

不同污染条件下绿化树种对大气二氧化硫吸收积累能力的研究

胡 舒,肖 昕,贾含帅

(中国矿业大学 环境和测绘学院,江苏省资源环境信息工程重点实验室,江苏 徐州 221008)

摘 要:采用 $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ 消煮、 BaSO_4 比浊法测定了徐州市污染区和相对清洁区 13 种树种叶片中的含硫量,通过单因素方差分析和系统聚类分析,比较了各树种间对大气 SO_2 吸收积累能力的差异性,以期筛选出对 SO_2 净化能力强的树种,为未来徐州市城区绿化结构调整与改造提供科学依据。结果表明:在同一污染条件下,各树种对 SO_2 的吸收积累能力普遍存在极显著差异,随着大气 SO_2 污染的加重,差异越显著;同种树种在不同污染条件下对 SO_2 的吸收积累能力普遍存在极显著差异;女贞对大气 SO_2 具有很强的吸收积累能力,意大利杨、法国梧桐和雪松对大气 SO_2 具有很强的吸收积累的潜在能力,女贞、意大利杨、法国梧桐和雪松是用于净化大气 SO_2 的理想树种。针叶树种对 SO_2 的吸收积累能力普遍弱于阔叶树种。

关键词:绿化树种;大气污染;二氧化硫;污染区;相对清洁区

中图分类号:S 718.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)11-0069-04

我国工业化进程快速发展所带来的大气污染问题已对环境、人体健康^[1]造成了严重的损害。 SO_2 是目前大气污染物中数量较大、影响面较广的主要污染物之一^[2],主要来自含硫燃料(如煤炭、石油)的燃烧^[3]。植物组织可吸收富集硫等多种污染元素,降低大气中硫的含量,其中叶片对污染物吸收作用最强^[4]。不同树种叶片对硫的吸收积累能力存在显著差异^[5-6],叶片中含硫量越高,表明该树种对硫的吸收积累能力越强,反之越弱^[7-9]。树种叶片含硫量与大气 SO_2 浓度的关系仍存在

争议,有研究表明,叶片含硫量与大气 SO_2 浓度有显著正相关性^[10-12],也有部分结果表明并非呈绝对正相关^[13]。树种叶片含硫量还与附着在叶片上粉尘中含硫量有关^[14]。徐州市大气污染类型以煤烟型污染为主,悬浮性颗粒物和大气 SO_2 是主要大气污染物。该研究针对徐州市煤烟型污染,选择污染区的 13 种绿化树种,并以相对清洁区作为对照,对树种叶片含硫量进行测定,筛选出对大气 SO_2 的吸收积累能力强的绿化树种,旨在为未来城区绿化结构调整与改造提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选择北三环路口附近作为污染区,于 2010 年 6 月

第一作者简介:胡舒(1988-),女,在读硕士,现主要从事城市生态和人工湿地方面的研究工作。E-mail:hs365173273@163.com。

收稿日期:2012-03-05

Effects of Detergent on Seeds Germination and Root Tip of *Callistephus chinensis*

WANG Zhong, LI Xiur-ping, LIU Fang-ming, LI Qian

(College of Life Science, Jiamusi University, Jiamusi, Heilongjiang 154007)

Abstract: The seed germination, growth of root, cell division and chromosome aberration of *Callistephus chinensis* seeds were researched with 2 different time and 5 different concentration of Baimao detergent. The results showed that seed germination rate and root length were inhibited compared with the control group and this inhibition become stronger as the concentration and time increased. The mitotic index of root tip reduced with increasing concentration and prolonging the time of detergent treated. The chromosome aberrations were induced by different detergent treatment, and the most obvious treatment was 32 mL/L detergent with 6 hours.

Key words: detergent; *Callistephus chinensis*; mitosis; chromosome aberration

进行植物叶片的采样。对同一树种选择长势良好的 3 株或以上植株进行叶片采样,共采集到 13 种植物叶片,包括:女贞 (*Ligustrum lucidum*)、火棘 (*Pyracantha fortuneana*)、雪松 (*Cedrus*)、黑松 (*Pinus thunbergii* Parlatores)、圆柏 (*Sabina chinensis* (Linn.) Ant)、侧柏 (*Platycladus orientalis* (Linn.) Franco)、法国梧桐 (*Platanus × acerifolia*)、毛白杨 (*Populus tomentosa* Carr)、意大利杨 (*Populus euramevicana* cv)、枫杨 (*Pterocarya stenoptera* C)、紫薇 (*Lagerstroemia indica*)、构树 (*Broussonetia papyrifera*)和栾树 (*Koelreuteria paniculata*)。选择纪念塔园内作为相对清洁区,采用相同方法,采集相应的 13 种植物叶片。

