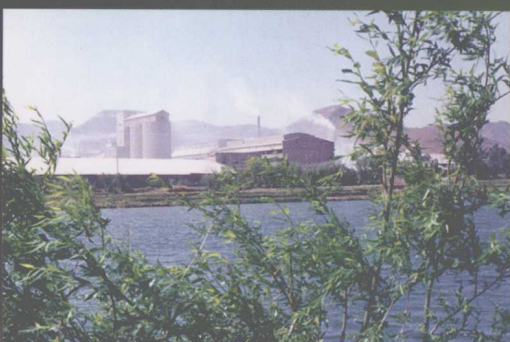


大气氟污染

对环境的 影响研究

曾广权 董海京 编著



DAQI FUWURAN DUI HUANJING DE YINGXIANG YANJIU

云南出版集团公司
云南科技出版社

大气氟污染对环境的影响研究

曾广权 董海京 编著

云南出版集团公司
云南科技出版社

· 昆 明 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

大气氟污染对环境的影响研究/曾广权, 董海京编著.
昆明: 云南科技出版社, 2007.5
ISBN 978-7-5416-2578-7

I. 大… II. ①曾…②董… III. 氟—空气污染—环境影
响—研究 IV. X511

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 066936 号

云南出版集团公司

云南科技出版社出版发行

(昆明市环城西路 609 号云南新闻出版大楼 邮政编码: 650034)

云南国浩印刷有限公司印刷 全国新华书店经销

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 10.375 插页: 4 字数: 260 千字

2007 年 6 月第 1 版 2007 年 6 月第 1 次印刷

印数: 1~1000 册 定价: 25.00 元

作者简介



曾广权 1935年5月生，湖南岳阳人。原云南省人民政府参事、云南省环境科学研究院正高工。1958年8月毕业于北京大学生物系植物生理专业，在大学期间，是我国老一辈著名生态学家北京大学教授李继侗先生的学生。1958年9月至1965年10月在中国科技大学生物物理系生物教研室工作，在7年的教学工作中，曾经受到我国著名生物学家中国科学院资深院士贝时璋先生、植物生理学家中国科学院资深院士汤佩松先生的指导。1965年11月至1978年12月，在中国科学院西双版纳热带植物园从事科研工作。1979年1月调至云南省环境科学研究院从事科研工作，至今已有20多年时间，主要研究领域为：大气氟污染植物生态效应、生物多样性保护与自然保护区总体规划、湖泊与河流生态系统保护、生态补偿与生态功能区划。

在多年的环境保护科研工作中，共获省（部）级科技进步奖二等奖2项、省（部）级科技进步奖三等奖5项，为享受国务院政府特殊津贴、云南省有突出贡献的专家。作为第一编著人出版《建立云南省生态补偿机制的研究》、《云南省生态环境保护研究》、《大气氟污染对环境的影响研究》专著3本。

作者简介



董海京 1963年6月生于云南。云南省环境科学研究院高级工程师、国家环境影响评价工程师。1985年毕业于云南省农业大学植物保护系。现任中国管理科学研究院学术委员会特约研究员、中国环境科学学会环境评价分会委员、九三学社云南省省委委员、昆明市西山区政协委员。

工作20余年来，一直在第一线从事环境保护理论与试验研究及环境咨询工作，主要从事区域生态环境、大气环境、可持续发展战略等方面的研究工作。曾获国家环保局科技进步一等奖1项、云南省科技进步三等奖2项、地厅级科技进步二等奖1项；发表论文20余篇，出版专著3部。

从事环境影响评价20年来，主持或参加完成了涉及化工、冶金、建材、水电、区域开发、医药、交通运输、机械、生物等行业的环境影响评价近百项，其中主持完成国家环保总局审批的重大建设项目环境影响评价多项，是云南省环境影响评价专家库成员，曾获九三学社中央委员会优秀社员，九三学社云南省委员会2002~2004年先进个人，多次被云南省环境科学研究院评选为先进个人。



