

城市大气污染的植物修复进展研究综述

滕雁梅

(山东省泰安市公路局, 泰安 271000)

摘要:随着城市大气污染的日益严重,如何利用植物来净化大气污染物越来越受到广泛关注。城市大气中污染物一般可分成三大类:物理性污染物、生物性污染物和化学性污染物。阐述了国内外植物修复大气污染方面研究成果,提出城市大气污染植物修复存在的问题及植物修复大气污染的主要研究方向。

关键词:城市; 大气污染; 植物修复

中图分类号: X51 文献标识码: A 文章编号: 1002-2767(2008)06-0064-03

The Study on Phytoremediation of Urban Air Pollution

TENG Yan-Mei

(Taian Highway Bureau, Taian 271000)

Abstract: With urban air pollution being more and more serious, it is very important that how to use plant to purified air pollutant. As usual, there are three kinds of air pollutant in urban: physical particles, biological particles and chemical partides. This article referred to the current research situation and trend of phytoremediation in air pollution in home and broad according to some kinds of air pollutant in urban, analyzing some questions of phytoremediation, and then the main content of phytoremediation in air pollution were put forward.

Key words: urban; air pollution; phytoremediation

城市大气污染是当前人类面临的日益严重和亟待解决的环境危机之一,它不仅严重危害人类健康,而且已成为人类社会可持续发展的主要障碍,受到世界各国普遍关注和重视^[1]。随着工业及交通运输业的迅速发展,以及煤、石油的大量使用,各种有害物质如烟尘、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳、碳氢化合物及臭氧、氟化氢、氯气、过氧乙酰硝酸(PAN)、酸雾、颗粒物及 Pb、Cd 等重金属元素对城市大气造成了极大污染^[2]。

城市大气中污染物一般可分成三大类:物理性污染物(粉尘)、化学性污染物和生物性污染物。大气污染对植物有一定的影响和危害,但另一方面,植物对于一定浓度范围内的大气污染物,不仅具有一定程度的抵抗力,而且也具有相当程度的吸收能力^[3]。

然而,国内外以往的研究大都集中在土壤污染或水污染的植物修复技术上,对大气污染的植物修复研究仅仅集中在少数植物上,城市植物对各种污染物的修复能力的系统性研究较少^[4]。目前的研究多集中在通过实验筛选对大气污染有较强的抵抗能力,或对污染物有较强的吸收净化能力的植物上。

收稿日期: 2008-04-18
作者简介: 滕雁梅(1973-),女,山东东平人,工程师,主要从事公路绿化工作。 Tel: 13515483809; E-mail: wangzhen20060238@163.com.

利用植物修复技术来治理大气污染尤其是近地表大气的混合污染,是近年来国际上正在加强研究和迅速发展的前沿性新课题^[1,4-5]。

1 绿化植物对城市大气物理性颗粒的净化作用

城市大气中物理性颗粒主要是指粉尘。研究表明,城市的绿化植物可以通过吸滞粉尘,以及减少空气含菌量而起到净化空气的作用^[6-7];城市绿化植物的滞尘能力一直是城市森林设计中的重要依据。国外对树木滞尘能力的研究较早,20世纪70年代就已经开始,并提出了森林植被是颗粒态污染物蓄积库的说法,它们的研究重点集中于树木滞纳放射性颗粒物和痕量金属污染物方面。美国环境保护局在1976年就制定了一个典型示范的计划,利用城市木本植物的能力来改善空气质量^[8]。我国自20世纪90年代以来,也有一些学者进行树木滞尘方面的研究。丁蓓、胡海波^[9]等对北京市的研究表明,绿化覆盖率每增加一个百分点,可在1 km²内降低空气粉尘23 kg、降低飘尘22 kg,合计45 kg。12年生旱柳每年每公顷可滞尘8 t,20年生家榆每年每公顷可滞尘10 t。鲁敏、李英杰、齐鑫山^[10]研究了城市绿地滞尘效应,结果表明乔木树种占滞尘总量的87.0%,灌木占11.3%,草坪占1.7%,说明对空气中灰尘的净化植物主要是乔木。戚继忠^[11]、谢慧

玲^[12]分别研究了合肥和陕西的主要绿化树种的滞尘能力;张秀梅等^[13]研究了城市污染环境中适生树种的滞尘能力;张乃明^[14]对哈尔滨市绿化树种的滞尘效应进行了研究。

