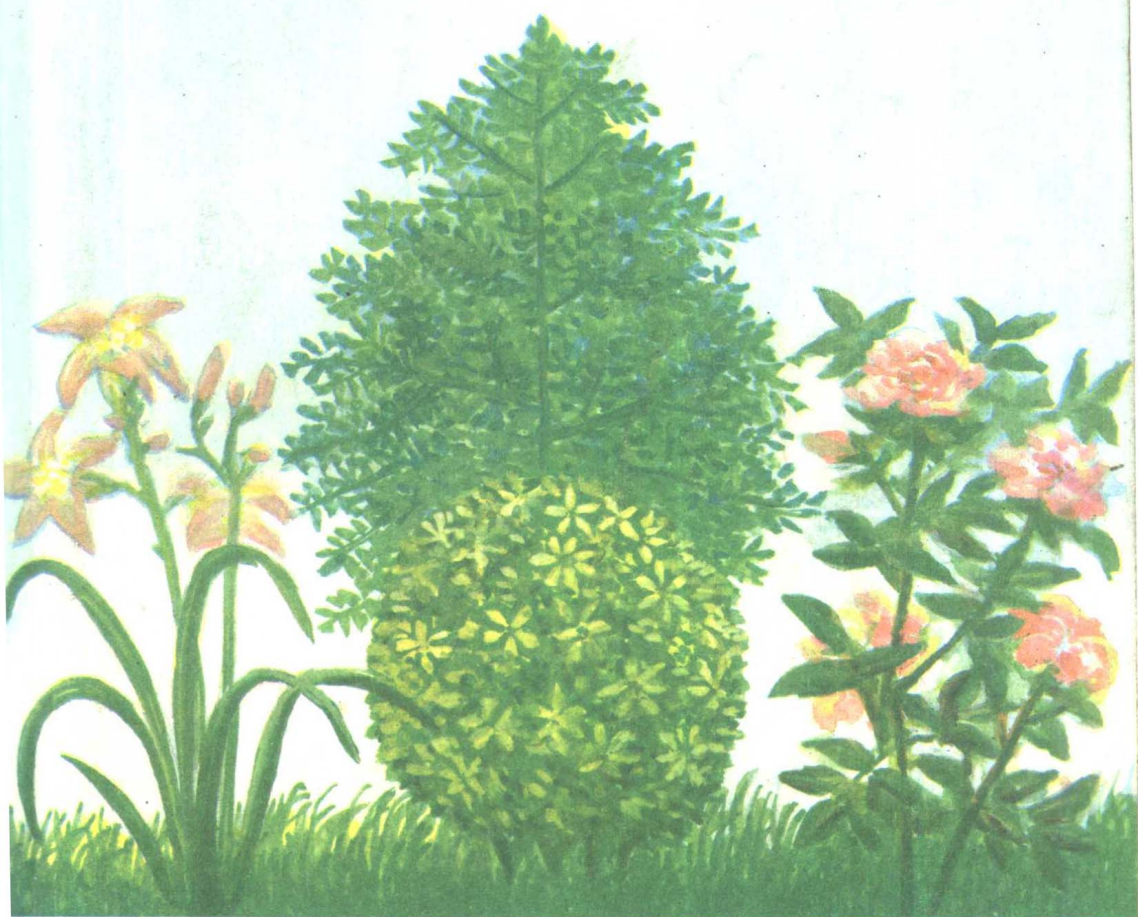


大气污染与植物



孔国辉 汪嘉熙 陈庆诚 主编

中国林业出版社

大气污染与植物

孔国辉 汪嘉熙 陈庆斌 主编

中国林业出版社

大气污染与植物

孔国辉 汪嘉熙 陈庆诚 主编

中国林业出版社出版 (北京西城区刘海胡同7号)

