

刘海荣,高一丹,王 葳. 天津市 5 种常绿灌木的综合评价[J]. 江苏农业科学,2017,45(18):119-122.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.18.030

# 天津市 5 种常绿灌木的综合评价

刘海荣,高一丹,王 葳

(天津农学院,天津 300384)

**摘要:**以天津市 5 种常绿灌木为研究对象,通过测定 5 种植物的滞尘量、计算空气污染耐受指数 (APTI),结合生物学特征、生态效益和经济价值等对这 5 种植物进行综合评价。结果表明:5 种常绿灌木单位叶面积滞尘量最大的是大叶黄杨,为  $1.41 \text{ mg/cm}^2$ ;其次是小叶黄杨,为  $1.19 \text{ mg/cm}^2$ ;再次是沙地柏,为  $0.66 \text{ mg/cm}^2$ ;小龙柏为  $0.53 \text{ mg/cm}^2$ ;滞尘量最小的是凤尾兰,为  $0.46 \text{ mg/cm}^2$ 。5 种植物 APTI 值由大到小依次为凤尾兰、小叶黄杨、小龙柏、沙地柏、大叶黄杨。植物综合评价结果凤尾兰为非常好,沙地柏为好,小叶黄杨、大叶黄杨、小龙柏为一般。

**关键词:**空气污染;APTI;常绿灌木;综合评价

**中图分类号:** X51;S687.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)18-0119-04

随着城市化进程的加快、工业化发展、汽车尾气排放量增多,大气污染对生物以及环境造成严重的影响,其中颗粒物污染已成为主要的城市环境问题之一。颗粒物因其影响大气能见度、产生光化学烟雾、加剧温室效应<sup>[1]</sup>,而且含有重金属、细菌、病毒等致病物质,严重影响人民健康<sup>[2]</sup>。近年来,华北地区日益严重的雾霾天气,使人们的生产生活受到了极大的影响<sup>[3]</sup>,如何减少雾霾天气的发生以及雾霾对人们生产生活的影响,已经成为国内外公众、政府和学者共同关注的重要问题。已有研究表明,植物可以吸滞大气颗粒物,减少雾霾对环境的影响<sup>[4]</sup>,其中常绿植物由于四季常绿能够发挥更大的作用<sup>[5]</sup>。本研究选择天津市常见的 5 种常绿灌木,分别为大叶

黄杨(*Buxus megistophylla*)、沙地柏(*Sabina vulgaris*)、小龙柏(*Sabina chinensis* var. *chinensis*)、凤尾兰(*Yucca gloriosa*)、小叶黄杨(*Buxus sinica* var. *parvifolia*)作为研究对象,通过比较这几种植物的滞尘能力、空气污染耐受指数 (APTI) 以及生物学特性、社会经济学价值等几个方面,对这几种植物进行综合评价,以期对天津市常绿植物的选择与应用提供参考,同时也为植物综合评价提供有效可行的方法。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地概况

天津地处北温带,位于中纬度亚欧大陆东岸,主要气候特征是四季分明,春季多风,干旱少雨;夏季炎热,雨水集中;秋季气爽,冷暖适中;冬季寒冷,干燥少雪。年平均气温约为  $14^\circ\text{C}$ ,年平均降水量在 360~970 mm。

### 1.2 研究方法

**1.2.1 材料及样品采集** 当降雨量大于 15 mm,降水强度达  $10 \text{ mm/h}$  时或风速大于  $17 \text{ m/s}$  时,认为植物叶片上的降留 PM<sub>2.5</sub> 等大气颗粒物被洗刷干净,然后重新滞留 PM<sub>2.5</sub> 等大

收稿日期:2016-03-16

基金项目:国家级星火计划项目(编号:2015GA610023);天津市农委项目(编号:201502100);国家级大学生创新创业训练计划(编号:201510061008)。

作者简介:刘海荣(1982—),女,黑龙江齐齐哈尔人,硕士,讲师,主要研究方向为园林植物应用。E-mail:53447047@qq.com。

[6]邱 芳,伏健民,金德敏,等. 遗传多样性的分子检测[J]. 生物多样性,1998,6(2):143-150.

