 文献标识码:A 文章编号:1006-4427(2014)03-0047-05

Study on Ecological Benefits of Five Garden Plants

LUO Dan

(Forestry Inventory and Planning Institute of Guangdong Province, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract The ecological benefits of five common species usually applied in roof garden were studied in this paper. Photosynthetic rate, dust detaining, sulfur and chloride absorption capability were analyzed and assessed for their ecological benefit comprehensively. The results showed, among the 5 species, *Rhoeo discolor* preferred shade environment and had good tolerance of the sunlight; *Wedelia trilobata* and *Melastoma dodecandrum* presented higher net photosynthetic rates of 4.40 and $3.46\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, respectively, and both species also had a great function in oxygen production; *Lantana camara* exhibited the best annual dust detaining rate which was up to $692.47\ \text{g}\cdot\text{m}^{-2}$; *Arachis duranensis* performed the best sulfur and chloride absorption capability, the annual absorbing rates for sulfur and chloride were 0.5219 and $0.3724\ \text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, respectively. The ecological benefits of the five species was ranked successively as *W. trilobata*, *L. camara*, *A. duranensis*, *R. discolor* and *M. dodecandrum*.

Key words roof-greening; garden plant; ecological benefits

随着城市的发展,城市用地日趋紧张,绿地面积日益减少,屋顶绿化已经成为增加城市绿地面积的有效途径之一。屋顶绿化除具有一般园林绿化的美学效果外,还具有显著的生态效益。本研究选择了5种适合用于屋顶绿化的地被植物,在抗旱性比较研究基础上^[1],对这5种植物进行生态效益研究,试图为广东省屋顶绿化植物种类的筛选提供更全面的理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

^{*} 第一作者:罗丹(1983-),女,林业工程师,主要从事林业生态监测、林业调查规划设计、森林碳汇计量监测等工作, E-mail:81513823@qq.com。

5 种植物概况见表 1。

表 1 参试植物概况

参试植物	科	参试植物学名	原产地
小蚌兰*	鸭跖草科	<i>Rhoeo discolor</i>	热带中美洲
马缨丹*	马鞭草科	<i>Lantana camara</i>	热带美洲
铺地锦	野牡丹科	<i>Melastoma dodecandrum</i>	中国南方地区
蔓花生*	蝶形花科	<i>Arachis duranensis</i>	亚洲热带及南美洲
南美蟛蜞菊*	菊科	<i>Wedelia trilobata</i>	南美洲

注：“*”表示栽培种。

1.2 试验主要仪器

用 WDY-300 型叶面积测量仪测量叶片的面积;LI-6400 观测植物叶片在不同强度光合有效辐射下的响应特征;FA1004N 电子分析天平测量试验中样品质量。

1.3 试验方法

1.3.1 试验时间 测定时间为 2008 年 4 月。

1.3.2 样品采集 样品采集地在广东省广州市华南农业大学六一区华南快速路旁受尘降污染较为严重的同一地段。每种植物随机选取 9 株,摘取全部叶片,密封带回实验室测定滞尘效应、吸收硫和氯的能力,每 3 株为 1 个重复,3 个重复;光响应曲线测定在确保植物叶片不离体的前提下,在样品采集现场进行测量。

1.3.3 叶面积指数的测定 参照刘光立^[2]的方法,计算叶面积指数:

叶面积指数($\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$) = 叶片平均面积(m^2) × 单位面积内叶片总数(个) (1)

1.3.4 光合作用的测定 参照吴家兵等^[3]的方法,选择晴天上午 9:00—11:30,通过气袋平均气温控制在 (28.21 ± 2.21) $^{\circ}\text{C}$,平均大气 CO_2 浓度为 (400.85 ± 9.56) $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$,空气湿度为 (70 ± 6.52)%,在确保植物叶片不离体的前提下,测定植物叶片对不同强度光合有效辐射的响应特征,得到各植物的相关光合参数。

1.3.5 滞尘效应的测定 测定方法参照参考文献^[2],计算单位叶面积滞尘量、单位叶面积年滞尘量、单位绿化面积年滞尘量:

单位叶面积滞尘量($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$) = 单叶滞尘量(g) / 单叶面积(m^2) (2)

单位叶面积年滞尘量($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$) = 单位叶面积滞尘量($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$) × 14.3 (3)

单位绿化面积年滞尘量($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$) = 单位叶面积年滞尘量($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$) × 叶面积指数($\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$) (4)

式中:14.3 为滞尘周期。假设广州市平均每两周下一场雨,植物的一个滞尘周期为 14 d,广州全年不下雨的时间大约为 200 d,一年大约有 14.3 个滞尘周期。