1.2 试验方法

将植物叶片样品清洗干净,风干后放入烘箱于 70℃ 下烘至恒质量,粉碎后过 60 目筛。植物全硫采用 $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ 消煮、 BaSO_4 比浊法测定^[2]。同一样品设置 3 次重复。

1.3 数据处理

采用 SPSS 19.0 数据处理软件,对测定数据进行了单因素方差分析(ANOVA)和系统聚类分析。

2 结果与分析

2.1 北三环路口污染区不同绿化树种叶片间含硫量比较

对 13 个树种叶片中含硫量进行两两间单因素方差分析(表 1)表明,不同树种叶片中含硫量不同。黑松和圆柏、毛白杨、紫薇、栾树,圆柏和毛白杨、紫薇、栾树,毛白杨和紫薇、栾树,构树和法国梧桐叶片之间的含硫量

无显著性差异($P>0.05$);女贞和意大利杨,雪松和构树,枫杨和黑松、圆柏,侧柏和紫薇、枫杨叶片之间的含硫量存在显著差异($0.01<P\leq 0.05$);其它树种叶片之间的含硫量存在极显著差异($P\leq 0.01$)。系统聚类分析(图 1)表明,女贞和意大利杨对硫的吸收能力极强;雪松次之;法国梧桐、火棘和构树对硫的吸收能力较强;毛白杨、栾树、紫薇、黑松、圆柏、枫杨和侧柏对硫的吸收能力较弱。

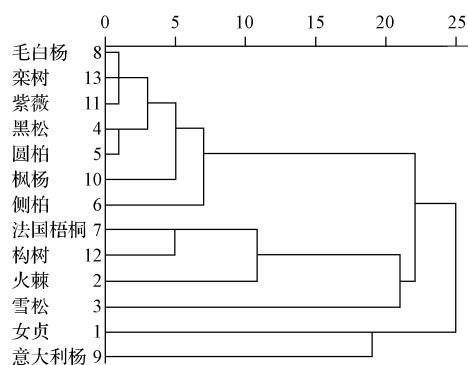


图 1 北三环路口各树种叶片含硫量的聚类分析

从单因素方差分析结果中可知,树种叶片含硫量之间存在极显著差异($P\leq 0.01$)的占 75.6%,存在显著差异($0.01<P\leq 0.05$)的占 9.0%,无显著性差异($P>0.05$)的占 15.4%。不同树种叶片对硫的吸收积累能力普遍存在极显著差异。在 4 种针叶树种(雪松、黑松、圆柏、侧柏)中,有 3 种(黑松、圆柏、侧柏)叶片含硫量较低,针叶树种对硫的吸收积累能力普遍低于阔叶树种,与王晓春等^[15]、陶福禄等^[16]、罗红艳等^[17]的研究结果一致。

表 1 北三环路口各树种叶片含硫量的单因素方差分析

树种种类	女贞	火棘	雪松	黑松	圆柏	毛白杨	紫薇	栾树	枫杨	构树	法国梧桐	意大利杨	侧柏
女贞		**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	**
火棘			**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
雪松				**	**	**	**	**	**	*	**	**	**
黑松					ns	ns	ns	ns	*	**	**	**	**
圆柏						ns	ns	ns	*	**	**	**	**
毛白杨							ns	ns	**	**	**	**	**
紫薇								ns	ns	**	**	**	*
栾树									*	**	**	**	**
枫杨										**	**	**	*
构树											ns	**	**
法国梧桐												**	**
意大利杨													**
侧柏													

注: ** 差异极显著($P\leq 0.01$); * 差异显著($0.01<P\leq 0.05$); ns 无显著差异($P>0.05$)。下同。

2.2 纪念塔园内相对清洁区不同绿化树种叶片间含硫量比较

对该地区 13 个树种叶片含硫量进行两两间单因素方差分析(表 2)表明,火棘和雪松、毛白杨,意大利杨和黑松,黑松和圆柏、栾树、法国梧桐、紫薇,圆柏和栾树、法国梧桐、紫薇,栾树和法国梧桐、紫薇,法国梧桐和枫杨,枫杨和侧柏叶片的含硫量无显著性差异($P>0.05$);雪松和毛