[7]Doyle J J. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue[J]. Phytochemical Bulletin,1987,19(1):11-15.

[8]程小毛,岳 琳,黄晓霞. 基于 AFLP 标记技术的三翅碱与三角枫亲缘关系分析[J]. 中国农学通报,2011,27(16):79-83.

[9]程小毛,陈自兰,王 华. 茶树 EST-SSRs 在山茶科植物中的通用性研究[J]. 安徽农业科学,2011,39(13):7596-7598.

[10]Yeh F C, Yang R. POPGENE (Version 1.31): population genetic analysis software[Z]. University of Alberta and Tim Boyle Center for International Forestry Research. Edmonton, Alberta, Canada, 1999.

[11]Excoffier L, Smouse P E, Quattro J M. Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: application to human mitochondrial DNA restriction data [J]. Genetics, 1992, 131(2):479-491.

[12]Wright S. Evolution and the genetics of populations[M]. Chicago: University of Chicago Press, 1977.

[13]王 超,路丙社,白志英,等. 不同种源黄连木遗传多样性研究[J]. 华北农学报,2010,25(增刊1):55-59.

[14]吴志庄,张志翔,汪洋军,等. 黄连木居群遗传多样性的 SSR 标记分析[J]. 应用与环境生物学报,2010,16(6):803-806.

[15]郝丽娟. 能源植物黄连木遗传多样性的 SSR 及 ISSR 分析[D]. 北京:北京林业大学,2011.

[16]Baraket G, Chatti K, Saddoud O, et al. Comparative assessment of SSR and AFLP markers for evaluation of genetic diversity and conservation of fig, *Ficus carica* L., genetic resources in Tunisia[J]. Plant Molecular Biology Reporter, 2011, 29(1):171-184.

[17]Huang H Q, Duan Q, Jiang T, et al. Studies on genetic transformation of fresh-cut chrysanthemum using DREB1A promoted by stress-induced promoter rd29A [J]. Agricultural Biotechnology, 2014, 3(2):7-9.

气颗粒物。本试验于 2015 年雨季后或大风后 1 周进行,选择晴朗、无风的天气采集样品,共采集样叶 3 次。

选择天津市西青区海泰发展基地作为污染区的采样地点。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、健康成熟的叶片,从树冠的内外上中下多点采样,阔叶树种取样 30~50 张叶为 1 个样本(大叶 10 张左右),针叶树种剪取标准小枝 250~300 g(每段 5~10 cm,取 20 段)为 1 个样本,每种植物采集 3 个样本。采后尽量不抖动,小心放入自封袋中,做好标记,迅速带回实验室进行滞尘量测定。另采取同样的方法每种植物采集样叶 100 g 为 1 个样本,每种植物采集 3 个样本,迅速带回实验室,放 4℃ 冰箱中保存,进行各项生理指标测定<sup>[6]</sup>。

选择天津城建大学校园湖区作为对照区的采样地点。选择距路缘 10 m 以上、周围环境相对较好的位置采样,采样方法同上。

### 1.2.2 测定项目与方法

**1.2.2.1 滞尘量测定** 将置于自封袋中的叶片用镊子小心取出,依次放入编号号的大烧杯中。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,保证叶片上的积留 PM<sub>2.5</sub> 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,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 7 000 r/min 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℃ 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( $W_0 = W_2 - W_1$ )<sup>[7]</sup>。滞尘量计算:

$$\text{单位叶面积滞尘量} = W_0 / A (\text{mg/cm}^2)。$$

**1.2.2.2 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  $A$ <sup>[8-9]</sup>。

**1.2.2.3 生理指标的测定** 叶片 pH 值、相对含水量、叶绿素含量和维生素 C 含量测定参照李玲主编的植物生理学模块实验指导中的方法,叶绿素含量和维生素 C 含量均结合分光光度计进行测定<sup>[10-13]</sup>。空气污染指数 APTI 的计算采用如下公式<sup>[14]</sup>:

$$APTI = \frac{A(T+P)+R}{10}$$

式中: $A$  为维生素 C 含量 (mg/g); $T$  为叶绿素含量 (mg/g); $P$  为叶片提取物的 pH 值; $R$  为叶片相对含水量 (%)。

