

道路绿化植物对交通污染的生理响应

高一丹, 刘海荣
(天津农学院, 天津 300384)

摘要:为了研究道路绿化植物对交通污染的生理响应,以大叶黄杨为试验材料,选择天津市典型交通污染区为采样地点,探讨了交通流量对单位叶面积滞尘量、抗坏血酸含量、相对含水量、叶片 pH 等的影响。结果表明:大叶黄杨单位叶面积滞尘量与交通流量呈极显著正相关($P<0.01$);抗坏血酸含量与单位叶面滞尘量呈极显著负相关($P<0.01$);叶片 pH 与单位叶面积滞尘量不显著相关($P>0.01$);相对含水量与单位叶面滞尘量呈极显著正相关($P<0.01$)。长期的交通污染显著降低了大叶黄杨抗坏血酸含量,提高了相对含水量,而对叶片 pH 影响不大。

关键词:交通污染;大叶黄杨;生理指标

中图分类号:S688 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)03-0093-05 **DOI:**10.11942/j.issn1002-2767.2016.03.0093

随着城市化进程的不断深化,城市大气环境问题日益突出,由固体颗粒物形成的污染成为大气污染最严峻的问题,华北地区已成为我国四大灰霾地频发之一,特别是日益增加的机动车辆,释放有毒有害气体的同时还伴有 PM2.5 等大气颗粒物,这些颗粒物含有重金属,同时携带细菌、病毒和致癌物质等,对人的身心健康造成很大的影响^[1-3],赵勇根据郑州市多年的总悬浮颗粒物 TSP 监测资料分析,全市的颗粒物污染以市区内

交通、商业和工业密集区最重,其次是文教卫生和行政区,郊区和城乡结合部颗粒物污染最轻^[4],道路交通已经成为城市大气污染的主要污染源之一。

园林植物作为改善城市环境的主体,在阻滞大气颗粒物、改善空气质量中起着不可替代的作用^[5-6]。自从 20 世纪 30 年代确认植物存在一定的滞留大气颗粒物作用以来,国内外学者通过大量的研究证实了植物滞留颗粒物的有效性^[7-8]。我国学者对许多大城市如北京、哈尔滨、南京市等的主要绿化树种滞留大气颗粒物能力进行研究,但对天津的绿化树种的滞尘能力以及道路绿化植物对交通污染的生理响应研究甚少。

大叶黄杨(*Buxus megistophyll*)属于黄杨科黄杨属植物,灌木或小乔木,喜光,稍耐阴,有一定

收稿日期:2016-01-14
基金项目:国家级星火计划资助项目(2015GA610023);天津市农委资助项目(201502100);国家级大学生创新创业训练计划资助项目(201510061008)
第一作者简介:高一丹(1995-),女,山西省太原市人,学士,从事园林植物应用研究。E-mail:601771201@qq.com。

Comparison of Leaf Anatomical Characteristics of *Fagus engleriana* and *Fagus hayatae*

ZHANG Xue-mei

(1. Key Laboratory of Southwest China Wildlife Resources Conservation, China West Normal University, Ministry of Education, Nanchong, Sichuan 637009; 2. College of Life Sciences, China West Normal University, Nanchong, Sichuan 637009)

Abstract: In order to compare the leaf anatomical characteristics of selected *Fagus* species, two *Fagus* species collected from 26 distribution in Micangshan nature reserve authority. Mature Leaves were cut into slices using paraffin sectioned. Leaf anatomical characteristics of *Fagus engleriana* and *Fagus hayatae* were observed under optical microscopy. And 5 quantitative traits of leaf cross-section were measured. The results showed that leaf anatomy phenoty pictraits of the two plants were identical which all had obviously characteristics of drought resistance. Variance analysis of showed that there were significant differences between the two plants in thickness of palisade tissue, thickness of xylem in main vein and vessel diameter of main vein. All 5 quantitative traits of leaf cross-section between populations had significant differences respectively in *F. engleriana* and *F. hayatae*. It speculated that the reasons might be associated with altitude.