与美国专家进行学术交流



讲解开顶式熏气试验



部分研究人员



工业氟污染源



氟伤害生理研究工作



开顶式熏气室试验现场

编著人员名单

编 著：曾广权 董海京

其他编著人员：

郭慧光	杨志忠	施顺生	仇国新	刘福灿
安 琪	沈 鹰	周际中	周跃光	白云宝
田 军	杨琼芳	谢莲香	孟裕芳	魏 翔
夏晓纯	杨为民	吕云波	胡世宽	夏 冰
李 玲	陈运泰	温国靖	张云仙	王庄善
杨幼兰				

内 容 简 介

本书作者们从事过多年的大气氟污染研究工作，研究领域涉及到开顶式熏气室的研制、大气氟污染植物生态效应研究、氟化物在农业生态系统中的迁移及影响预测。本书共有研究报告 27 篇，因此，本书是作者们多年科研成果的汇编。

本书注重研究工厂排出的大气氟化物对整个农业生态系统的影响，并采用开顶式熏气室模拟熏气，研究了大气氟化物对云南主要农作物与经济植物急性与慢性伤害的阈值。本书取得的研究成果将为我国开展大气污染物模拟熏气方面的试验研究工作提供有价值的科学资料，同时，为云南省制定地方性空气含氟标准、开展有关的环境影响预评价工作提供部分科学依据。

本书属于污染生态学领域，适合从事生态环境保护研究的有关人员、高校师生及环境管理人员阅读。

前 言

滇池地区蕴藏着极其丰富的磷矿资源，以滇池为中心的1万 km^2 范围内，分布有储量达数10亿t的全国最大的磷矿资源，磷资源的开采与加工已成为云南省的主导产业之一。

磷矿石是一种含氟的矿石，大规模的磷矿开采和磷化工企业生产活动所造成的主要污染物——氟化物，将以不同的方式和途径扩散到环境中，为了摸清大气氟化物对农业生态环境产生的影响，云南省环境科学研究所在北京林业大学植物生理教研室有关科研工作的基础上，于1979~1987年开展了比较系统的调查与试验研究工作，获得了一批研究成果。本书对过去8年工作进行了整理与总结，全书共分3篇，共含研究报告27篇，内容涉及开顶式熏气室的构造与性能、大气氟污染植物生态效应研究和氟化物在生态系统中的迁移及影响预测。

本书包含的研究成果主要有以下几个方面：

1. 参考国内外资料，组装了ML-1型开顶式熏气室，测试了该装置的物理性能，并进行了生物效能试验。经过测试，ML-1型开顶式熏气室运转时，实际进风量为 $15.7\text{m}^3/\text{分钟}$ ，交换空气2.3次/分钟，对空气中污染物质吸收效率达70%以上；熏气室内温度一般仅比室外高出 1.3°C ；与生长在熏气室外的植株相比，生长在熏气室内约1个月的植株比自然环境下的稍高，但干重差异不显著。这些主要性能与国外报道的同类型开顶式熏气室相似。因此，该装置可用于空气清洁区进行空气污染物质对植物影响的试验研究。

2. 研制了供开顶式熏气室使用的氟化氢配气装置，课题组采用自制的不锈钢汽化室与蠕动泵，组成供人工熏气室使用的氟化氢配气装置，并测试了该装置的性能。实验表明使用300W电炉加热，泵的流速在 $0.6\text{ml}/\text{分钟}$ 以内，HF水溶液可完全汽化，该系统所配的大气氟化物浓度平均变异系数为7.1%，总平均相对偏差为5.7%。试验表明，该装置可稳定地运用到人工大气氟化物配气之中。

3. 通常用LTP法（石灰滤纸法）与滤膜法（滤膜-酸提取）测定工业氟污染地区大气氟化物浓度，两种测氟方法的换算关系因地区气象条件不同而异，课题组在大气氟污染现场，通过长期实测得出了昆明地区两种测氟方法的换算关系。