2 植物对城市化学性气体污染物的净化作用

城市大气中化学性气体主要是指各种有毒、有害的气态、液态物质,包括二氧化硫、二氧化碳、氮氧化物、一氧化碳、臭氧、氟化氢、氯气、光化学烟雾等有害的化学物质。

2.1 净化机理

2.1.1 吸收与吸附 植物体表面附着、吸收:植物的枝干表面可以吸附吸收气体分子、固体颗粒及溶液中的离子,如 O_3 、 SO_2 等可以被吸附在植物叶面、枝干上的灰尘中,尤其是对污染物不敏感的植物均可吸附大量污染物^[15-19]。叶内积累:植物叶面的皮孔可以直接吸收并储存有害气体,尤其是当湿度增大时,植物对可溶性气体的吸收量也大大增加^[17]。

2.1.2 代谢降解 植物可以通过代谢过程降解污染物或通过酶等物质分解体内的污染物。

2.1.3 植物转化和固化 植物通过其生理过程可将污染物转化为其它形态并同化到自身体内^[18-19]。大气有害物质中的硫、碳、氮等同时是植物生命活动所需要的营养元素。植物通过气孔将 CO_2 、 SO_2 、 NO_2 等吸入体内,参与代谢,最终以有机物的形式储存在氨基酸和蛋白质中^[15, 17, 19]。近年来, Omasa 等^[20]又提出了具有超吸收和代谢大气污染物能力的天然或转基因同化植物,这种植物可以将大气污染物作为营养物质源高效吸收、同化,促进自身生长,减轻大气污染。

2.1.4 中和缓冲作用 据研究,阔叶林对酸沉降有很强的缓冲作用。植物通过叶表面吸附的 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等阳离子可与 H^+ 进行交换,或与叶片中淋失的弱碱与强酸中和形成盐^[21],从而吸收 H^+ ,降低酸雨浓度。针叶树种虽然可能由于吸收 NH_4^+ 、释放 H^+ 而使降雨酸化,但其冠层及凋落物的缓冲作用仍可起到减轻酸雨危害的作用。一般来说,针阔混交林净化大气效果更好^[22]。

2.2 净化作用

植物对大气中的多种无机化学性污染气体有吸收作用,从而对受到化学性气体污染的大气进行修复。美国芝加哥的库克和杜佩齐市区在 1991 年夏,城市森林平均每天吸收 CO_2 1 200 t、 SO_2 3.7 t、 NO_2 4.2 t、 O_3 10.8 t^[23]。日本的门田测得 10 年生左右的黑松林(叶量 $1.5 kg \cdot m^{-2}$),夏季三个月中 105 kg 树枝吸硫量可达 5 g,每秒完成 $0.002 mg \cdot kg^{-1}$ 的净化功能^[24]。除此之外,植物还可以吸收 Cl_2 ^[25]、HF 等有害气体。

植物对一些有机污染气体也有一定的吸收功能。据报道,大气中约 44% PAHs 被植物吸收^[14]。

Corneji^[26]等发现,植物可以吸收空气中的苯、三氯乙烯和甲苯。另据鲁敏,王胜永,杨秀萍等^[27]同位素标记试验,植物中的某些酶可以降解三氯乙烯,最终形成二氧化碳和氯气。

植物不同种类对污染气体的净化能力有所差别。Morikawa 等^[19]研究了 217 种天然植物同化的情况,结果发现不同植物同化 NO_2 能力差异达 600 倍。丁茵,胡海波^[9]研究发现,每公顷胡桃林平均每年可吸收大气中 SO_2 34 kg,同样每公顷加杨可吸收 SO_2 46 kg。每天净化二氧化硫酸量,一棵旱柳是 128.7 g,杨树 112.9 g,刺槐是 16.6 g^[24]。据北京园林局调查,落叶阔叶林对 SO_2 的吸收能力为 $12.0 kg \cdot hm^{-2}$,柏类 $34.3 kg \cdot hm^{-2}$,杉类、松类 $9.8 kg \cdot hm^{-2}$ 。污染气体的化学形态也会影响植物的净化作用。据研究表明,在生长季植物树冠的吸收作用可使大气中的 H^+ 、 NO_3^- 和 NH_4^+ 减少 50% ~ 70%, NH_3 几乎被全部吸收^[8]。