## 2 结果与分析

### 2.1 5 种常绿灌木滞尘能力比较

5 种常绿灌木的滞尘量见图 1。5 种常绿灌木滞尘量均呈现出污染区大于对照区的特征,污染区与对照区差异明显,其中滞尘量最大的是大叶黄杨,为 1.41 mg/cm<sup>2</sup>,其次是小叶

黄杨,为 1.19 mg/cm<sup>2</sup>,再次是沙地柏,为 0.66 mg/cm<sup>2</sup>,小龙柏为 0.53 mg/cm<sup>2</sup>,滞尘量最小的是凤尾兰,为 0.46 mg/cm<sup>2</sup>,在对照区滞尘能力从大到小依次为沙地柏 > 小叶黄杨 > 小龙柏 > 大叶黄杨 > 凤尾兰。

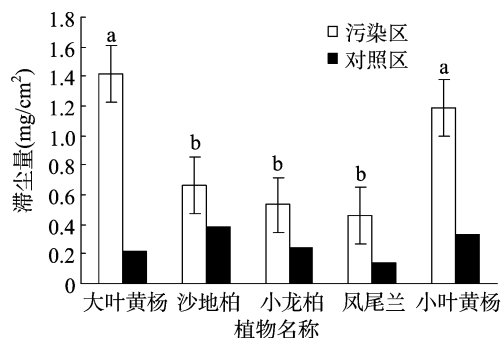


图1 5 种常绿灌木滞尘量比较

### 2.2 5 种常绿灌木生理指标

**2.2.1 pH 值** 5 种常绿灌木生理生化指标见表 1。同一种植物在污染区和对照区 pH 值差异不显著,但是不同植物之间差异明显;在污染区和对照区这 5 种植物 pH 值由大到小均为沙地柏 > 大叶黄杨 > 小龙柏 > 小叶黄杨 > 凤尾兰,5 种植物在污染区和对照区 pH 值相比较,未表现出一致的规律,其中大叶黄杨、小龙柏、凤尾兰为对照区大于污染区,而沙地柏和小叶黄杨为污染区大于对照区。pH 值是对空气污染比较敏感的生理指标,已有研究表明,在受到污染的大气环境中,植物 pH 值会不同程度降低,其中敏感植物比抗性强的植物 pH 值下降更多。沙地柏、小叶黄杨为何出现污染区大于对照区的情况,还有待进一步的研究。

**2.2.2 相对含水量** 5 种植物的相对含水量均表现出污染区高于对照区的特征,在污染区 5 种植物相对含水量从大到小依次为凤尾兰 > 小叶黄杨 > 小龙柏 > 沙地柏 > 大叶黄杨,对照区表现出同样的规律。在污染区含水量最高的凤尾兰比含水量最低的大叶黄杨含水量高 17.60%。相对含水量高低反映植物吸收和释放水的能力,在 5 种常绿灌木中凤尾兰相对含水量最高,而大叶黄杨最低,表明凤尾兰较大叶黄杨抗旱性强。

**2.2.3 叶绿素含量** 同一种植物在污染区和对照区叶绿素含量差异不显著,但 5 种常绿灌木均表现出污染区小于对照区的特征,叶绿素含量在污染区为 0.50~1.16 mg/g,在对照区为 0.57~1.33 mg/g。在污染区叶绿素含量由大到小依次为沙地柏 > 大叶黄杨 > 小叶黄杨 > 小龙柏 > 凤尾兰,对照区由大到小依次为大叶黄杨 > 沙地柏 > 小叶黄杨 > 小龙柏 > 凤尾兰。5 种常绿灌木叶绿素含量均表现出污染区小于对照区的规律,表明环境污染水平会直接影响植物叶绿素的含量。相关研究表明,碱性的或酸性的污染环境,会影响叶片气孔的开合或者脱镁叶绿素的产生,从而导致叶绿素退化。