Keywords: *Fagus*; leaf anatomical characteristics; paraffin section; analysis of variance

的耐寒力,在天津地区需保护越冬。其冠形优美,叶片革质或薄革质,小枝四棱形,蒴果红色。经常篱植,修剪成球形孤植或丛植,或与金叶女贞、紫叶小檗等搭配栽植,形成有节奏感的色块,具有很高的观赏价值。天津地区广泛种植,是道路绿化中重要的树种之一,因此本研究以大叶黄杨为试验材料,探讨交通流量与单位叶面积滞尘量、抗坏血酸含量、pH、相对含水量之间的关系,以了解道路绿化植物对交通污染的生理响应。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

天津位于 $N38^{\circ}34' \sim 40^{\circ}15'$, $E116^{\circ}43' \sim 118^{\circ}04'$ 之间。市中心 $N39^{\circ}10'$, $E117^{\circ}10'$, 地处华北平原北部,东临渤海,北依燕山。地势低平,大致西北部较高,东南部略低。天津市属暖温带大陆性季风气候,干湿季分明,寒暑交替明显,冬季受西伯利亚气团影响,寒冷、干燥;春季少雨多风、干燥、气温变化明显;夏季受太平洋副热带高压和西南暖湿气流影响,闷热、降雨集中;秋季受高压控制,天气晴爽。天津的年平均气温约为 14°C , 7月最热,月平均温度 28°C ; 历史最高温度是 41.6°C 。1月最冷,月平均温度 -2°C 。历史最低温度是 -17.8°C 。年平均降水量在 $360 \sim 970 \text{ mm}$, 1949-2010 年平均值在 600 mm 上下。

本次采样地点的确定以典型性为原则,在前期充分勘察的基础上,结合研究的目标,选择天津市河西区吴家窑大街(政治活动、国际交往、经贸科技文化交流中心)、河东区香山道(工业区)、西青区津静路(副食品生产基地之一)、西青区海泰发展二路(产业园区)、西青区天津农学院校园道路、南开区复康路(历史文化名区)、和平区南京路(政治、商贸、金融、教育、医疗卫生中心)这五大区的典型道路为采样地点,所选道路均有大叶黄杨分布,另外选择天津城建大学校园湖区作为清洁区的采样地点。

1.2 方法

1.2.1 交通流量统计 选择天气晴好适合外出的平日早高峰 7:00-9:00 和晚高峰 17:00-19:00 两个时段进行机动车的统计,每个时段统计 1 h,连续调查 3 d,取 3 d 的平均值作为交通流量统计的依据^[9]。

1.2.2 样品采集 当降雨量大于 15 mm , 降水强度达 $10 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 或风速大于 $17 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,认为植物叶片上滞留的 $\text{PM}_{2.5}$ 等大气颗粒物被洗刷

干净,然后重新滞留 $\text{PM}_{2.5}$ 等大气颗粒物。因此本试验于 2015 年 7-9 月的雨后或大风后 7 d 进行,选择晴朗、无风的天气采集样品,共采集样叶 3 次。

选取同一条道路距路缘 10 m 范围内的树木进行采样,取样材料选取无病虫害、大小适中、健康成熟叶片,从树冠的内外上中下多点采样,30~50 片叶为一个样本,每个采样点每次采集 3 个样本,采后尽量不要抖动,小心放入自封袋中,做好标记,迅速带回实验室进行滞尘量的测定。另采取同样的方法采集样叶 100 g 为一个样本,每个采样地点采集 3 个样本,迅速带回实验室,放 4°C 冰箱中保存,进行各项生理指标的测定^[10-11]。选择天津城建大学校园湖区作为清洁区的采样地点。选择距路缘 10 m 以上,周围环境相对较好的位置进行采样,采样方法同上。

