

大气污染生物监测方法

主 编：余叔文

副主编：王明霞 颜丽英

中山大学出版社

• 广 州 •

100

大气污染生物监测方法



■

大气污染生物监测方法

主 编 余叔文
副主编 王明霞 颜丽英

中山大学出版社
· 广 州 ·

(粤) 新登字 11 号

图书在版编目 (CIP) 数据

大气污染生物监测方法/余叔文主编, 王明霞,
颜丽英副主编. —广州: 中山大学出版社, 1993. 11
ISBN 7-306-00818-8/X · 12

I. 大 大气污染生物监测方法

Ⅱ. ①余叔文 ②王明霞 ③颜丽英

Ⅲ. ①大气污染 ②大气监测 ③生物监测 ④监测标准

IV. X831

责任编辑: 陈曼华 责任校对: 朱娴

封面设计: 朱蔼华

中山大学出版社出版发行

(广州市新港西路 135 号)

中山大学印刷厂印刷 广东省新华书店经销

850×1168 毫米 32 开本 5.5 印张 14.1 万字

1993 年 5 月第 1 版 1993 年 5 月第 1 次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 6.80 元

出版说明

随着我国环境监测技术的不断发展，生物监测开始在我国起步，继《生物监测技术规范（水环境部分）》在全国颁布执行以来，各地在开展环境污染的生物监测工作中，急需生物监测方法、评价及分类鉴定的技术参考书和图谱资料。为此，我局决定组织编写和出版《水生生物监测手册》与《大气污染生物监测方法（推荐方法）》。

生物监测是环境监测的重要组成部分。生物既是环境监测的直接对象，又可作为监测水体、大气、土壤等环境污染的重要手段；当环境发生污染，环境质量受到影响，必然会引起生物个体、种群、群落以致整个生态系统的各种响应，不仅能对环境中污染物浓度作出反应，还反映了各种污染物之间以及污染物与环境因子之间联合作用的综合积累的毒性效应。因此，生物监测在环境监测中具有特殊的地位，相信在不久的将来，必然会在环境管理中发挥更加重要的作用。但是在实施生物监测的监测站点网络化，布点采样规范化，监测方法标准化，数据处理计算机化，质量保证系统化的技术路线时，要比理化监测困难得多，由于生物与其特定的环境，具有错综复杂的关系，因此开展生物监测时，不仅要掌握环境状况，还要了解生物的各种变化，这就要求监测人员掌握专业知识及更为广泛的与其关联的知识。我们希望《水生生物监测手册》、《大气污染生物监测方法（推荐方法）》两本书的出版，给广大生物监测工作者给予帮助，同时也希望大家在今后的研究和实践中，不断完善和发展生物监测技术。

《水生生物监测手册》和《大气污染生物监测方法（推荐方法）》是我局委托中国环境监测总站组织编写的。编写中得到中科

院水生生物研究所、中科院上海植物生理研究所等科研单位、高等院校及有关环境监测站的大力支持，在书稿的审理中，还得到全国各有关专家的指导，在此表示衷心感谢。

国家环境保护局

1992年10月

编写说明

从 70 年代开始,我国许多科研单位、大专院校和环保单位,先后开展了利用植物监测大气污染的研究工作。1981 年,我国第一部《大气污染伤害植物彩色图谱》一书出版以来,促进了这一领域的研究和应用,大气污染生物监测的方法和技术不断扩展,除利用植物叶片开展含污量测定和指示植物监测外;还利用紫露草四分体和蚕豆、大蒜、韭菜根尖等进行微核测定;还有苔藓、地衣监测、生态调查、生理指标测定等,这些方法都已应用于二氧化硫、氟化物、氯化物、臭氧、过氧乙酰硝酸酯、颗粒物、重金属等污染物的监测和质量评价。但由于生物监测技术的复杂性和特殊性,全国又没有统一的可供遵循的方法,各地在科研和监测中,采用的生物材料、布点和采样方法、样品分析、数据处理、结果表达等技术环节,缺乏统一的规范,还存在不同程度的差异,大大影响了实验结果和监测数据的代表性、准确性、可比性、系统性及完整性。因此在 1986 年“全国生物监测与生物净化学术讨论会”及 1987 年“全国第六次植物与环境保护学术讨论会”及 1989 年“大气污染生物监测讨论会”期间,广大环境监测科技人员以极大的热情多次倡议,强烈呼吁将大气污染生物监测纳入国家生物监测技术规范,并尽快出版生物监测技术指导之类的小册子,以推动生物监测工作的纵深发展。