**2.2.4 叶片维生素 C 含量** 同一种植物在污染区和对照区叶片维生素 C 含量除小龙柏、小叶黄杨外差异显著,5 种常绿灌木均表现出污染区小于对照区的特征,在污染区维生素 C 含量从大到小依次为小龙柏 > 沙地柏 > 大叶黄杨 > 凤尾兰 > 小叶黄杨,对照区表现出同样的规律。维生素 C 含量在污染区为 0.20~0.40 mg/g,在对照区为 0.21~0.43 mg/g。维生

表 1 天津市 5 种常绿灌木生理生化指标及 APTI 值

植物名称	采样点	pH 值	相对含水量 (%)	叶绿素含量 (mg/g)	维生素 C 含量 (mg/g)	空气污染 耐受指数
大叶黄杨	污染区	5.80 ± 0.03b	80.34 ± 2.03d	1.10 ± 0.13a	0.32 ± 0.06b	8.25c
	对照区	5.84 ± 0.02b	80.27 ± 1.81d	1.33 ± 0.07a	0.40 ± 0.07a	8.31c
沙地柏	污染区	6.16 ± 0.04a	80.69 ± 2.35d	1.16 ± 0.21a	0.34 ± 0.07b	8.31c
	对照区	6.06 ± 0.06a	80.53 ± 2.02d	1.28 ± 0.08a	0.40 ± 0.05a	8.35c
小龙柏	污染区	5.72 ± 0.11b	81.47 ± 2.03c	0.74 ± 0.07c	0.40 ± 0.02a	8.41b
	对照区	5.83 ± 0.08b	80.98 ± 1.75c	0.81 ± 0.06c	0.43 ± 0.08a	8.38b
凤尾兰	污染区	5.08 ± 0.10c	94.48 ± 1.28a	0.50 ± 0.13d	0.29 ± 0.01c	9.60a
	对照区	5.10 ± 0.12c	91.27 ± 1.99b	0.57 ± 0.13d	0.32 ± 0.01b	9.31b
小叶黄杨	污染区	5.69 ± 0.01b	89.88 ± 3.01b	0.90 ± 0.20b	0.20 ± 0.08d	9.12b
	对照区	5.64 ± 0.06b	87.99 ± 2.81b	1.07 ± 0.06b	0.21 ± 0.07d	8.93b

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

表 2 植物分级模式

项目	分级特征	评价模式	级别	
耐污染能力	APTI	8.0 ~ 8.5	+	
		8.6 ~ 9.0	++	
		9.1 ~ 9.5	+++	
生态效益	滞尘能力	0 ~ 1.0	+	
		1.1 ~ 2.0	++	
		2.1 ~ 3.0	+++	
生物学特性	地理分布	少	-	
		中	+	
		多	++	
	植株结构	松散型	-	
		半致密型	+	
		紧凑型	++	
	植物类型	落叶	-	
		常绿	+	
	形态习性	叶片尺寸	小	-
			中	+
			大	++
		耐寒性	弱	-
			强	+
		生长状况	一般	-
			良好	+
好			++	
经济价值			主要用途	小于 3 个用途
	3 ~ 4 个用途	+		
	5 个及以上用途	++		

2.3 5 种常绿灌木综合评价

结合测试结果对 5 种常绿灌木植物进行综合评价,其中评价指标包括植物耐污染能力、生态效益、生物学特性及经济价值 4 个一级指标,在每个一级指标下又分成若干个二级指标,二级指标下又细分出三级指标,详细评价模式及级别见表 2<sup>[15]</sup>。总分 18 分,每种植物可以根据实际情况计算各自的得分数,除以满分 18 分乘以 100%,即为该种植物的最终分数,每个分数对应相应的评价级别,植物预期性能指标 API 详细分级标准见表 3。

