南宁市6种园林植物对大气污染物的综合净化能力分析

□ 刘 勇 刘梦姣 李少鹏

[摘 要] 以南宁市6种具有代表性和普遍性的常用乔木为试验材料，采用密封玻璃温室，对6种园林植物的TSP（总悬浮微粒）、SO_2及NO_2的净化率、单位面积吸附量进行测量，研究6种常见园林植物对大气污染物的净化能力，以期为改善城市环境空气质量为目标的园林植物树种选择提供理论依据。结果表明：扁桃和小叶榕对SO_2、NO_2以及TSP的综合净化能力强，可以推荐作为南宁市治理大气污染物园林植物；如大花紫薇对TSP吸附力强，人面子对SO_2的净化能力强，洋紫荆对NO_2净化力强，可以视污染源不同而灵活选用。

[关键词] 园林植物；大气污染物；净化能力

1 引言

绿色植物作为城市环境建设的重要组成部分，通过吸附、吸收、累积和转化等途径有效地持留和去除大气污染物，改善空气质量[1-4]。南宁市是典型的亚热带季风气候城市，丰富的植物资源在改善环境空气质量方面发挥着重要作用，环境空气质量连续三年实现全面达标，SO_2和NO_2达一级标准，TSP（总悬浮微粒）达二级标准[5]。以南宁市代表性和普遍性的乔木叶片表面滞留TSP能力、SO_2和NO_2消减能力作为指标，以此筛选对大气污染物综合净化能力强的园林植物，具有重要的理论和实践意义。研究结果，可为改善城市环境空气质量为目标的园林植物树种选择提供数据支撑和理论依据，为相近条件城市的环境建设提供科学依据。

2 材料与方法

2.1 试验材料

结合南宁市各公园、居住区、单位及道路绿地园林植物应用实际，选取6种具有代表性和普遍性的常用乔木作为试验材料，具体见表1。

2.2 试验方法

每个树种选取生长状况良好且树龄、树冠大小、树木高度基本相同的植株，置入长宽高为4m×4m×5m的玻璃温室（清水水泥地面，四侧及顶面为5mm中空浮法玻璃）密封后，通入污染气体（SO_2、NO_2、TSP），其中SO_2、NO_2、TSP初始浓度分别为70μg /L、90μg/L、10^5个/cm^3，打开风扇工作10min，待玻璃温室中污染气体扩散均匀后，采用美国Thermo Scientific公司的SO_2分析仪（Model 43i）和NO_2分析仪（Model 42i）对玻璃温室中SO_2、NO_2的浓度进行实时检测，用美国TSI公司的扫描电迁移率颗粒物粒径谱仪（SMPS）实时检测玻璃温室中大气颗粒物的粒径分布和浓度。每隔20min记录1次污染气体的浓度，2h后记录最终数据。植株叶面积采用纸样称量法测定。为模拟自然状态下植株对大气污染物的消减过程，试验在25℃恒温光照室中进行，室内配有温湿度计，用于玻璃温室内温度和湿度实时监测。

表1 南宁市6种常用城市绿化乔木概况

植物种类	拉丁名	所属科	叶片形态特征
扁桃	Amygdalus Communis L.	蔷薇科	披针形或椭圆状披针形
大花紫薇	Lagerstroemia Speciosa Pers.	千屈菜科	矩圆状椭圆形或卵状椭圆形
人面子	Dracontomelon Duperreanum Pierre	漆树科	长圆形
洋紫荆	Bauhinia Variegata L.	豆科	广卵形至近圆形
小叶榄仁	Terminalia Neotaliala Capuron	使君子科	提琴状倒卵形
小叶榕	Ficus Microcarpa L. f.	桑科	狭椭圆形

[基金项目] 广西高校中青年教师科研基础能力提升项目（项目编号：2020KY36011）；广西特色新型智库联盟项目（项目编号：GXZKLM-2020-34）；南宁市科学研究与技术开发计划项目（项目编号：20192245）。