据此,国家环保局委托中国环境监测总站以(1990)综字第 12 号文下达了“大气污染生物监测方法(推荐方法)”的编写任务,提出了编写提纲和编写统一要求,成立了编制组,由中国环境监测总站为组长单位,广州市环境监测中心站为副组长单位,组织全国 17 个单位共同完成。编制组对现行的较为分散的各种方法,进行分类和筛选,共选择植物叶片含污量测定等 14 个较为成熟的,并且经过实践证明较为适用的方法。与编制过程中,书稿的

每一方法至少经两位专家审稿，1991年10月还约请部分专家对全书进行了修改、补充和定稿。

《大气污染生物监测方法（推荐方法）》一书的出版，是在国家环保局、中国环境监测总站的直接领导和关怀下，在全国各有关科研、高等院校及环保监测站广大生物监测人员的共同努力下完成的。值此对陈子久、柴文琦、魏复盛、刘全义、吴忠勇、曹跃英、黄新民等同志在组织协调方面所作的大量工作，对（以姓氏笔划为序）王焕校、王家玲、卞咏梅、杜念劬、陈锐章、郁梦德、林光恒、栗德永、高谦、潘如圭、蔡亚娜、戴景栋等专家在书稿审阅中提出的宝贵意见，以及各部门、各单位的大力支持，表示深切谢意。

《大气污染生物监测方法（推荐方法）》一书的出版，为生物监测方法的规范化、标准化迈出了可喜的一步。但由于选编的方法中大部分还处在试行阶段，有些还缺乏大量的实验验证资料，尤其在采样和结果评价等方面还存在诸多不完善之处，而且编者水平所限，错漏之处敬请读者批评指正。同时我们热诚希望，全国广大从事大气污染生物监测的科技人员，对本书提供的方法进行不断的研究和创新，为今后完善和丰富本书再版的内容，作好技术和资料储备。

中国环境监测总站

王明霞

1992年6月

参加本书方法编写、审稿单位

- | | |
|------------------|----------------|
| 1. 中国环境监测总站 | 14. 辽宁大学 |
| 2. 中科院上海植生所 | 15. 华中师范大学 |
| 3. 广州市环境监测中心站 | 16. 云南大学 |
| 4. 江苏植物研究所 | 17. 广州师范大学 |
| 5. 西北植物研究所 | 18. 华东师范大学 |
| 6. 华南植物研究所 | 19. 北京市环境监测中心站 |
| 7. 中科院海洋研究所 | 20. 甘肃省环境监测中心站 |
| 8. 广西植物研究所 | 21. 贵州省环境监测中心站 |
| 9. 军事医学院生物工程研究所 | 22. 杭州市环境监测中心站 |
| 10. 中科院沈阳应用生态研究所 | 23. 青岛市环境监测中心站 |
| 11. 浙江农业大学 | 24. 合肥市环境监测中心站 |
| 12. 浙江林学院 | 25. 兰州市环境监测中心站 |
| 13. 兰州大学 | |

编委会成员

- | | | | | |
|--------------|-----------|-----|-----|-----|
| 主 编 | 余叔文 | | | |
| 副主编 | 王明霞 | 颜丽英 | | |
| 编 委 | (以姓氏笔划为序) | | | |
| | 王勋陵 | 吴方正 | 陈冬基 | 高绪评 |
| | 蒋美珍 | 蓝崇钰 | 顾咏洁 | |
| 参加编写者 | (以姓氏笔划为序) | | | |
| | 王明霞 | 王勋陵 | 刘荣坤 | 陈光荣 |
| | 杜庆民 | 金庆海 | 胡迪琴 | 赵银慧 |
| | 高绪评 | 张志元 | 张西萍 | 张建辉 |
| | 顾咏洁 | 敦婉如 | 蒋美珍 | 颜丽英 |
| | | | | 李春兰 |
| | | | | 高 伟 |
| | | | | 章志兰 |