新华书店北京发行所发行 顺义县冠中印刷厂印刷

850×1168 毫米 32 开本 10.75 印张 252 千字

1988 年 8 月第 1 版 1988 年 8 月第 1 次印刷

印数 1—3,100 册 定价 3.00 元

ISBN 7-5038-0196-4/S·0109

前 言

随着工农业生产不断发展,排入环境中的污染物日益增加。因此,环境保护已成为当今世界各国所普遍重视的问题。

环境污染,特别是大气污染,对植物有明显的影响。工厂排放的有害气体,常使农作物、蔬菜、水果减产,绿化植物生长不良甚至死亡。但另一方面,植物在保护环境又起着积极的作用。庞大的叶面积具有保护大气中氧和二氧化碳的平衡、吸收有害气体、滞留灰尘、杀灭细菌、减弱噪声等功能。因此,植物是净化空气、减轻污染、保护人们健康的有力武器。大力开展城市、工矿区的绿化造林,是保护和改善环境的一项重要措施。

近年来,我国在城市、工矿区绿化方面取得了可喜的进展。但是也不可否认,有些地方由于树木选择不当,种植了一些对大气污染物抗性不强的植物种类而导致失败。实践证明,要使工厂区防污绿化取得成功,因地制宜地选择抗污、吸污能力强的植物,并进行合理的规划布局,是搞好防污绿化工作的一个重要环节。

自70年代以来,我国在大气污染与植物关系方面的科学研究工作,取得了较大的进展。各研究单位、高等院校、园林及环境保护部门,进行了大量的抗污吸污绿化植物选择的研究,选出了一批适合工厂、矿区防污绿化所需的植物种类。在绿地净化效能、大气污染物对植物的伤害机理及植物的抗性机理等方面的研究,也取得了不少成绩。

本书着重介绍近年来国内各地选出的有代表性的抗污吸污绿

化植物。同时，对国内外在大气污染对植物影响、植物的伤害和抗性机理、绿化防污、净化功能等方面的研究成果，也进行了简要的综述和讨论。在一定程度上反映了当前国内外这方面研究的新进展。

本书是集体研究的成果。参加编写的有：孔国辉、汪嘉熙、陈庆诚、王勋陵、余叔文、敖惠修、何培明、余清发、郁梦德、李嘉乐、冯采芹、刘耘、段吉光、关学良、黄会一、朱成珞、王芳瑜、王焕校、刘西俊、黄柱亮、谭广卫、钱大复、李正方、唐述虞、刘玉莲、徐大陆、陈亚昭、陈吾、吴七根、林植芳、孙达祥等同志。

在本书编写过程中得到了中国科学院华南植物研究所、江苏省植物研究所、兰州大学、中国科学院上海植物生理研究所、中国科学院林业土壤研究所、四川省林业科学研究所、北京市园林科学研究所、武汉市园林科学研究所、沈阳市园林科学研究所、北京市环境保护科学研究所、广西壮族自治区环境科学研究所、广西壮族自治区林业勘察队、南京林学院、中南林学院、云南林学院、云南大学、华南农学院、浙江农业大学、北京市园林局、上海市园林管理局、成都市园林管理局、株洲市园林处、中国科学院北京植物园、上海植物园、广西壮族自治区良风江植物园、杭州植物园、西安植物园、南京市卫生防疫站、上海石油化工总厂等单位的大力支持，并提供有关资料，在此一并致谢。

由于我们水平有限，书中难免有缺点和错误，敬希读者批评指正。

编者

1985年2月

目 录

前 言

第一章 大气污染对植物的影响	1
一、植物的急性伤害症状和临界剂量	1
二、对森林植被的影响	9
三、对果树的影响	15
四、对绿化树木和花卉的影响	19
第二章 大气污染对植物的伤害及植物的抗性	28
一、大气污染物伤害植物及植物抗性的生理基础	28
二、植物抗大气污染的形态学基础	42
第三章 抗大气污染植物选择的研究方法	68
一、研究方法	69
二、空气和植物的化学分析	78
第四章 抗大气污染植物介绍	84
一、植物的敏感性(或抗性)分级	84
二、137种抗性植物介绍	85
第五章 植物对大气污染的净化作用和绿化防污效应	210
一、净化作用	210
二、绿化防污效应	233
第六章 抗大气污染植物在城市、工业区绿 化规划中的应用	251
一、城市、工业区绿化的意义	251
二、规划原则和依据	252