[作者简介] 刘 勇，广西农业职业技术学院，副教授，硕士。
刘梦姣，广西农业职业技术学院，教师，硕士。
李少鹏，广西鑫赞建设工程有限公司，总经理。

每个树种选取3株作为1个平行，每株重复测定3次，为防止植株容器及土壤吸附污染气体影响试验，用装有相同土壤但无植株的植株容器作为空白对照。

2.3 数据处理

植物对污染气体的净化率计算公式为：净化百分率（%）=（$C_1-C_2-C_0$）/ $C_1\times100$，式中，C_1为某一污染气体的初始浓度，C_2为最终浓度，C_0为对照处理中的浓度。

植物单位叶面积对污染气体的吸附量计算公式为：$Q_t=(C_1-C_2-C_0)V/S$，式中，Q_t为t时刻植物对污染物的吸附量，V为玻璃温室总体积，S为单株植物的总叶面积。

2.4 统计分析

采用Microsoft Excel（2013版）对实验数据进行汇总并完成图表制作，使用SPSS（20.0版）对TSP净化率、SO_2净化率、NO_2净化率等进行单因素方差分析，并通过邓肯新复极差法分析各处理间的差异显著性。

3 结果与分析

3.1 TSP净化能力比较与分析

由图1可知，6种园林植物对TSP净化率随时间的变化而变化。在前1h之内，6种植物的净化率差异不大，小叶榄仁的净化率较其他5种植物偏低；60min之后，扁桃的TSP净化率明显加快，超出其他5种植物；在100min时，6种植物的TSP净化率达到相对稳定的状态，可以看出达到稳定状态后，TSP净化率扁桃＞大花紫薇＞小叶榕＞洋紫荆＞人面子＞小叶榄仁。6种植物中对TSP净化率最大的是扁桃达56.17%，其次是大花紫薇TSP净化率为53.69%，TSP净化效果最差的是小叶榄仁仅达到44.36%。故在TSP污染较重的城市区域，宜种植扁桃、大花紫薇，不宜选择小叶榄仁。

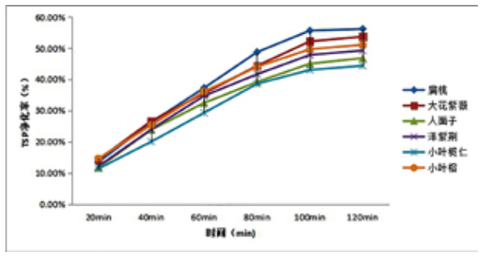

图1 6种园林植物对TSP净化率随时间的变化

3.2 SO_2净化能力比较与分析

由图2可知，6种园林植物对SO_2的净化率随时间的变化而变化。在每个时间段，扁桃对SO_2的净化率都高于其他5种植物；在前80min时大花紫薇和小叶榕的净化率非常接近，洋紫荆和人面子的净化率也很接近，而80min后，小叶榕和人面子对SO_2的净化率相对提升；最后在100min时，6种植物对SO_2的净化率趋于平稳，表示为SO_2净化率扁桃＞小叶榕＞人面子＞大花紫薇＞洋紫荆＞小叶榄仁。由此可知，6种植物对SO_2的净化率依然是扁桃最高，达35.33%；其次为小叶榕达34.15%；再次为人面子和大花紫薇分别达33.06%、32.74%；对SO_2的净化效果最差是小叶榄仁仅为27.41%，显著低于其他品种。故在SO_2污染严重的城市区域，宜种植扁桃、小叶榕、人面子、大花紫薇，不建议种植小叶榄仁。