白杨、构树,意大利杨和紫薇,黑松和枫杨,圆柏和枫杨、侧柏,栾树和枫杨、侧柏,法国梧桐和紫薇、侧柏叶片的含硫量存在显著差异($0.01<P\leq 0.05$);其它树种叶片之间含硫量存在极显著差异($P\leq 0.01$)。聚类分析(图 2)表明,女贞对硫的吸收能力极强;构树次之;火棘、雪松和毛白杨对硫的吸收能力较强;圆柏、栾树、法国梧桐、黑松、紫薇、侧柏、枫杨和意大利杨对硫的吸收能力较弱。树种叶片含硫量之间存在

极显著差异($P \leq 0.01$)的占 69.2%,存在显著差异($0.01 < P \leq 0.05$)的占 12.8%,无显著性差异($P > 0.05$)的占 18.0%。

表 2 纪念塔园内各树种叶片含硫量的单因素方差分析

树种种类	女贞	火棘	雪松	毛白杨	意大利杨	黑松	圆柏	栎树	法国梧桐	紫薇	枫杨	侧柏	构树
女贞		**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
火棘			ns	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**
雪松				*	**	**	**	**	**	**	**	**	*
毛白杨					**	**	**	**	**	**	**	**	**
意大利杨						ns	**	**	**	*	**	**	**
黑松							ns	ns	ns	ns	*	**	**
圆柏								ns	ns	ns	*	*	**
栎树									ns	ns	*	*	**
法国梧桐										*	ns	*	**
紫薇											*	*	**
枫杨												ns	**
侧柏													**
构树													**

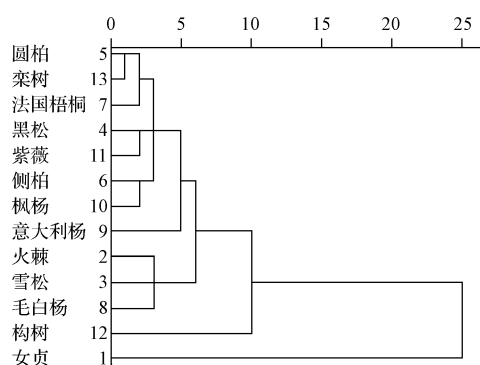


图 2 纪念塔园内各树种叶片含硫量的聚类分析

2.3 同种树种叶片在 2 个采样地区之间的含硫量比较

由图 1、2 可知,女贞叶片的含硫量在 2 个采样地区均排名第一,毛白杨、栎树、紫薇、黑松、圆柏、枫杨和侧柏均为较低值。意大利杨、法国梧桐和雪松叶片的含硫量在纪念塔园内较低,在北三环路口表现出较高的累积量。对北三环路口和纪念塔园内树种叶片含硫量差值排序(图 3),差值大小顺序为:意大利杨>法国梧桐>雪松>女贞>构树>圆柏>火棘>黑松>栎树>枫杨>紫薇>侧柏>毛白杨。差值越大,表明随着硫化物浓度的升高,树种叶片对硫的吸收量增加越多;差值越小,表明随着硫化物浓度的升高,树种叶片对硫的吸收量并没有显著增加,甚至减少。该差值反映出各树种对大气 SO_2 吸收积累的潜在能力。在大气 SO_2 污染浓度大的条件下,树种叶片含硫量大的树种对 S 的吸收积累能力强。由此可知,意大利杨、法国梧桐和雪松对 S 的吸收积累具有很大的潜在能力,黑松、栎树、枫杨、紫薇、侧柏和毛白杨的潜在能力较小。

对同种树种叶片在 2 个采样地区的含硫量进行单因素方差分析(表 3)表明,存在极显著差异($P \leq 0.01$)的树种有意大利杨、法国梧桐、雪松、女贞、构树、圆柏、火棘、栎树和枫杨,占树种总数的 69.2%;存在显著差异($0.01 < P \leq 0.05$)的树种有黑松,占树种总数的 7.7%;无显著性差异

不同树种叶片对硫的吸收积累能力普遍存在极显著差异,针叶树种对硫的吸收积累能力普遍低于阔叶树种。

($P > 0.05$)的树种有紫薇、侧柏和毛白杨,占树种总数的 23.1%。由此可知,同种树种在不同污染条件下对大气 SO_2 的吸收积累能力普遍存在极显著差异。