三、城市、工业区绿化的形式	254
四、防污绿化植物的栽植和养护	275
附录一 抗大气污染植物简表	283
附录二 对有害气体反应敏感的常见木本植物、对有害 气体反应敏感的常见草本、藤本植物	303
附录三 植物中名、拉丁名对照表	305

第一章 大气污染对植物的影响

许多大气污染物如二氧化硫(SO_2)、氟化氢(HF)、氯气(Cl_2)、臭氧(O_3)、二氧化氮(NO_2)、过氧乙酰硝酸酯(PAN)、乙烯(C_2H_4)、氨(NH_3)、氯化氢(HCl)、硫化氢(H_2S)、一氧化碳(CO)等, 都会对植物产生有害的影响。

当有害气体浓度很高时, 在短期内(几天、几小时、甚至几分钟)便会破坏植物的叶片组织, 产生明显的症状, 甚至整个叶片枯焦脱落, 使生长发育受到明显影响, 称为急性伤害。

植物长期接触低浓度的有害气体, 叶片逐渐失绿黄化, 生长发育不良, 称为慢性伤害。

不同的有害气体因危害植物的方式和机理不完全相同, 所以产生的伤害症状也有区别。

污染物浓度和接触时间的联合作用, 称为“剂量”(dose)。能引起植物伤害的最低剂量, 称为临界剂量(threshold dose), 或叫伤害阈值。不同污染物危害植物的临界剂量是不同的, 同一污染物危害不同种类的植物, 由于植物敏感程度的不同, 临界剂量也是不同的。

一、植物的急性伤害症状和临界剂量

(一) 二氧化硫(SO_2)

SO₂随着空气一起通过气孔进入叶内，所以植物首先在叶片出现伤害。若在阈值浓度之下，植物可忍受而不表现出伤害；若超过或相当于阈值浓度条件下，则会出现伤害症状。典型的SO₂急性伤害症状是脉间呈现点状或块状不规则的坏死斑。花是抗性较强的器官，常在叶片已受害的情况下仍保持完好和继续开放，但受精结实受到影响，造成结实率和产量下降。SO₂伤害植物的临界剂量列举如表1—1、表1—2、表1—3。

表1—1 SO₂ 伤害植物的临界剂量〔2〕

植 物 名 称	浓 度 (ppm)	接 触 时 间 (h)
悬 铃 木	0.5	6
大叶黄杨	1	6
丝 棉 木	1	6
旱 柳	1	6
桤 柳	2	6
夹 竹 桃	3	6
朴 树	3	6

表1—2 SO₂ 伤害植物的临界剂量〔27〕

植 物 名 称	浓 度 (mg/m ³)	接 触 时 间
紫花苜蓿	0.262	8 d
	1.73	5 h
	2.15	8 h
	3.28	3 h
	3.46	4 h
	22.3	12 min
大 麦	1.31	24 h
	1.57	8 h
	1.97	4 h
	2.10	2 h
荞 麦	1.31	6 h
	1.57	3 h

(续)

植 物 名 称	浓度(mg/m ³)	接 触 时 间
荞 麦	1.72	1 h
	2.28	5 h
	2.78	4 h
	2670	4 min
美洲五针松	0.066	6 h
	0.131	1 h
	0.262	20 d
	0.655	2 h
欧洲赤松	0.655	2 h
	157	10 min
西方落叶松	0.393	3 d
	0.786	8 h
	1.57	1 h
榔 榆	1.965	5 d
	5.24	2 h
挪威槭	1.97	21 d
	5.24	6 h
	7.86	2 h
银 杏	1.97	30 d
	7.86	4 h
	10.5	2 h
沼 生 栎	7.86	8 h
	10.5	4 h
	10.84	6 h
	13.1	2 h
美国黄松	1.96	6 h
松 树	1.83	3 h
欧洲花楸	1.42	3 h
月 季	1.83	6 h
苹果、梨	1.258	6 h