经计算分别获得大叶黄杨、沙地柏、小龙柏、凤尾兰、小叶黄杨的 API 值见表 4。因此,在城市道路绿化中推荐使用凤尾兰(*Yucca gloriosa*),其次是沙地柏(*Sabina vulgaris*),最后是小叶黄杨(*Buxus sinica* var. *parvifolia*)、大叶黄杨(*Buxus megistophylla*)、小龙柏[*Sabina chinensis* var. *chinensis*]。

表 3 植物预期性能指标

等级	分数(%)	评价类别
0	≤30	不推荐
1	31 ~ 40	很差
2	41 ~ 50	差
3	51 ~ 60	一般
4	61 ~ 70	好
5	71 ~ 80	非常好
6	81 ~ 90	极好
7	91 ~ 100	最好

3 讨论与结论

植物的滞尘能力。植物的滞尘能力受很多因素的影响,如叶片的形状、大小、质感、叶片倾斜角等。通过体式显微镜观察发现大叶黄杨叶片表面有比较均匀且深的褶皱及凹槽,这种结构非常有利于粉尘停留;小叶黄杨叶片表面同样有许多凹槽及褶皱,尤其在叶片中部分布较多,但较大叶黄杨浅且大很多,且分布不均匀,所以滞尘能力相对较弱;而沙地柏和小龙柏主要依赖于植物表面的黏性分泌物,以及叶片之间的缝隙吸滞粉尘;凤尾兰叶片相对平滑,没有凹槽、褶皱,但叶片表面布满疣突,叶片表面摸起来比较粗糙,可以滞留一定量的粉尘,但是不利于粉尘大量停留,这可能是导致不同植物之间滞尘量不同的原因。同种植物在不同的采样地点滞尘能力不

素 C 能够提高植物对不良环境的抗性。污染区 5 种常绿灌木低水平的维生素 C 含量可能是由于在去除细胞毒素自由基的过程中消耗了一部分。

2.2.5 空气污染耐受指数 从表 1 可以看出,5 种常绿灌木 APTI 值在污染区由大到小依次为凤尾兰 > 小叶黄杨 > 小龙柏 > 沙地柏 > 大叶黄杨,在对照区表现出同样的规律。5 种植物在污染区和对照区 APTI 值相比较,未表现出一致的规律,其中凤尾兰、小叶黄杨、小龙柏为污染区 > 对照区,而沙地柏、大叶黄杨为对照区 > 污染区。APTI 值大说明植物对空气污染的耐受能力强,APTI 值小说明植物对空气污染的耐受能力弱。

表 4 5 种常绿灌木综合评价

植物 名称	空气污染 耐受指数	滞尘 能力	地理 分布	植株 结构	植物 类型	形态习性			经济 价值	级别		API 等级	评价
						叶片尺寸	生长状况	耐寒性		得分数	得分率(%)		
大叶黄杨	+	+++	+	+	+	+	+	-	-	9	50.00	3	一般
沙地柏	+	+	++	++	+	-	++	+	+	11	61.11	4	好
小龙柏	+	+	+	++	+	-	++	+	-	9	50.00	3	一般
凤尾兰	+++	+	++	-	+	++	++	-	++	13	72.22	5	非常好
小叶黄杨	++	++	-	++	+	+	-	+	+	10	55.56	3	一般

同,说明环境污染水平对植物滞尘能力产生一定的影响。

pH 值。pH 是对空气污染比较敏感的生理指标,已经有研究表明,二氧化硫和氮氧化物 2 种污染物的存在导致大气空气呈现酸性环境,在这样的环境中植物的 pH 值会不同程度的降低,其中敏感植物比抗性强的植物 pH 值下降更多,本研究中只有大叶黄杨、小龙柏、凤尾兰与此结果一致,而沙地柏、小叶黄杨与此结论相反。植物 pH 值对污染的响应规律及机制有待进一步深入研究。

相对含水量。相对水含量反映植物吸收和释放水的能力,当蒸腾速率较高时,相对水含量能够保证在大气污染的逆境条件下植物的各项生理活动,在 5 种常绿灌木中凤尾兰相对含水量最高,而大叶黄杨最低,表明了凤尾兰较大叶黄杨抗旱性强。