目 次

大气 SO ₂ 污染的生物监测——植物叶片含硫量分析监测	(1)
大气氟污染的生物监测——植物叶片氟化物积累量监测	(19)
大气氯污染的生物监测——植物叶片含氯量监测	(29)
大气重金属污染的生物监测——植物体内重金属含量监测	(43)
大气汞污染的生物监测——植物叶片中含汞量监测	(53)
大气 SO ₂ 污染的树皮含硫量监测	(58)
大气污染的指示植物监测	(71)
附生苔藓、地衣对大气污染的指示与监测	(90)
藓袋监测大气污染物	(98)
大气污染的紫露草微核监测	(106)
大气污染的蚕豆叶尖细胞微核监测	(115)
大气污染的植物叶片质膜透性监测	(123)
空气微生物监测	(137)
大气污染植物生态调查	(147)
附录	(160)

大气 SO₂ 污染的生物监测

——植物叶片含硫量分析监测

1 概 述

硫是维持生命的必要元素。它与植物正常的生理代谢活动密切相关。植物一方面可以从土壤中摄取离子形态的硫，另一方面又可通过叶片吸收大气中的二氧化硫。近年来，工业排放的二氧化硫气体不断增加，造成的大气污染是很严重的。通过分析植物叶片硫含量的途径，监测大气二氧化硫的污染程度，评价大气环境质量等方面的工作，在国外已有较长历史，我国在近一二十年来也做了大量、系统的研究。

根据同位素³⁵S 的标记试验表明：大气中二氧化硫被植物叶片吸收后，约 90% 以上的二氧化硫转化成以硫酸盐形式积累于植物叶组织内，仅有少量被还原为有机硫化合物，如硫胺素、胱氨酸、半胱氨酸、蛋氨酸、辅酶 A 等。国内外的研究还表明：一般在植物能忍受的浓度范围内，大气中二氧化硫浓度愈高，植物叶中硫含量也愈高；在大气中二氧化硫浓度不变情况下，植物叶片硫含量随叶片接触时间的延长而增高，二者之间呈现出密切的相关性。因此，可以通过植物叶片含硫量来反映大气二氧化硫的污染状况。

70 年代初，国内的研究工作是探讨植物叶片含硫量与大气二氧化硫污染之间的相关关系，近 10 年来发展到利用植物叶片硫含量监测评价城市大气二氧化硫污染、预测预报城市大气二氧化硫污染程度的变化，得到了令人满意的结果。采用分析植物叶片硫含量来反映大气二氧化硫的污染，作为环境监测服务的生物测

试方法，是大气环境质量评价和环境治理对策研究中不可缺少的重要组成部分。

、监测大气二氧化硫污染的方法，有化学分析法、仪器测定法和生物监测法。在生物监测方法中，以利用植物叶片硫含量来监测大气二氧化硫污染的方法较为简单、方便，且经济、实用、可靠，易推广，特别在监测仪器设备和人力不足的情况下，更显示出该方法的优越性。

硫在植物体内存在的形式有两种，即有机态硫和无机硫。由于区分有机硫与无机硫的测定方法尚不够成熟，操作烦琐，测定误差亦较大。因而，国内外一般是采用不同的强氧化剂，以干灰化、湿消解、充氧燃烧等方法，将植物叶内的有机硫转化成无机硫，即称氧化提取法。Steinbergs 等曾用还原提取法，即改用碳酸氢钠和氧化银与植物样品混和，在 550℃ 下加热 3h，使样品中的硫全部还原成硫化氢，再用亚甲蓝法比色测定，测定结果与氧化法一致。但是，还原提取法要在密闭系统内进行，所需设备较复杂，再加上有时为了避免麻烦的亚甲蓝比色测定，还得将硫氧化成硫酸根后再行测定，因此，还原提取法的应用没有氧化法那样普遍。

就植物体中硫的氧化提取方法而言，早在 50 年代起国外学者就提出用氧化钠或硝酸镁与植物熔融，使植物体中的各种硫转化成硫酸盐。稍后又采用了硝酸—高氯酸加热消化植物样品的方法，以减少高氯酸的损失，并用硫酸钡比浊法测定消化液中的硫酸根量，使之较惯用的干灰化法要准确，速度又快。70 年代初，国外学者曾对提取总硫的 5 种方法（即次溴酸钠碱性氧化法，硝酸、高氯酸、磷酸和盐酸的酸性氧化法，碳酸氢钠和氧化银的干灰化法，X 射线荧光光谱法和燃烧碘量法），进行了比较，测试结果表明，酸性氧化法和碱性氧化法十分接近，比其它方法要精确。我国学者郁梦德（1978 年）用两种氧化提取法测定油茶、高山榕等 5 种植物叶片硫含量，结果表明，燃烧提取法的结果普遍低于湿氧化提