4. 运用开顶式熏气室以水稻、蚕豆、云南松、华山松、梨为材料，研究了不同剂量（浓度 $\times$ 作用时间）的大气氟化物对植物的影响，氟化氢熏气分为急性、慢性两类，急性熏气时间分为1小时、2小时、4小时、6小时、8小时；慢性熏气分为1天、2天、4天、6天、8天、16天、24天、28天、32天，将获得的氟化氢熏气剂量与叶片反应资料（无叶片受害症状；出现5%叶片伤害；叶片受氟伤害）分别表示在双对数坐标纸上，得出了氟化氢浓度，暴露持续时间与供试植物叶片伤害的相互关系图，对图中各伤害阈值点（出现5%叶片伤害的所处的氟化氢剂量）的浓度与作用时间进行相关分析，得出了大气含氟浓度与熏气时间的回归方程，以及水稻、蚕豆、云南松、华山松、梨免受大气氟化物

伤害的阈值曲线,当大气氟化物作用剂量低于阈值曲线时,上述植物不致于出现受氟损伤的症状。为此,课题组提出了上述几种植物免受大气氟化物伤害的一次测定值(作用时间为1小时)、日均值(作用时间为1天)、月均值(作用时间为30天)、生长季节各月均值(作用时间为120天),为制定地方性(比如昆明地区)大气含氟标准提供了部分科学依据。

5. 在大气氟污染现场(晋宁县古城镇)采用方格网络法开展了大量的调查研究工作,包括:

- 研究了稻叶氟污染强度指数与当地风向、风频的关系,探讨了用水稻叶片含氟量监测当地大气氟污染的科学性与可行性。稻叶氟污染强度指数为污染区某点的稻叶含氟量除以对照区稻叶含氟背景值。

- 课题组采用方格网络法分别调查了土壤、农作物(水稻、蚕豆)受氟污染状况,研究了土壤、农作物受氟污染后污染等级的划分。

- 利用微机对水稻受氟影响的信息进行识别处理,得出了区域水稻减产模式(方程),对方程贡献最大的是水稻叶片含氟量(ppm),其次是每穗实粒数(粒)、样方总穗数(穗)、千粒重(g)和空秕率(%)。

6. 探索了大气氟化物在农业生态系统中的迁移,包括:

- 定量研究了氟污染地区居民摄氟、排氟状况。通过实测,氟污染地区每天每人由食物进入的氟量平均为15.01mg,对照区平均为4.71mg,相差约3倍。污染区每人每天排氟总量平均为9.247mg,对照区平均为3.738mg,污染区比对照区从大、小便的排氟量高出2倍。污染区每天氟的进入量约有38%存留在体内,比对照区的存留量约高2.5倍。

- 耕牛(水牛)是一种对氟敏感性较强的动物,研究得出工业氟污染地区饲料含氟量与耕牛发病率有相关性,得出了相关回归方程。同时发现耕牛氟中毒发病率在50%以上的村庄,牛尿含氟的范围为29.33~37.5ppm,高出对照区6.4~8.2倍,经常监测牛尿含氟水平可作为耕牛氟中毒趋势性分析的部分依据。

- 昆明市晋宁县古城镇位于滇池西南岸,地势西高东低,该镇南、西、北三面依山,东临滇池,自然边界清楚,有利于将该镇作为一个农业生态系统进行研究工作。该镇7千农业人口均居住在平坝区,以种植水稻和养猪为主。某磷肥厂(氟污染源)位于该镇中部、平坝区的西南端,当地常年主风向为西南风,该厂在平坝区的上风向口,平坝区的大部分农田与居民村均在其下风向,直接受到大气氟化物的影响。本项研究工作将该农业生态系统分为5个子体系(大气、农作物、牲畜、人群、土壤),根据1981年在该镇做的氟污染调查与研究,以年为单位,估算了1981年工厂排出的大气氟化物在系统内的迁移。

7. 开展了大气氟化物对生态环境影响的预测研究工作,介绍了一种进行生物方面评价的方法,以某大型磷酸盐工厂为例,预测了该厂投产后对评价区内植物可能产生的影响。为了预测不同大气含氟浓度对植物的影响,利用了植物受氟损伤阈值图,将评价区预测的大气含氟浓度、作用时间,对照这些阈值图,预测了云南松、玉米是否出现受氟损伤症状。预测水稻、蚕豆、野生牧草所受影响时,采用了 $\Delta F = KCT$,式中 ΔF 代表叶片累积的氟,单位ppm(每克干重含氟微克数); K 为累积系数,随植物种类、品种而异; C 为大气含氟平均浓度,单位 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; T 为暴露持续时间,单位天。在类比地区求出水稻、