1.2.3 各项指标测定方法 ①滞尘量测定:将置于自封袋中的叶片用镊子小心取出,依次放入编好号的大烧杯中,并用去离子水 50 mL、小毛刷轻轻刷洗装叶片的自封袋,将自封袋内壁清洗 2~3 次,洗涤用水同样收集至对应烧杯中,其后加入足量去离子水 150 mL,将叶片在其中浸泡 8 h,并不时加以搅拌,用毛刷刷下叶片表面的颗粒物,保证叶片上滞留的 $\text{PM}_{2.5}$ 等大气颗粒物能够被洗落,然后用镊子将叶片小心夹出并用 100 mL 去离子水以尖嘴瓶垂直叶面连续冲洗至洁净为止,避免破坏叶片结构、带出灰分,同时避免再次粘上灰分。获得 300 mL 叶片吸滞颗粒物的悬浊液。悬浊液混合均匀后,移至已称量的干燥离心管(W_1)中,在转速为 $7000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 的条件下离心 45 min; 确认离心完全后,打开盖子,弃掉上清液,并用干净滤纸包裹管口以防污染;然后全部放入 50°C 烘箱中烘至恒量,取出,再次用万分之一天平称量(W_2),即得叶片吸滞颗粒物的质量($W_0 = W_2 - W_1$)^[12]。

②叶面积测定:将洗过的植物叶片放于通风处晾干,然后用扫描仪进行扫描,扫描页面 A4,分辨率为 150 dpi,颜色为彩色,然后用 photoshop 软件测定法测出某一植物总的叶片面积 A ^[13-14]。

③滞尘量计算:单位叶面积滞尘量 = W_0/A , 单位为 $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$

④各项生理指标的测定:参照李玲主编的植物生理学模块实验指导中的方法,抗坏血酸含量结合分光光度计进行测定^[15]。试验结果利用

Excel 和 SPSS 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同采样地点各项指标的动态变化

2.1.1 不同采样地点车流量的动态变化 不同的街道处于城市不同的功能区中,因此交通流量差异显著($P<0.05$)(见表 1);交通流量最大的为南京路 2 692 辆·h⁻¹,其次为复康路 2 348 辆·h⁻¹、吴家窑大街 1 874 辆·h⁻¹、香山道 1 654 辆·h⁻¹,津静路 1 220 辆·h⁻¹、海泰发展二路 682 辆·h⁻¹,城市建设大学及农学院交通流量非常小,其中城市建设大学的采样地点位于湖区,距道路较远,交通流量可以忽略不计(见表 1)。各道路上的车辆均以小轿车为主,其次为公交车和出租车。

2.1.2 不同采样地点滞尘量的动态变化 不同道路上大叶黄杨单位叶面积的滞尘量差异显

著($P<0.05$)(见表 1),其中交通流量最大的南京路单位叶面积滞尘量也最大为 2.01 mg·cm⁻²,其次是复康路 1.87 mg·cm⁻²,然后是吴家窑大街 1.81 mg·cm⁻²、香山道 1.73 mg·cm⁻²,接下来是津静路 1.52 mg·cm⁻²、海泰发展二路 1.41 mg·cm⁻²,天津农学院 0.65 mg·cm⁻²,城市建设大学最小仅为 0.22 mg·cm⁻²(见表 1)。同样为学校区域,但城市建设大学较农学院面积大,绿化率高,植被丰富,另外农学院正在建设体育馆等设施,以及后面王顶堤商贸城的建设可能都会对植物的滞尘量产生一定的影响。大叶黄杨单位叶面积的滞尘量的变化趋势与交通流量的变化趋势类似,说明交通污染是叶面尘的主要来源,另外也说明同一植物在不同环境中的滞尘量不同。

表 1 各项生理指标在不同采样地点的多重比较

Table 1 Multiple comparison of different physiological indexes in different sampling sites