取法。因此，酸性氧化法可以作为提取植物样品中总硫的例行方法。

关于溶液中硫酸根测定方法的选用，要视硫酸根的含量范围和实验条件而定。国内外的学者一致认为，当提取液中硫酸根浓度较低，宜采用硫酸钡比浊法测定；当提取液中硫酸根浓度较高，可采用偶氮胂Ⅲ指示剂滴定法，或 EDTA 络合滴定法测定；当提取液中硫酸根浓度更高时，可采用硫酸钡重量法获得精确的测定结果。

此外，有很多人对硫酸根的其他测试方法进行了尝试。例如采用苯胂酸钠为指示剂的容量法，以高氯酸钡为显色剂的比色法，电导滴定增量法，交流示波极谱滴定法，原子吸收法，电感耦合等离子体发射光谱法等，在一定的测试条件下，也可取得满意的结果。

一个分析方法的选用，除了满足一定的精度外，还要考虑实验条件，方法的繁简与操作的快慢等，这对大量样品的例行分析尤为重要。此外，还应从我国的实际情况出发，选择能适应基层开展环境监测工作的分析方法。根据对我国不同种类植物叶片中总硫量的分析，采用硝酸—高氯酸的酸性氧化提取后，以硫酸钡比浊法测定，操作简易快速，所需设备简单，可满足分析大量样品的需要，只要比浊条件控制得好，能获得精确的分析结果。此方法在一般实验室内都能进行，可作为测定植物叶片硫含量的例行方法。在条件较好的实验室内，象科学研究所和大、中专教学实验室以及环境监测中心实验室等，除采用酸性湿消化—硫酸钡比浊法外，还可以用充氧燃烧提取，偶氮胂Ⅲ指示剂滴定法和充氧燃烧提取硫酸钡比浊法或 EDTA 络合滴定法。

现将分析植物叶片含硫量的酸性湿消化—硫酸钡比浊法和氧瓶燃烧—氯化钡滴定法给以推荐，请使用者根据自己实验室条件选择使用。

2 材 料

2.1 采样点的布设原则和方法

根据监测的目的和要求进行布点。本文所讲的布点原则及方法适用于利用树木（或其它植物）叶片含污量对城市或区域环境进行大气二氧化硫、氟化氢和氯气等污染的植物监测，利用植物进行的污染源监测，除另有说明者外，可参比应用。

2.1.1 布点原则

(1) 全局性。必须从全局观点来考虑布点。为此，布点前应对所监测区域的大气二氧化硫、氟化物或氯气等污染状况，植物的种类、分布与生长情况，有关环境因子（气候、土壤、地形、地物）等进行调查或了解，根据不同的监测目的和目标要求进行布点。通常在监测区域内划分网络、或者用功能区或类型区等方法布点，并在清洁区设若干对照点，以获得能反映整个监测区宏观状况的资料。

(2) 代表性。在网格或类型区内布点，必须选择有代表性的地段。如在清洁区布点，设点地段须具有代表清洁区的特点；在污染区布点，同样须考虑设点地段要具有该区代表性等。

(3) 一致性。为了使监测结果具有可比性，植物监测通常选择一种或几种植物作为监测植物，因此，布点时必须考虑每个点都有同种监测植物分布。

(4) 同步性。在有条件的城市或地区，可在城市大气常年监测点附近布设植物监测点，或者在植物监测点附近布设大气采样点，植物监测与大气监测同步进行，这样所得到的资料可相互比较或验证。还可以建立叶片含污量与大气污染物浓度之间的相关方程，从而在植物监测中应用。

(5) 防干扰性。布点时必须注意附近没有小污染源干扰,尽可能避开人为或其它干扰因素的影响。

2.1.2 布点方法

生物监测布点的方法因监测目的和任务要求不同而有所变化,这里介绍大环境监测常用的几种方法。

(1) 网络法。按一定面积大小(如平方公里)把监测地区划分成方格,在每个方格内选择有代表性的地段布点。

(2) 功能区法。在城市或大工业区,也可按不同功能区或类型区布点。将监测地区划分成若干功能区或类型区后,在每个区内选择有代表性的若干地段布点。

(3) 梯度法。在对监测地区大气污染状况进行基本了解或调查后,按污染程度(梯度)水平划分若干区域,然后布点。

此外,在进行污染源监测或发生植物急性污染受害事件时,可采用扇形、辐射线或同心圆等方法布点。应用扇形布点法时,在下风向或植物受害分布方向按到污染源的距离由近到远布点,但在上风向、侧风向或清洁区也应适当设点,以便对比验证、全面了解污染严重程度和分布范围。