表 1—3 使植物产生5%伤害的SO₂ 临界剂量[14]

接触时间 (h)	产生 5 % 伤害所需浓度 (ppm)		
	敏感植物	中等植物	抗性植物
0.5	1.0—4.0	3.5—10	≥9.0
1.0	0.5—2.5	2.0—7.5	≥7.0
2.0	0.3—2.0	1.5—5.0	≥4.5
4.0	0.15—1.25	1.0—3.5	≥3.0
8.0	0.10—0.75	0.5—2.0	≥1.5

注: 1ppm = 2.62mg/m³ (25°C 时)

(二) 氟化物

氟化物对植物、动物都有很强的毒性。它的毒性要比 SO₂ 大 10—100 倍。大气中含 1—5ppb (10⁻⁹ppm) 氟化物, 经较长时间接触, 可使敏感植物受害, 出现叶落、枝枯, 甚至死亡。有些植物种类, 长期暴露于较低浓度的含氟大气中, 会引起叶的变态, 如卷缩、畸形、叶形逐渐变小等。生殖器官更是敏感, 低浓度的含氟气体即可引起落花、落果, 造成农作物、果树、蔬菜的减产。不同植物种类, 对氟的敏感性反应不同, 如华南农学院的研究结果所示(表1—4)。较低浓度的氟化物进入叶片后, 并不立

表 1—4 不同植物对 HF 的敏感性反应

浓 度 (mg/m ³)	接触时间 (h)	植 物 反 应	
		不 受 害	受 害
1.5	8	海桐 蒲葵 印楝 榕树 花叶 樟树 九里 米竹 夹桃 构树	假连甲 山指翘 落羽杉 水松 白千层 马尾松 隆缘松 柠桉 南檀 银桦

即使植物造成伤害，随着蒸腾流转移到叶先端和边缘后，在那里积累到一定的浓度时才使叶片组织遭到破坏。以HF 对某些植物伤害为例，其伤害的临界剂量如表 1—5。

表 1—5 HF 危害植物的临界剂量 [26]

接触时间	产生5%伤害所需要的浓度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	敏感植物	中等植物	抗性植物
8 h	2.0—6.0	5.0—30	≥ 25
12 h	1.5—5.0	4.0—27	≥ 22
24 h	1.0—4.0	3.0—20	≥ 15
1 周	0.75—2.0	1.5—8	≥ 7
1个月	0.5—1.0	1.0—5	≥ 3
生长季节	0.3—0.7	0.5—2	≥ 1
1 a		0.2—0.5	

(三) 氯气(Cl_2)

Cl_2 进入叶片后，对叶肉细胞有很强的杀伤力，能很快破坏叶绿素，使叶片产生失绿漂白的伤斑，严重时使全叶漂白脱落。 Cl_2 对植物的毒性要比 SO_2 大3—5倍。植物受 Cl_2 危害后，生长和结实会受到明显的影响。 Cl_2 伤害植物的临界剂量如表 1—6、1—7。

表 1—6 Cl_2 伤害植物的临界剂量

植 物 名 称	浓 度 (ppm)	接 触 时 间 (h)
白 兰	<0.2	4
女 贞	<0.3	4
海 杧 果	0.3	4
羊 蹄 甲	<0.5	4
木 槿	<0.5	4
米 兰	1	4
桂 花	1	4
高 山 榕	2	4
扁 桃	2	4
蒲 葵	4	4

表 1—7 Cl_2 伤害植物的临界剂量 [8]

植 物 名 称	浓 度(ppm)	接触时间(h)
萝 卜	0.1	2
紫花苜蓿	0.1	2
蕃 茄	0.5	4
黄 瓜	0.5	4
矮 牵 牛	0.8	4

(四) 臭氧(O_3)