蚕豆、野生牧草相应的 K 值, 运用评价区 C 值和各种植物相应的 T 值, 便可算出 ΔF , 加上背景值含氟量, 得出评价区植物叶片实际含氟量。参照类比地区划分的水稻、蚕豆受氟污染等级, 作者预测了该厂投产后, 评价区水稻、蚕豆叶片是否出现症状及产量和品质(可食部分含氟量)所受到的影响。

8. 运用动态熏气试验装置开展了氟化氢熏气对水稻、蚕豆生理过程影响的研究工作, 包括:

- 动态熏气试验装置的构造和配气。
- 氟化氢熏气对水稻、蚕豆生理活动, 以及产量和品质的影响。

9. 对云南大气污染扩散输送特征进行了研究。通过分析各种野外探测资料和常规气象资料, 全面讨论了影响云南省大气扩散输送能力的各种特征量的变化和特点, 并探讨了高原山区特殊地形及局地小气候条件对这些特征量的影响, 初步总结出了云南省大气扩散输送的一些特征。

本书的特点如下:

1. 对开顶式熏气室的性能和配气系统进行了研究, 为国内普及和推广开顶式熏气室提供了部分科学资料。

研究大气污染物对植物影响效应时, 必须给供试植物提供一个正常的生长环境, 这种模拟条件越接近外界环境, 所获得的研究结果越有参考和实用价值。国外的熏气装置经历了密闭式静态、密闭式动态、开顶式熏气几个阶段。开顶式熏气室顶部是敞开的, 供试气体不断地从熏气室管道吹入, 从顶部逸散出去, 开顶式熏气室内部的温度不致于过高地超过外界温度, 外界的直射阳光和自然降雨大部分可到达熏气室底部, 昆虫亦可直接从顶部飞入熏气室内对植物传粉, 这样, 有可能在更为接近自然环境条件的情况下, 研究空气中污染物对植物的影响, 为此, 开顶式熏气室已在外国得到普遍应用。我国的开顶式熏气室研究工作起步较晚, 有关的研究工作较少, 本书报道了 ML-1 型开顶式熏气室的性能及氟化氢配气系统。因此, 这些内容必将受到国内读者的珍惜。

2. 所获得的研究成果实用性强, 为制定云南省地方性空气含氟标准提供了部分科学依据。

大气污染物对植物伤害阈值的研究是建立空气质量标准的基准之一。本书作者研究了大气氟化氢对云南省几种主要农作物(水稻、蚕豆)、经济植物(云南松、华山松、梨)的伤害阈值、氟化氢作用剂量与叶片积累氟的关系, 并用两种测氟单位表示出上述植物免受大气氟化物伤害的一次测定值、日均值、月均值与生长季节各月均值。这些试验结果可为制定云南省地方性空气含氟标准, 或进行有关的空气质量管理提供部分科学依据。

3. 注重研究大气氟化物在农业生态系统中的迁移, 并提供了一套调查与预测大气氟污染的方法, 包括: ①采用方格网络法调查农作物、土壤污染状况, 以及污染等级的划分; ②工业氟污染地区定量调查居民摄氟、排氟的方法; ③工业氟污染对生态系统影响的预测分析, 以及氟污染防治策略。

党的十六届六中全会通过的《中共中央关于构建社会主义和谐社会若干重大问题的决定》明确指出, 要加强环境保护, 促进人与自然相和谐, 以解决危害群众健康和影响可持续发展的环境问题为重点, 加快建设资源节约型和环境友好型社会。2006 年 5 月, 胡锦涛总书记视察云南时曾经情真意切、语重心长地教导我们, 云南有良好的生态环境和

自然禀赋，这是云南宝贵的发展条件，一定要倍加珍惜，要以对国家、对人民、对子孙后代高度负责的精神，自觉承担起生态环境保护和建设的责任。我们作为环境保护战线上的科技工作者，更有责任和义务保护好云南省的生态环境，我们希望本书的出版能为云南省大气氟污染的防治工作作出一定的贡献。