序号 No.	道路名称 Name	交通流量/(辆·h ⁻¹) Traffic flow	滞尘量/(mg·cm ⁻²) Dust amount	抗坏血酸含量/(mg·g ⁻¹) Ascorbic acid content	pH pH value	相对含水量/% Relative water content
1	西青区海泰发展二路	682 f	1.41 c	0.32 b	5.80 c	80.34 c
2	西青区津静路	1220 e	1.52 c	0.20 d	5.94 b	82.87 b
3	南开区复康路	2348 b	1.87 a	0.23 d	5.75 d	85.48 b
4	河西区吴家窑大街	1874 c	1.81 b	0.23 d	5.75 d	84.95 b
5	河东区香山道	1654 d	1.73 b	0.25 d	5.84 c	83.67 b
6	和平区南京路	2692 a	2.01 a	0.21 d	6.01 a	87.67 a
7	西青区天津农学院	6 g	0.65 d	0.36 b	5.82 c	80.03 c
8	西青区城市建设大学	0 h	0.22 e	0.40 a	5.84 c	80.27 c

同列不同字母表示 0.05 水平差异显著。

Different lowercases in the same column indicate significant differenc at 0.05 level.

2.1.3 不同采样地点抗坏血酸含量的动态变化 不同道路上大叶黄杨抗坏血酸含量差异显著($P<0.05$)(见表 1),其中城市建设大学最大为 0.40 mg·g⁻¹,其次为农学院 0.36 mg·g⁻¹、海泰发展二路 0.32 mg·g⁻¹,津静路、香山道,吴家窑大街、复康路、南京路,抗坏血酸含量在 0.20~0.25 mg·g⁻¹,差异不显著(见表 1)。说明叶面滞尘量越大抗坏血酸含量越低。

2.1.4 不同采样地点叶片 pH 的动态变化 不同道路上大叶黄杨叶片 pH 在 5.75~6.01,各道路之间差异显著($P<0.05$)(见表 1),其中南京路最大为 6.01,接下来是津静路 5.94,香山道 5.84、城市建设大学 5.84、农学院 5.82、海泰发展二路

5.80,吴家窑大街、复康路均为 5.75。pH 变化较大。

2.1.5 不同采样地点相对含水量的动态变化 不同道路上大叶黄杨叶片相对含水量在 80.03%~87.67%,各道路之间差异显著($P<0.05$)(见表 1),相对含水量最大的为南京路 87.67%,其次为复康路 85.48%、吴家窑大街 84.95%、香山道 83.67,再次为津静路 82.87%、海泰发展二道 80.34%,城市建设大学 80.27%及农学院 80.03%。相对含水量与滞尘量呈现出了相同的趋势,滞尘量越大相对含水量越大。

2.2 滞尘量与各项指标的相关性分析

由表 2 可知,大叶黄杨单位叶面积滞尘量与

车流量呈极显著正相关($P<0.01$)；抗坏血酸含量与单位叶面滞尘量呈极显著负相关($P<0.01$)；叶片 pH 与单位叶面滞尘量不显著相

关($P>0.01$)；相对含水量与单位叶面滞尘量呈极显著正相关($P<0.01$)。

表 2 不同采样地点各指标的相关性分析

Table 2 Correlation Analysis of different indexes in different sampling locations

指标 Indexes	相关(显著)性 Correlation	交通流量 Traffic flow	滞尘量 Amount of dust	抗坏血酸含量 Ascorbic acid content	pH
滞尘量	Pearson 相关性	0.885 **	1		
	显著性(双侧)	0			
抗坏血酸含量	Pearson 相关性	-0.690 **	-0.641 **	1	
	显著性(双侧)	0	0.001		
pH	Pearson 相关性	0.298	0.312	-0.092	1
	显著性(双侧)	0.158	0.147	0.668	
相对含水量	Pearson 相关性	0.861 **	0.639 **	-0.561 **	0.295
	显著性(双侧)	0	0.001	0.004	0.162