光化学烟雾是世界公认的严重的大气污染物之一,而 O_3 是光化学烟雾中的主要成分。 O_3 对植物的伤害,大多数种类的症状出现在叶的上表面,受害症状表现多样,有呈棕色、褐色的色素斑或漂白斑等。 O_3 伤害植物的临界剂量如表 1—8。

表 1—8 O_3 伤害植物的临界剂量 [17]

接触时间 (h)	能引起伤害的 O_3 浓度 (ppm)		
	敏感植物	中等植物	抗性植物
0.5	0.15—0.30	0.25—0.60	≥ 0.50
1.0	0.10—0.25	0.20—0.40	≥ 0.35
2.0	0.07—0.20	0.15—0.30	≥ 0.25
4.0	0.05—0.15	0.10—0.25	≥ 0.20
8.0	0.03—0.10	0.08—0.20	≥ 0.15

注: 1ppm = $1.960\mu\text{g}/\text{m}^3$ (25°C 时)

气五) 二氧化氮(NO_2)

由于 NO_2 易溶于水, 进入叶片后很快被叶肉细胞吸收。当空气中 NO_2 浓度较高时, 叶片会出现急性受害伤斑。伤斑不规则形, 主要分布于叶脉间, 开始呈水渍状, 以后转变为黄白色或黄褐色, 与 SO_2 引起的伤斑相似。而长时间低浓度 NO_2 引起的伤

斑，则与 O_3 引起的伤斑相似，即深褐色的细密斑点。 NO_2 伤害植物的临界剂量见表 1—9。

表 1—9 NO_2 伤害植物的临界剂量 [13]

接触时间 (h)	产生 5% 伤害所需浓度 (ppm)		
	敏感植物	中等植物	抗性植物
0.5	6.0—12	10—25	≥ 20
1.0	3.0—10	9.0—20	≥ 18
2.0	2.5—7.5	7.0—15	≥ 13
4.0	2.0—6.0	5.0—12	≥ 10
8.0	1.5—5.0	4.0—9.0	≥ 8

注: 1ppm = 1.88 mg/m³ (25°C 时)

(六) 过氧乙酰硝酸酯(PAN)

PAN 也是光化学烟雾的主要有毒成分之一。PAN 进入叶片气孔后，首先破坏气孔腔附近的海绵组织细胞，然后叶片下表皮细胞干枯，使整片叶的下表皮呈现古铜色或玻璃状，而叶片上表皮仍保持正常，这是 PAN 伤害植物的典型症状。当 PAN 浓度较高时，往往使叶片中部出现一道坏死带，这也是 PAN 所特有的。PAN 伤害植物的临界剂量为：敏感植物在 0.01—0.02ppm (49—99 μ g/m³) 浓度下接触 4 小时即受害 [4]。

(七) 氨气(NH₃)

高浓度的 NH_3 会引起叶片出现坏死斑，大多数分布于叶脉之间，呈不规则点、块状，与正常组织之间界限明显，与 SO_2 引起的伤斑相似，但伤斑色泽往往较深，呈深褐色或黑褐色。 NH_3 伤害植物的临界剂量见表 1—10。

表 1—10 NH_3 伤害植物的临界剂量〔3、4〕

植物名称	浓 度		接触时间(min)
	(ppm)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
蕃 茄	1008	700	3
荞 麦	55	38	60
向 日 葵	55	38	60
枫 杨	50	35	90
刺 槐	50	35	90

(八) 乙烯(C_2H_4)

乙烯造成的典型伤害特征是叶片发生不正常的偏上生长(叶片下垂)、失绿黄化、变形、落叶或大量落花落果、生长受阻或开花受抑等。乙烯伤害植物的临界剂量见表 1—11。

表 1—11 乙烯伤害植物的临界剂量〔6〕

反 应 类 型	浓 度		接 触 时 间
	(ppm)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
落 叶	0.3—0.6	345—685	5—30 d
落 芽	0.1	115	8 h
花瓣脱落	0.5	575	1 h
叶片黄化	0.6—2.0	685—2290	1—30 d
萼片干枯(兰花)	0.005—0.1	5.75—115	8—24 h
偏上生长	0.001—3.0	1.15—3435	3—20 h
抑制生长	0.6—3.0	685—3435	30 d
抑制开花	0.1—1.0	115—1145	20h—3 d