2.1.3 布点数量

利用植物监测空气污染简便经济,为了提高监测结果的代表性和准确性,布点的数量比大气采样点应适当增加。一般中等城市或区域监测点数不应少于15个,大城市不少于20个,因特定目的而布设的监测点,可视具体情况而定。

2.2 供试植物

用于大环境生物监测的植物须具备二个基本条件。首先,应选择当地分布广泛的常见种,这些植物在每个监测点附近均有分布。其次,对所监测的污染物(如二氧化硫、氟化物、氯气或重金属等)有较强的吸收与积累能力,这些植物叶片含污量与大气

中该污染物的浓度有密切的相关性，从而可以用叶片含污量来监测大气污染的程度。

我国幅员辽阔，地跨不同的气候带，南北植物种类差别很大，各地在开展植物监测时，应因地制宜地选择监测树种。我国各地学者多年对监测植物做了研究，筛选出多种植物可用于监测大气二氧化硫、氟化物、氯气或重金属等的污染。

可供选择的植物如下：

北部地区：加拿大杨、刺槐、白榆、杨树、旱柳、龙爪柳、毛白杨、槐树、山楂、侧柏、垂柳、构树、紫穗槐等。

中部地区：唐菖蒲、悬铃木、女贞、樟树、梧桐、海桐、刺槐、榆树、桑树、大叶黄杨、珊瑚树、构树、广玉兰、紫穗槐等。

南部地区：樟树、羊蹄甲、大叶榕、印度榕、小叶榕、蓝桉、木槿、银桦、红背桂、樟叶槭、树菠萝、夹竹桃、黄槿、人心果、木麻黄、盆架子、菩提蓉、构树、多果榄仁等。

除了上述绿化树木外，在城郊或农村，也可选用某些农作物、果树或其它植物作为监测植物。

2.3 植物样品的采集

2.3.1 采样的一般原则

(1) 选择有代表性的样株。植物种类确定之后，尽可能选择那些在树龄、生长发育等方面相近的正常植株作为采样树。对树龄过大或过小、附近有小污染源或其它因素的影响、叶片受病虫害、药害、机械损伤等以及濒死或生长明显不正常的植株，都不宜采样。

(2) 确定典型的采样部位。采样部位要能充分反映所要了解的情况。确定典型的采样部位，保持所采样品的一致性和可比性，是提高监测结果准确性的关键因素之一。采样时需要考虑样品叶片在树冠的方位、层次、着生部位、叶龄、生长状况等因素。

一般在树冠中部的不同方位，选择生长良好的枝条，在枝条上剪取健康、成熟的叶片作为试样。

对污染源监测，则在面向污染源的树冠中上部外围，确定枝条上一定部位的叶片采样。

2.3.2 样品的采集

(1) 准备工作。采样前需备有监测地区地形或平面图，在图上标明采样点的位置。准备高枝剪、剪刀、采样袋、标签、背包、记录本、铅笔及采样登记表等物品。采样登记表应包括下列内容：采样点号、采样地点、样品号、植物种类、采样部位、采集日期、采集者等。

(2) 现场采样。由于不同植株、植株的不同部位及不同龄期的叶片的污染物含量可能存在差异，为了使采集的样品具有较好的代表性和一致性，采样时应注意如下几点：

① 选好样树多株采样。在采样点附近（一般为 50m 范围内）按不同方位或梅花形选取有代表性的样株 5 株左右采样（如植株数量多，可选 5 株以上）。

② 定位采样。在已确定的每种监测植物的采样部位处采集生长正常叶龄相同或相近的叶片。每种植物的采样部位确定后，在各采样点一律按此采集，不得随意变动。

③ 农作物、蔬菜或其它草本植物的采集，不采用选择样株的方法，通常在采样点或采样小区范围内，选择一种或几种代表性的种类，按梅花形 5 点取样法或其它方法，在不少于 5 处地段采集样品，进行混合。样品采集时根据不同的监测目的和要求，同样需进行定位采样，不能随意采样。

(3) 样品采集量。为了减少采样误差，提高样品的代表性，样品量一般不少于 40~50g 干重。对于叶形小或质薄的叶片，或者进行污染源监测时，可减少采样量；大而厚的叶片，应增加采样量。新鲜叶片可按 80%~90% 的含水量折算。