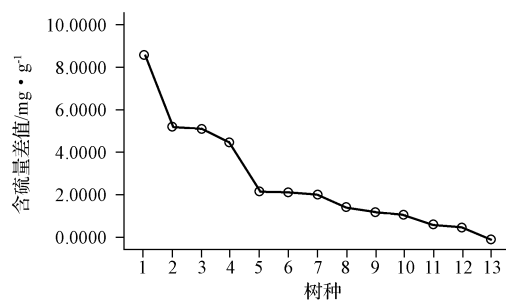


图 3 北三环路口和纪念塔园内树种叶片含硫量差值

注:横坐标 1~13 依次为意大利杨、法国梧桐、雪松、女贞、构树、圆柏、火棘、黑松、栎树、枫杨、紫薇、侧柏、毛白杨。

表 3 北三环路口和纪念塔园内同种树种叶片含硫量比较及其单因素方差分析

树种名称	北三环路口树种	纪念塔园内树种	2 个地区叶片	2 个地区
	叶片含硫量 /mg·g ⁻¹ DW	叶片含硫量 /mg·g ⁻¹ DW	含硫量差值 /mg·g ⁻¹ DW	叶片含硫量 差异性分析
意大利杨	11.6631±0.3766	3.0887±0.1652	8.5744	**
法国梧桐	7.1893±0.2724	1.9956±0.1800	5.1937	**
雪松	9.5491±0.6158	4.4611±0.3041	5.0880	**
女贞	13.3320±0.6294	8.8555±0.5143	4.4765	**
构树	7.7939±0.3162	5.6346±0.4413	2.1593	**
圆柏	4.3088±0.6337	2.1977±0.2353	2.1111	**
火棘	6.1423±0.2774	4.1207±0.2971	2.0220	**
黑松	3.9633±0.6587	2.5426±0.3347	1.4207	*
栎树	3.3792±0.3343	2.1905±0.2406	1.1887	**
枫杨	2.6521±0.2259	1.6051±0.1805	1.0470	**
紫薇	3.1578±0.6750	2.5566±0.1764	0.6012	ns
侧柏	1.8625±0.4109	1.3996±0.2795	0.4629	ns
毛白杨	3.6689±0.2359	3.7613±0.1765	-0.0924	ns

在北三环路口,树种叶片含硫量两两间存在显著差异($0.01 < P \leq 0.05$)和极显著差异($P \leq 0.01$)的百分比为 84.6%。在纪念塔园内,树种叶片含硫量两两间存在显著差异($0.01 < P \leq 0.05$)和极显著差异($P \leq 0.01$)的百分比和为 82.0%。表明在大气 SO_2 污染浓度较低时,

不同树种叶片表现出的对硫的吸收积累能力接近;随着大气 SO₂ 污染浓度的升高,树种叶片对硫的吸收积累能力逐渐表现出差异性。

3 结论

在污染区和相对清洁区,不同树种叶片的含硫量两两间均普遍存在极显著差异,并且随着大气 SO₂ 污染浓度的升高,差异越显著。女贞在污染区和相对清洁区对大气 SO₂ 均有很强的吸收积累能力;意大利杨、法国梧桐和雪松在相对清洁区对大气 SO₂ 的吸收积累能力弱,在污染区能力强,此 3 个树种对硫的吸收积累具有较大的潜在能力。13 个树种对大气 SO₂ 吸收积累的潜在能力顺序为:意大利杨>法国梧桐>雪松>女贞>构树>圆柏>火棘>黑松>栎树>枫杨>紫薇>侧柏>毛白杨。女贞、意大利杨、法国梧桐和雪松是用于净化大气 SO₂ 污染的理想树种。毛白杨、栎树、紫薇、黑松、圆柏、枫杨和侧柏在污染区和相对清洁区对大气 SO₂ 的吸收积累能力均较弱。针叶树种叶片对大气 SO₂ 的吸收积累能力普遍低于阔叶树种。

由此可知,在大气 SO₂ 污染严重区,如进行绿化时,应考虑在污染区和相对清洁区均对大气 SO₂ 吸收积累能力强的树种,如女贞;同时考虑污染区比相对清洁区具有显著的潜在吸收积累大气 SO₂ 差异的树种,如意大利杨、法国梧桐和雪松。

参考文献

[1] Anand M, Ma K, Okonski A, et al. Characterising biocomplexity and soil microbial dynamics along a smelter-damaged landscape gradient [J]. The Science of the Total Environment, 2003, 311: 247-259.