3 植物对城市大气中重金属的净化作用

随着城市化的发展和市内工业、交通排放各种废弃物的增多,人为因素造成的重金属污染越来越严重。重金属污染具有长期性、潜伏性、累积性和不可逆性^[28]。目前,重金属污染已成为不可忽视的环境问题。国内外对重金属的研究主要集中在两个方面:一是对土壤中重金属污染的研究,如孔国辉,汪嘉熙,陈庆成^[29]就详细研究了重金属在森林土壤中的存在、迁移转化规律及其环境容量,植物对土壤重金属污染修复的影响;二是森林植物中重金属分布、累积及生物循环规律的研究,吴永刚,章金鸿等对此进行了研究。

对于植物净化大气中重金属的研究则较为少见,章金鸿^[30]研究了城市植物叶片重金属元素含量与大气污染的关系,认为植物对大气中的重金属具有多种反应,可把城市植物叶片中重金属的含量作为大气中重金属污染的指标。Sandeman^[31]研究了部分城市绿化树种对大气中铅和镉的吸收净化能力,从而为科学选择抗污、吸污绿化树种提供科学依据。

4 植物对城市大气生物性颗粒的净化作用

城市大气生物性颗粒是指空气中的微生物,包括放线菌、酵母菌和真菌等,及一些病原性微生物,这些微生物可通过空气传播,危害人体健康。

空气中有害的微生物附着在尘埃或泡沫上随气流运动,林冠能够阻挡气流运动、滞尘以减少病原体的传播,从而间接地减少周围空气中的菌落数量^[32]。同时,植物的挥发性分泌物也具有一定的杀菌能力。据研究,空气中分布的微生物种类繁多,而全世界森林每年大约散发 1.77×10^8 t 的挥发性物质,可有效杀灭空气中的微生物。据许恩珠研究,桦、栎、松等树种所产生的杀菌素可以杀死白喉、结

核、霍乱和痢疾的病原菌,而且城市中绿化区域比非绿化区域空气中含菌量减少 85%以上,最大的除菌量可比无林处减少 40 倍以上。当然多种树种的配置以及丰富的绿量更加有助于城市植物发挥杀菌作用。1 hm²松柏树或松林,一昼夜可分泌 30~60 kg 的杀菌素,足以清除一个中等城市空气中的各种细菌^[31]。在同样客流条件下,绿化好的街道比绿化差或没有绿化的街道细菌含量少 1~2 倍,可见植物可减轻大气生物污染。

5 结语

城市绿化植物是城市生态系统中唯一执行自然“纳污吐新”负反馈机制的系统,起着消纳、吸收、净化城市废弃物,供给新鲜空气的作用,对改善生态环境、促进人们身心健康和保障社会经济的可持续发展有着不可替代的作用。

但是,植物对大气污染的净化作用也有一定的局限性。如高等植物对大气中有些物质不敏感、吸收量少,如一氧化碳,甚至还会由于叶绿素的光解产生一定量的一氧化碳,造成环境污染。有些植物虽然吸污能力强,但由于受到胁迫生长缓慢、生长量低,对气候条件要求比较严格,区域性分布较强,不利于大面积栽植。对于富含重金属及一些放射性元素的植物如何进行回收或处理,还没有确切可行的方法。但总的来说,利用植物净化城市大气污染利大于弊^[31]。

今后植物修复研究的主要方向:(1)通过现场调查以及试验的一些方法,找寻具有高效修复能力的绿化植物(在体内吸收过量的有害气体,通过积累、转移等生理过程而自身不受到伤害的植物);(2)根据植物的修复能力来为城市绿化选择和配置植物的研究;(3)进行超量积累植物生态、生理、生物化学研究,探索生长条件与修复机理,为提高其修复功能积累试验参数,对富集能力强的植物进行优化培育;(4)研究城市阻断生态系统中污染物沿食物链迁移的措施;(5)深入研究净化植物中重金属和放射性元素的回收技术,防止二次污染。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 刘艳菊,丁辉.植物对大气污染的反应与城市绿化[J].植物学通报,2001,18(5):577-586.
- [3] 洪文宁.大气污染与城市绿化植物兼谈城市生态绿化[D].同济大学硕士学位论文,2004.
- [4] Nowak D J. Air pollution removal by Chicago's urban forest[C]//Cahoon E G. Chicago's Urban Forest Ecosystem: Result of the Chicago Urban Forest Climate Project. Gen. Tech. Rep. NE186. Radnor, Pa: U S D A Forest Service EFES, 1994.
- [5] 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,1977:62.
- [6] 刘艳菊,丁辉.植物对大气污染的反应与城市绿化[J].植物学通报,2001,18(5):577-586.