(九) 氯化氢(HCl)

受害后叶片边缘或叶脉间产生不规则带状或块状坏死伤斑, 伤斑黄棕、棕色、红棕甚至黑色, 伤斑周围往往漂白成乳白色或纯白色, 有时会在叶片上表面出现红棕色坏死斑。 HCl 伤害植物

的临界剂量如下〔4〕:

蕃茄: 0.7ppm(1.04mg/m³), 2d(10h/d)。

敏感阔叶植物: 4ppm(6.0mg/m³), 2—4h(高相对湿度条件下); 10ppm(14.9mg/m³), 2—4h(相对湿度小于50%)。

菊花等抗性植物: 4—9ppm(6.0—13.4mg/m³), 3h。

针叶树: 8ppm(11.9mg/m³)开始受害。

敏感阔叶树(如鹅掌楸): 3ppm(4.5mg/m³), 4h。

抗性阔叶树: 13ppm(19.4mg/m³), 4h。

(十) 硫化氢(H₂S)

最幼嫩的叶片往往受害最重, 甚至生长点枯死, 这点是与其他有害气体不同之处。脉间产生白色或黄褐色失绿斑。H₂S伤害植物的临界剂量为:

86ppm(120mg/m³)接触5小时大部分植物受害。苹果、樱桃、梨等接触同样时间可耐860ppm(1200mg/m³)。荞麦、唐菖蒲、月季、向日葵、烟草、黄瓜、蕃茄等的受害剂量介于两者之间〔4〕。

(十一) 一氧化碳(CO)

受害症状类似乙烯。500ppm(575mg/m³)引起偏上反应; 10000ppm(11500mg/m³)能使敏感植物黄化或落叶〔4〕。

二、对森林植被的影响

大气污染物对森林植被的影响可以分为三种等级〔31〕。

(一) 第一级

当污染物浓度较低时，对森林植被不致产生有害的影响。相反，森林可以成为污染物的蓄积场所，对大气有净化作用。

(二) 第二级

当污染物达到较高的浓度，并且接触时间较长时，便会对森林植被产生慢性的有害影响。这些影响包括：

1. 树木生长减退

已有许多试验证明，较高浓度的大气污染物长时间的影响，即使尚不足以引起植物产生可见的症状，但会使植物的光合作用减退，从而导致植物生长的减退。如据Botkin等(1972)试验，以 90—100pphm 的 O_3 处理美洲五针松的幼树10小时，其净光合作用减退了50%〔7〕。

Linzon (1971) 在加拿大一个冶炼厂附近进行了连续10年(1953—1963)的调查研究，该厂每年排放 SO_2 200 万t，附近的美洲五针松受到不同程度的影响。据统计，在该厂周围 1865 km² 范围内，每年每株树减少木材生长量 0.12m³〔23〕。

Dreisinger (1965) 也曾对该厂进行过详细的监测研究，找出了大气中 SO_2 浓度与木材产量的关系见表 1—12。

表 1—12 SO_2 浓度和接触时间对美洲五针松木材产量的影响〔12〕

距 SO_2 污染源 距 离 (km)	最高的半小时 浓 度 (ppm)	平均浓度 (ppm)	污染① 时 间 (%)	6 个月生长季节中超过下 列 浓 度 的 小 时 数			与平均年 材积量相 比 增 加 (+) 或 减 少 (-)
				0.25 (ppm)	0.50 (ppm)	1.0 (ppm)	
26—31	3.64	0.216	20.8	240	95	15	-1.3%
40—43	1.24	0.105	16.2	31	3.5	0.5	-0.6%
64—69	0.63	0.078	10.3	12	0.5	0.0	+1.6%

① 造成污染(0.25ppm 以上)的时间占全部试验时间的百分数。