1.3.6 吸收硫(S)的测定 采用磷酸盐浸提—硫酸钡重量法^[2],计算单位质量叶片含 S 量、单位叶面积含 S 量、单位绿化面积含 S 量:

单位质量叶片含 S 量($\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) = [硫酸钡质量(g) × 32/233] ÷ (10 × 25/75) = 硫酸钡质量(g) × 0.0412 (5)

单位叶面积含 S 量($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$) = 单位质量叶片含 S 量($\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) × 单位面积叶片干质量($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$) (6)

单位绿化面积含 S 量($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$) = 单位叶面积含 S 量($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$) × 叶面积指数($\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$) (7)

式中:32 和 233 分别为硫和硫酸钡分子量;10 为干叶粉质量(g);75 为干叶浸提液体积(mL);25 为用于沉淀的干叶浸提液体积(mL)。

1.3.7 吸收氯(Cl)的测定 采用硝酸银滴定法^[2],计算出单位质量叶片含 Cl 量、单位叶面积含 Cl 量、单位绿化面积含 Cl 量:

单位质量叶片含 Cl 量($\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) = ($V \times 0.03 \times 150 \times 35.5$) / ($5 \times 15 \times 1000$) = $V \times 0.00213$ ($\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) (8)

单位叶面积含 Cl 量($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$) = 单位质量叶片含 Cl 量($\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) × 单位面积叶片干质量($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$) ... (9)

单位绿化面积含 Cl 量($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$) = 单位叶面积含 Cl 量($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$) × 叶面积指数($\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$) (10)

式中: V 是滴定所用标准硝酸银溶液的体积(mL);0.03为硝酸银溶液的浓度($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$);15,150,5分别表示干叶粉质量(g)、干叶浸提液体积(mL)、用于滴定的干叶浸提液体积(mL);35.5为Cl分子量。

1.3.8 生态效益综合评价方法 方法参照参考文献[2],根据5种植物各指标测定值,分强、中、弱3个级别,每个级别赋予不同分值,其中“强”得3分、“中”得2分、“弱”得1分,所有指标分值总和越大则综合生态效益越高。

为全面评价不同植物的生态效益,仅限于对本研究中5种植物的指标测定值提出评价标准。

光合效应评价:净光合速率大于 $4\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 为强,得3分; $2\sim4\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 为中,得2分;小于 $2\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 为弱,得1分。

滞尘效应评价:单位绿化面积年滞尘量大于500 g为强,得3分; $200\sim500\text{ g}$ 为中,得2分;少于200 g者为弱,得1分。

吸硫效应评价:单位绿化面积硫含量大于0.5 g为强,得3分; $0.2\sim0.5\text{ g}$ 为中,得2分;少于0.2 g者为弱,得1分。

吸氯效应评价:单位绿化面积氯含量大于0.5 g为强,得3分; $0.2\sim0.5\text{ g}$ 为中,得2分;少于0.2 g者为弱,得1分。

1.4 数据统计

数据统计分析和作图由Excel和SAS8.0软件完成,对不同植物各指标测定结果做方差分析和邓肯多重比较。

2 结果与分析

2.1 5种植物的光合能力

5种植物间的光补偿点、光饱和点和净光合速率均有显著差异($P<0.05$)。光补偿点的大小顺序为马缨丹>南美蟛蜞菊>铺地锦=蔓花生>小蚌兰,光饱和点的大小顺序为小蚌兰>铺地锦>蔓花生>南美蟛蜞菊>马缨丹,最大净光合速率的大小顺序为南美蟛蜞菊>铺地锦=蔓花生>马缨丹>小蚌兰(表2)。以上结果说明小蚌兰对弱光的利用效率最强,马缨丹对弱光的利用率最低;同时小蚌兰利用强光的能力也最强,铺地锦、蔓花生、南美蟛蜞菊次之,马缨丹对强光的利用率最低;南美蟛蜞菊的净光合速率最大,吸收二氧化碳及释放氧气能力比较强。

表2 5种园林植物光响应曲线的特征参数

种类	光响应曲线方程	R^2	光补偿点/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	光饱和点/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	最大净光合速率/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
小蚌兰	$y = -7 \times 10^{-7}x^2 + 0.002x - 0.0602$	0.9637	31.34 D	1428.57 A	1.37 D
马缨丹	$y = -2 \times 10^{-6}x^2 + 0.0048x - 0.2968$	0.9660	63.51 A	1200.00 E	2.58 C
铺地锦	$y = -2 \times 10^{-6}x^2 + 0.0055x - 0.1840$	0.9640	33.87 C	1375.00 B	3.60 B
蔓花生	$y = -2 \times 10^{-6}x^2 + 0.0054x - 0.1806$	0.9704	33.87 C	1350.00 C	3.46 B
南美蟛蜞菊	$y = -3 \times 10^{-6}x^2 + 0.0075x - 0.2875$	0.9703	38.94 B	1250.00 D	4.40 A