- [7] 符气浩,杨小波,吴庆书,等.海口市大气污染的特点与主要绿化植物对大气 SO₂ 等污染物的净化效益的研究[J].海南大学学报(自然科学版),1995,13(4):304-308.
- [8] 骆永明,查宏光,宋静,等.大气污染的植物修复[J].土壤,2002(3):113-118.
- [9] 丁蓓,胡海波.北京大气污染与植物修复[J].南京林业大学学报,2005,5(2):84-88.
- [10] 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.
- [11] 戚继忠,由土江,王洪俊,等.园林植物清除细菌能力的研究[J].城市环境与城市生态,2000,13(4):36-88.
- [12] 谢慧玲,李树人,阎志平.植物杀菌作用及其应用研究[J].河南农业大学学报,1997,31(4):367-370.
- [13] 张乃明.土壤-植物系统重金属污染研究现状与展望[J].环境科学进展,1998,7(4):30-33.
- [14] 曾锋.重金属在城市森林土壤生态系统中的运输规律研究[D].南京:南京林业大学硕士学位论文,2002.
- [15] 王月蓓.基于生态功能的城市森林绿地规划控制式指标研究-以南京市为例[D].南京:南京林业大学硕士论文,2004.
- [16] 王清人,崔岩山,董艺婷.植物修复-重金属污染土壤整治有效途径[J].生态学报,2001,21(2):326-331.
- [17] William H S. Air pollution and Forest-Interaction between contaminants and Forests Ecosystem[M]. New York: Springer-verlag New York Inc, 1981.
- [18] 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.
- [19] 陈学泽,谢耀坚,彭重华.城市植物叶片金属元素含量与大气污染的关系[J].城市环境与城市生态,1997,10(1):45-47.
- [20] Omasa K, Saij H, Youssefian S, Kondo N. Air pollution and plant biotechnology prospects for phytomonitoring and phytoremediation[M]. Tokyo: Springer-Verlag, 2002: 383-401.
- [21] Treshow M. Air pollution and plant life[M]. New York: John Wiley & Sons, 1984.
- [22] 胡海波,丁蓓.充分利用城市植物净化大气功能建设绿色南京[M]//南京园林局.绿色南京.南京:南京出版社,2003:116-123.
- [23] 许皖箐,彦贻明.桑叶表面氟化物吸附积累规律的统计研究[J].环境污染与防治,1998,20(3):19-21.
- [24] Schoor J L, Light L A, McCutcheon S C, et al. Phytoremediation of organic and nutrient contaminants[J]. Environ. Sci. Technol, 1995, (29): 313-318.
- [25] 马跃良,贾桂梅,王云鹏,等.广州市区植物叶片重金属元素含量及其大气污染评价[J].城市环境与城市生态,2001,14(6):28-30.
- [26] 吴永刚.苏南丘陵火炬松林对重金属元素和磷、硫的吸收与累计[J].生态学杂志,2002(3):5-9.
- [27] 鲁敏,王胜永,杨秀平,等.园林植物对大气铅、镉污染物吸滞能力的比较[J].山东建筑工程学院学报,2003,18(2):39-41.
- [28] 李汉卿,谢文焕,傅纯彦,等.环境污染与植物[M].哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1998:210-229.
- [29] 孔国辉,汪嘉熙,陈庆成.大气污染与植物[M].北京:中国林业出版社,1985.
- [30] 章金鸿.深圳福田红树林对重金属 Cu、Pb、Zn、Cd 的吸收、累积与循环[J].云南环境科学,2000(19):53-56.
- [31] Sandemann H. plant metabolism of xenobiotics[J]. Trends Biochem Sci, 1992, 17: 82-84.
- [32] 鲁敏,李英杰,鲁金鹏.绿化树种对大气污染吸收净化能力的研究[J].城市环境与城市生态,2002,15(2):7-9.