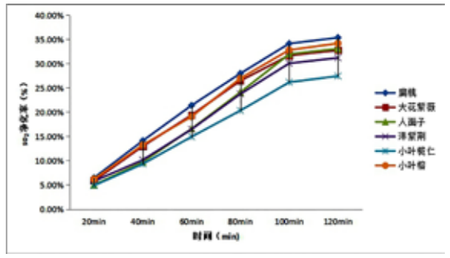

图2 6种园林植物对SO_2净化率随时间的变化

3.3 NO_2净化能力比较与分析

由图3可知，2h内，6种园林植物对NO_2净化率随时间的变化而增加。在前0h～1h之间，6种园林植物对NO_2净化率为小叶榕＞扁桃＞大花紫薇＞洋紫荆＞小叶榄仁＞人面子；后1h～2h之间，6种园林植物对NO_2净化率为小叶榕＞扁桃＞洋紫荆＞大花紫薇＞小叶榄仁＞人面子。120min之内，此6种园林植物对NO_2净化率还未达到相对稳定的一个状态，但可以初步分析出小叶榕、扁桃、洋紫荆、大花紫薇对NO_2净化效果较强，在NO_2污染严重城区可推荐种植，而小叶榄仁、人面子对NO_2净化效果相对较弱，不建议用于治理城区的NO_2污染。

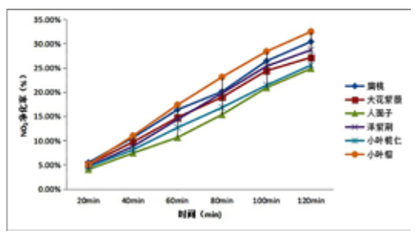

图3 6种园林植物对NO_2净化率随时间的变化

3.4 6种园林植物对大气污染物的综合净化能力分析

如图4所示，通过6种园林植物对大气污染物的净化率统计分析得出，在对TSP净化率方面，扁桃＞大花紫薇＞小叶榕＞洋紫荆＞人面子＞小叶榄仁，依次为56.17%、53.69%、51.07%、49.25%、46.81%、44.36%，且各植株间对TSP的净化率差异显著；在对SO_2净化率方面，扁桃＞小叶榕＞人面子＞大花紫薇＞洋紫荆＞小叶榄仁，依次为35.33%、34.15%、33.06%、32.74%、31.16%、27.41%，除大花紫薇和人面子之间差异不显著之外，其他植株对SO_2的净化率差异显著；在对NO_2的净化率方面，小叶榕＞扁桃＞洋紫荆＞大花紫薇＞小叶榄仁＞人面子，依次为32.45%、30.38%、28.67%、27.11%、25.53%、24.82%，各植株间对NO_2的净化率差异显著。由此可以分析得出，6种植物对大气污染物的综合净化能力较强的是扁桃、小叶榕、大花紫薇，可以推荐用于治理大气污染，而小叶榄仁、人面子对大气污染物的综合净化能力相对较弱，不建议作为治理大气污染的种植植物。

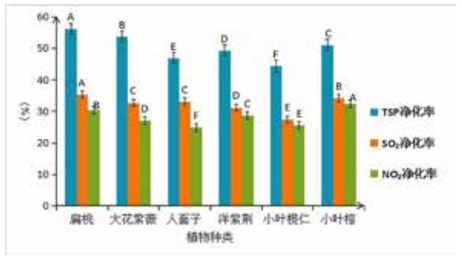

图4 6种园林植物对大气污染物的净化率

注：图中同一颜色柱上不同大写字母表示差异显著性（$\alpha=0.01$）

3.5 6种园林植物单位叶面积对大气污染物的吸附量分析

如图5所示，通过测定6种园林植物单位面积对TSP的吸附量分析得出，扁桃和小叶榕单位面积对TSP的吸附量最大，达到7个/m^2，其次为人面子达6个/m^2，其余大花紫薇、洋紫荆、小叶榄仁单位面积对TSP的吸附量较少，三者间无显著性差异。此结果对比文中6种园林植物对TSP的净化率来看，扁桃和小叶榕单位面积对TSP的吸附量大，所以他们对TSP的净化率也高；而小叶榄仁对TSP吸附量小，净化率也低。但大花紫薇的单位面积吸附量不高，净化率却高；人面子的单位面积吸附量高，净化率却低。故初步分析得出，植物单位面积对TSP的吸附量和它对TSP的净化能力之间有一定的联系，但单位面积吸附量并不能完全表示其净化能力的强弱，应该还存在其他因素影响植物对TSP的净化能力。