** 在 $P<0.01$ 水平(双侧)上显著相关。
** $P<0.01$ show extremely significant difference.

3 讨论与结论

3.1 讨论

3.1.1 交通流量与滞尘量的关系 交通流量显著提高了大叶黄杨单位叶面积的滞尘量,这种影响随着道路交通流量的增加而呈增加的趋势,大叶黄杨在交通流量大的道路上表现出更强的滞尘能力。各种车辆在参与交通的过程中排放大量尾气,同时车轮与地面摩擦产生粉尘,车辆在奔驰的过程中产生的气流引起的地面二次扬尘,这些都是路边植物叶面尘的主要来源^[16]。因此,交通流量越大,大叶黄杨单位叶面积滞尘量越大。

3.1.2 滞尘量与抗坏血酸含量的关系 交通污染显著降低了大叶黄杨抗坏血酸含量,这种影响随着交通污染的增加而呈增加的趋势,随着单位叶面积滞尘量的增加,抗坏血酸含量逐渐降低。交通污染成分非常复杂,其中不但含有溶于水的金属离子,还含有重金属、各种致病菌及微生物,这些都会通过叶片上的气孔参与叶片的新陈代谢过程,这些污染物进入植物体后产生活性氧自由基,而抗坏血酸是一种强氧化剂,可以清除活性氧自由基,可能在这过程中消耗了一部分^[17],因此导致单位叶面积滞尘量越大,抗坏血酸含量越低。交通污染的成分中,具体是哪种污染物引起的抗坏血酸含量的降低,以及降低的机制还有待更深

入的研究。研究表明植物可以通过改变体内抗坏血酸含量水平,主动适应环境污染,抗性强的植物会增加抗坏血酸含量,以适应环境污染,而对环境污染敏感型植物会减少抗坏血酸含量^[18],由此可以推断,大叶黄杨可能是对环境污染较为敏感的植物。

3.1.3 滞尘量与叶片 pH 的关系 滞尘量与叶片 pH 之间相关性不显著,这与陶玲等^[19]的研究结果(长期大气污染显著降低了兰州市绿化树种叶片的 pH)有所不同,可能是不同的植物不同的地域不同的污染物成分,导致植物的生理变化不同。

3.1.4 滞尘量与相对含水量的关系 交通污染显著提高了大叶黄杨叶片的相对含水量,单位叶面积滞尘量较高的大叶黄杨表现出较高的叶片相对含水量。植物在道路上的生存环境非常恶劣,土层较薄,土壤养分差,生长空间狭窄,交通污染严重等,大叶黄杨在长期的逆境胁迫条件下,可能通过提高叶片相对含水量,以适应恶劣的生存环境^[20]。

3.2 结论

大叶黄杨单位叶面积滞尘量与车流量呈显著正相关($P<0.01$)；抗坏血酸含量与单位叶面滞尘量呈显著负相关($P<0.01$)；叶片 pH 与单位叶面滞尘量不相关($P<0.01$)；相对含水量与单

位叶面滞尘量呈显著正相关($P < 0.01$)。长期的交通污染显著降低了大叶黄杨抗坏血酸含量,提高了相对含水量,而对叶片 pH 影响不大。

抗坏血酸含量及相对含水量可以作为指示交通污染水平的敏感指标,而 pH 对环境变化不敏感,不能作为指示交通污染水平的指标。

参考文献:

[1] 周扬. 华北地区气溶胶理化特征、来源解析及实验室模拟[D]. 济南:山东大学, 2012.

[2] 姚青,蔡子颖,韩素芹,等. 天津冬季雾霾天气下颗粒物质量浓度分布与光学特性[J]. 环境科学研究, 2014, 27(5): 462-469.

[3] 王会霞,石辉,王彦辉. 典型天气下植物叶面滞尘动态变化[J]. 生态学报, 2015, 35(6): 1-12.