维生素 C 含量。维生素 C 在大量植物组织中被发现,是植物体中的一种强氧化剂,能够提高植物对不良环境的抗性。5 种常绿灌木维生素 C 含量均表现出污染区小于对照区的规律,低水平的维生素 C 含量可能是由于在去除细胞毒素自由基的过程中消耗了一部分。

叶绿素含量。叶绿素含量能够指示植物叶片的光合活性和植物的生长发育状况<sup>[16-17]</sup>。5 种常绿灌木叶绿素含量均表现出污染区小于对照区的规律,说明环境污染水平会直接影响植物叶绿素的含量。有研究表明,在逆境条件下叶绿素参与许多光化学反应,碱性的或酸性的污染环境,会影响叶片气孔的开合或者脱镁叶绿素的产生,从而导致叶绿素退化。

APTI 值。APTI 值大说明植物对空气污染的耐受能力强,APTI 值小说明植物对空气污染的耐受能力弱。通过 pH 值、相对含水量、叶绿素含量、维生素 C 含量综合分析植物的抗污染能力,具有一定的科学性和合理性,值得借鉴,但此种方法仍需要在大量的实践中进一步验证。

植物综合评价结果表明,凤尾兰表现非常好,沙地柏为好,小叶黄杨、大叶黄杨和小龙柏一般。建议在进行城市绿化树种选择时可以选择多种植一些凤尾兰,其次是沙地柏,最后是小叶黄杨、大叶黄杨、小龙柏。

本研究计算的 API 值,指标量相对较少,如没有考虑植物的景观价值,不能全面反映植物的全部状态,但可以为植物评价提供新的思路和方法。

参考文献:

[1]王会霞,石 辉,王彦辉,等. 典型天气下植物叶面滞尘动态变化

[J]. 生态学报,2015,35(6):1696-1705.  
[2]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.  
[3]周 扬. 华北地区气溶胶理化特性、来源解析及实验室模拟 [D]. 济南:山东大学,2012.  
[4]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):21-24,28.  
[5]王赞红,李纪标. 城市街道常绿灌木植物叶片滞尘能力及滞尘颗粒物形态[J]. 生态环境学报,2006,15(2):327-330.  
[6]范舒欣,晏 海,齐石茗月,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.  
[7]张志丹,席本野,曹治国,等. 植物叶片吸滞 PM<sub>2.5</sub> 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):2238-2242.  
[8]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.  
[9]肖 强,叶文景,朱 珠,等. 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.  
[10]李 玲. 植物生理学模块实验指导[M]. 北京:科学出版社,2009.  
[11]刘子恒,唐延林. 水稻叶片 pH 值与吸收光谱变量的相关性[J]. 光谱实验室,2011,28(5):2451-2454.  
[12]陶 玲,任 珺. 城市大气污染对绿化树种叶片 pH 值的影响 [C]//中国环境科学学会 2009 年学术年会论文集(第三卷). 2009.  
[13]周自云,梁宗锁,李 硕,等. 干旱-复水对酸枣相对含水量、保护酶及光合特征的影响[J]. 中国生态农业学报,2011,19(1):93-97.  
[14]Agbaire P O. Air pollution tolerance indices (APTI) of some plants around Erhoike - Kokori oil exploration site of Delta State, Nigeria [J]. International Journal of Physical Sciences,2009,4(6):366-368.  
[15]Rai P K,Panda L L S. Dust capturing potential and air pollution tolerance index (APTI) of some road side tree vegetation in Aizawl, Mizoram,India;an Indo - Burma hot spot region[J]. Air Quality Atmosphere & Health,2014,7(1):93-101.  
[16]马帅鹏,庞振才,李 静,等. 菠萝不同品种叶片叶绿素含量和荧光特性[J]. 江苏农业科学,2015,43(6):175-176.  
[17]宋 莎,江旭生,韩秀梅,等. 不同苹果砧木叶绿素含量与光合速率研究[J]. 江苏农业科学,2015,43(3):149-150.