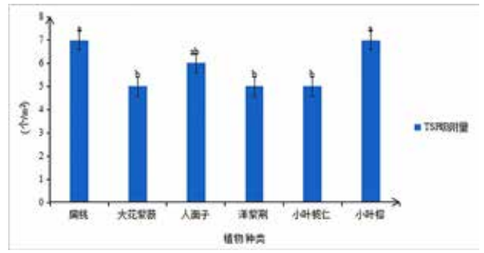

图5 6种园林植物单位面积对TSP的吸附量

注：图中同一颜色柱上不同小写字母表示差异显著性（$\alpha=0.05$），下图同

如图6所示，通过6种园林植物单位面积对SO_2、NO_2的吸附量统计分析，可以看出，在SO_2的吸附量方面，扁桃＞小叶榕＞人面子＞洋紫荆＞大花紫薇＞小叶榄仁，分别为93.62mg/m^2、82.44mg/m^2、75.71mg/m^2、53.87mg/m^2、46.13mg/m^2、41.25mg/m^2，各植物间差异显著，这和前文分析的他们对SO_2的净化能力强弱大致符合，大花紫薇在SO_2吸附量方面弱于洋紫荆，而在SO_2净化能力方面又强于洋紫荆。对于SO_2的吸附量方面，小叶榕＞洋紫荆＞扁桃＞大花紫薇＞人面子＞小叶榄仁，依次为83.39mg/m^2、77.23mg/m^2、74.01mg/m^2、73.41mg/m^2、63.16mg/m^2、58.62mg/m^2，与前文他们对NO_2的净化能力对比分析，除扁桃与洋紫荆、小叶榄仁与人面子位置互换以外，其他基本保持一致。由此猜想，园林植物单位面积对SO_2、NO_2的吸附量大小可以大致反映他们对空气中SO_2、NO_2的净化能力强弱，但并不能完全代表，还存在其他因素影响着植株的净化能力。

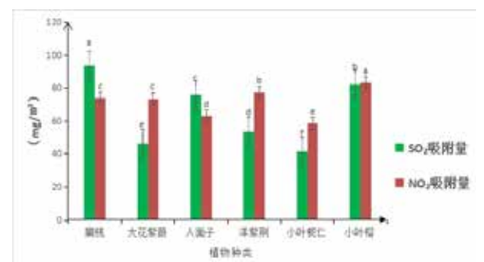

图6 6种园林植物单位面积对SO_2、NO_2的吸附量

4 结论与讨论

大量研究表明，绿色植物对空气中悬浮的颗粒物有净化作用，即绿色植物具有滞尘能力。园林植物的滞尘能力体现主要有两个途径：第一是通过树冠对风速的降低，从而使较大颗粒的粉尘降落；第二是通过树冠枝叶对粉尘的吸附能力来减少空气中的悬浮颗粒[6]。试验中，6种园林植物对TSP净化率为扁桃＞大花紫薇＞小叶榕＞洋紫荆＞人面子＞小叶榄仁，由于试验在玻璃温室中进行，风速的影响可忽略不计，那么他们对TSP的净化能力主要通过枝叶的吸附作用来体现。扁桃的TSP净化能力远大于小叶榄仁，且单位面积的TSP吸附量也大于小叶榄仁等，这可能与扁桃树冠大叶密、叶表较粗糙，而小叶榄仁树冠层次分明、叶面较光滑有关。而从单位面积TSP的吸附量来看，大花紫薇的单位面积吸附量不高，净化率却高；人面子的单位面积吸附量高，净化率却低，这可能受他们暴露在空气中的叶面积影响。