在过去的工作中，我们得到了北京林业大学高荣孚先生，江苏植物研究所陈树元、汪嘉熙先生，中国科学院植物生理研究所余淑文先生，中国环境科学研究院曹洪法、舒俭民先生，云南大学王焕校先生的许多指导和帮助，这里一并表示感谢！

编著组

2007 年 3 月

目 录

第一篇 开顶式熏气室的构造与性能	(1)
· ML-1 型开顶式熏气室的构造与性能	
..... 曾广权 夏 冰 李 玲等	(3)
· 人工熏气室氟化物配气系统的研制	周跃光 董海京 (10)
· LTP 法与滤膜法的换算关系及其应用	安 琪 白云宝 (14)
第二篇 大气氟污染植物生态效应研究	(19)
(一) 运用开顶式熏气室开展的试验研究工作	(19)
· 大气氟化物对植物生态效应的研究	
..... 曾广权 周际中 董海京等	(21)
· 氟化氢熏气对水稻叶片伤害阈值的研究	董海京 周际中 (30)
· 氟化氢熏气对蚕豆叶片伤害阈值的初步研究 ...	周际中 董海京 (34)
· 氟化氢熏气对云南松、华山松、梨伤害阈值的研究	
..... 白云宝 安 琪	(38)
· 氟化氢熏气与蚕豆叶片总蛋白及豆粒还原糖含量关系的初步研究	
..... 周跃光 曾广权 董海京等	(42)
· HF 急性熏气对蚕豆的影响	胡琼华 陈善娜 王胜琪等 (47)
(二) 大气氟污染田间调查研究工作	(53)
· 云南省大气污染扩散输送特征研究	沈 鹰 董海京 (54)
· 稻叶含氟量与大气氟污染初探	郭慧光 曾广权 (61)
· 磷肥厂附近水稻受氟污染的调查与评价	
..... 曾广权 刘福灿 郭慧光 施顺生等	(68)
· 昆阳磷肥厂附近蚕豆受氟污染的调查与评价	
..... 曾广权 郭慧光 刘桂英等	(74)
· 某磷肥厂大气氟化物在农作物(蚕豆)生长期的污染浓度分析...	
..... 吕云波 曾广权	(79)
· 氟污染地区农作物生长情况调查的数据处理分析	
..... 杨为民 曾广权	(85)
· 某磷肥厂周围古城区水稻产量田间调查分析与研究	
..... 董海京 曾广权 白云宝等	(89)

(三) 运用动态熏气试验装置开展的试验研究工作 (98)

· 动态熏气试验装置的构造和配气 (98)

..... 杨志忠 施顺生 谢莲香 孟裕芳 (99)

· 氟化氢对水稻、蚕豆生理过程影响的研究 (103)

..... 施顺生 杨志忠 谢莲香 孟裕芳 (103)

· 氟化氢在水稻不同生育期熏气对产量和品质的影响 (106)

..... 施顺生 杨志忠 谢莲香 孟裕芳 (106)

第三篇 氟化物在生态系统中的迁移及影响预测 (109)

(一) 氟化物在生态系统中的迁移 (109)

· 土壤氟污染的调查与研究 曾广权 温国靖 张云仙 (111)

· 土壤氟污染对水稻的影响 杨志忠 施顺生 (118)

· 环境污染地区居民氟化物进入与排出情况的探讨 (123)

..... 陈运泰 曾广权 王庄善等 (123)

· 滇池地区尿氟正常值的探讨 胡世宽 (127)

· 耕牛慢性氟中毒的调查与研究 仇国新 杨琼芳 (130)

· 氟在生态系统中的迁移 曾广权 董海京 (136)

(二) 氟化物对生态环境影响的预测研究 (139)

· 某磷酸盐工厂投产后对附近植物影响的预测研究 (140)

..... 曾广权 郭慧光 童景阳 胡培铎 (140)

· 安宁工业区生态环境影响分析及生态建设措施 (150)

..... 董海京 曾广权 (150)

**第一篇 开顶式熏气室
的构造与性能**