- [2] 范修远,陈玉成. 重庆主城区主要行道植物硫氮水平的初步研究 [J]. 资源与人居环境, 2007(6): 74-75.
- [3] 黄青,程水源,陈东升,等. 北京市一次 SO₂ 污染过程来源分析 [J]. 环境科学与技术, 2010, 33(1): 89-93.
- [4] 陶豫萍,吴宁,罗鹏,等. 森林对污染物(SO₄²⁻)的过滤器效应研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(5): 628-632.
- [5] 鲁敏,李英杰,齐鑫山. 植物修复大气 SO₂ 污染能力的比较 [J]. 山东建筑工程学院学报, 2003, 18(4): 44-46.
- [6] 罗红艳,刘增. 绿化树种对大气 SO₂ 的净化作用 [J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(1): 45-50.
- [7] 李一川,刘厚田,马良清,等. 重庆某些树种对 SO₂ 的耐型和净化能力的研究 [J]. 环境科学, 1991, 11(3): 20-23.
- [8] 张维平. 北方几种农作物和树种对二氧化硫净化作用的研究 [J]. 中国环境科学, 1988, 8(4): 13-16.
- [9] 张西萍,李敏,罗钟梅,等. 检测大气二氧化硫树种的筛选及其应用 [J]. 中国环境科学, 1988, 8(4): 17-22.
- [10] 何蓉,张学星,施莹,等. 绿化树种叶片中硫元素的含量特征 [J]. 云南环境科学, 2006, 25(2): 6-9.
- [11] 蒋高明. 承德市油松针叶硫及重金属含量动态及其与大气 SO₂ 之间的关系 [J]. 生态学报, 1995, 15(4): 407-412.
- [12] 孙淑萍,邱靖,万欣,等. 3 种垂直绿化植物对 SO₂ 的净化能力及其生理生化反应 [J]. 沈阳农业大学学报, 2010, 41(4): 438-443.
- [13] 林志红,卢云鹤,陈军,等. 深圳南山区大气二氧化硫和氟化物污染的植物学评价 [J]. 南昌大学学报, 2002, 26(2): 147-150.
- [14] 邱媛,管东生,陈华,等. 惠州绿化乔木叶片及其叶面降尘对大气 SO₂ 污染的生物监测 [J]. 生态环境, 2007, 16(2): 317-322.
- [15] 王晓春,李辉,柴一新,等. 7 种乔木对 SO₂ 清除能力的定量评价 [J]. 中国城市林业, 2005, 3(2): 57-60.
- [16] 陶福祿,冯宗炜. 植物对酸沉降的净化缓冲作用研究综述 [J]. 农村生态环境, 1999, 15(2): 46-49.
- [17] 罗红艳,李吉跃,刘增. 绿化树种对大气 SO₂ 的净化作用 [J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(1): 45-50.

Research on Absorption and Accumulation Capacity of Tree Species to SO₂ Under Different Polluted Conditions

HU Shu, XIAO Xin, JIA Han-shuai

(School of Environment Science and Spatial Informatics, China University of Mining and Technology, Jiangsu Provincial Key Laboratory of Resources and Environmental Information System, Xuzhou, Jiangsu 221008)

Abstract: HNO₃-HClO₄ digestion and BaSO₄ turbidimetry methods were used to determine the sulfur content in 13 kinds of tree leaves in polluted and relatively clean area. Through the single-factor analysis of variance and cluster analysis, the differences of absorption and accumulation capacity for SO₂ between the various species were compared. The species with strong ability to purify SO₂ were filtered to provide a scientific basis for future restructuring and transformation of green species. The results showed that in the same polluted conditions, absorption and accumulation capacities of the species for SO₂ had prevalence significant differences. With the increase content of SO₂, the differences were more significant. The absorption and accumulation capacities of one species for SO₂ had prevalence significant differences under different polluted conditions. *Ligustrum lucidum* had a strong ability to absorb and accumulate SO₂. *Populus euramevicana* cv, *Platanus × acerifolia* and *Cedrus* had strong potential abilities of absorption and accumulation for SO₂. *Ligustrum lucidum*, *Populus euramevicana* cv, *Platanus × acerifolia* and *Cedrus* were ideal species for purifying SO₂. Conifer species' absorption and accumulation ability for SO₂ was generally weaker than broad-leaved species.

Key words: tree species; air pollution; SO₂; polluted area; relatively clean area