注:表中“ x ”为光合有效辐射($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$),“ y ”为净光合速率;相同字母表示在 $\alpha=0.05$ 水平差异不显著。

2.2 5种植物的滞尘能力

5种植物滞尘能力有显著差异($P<0.05$),马缨丹最高,单位绿化面积年滞尘量为 $692.47\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$,其次是南美蟛蜞菊、铺地锦、小蚌兰和蔓花生(表3),说明马缨丹和南美蟛蜞菊更适合用于尘降比较严重地区的屋顶绿化。

2.3 5种植物的吸硫能力

5种植物吸收S的能力有显著差异($P<0.05$),单位绿化面积吸收S能力最强的是蔓花生,为 $0.5219\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$,其次是马缨丹、南美蟛蜞菊和小蚌兰,铺地锦最差,仅为 $0.1824\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ (表4),说明蔓花生和马缨丹更适合用于S污染比较严重地区的屋顶绿化,例如市区内主干道两侧、可能造成S污染的厂区等。

表 3 5 种园林植物的滞尘效应

种类	单叶滞尘 /g	叶面积 /m ²	叶面积指数 /(m ² ·m ⁻²)	单位叶面积滞 尘量/(g·m ⁻²)	单位叶面积年滞 尘量/(g·m ⁻²)	单位绿化面积年滞 尘量/(g·m ⁻²)
小蚌兰	0.0188	0.0031	3.2285	6.08	86.90	280.56 D
马缨丹	0.0149	0.0010	3.2518	14.90	212.95	692.47 A
铺地锦	0.0032	0.0004	2.9797	8.02	114.59	341.44 C
蔓花生	0.0008	0.0003	3.7593	2.61	37.27	140.08 E
南美蟛蜞菊	0.0114	0.0008	3.1128	14.31	204.58	636.79 B

注:相同字母表示在 $\alpha=0.05$ 水平差异不显著。

表 4 5 种园林植物的吸硫效应

种类	单位质量叶片含 S 量/(g·g ⁻¹)	单位面积叶片 干质量/(g·m ⁻²)	单位叶面积含 S 量/(g·m ⁻²)	叶面积指数 /(m ² ·m ⁻²)	单位绿化面积含 S 量/(g·m ⁻²)
小蚌兰	0.0043	22.5887	0.0981	3.2285	0.3167 C
马缨丹	0.0041	30.6258	0.1245	3.2518	0.4048 B
铺地锦	0.0028	21.5586	0.0612	2.9797	0.1824 D
蔓花生	0.0046	29.9865	0.1388	3.7593	0.5219 A
南美蟛蜞菊	0.0040	27.7868	0.1095	3.1128	0.3410 C

注:相同字母表示在 $\alpha=0.05$ 水平差异不显著。

2.4 5 种植物的吸氯能力

5 种植物吸收 Cl 的能力有显著差异 ($P<0.05$),单位绿化面积吸收 Cl 能力最强的是蔓花生,为0.372 4 g·m⁻²,其次是马缨丹、南美蟛蜞菊和小蚌兰,铺地锦最差,仅为0.127 5 g·m⁻²。5 种植物吸收 Cl 的能力大小顺序和吸收 S 的一致(表 5),说明蔓花生和马缨丹更适合用于 Cl 污染比较严重地区的屋顶绿化,例如市区内主干道两侧、可能造成 Cl 污染的厂区等。

表 5 5 种园林植物的吸氯效应

种类	单位质量叶片含 Cl 量/(g·g ⁻¹)	单位面积叶片 干质量/(g·m ⁻²)	单位叶面积含 Cl 量/(g·m ⁻²)	叶面积指数 /(m ² ·m ⁻²)	单位绿化面积含 Cl 量/(g·m ⁻²)
小蚌兰	0.0026	22.5887	0.0593	3.2285	0.1914 C
马缨丹	0.0036	30.6258	0.1088	3.2518	0.3538 A
铺地锦	0.0020	21.5586	0.0428	2.9797	0.1275 C
蔓花生	0.0033	29.9865	0.0991	3.7593	0.3724 A
南美蟛蜞菊	0.0033	27.7868	0.0910	3.1128	0.2834 B

注:相同字母表示在 $\alpha=0.05$ 水平差异不显著。

2.5 5 种植物生态效益综合性评价

根据评价标准,5 种植物各指标得分见表 6。

表 6 5 种园林植物生态功能指标的综合评价

种类	光合效应	滞尘效应	吸硫效应	吸氯效应	总体得分
小蚌兰	1	2	2	1	6
马缨丹	2	3	2	2	9
铺地锦	2	2	1	1	6
蔓花生	2	1	3	2	8
南美蟛蜞菊	3	3	2	2	10