[4] 赵勇,李树人,阎志平. 城市绿地的滞尘效应及评价方法[J]. 华中农业大学学报, 2002, 21(6): 582-586.

[5] 廖莉团,苏欣,李小龙,等. 城市绿化植物滞尘效益及滞尘影响因素研究概述[J]. 森林工程, 2014, 30(2): 21-24.

[6] 王赞红,李纪标. 城市街道常绿灌木植物叶片滞尘能力及滞留 PM_{2.5} 等大气颗粒物颗粒物形态[J]. 生态环境, 2006, 15(2): 327-330.

[7] 刘冰,张光生,周青,等. 城市环境污染的植物修复[J]. 环境科学与技术, 2005, 28(1): 100-111.

[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] 陈永林,曹晓春,吴柳柳,等. 汽车尾气排放量的计算方法[J]. 浙江交通职业技术学院学报, 2009, 10(3): 20-25.

[10] 宋丽华,高树荣. 交通污染对银川市园林树木叶片形态与生理的影响[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(10): 2423-2427.

[11] 范舒欣,晏海,齐石,等. 北京市 26 种落叶阔叶绿化树种的滞尘能力[J]. 植物生态学报, 2015, 39(7): 736-745.

[12] 张志丹,席本野,曹治国,等. 植物叶片吸附 PM_{2.5} 等大气颗粒物定量研究方法初探——以毛白杨叶片为例[J]. 应用生态学报, 2014, 25(8): 1-6.

[13] 李宝光,陶秀花,倪国平,等. 扫描像素法测定植物叶面积的研究[J]. 江西农业学报, 2006, 18(3): 78-81.

[14] 肖强,叶文景,朱珠,陈瑶. 利用数码相机和 Photoshop 软件非破坏性测定叶面积的简便方法[J]. 生态学杂志, 2005, 24(6): 711-714.

[15] 李玲. 植物生理学模块实验指导[M]. 北京:科学出版社, 2009.

[16] 牟浩. 城市道路绿带宽度对空气污染物的削减效率研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2013.

[17] 孙淑萍,邱靖,万欣,等. 大气污染对爬山虎和云南黄馨抗坏血酸和游离氨基酸的影响[J]. 江苏农业科学, 2011(1): 197-199.

[18] 杜秀敏,殷文璇,赵彦修,等. 植物中活性氧的产生及清除机制[J]. 生物工程学报, 2001, 17(2): 121-125.

[19] 陶玲,任培. 城市大气污染对绿化树种叶片 pH 的影响[C]. 中国环境科学学会学术年会论文集, 2009: 194-198.

[20] 吴际友,李志辉,刘球,等. 干旱胁迫对红椿无性系幼苗叶片相对含水量和叶绿素含量的影响[J]. 中国农学通报, 2013(4): 19-22.

Physiological Responses of Road Greening Plants to Traffic Pollution

GAO Yi-dan, LIU Hai-rong

(Tianjin Agricultural College, Tianjin 300384)

Abstract: In order to research the responses of road greening plant physiological to the traffic pollution, taking *Buxus megistophyll* as experimental material, choose Tianjin typical traffic polluted areas for sampling locations, the effect of the traffic flow on the unit leaf area dust catching quantity, the content of ascorbic acid, relative water content, pH value of leaves were discussed. The results showed that *Buxus megistophyll* unit leaf area amount of dust and traffic flow showed significant positive correlation ($P < 0.01$); ascorbic acid content and unit of foliar dust amount showed a significant negative correlation ($P < 0.01$); leaf pH value and unit of foliar dust amount had no significant correlation ($P > 0.01$); relative water content and unit of foliar dust amount showed significant positive correlation ($P < 0.01$). Long-term traffic pollution significantly decreased the content of ascorbic acid in *Buxus megistophyll*, increased the relative water content and pH value for leaf had little effect.

Keywords: traffic pollution; *Buxus megistophylla*; physiological index