潘文等[7]研究表明，植物对大气污染物的净化能力与植物叶片的生物学特征及微形态结构密切相关；骆永明等[8]研究显示植物叶片表面被毛情况、粗糙程度、气孔密度等形态结构对不同植物吸附大气污染物的能力影响较大。6种园林植物对SO_2净化率为扁桃＞小叶榕＞人面子＞大花紫薇＞洋紫荆＞小叶榄仁，其单位面积对SO_2的吸附量为扁桃＞小叶榕＞人面子＞洋紫荆＞大花紫薇＞小叶榄仁可以看出，除大花紫薇和洋紫荆外，其他植物的SO_2净化能力与其单位面积吸附能力强弱相一致，表明叶表面积对植株SO_2的净化能力影响较小，由此可以推测植株对SO_2的净化能力主要应取决于叶片的生物学特征及微形态结构，这与前人的研究结果相吻合。

贾明云等[9]研究结果表明，植物对大气中PM2.5和SO_2的净化过程主要由叶片表面的吸附作用控制；而植物叶片的吸收转化影响着其对NO_x的净化。通过扫描电镜观察叶片微形态结构发现，叶面密被绒毛、表皮沟状组织对植物吸附PM2.5和SO_2有利，而气孔密度和大小影响着NO_x的转化和吸收。植物体内核酸、蛋白质等的合成都离不开N元素，N元素对植物的生长活动有非常重要的作用，它也是植物在生理活动过程中需求量最大的元素之一，植株为保障正常代谢需获取大量N元素[10]。研究结果显示，在对NO_2的净化率方面，小叶榕＞扁桃＞洋紫荆＞大花紫薇＞小叶榄仁＞人面子，在单位面积对NO_2的吸附量方面，小叶榕＞洋紫荆＞扁桃＞大花紫薇＞人面子＞小叶榄仁，表明6种园林植物对NO_2的净化能力与单位面积的吸附能力基本一致，但也存在微小变动，这微小变动可能由叶片暴露在空气中的面积引起，扁桃叶密而洋紫荆叶较稀疏，所以扁桃树的NO_2的净化率虽强，但其单位面积的吸附量却低于洋紫荆。

综上所述，就南宁市这6种园林植物对大气污染物的综合净化能力分析来看，扁桃、小叶榕对SO_2、NO_2以及总悬浮微粒的净化能力都比较靠前，可以推荐作为南宁市治理大气污染物的园林植物。同时，在总悬浮微粒污染较重的区域还可以推荐种植大花紫薇，人面子可以推荐种植在SO_2污染较重区域，而洋紫荆可以推荐种植在NO_2污染较重区域。

[参考文献]

[1]范烈仙.绿色植物在生态城市建设中的功能[J].山西林业,2007(5):24-25.

[2]李雪松.城市园林绿化中提升自然景观利用效率的途径[J].花卉, 2019(16):116-117.

[3]K.P.Beckett,P.H.Freer-Smith,G.Taylor.Urban woodlands: their role in reducing the effects of particulate pollution.1998,99(3):347-360.

[4]Satoshi Hirabayashi, David J.Nowak.Comprehensive national database of tree effects on air quality and human health in the United States.2016(215):48-57.

[5]王露云.中国31个主要城市空气质量评价及主要污染物浓度预测[D].重庆:重庆师范大学, 2014.

[6]贺勇,李磊,李俊毅,等.北方30种景观树种净化空气效益分析[J].东北林业大学学报,2010,38(5):37-39.

[7]潘文,张卫强,张方秋,等.广州市园林绿化植物苗木对二氧化硫和二氧化氮吸收能力分析[J].生态环境学报,2012,21(4):606-612.

[8]骆永明,查宏光,宋静,等.大气污染的植物修复[J].土壤,2002(3):113-119.

[9]贾明云,李密密,周冬琴,等.南京5种园林植物对大气污染物的综合净化能力[J].江苏农业科学,2019,47(23):158-163.

[10]王玲.12种常用乔木对大气污染物的吸收净化效益及抗性生理研究[D].重庆:西南大学,2015.