指标分值总和越大则综合生态效益越高。评价结果表明,南美蟛蜞菊总体得分最高,随后由大到小依次是马缨丹、蔓花生、小蚌兰和铺地锦。

3 结论和讨论

光响应曲线反映了植物光合速率随光照强度改变的变化规律^[4]。植物光补偿点的高低直接反映了植物对弱光利用能力的大小,补偿点越低,说明植物对弱光的利用能力越强^[5]。光饱和点反映了植物利用强光的能力,越高说明植物在受到强光刺激时光合速率不易发生抑制,植物的耐阴性越强^[6]。本研究结果表明:小蚌兰是喜阳耐荫的物种,铺地锦、蔓花生和南美蟛蜞菊次之。由于马缨丹光补偿点最高,光饱和点最低,故马缨丹对光照强度的要求较高。最大净光合速率为最大光合速率与呼吸速率的差值,它反映了植物的光合作用能力^[7]。本研究结果表明:南美蟛蜞菊和铺地锦的净光合速率比较大,吸收二氧化碳、释放氧气能力比较强。

植物叶片表面的特性和湿润性决定了植物的滞尘能力,在重力和风的作用下,粉尘可沉降在植物表面,通过其枝叶对粉尘的截留和吸附作用,从而实现滞尘效应^[8]。不同植物的滞尘能力有差异,园林植被滞尘作用具一定的“可塑性”^[9]。本研究中,5种植物滞尘能力有显著差异,马缨丹滞尘能力显著强于南美蟛蜞菊、铺地锦和小蚌兰,蔓花生滞尘能力最差。植物的滞尘能力除了和自身的形态、生理特性有关外,还和其所处的环境受污染的程度密切相关。因此,对不同植物滞尘能力的认定,还需进一步研究。

研究指出:当大气中二氧化硫浓度不超过树木的生理极限时,一般都能通过叶片气孔吸收一定数量的二氧化硫至体内;植物能通过叶片气孔吸收大气中的氯污染物,并且大部分积累在叶片中^[10]。5种植物单位绿化面积吸收S、Cl能力强弱的顺序均为蔓花生>马缨丹>南美蟛蜞菊>小蚌兰>铺地锦,可能因为蔓花生叶面积指数较大,而且全株被茸毛,故吸附能力较强。

评价指标体系的建立是城市园林植物生态功能评价的前提和基础。然而,目前相关研究采用的评价指标体系存在较大差异,研究结果无法比较^[11]。

本研究5种植物的生态效益强弱顺序为南美蟛蜞菊、马缨丹、蔓花生、小蚌兰和铺地锦。南美蟛蜞菊和马缨丹因生态效益较强,同时具有良好观赏性,可应用于地毯式或复合式等类型的屋顶绿化;蔓花生、小蚌兰和铺地锦,根据各自的生物学特性,宜与其他植物种类搭配,用于复合式的屋顶绿化。

参考文献

- [1] 罗丹,陈红跃,刘乾. 5种屋顶绿化植物抗旱性研究[J]. 广东林业科技,2009,25(6):81-85.
- [2] 刘光立. 垂直绿化及其生态效益研究[D]. 雅安:四川农业大学林学院,2002.
- [3] 吴家兵,关德新,张弥,等. 长白山地区蒙古栎光合特性[J]. 中国科学院研究生院学报,2006,23(4):548-554.
- [4] 滕建国,高长启,林玉梅,等. 加拿大黄桦幼苗光合特性的研究[J]. 吉林林业科技,2006,35(2):5-7.
- [5] 王雁,马武昌. 扶芳藤、紫藤等7种藤本植物光能利用特性及耐荫性比较研究[J]. 林业科学研究,2004,17(3):305-309.
- [6] 曹军胜,刘广全. 刺槐光合特性的研究[J]. 西北农业学报,2005,14(3):118-122,136.
- [7] 朱万泽,王金锡,薛建辉. 台湾桫木引种的光合生理特性研究[J]. 西北植物学报,2004,24(11):2012-2019.
- [8] 陈自新,苏雪痕,刘少宗,等. 北京城市园林绿化生态效益的研究[J]. 中国园林,1998,14(6):55-56.
- [9] Schabel H G. Urban forestry in Germany[J]. Arbor,1980,6(11):281-286.
- [10] 江苏省植物研究所. 城市绿化与植物保护[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1977.
- [11] 王蕾,王志,刘连友,等. 城市园林植物生态功能及其评价与优化研究进展[J]. 环境污染与防治,2006,28(1):51-54.