

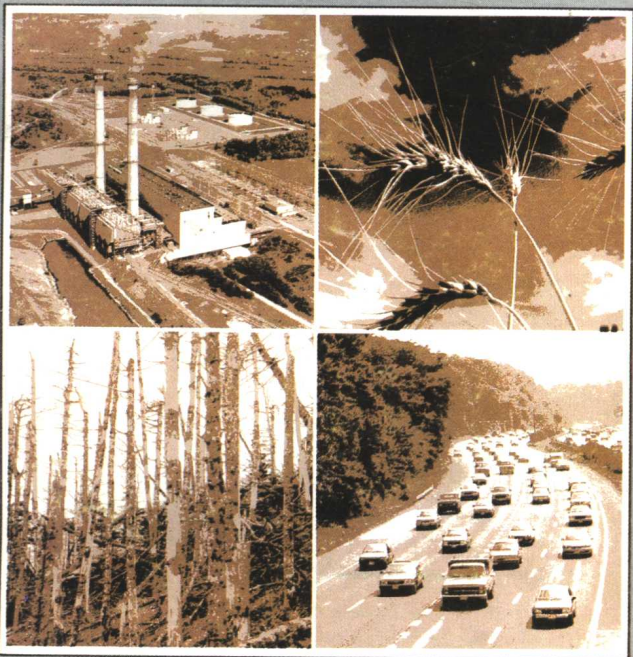
恶 风

空气污染对森林和农作物的危害

詹姆斯J. 麦肯齐

著

穆哈默德 T. 埃尔阿什利



中国环境科学出版社

恶 风

空气污染对森林和农作物的危害

詹姆斯 J. 麦肯齐 著
穆哈默德 T. 埃尔阿什利

白长波 于砚民 柯金良 译

佟 亮 校

中国环境科学出版社

1991

内 容 简 介

本书的作者根据调查美国树木和农作物最近所受到的危害，得出了空气污染是造成森林和农作物损失的重要原因。书中详细地介绍了美国的空气污染：污染源、污染发展趋势以及对森林及农作物的破坏；空气污染造成的经济影响，空气污染和其它全国性问题以及综合性污染治理途径，预测了未来的污染趋势。

书中不仅要求进一步控制污染，而且特别强调美国要制订更有效的、对环境更有利的能源和运输政策。

本书可供我国环保工作者、能源及有关政策决策者阅读参考。

James J. Mackenzie
Mohamed T. El-Ashry

ILL WINDS: Airborne Pollution's Toll on Trees and Crops

World Resources Institute, 1988

恶 风

空气污染对森林和农作物的危害

詹姆斯 J. 麦肯齐 著
穆哈默德 T. 埃尔阿什利
白长波 于硕民 柯金良 译
佟亮 校
贾廷国 李静华

中国环境科学出版社出版

北京崇文区北岗子街8号

河北三河艺苑印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

1991年10月 第一版 开本 787×1092 1/32

1991年10月 第一次印刷 印张 2 3/4

印数 1—2000 字数 61千字

ISBN 7-80093-012-2/X·520

定价：2.10元

前 言

这个世纪，我们看到了人口和经济活动的空前膨胀。全世界的人口已增加了3倍多，社会总产值增长了近20倍。作为这种增长的动力，化石燃料的用量增长了10倍多。随着经济活动和化石燃料用量的飞速增长，污染物数量有了急剧变化。1900~1985年间，全球每年排出的 SO_2 增加了6倍，氮氧化物增加了10倍也许还要多。这些排出的气体和碳氢化合物，成为城市空气污染和酸沉降的主要来源。

化石燃料燃烧，还放出二氧化碳，由于这种气体的温室效应已使全球变暖，改变了整个气候。在本世纪，每年排出的 CO_2 增长了10倍，地球大气层中 CO_2 的含量也增长了25%。

当污染程度很低时，污染所造成的影响主要限于污染源附近的一些地区。直到1970年，美国制定空气净化法规的时候，还有可能主要强调地区性污染。而现在，不论就空气污染的范围还是程度来说，其影响已不仅仅是地区性的，而是全球性的了。

从本世纪80年代初，中欧的23000平方英里*森林，由于空气污染和自然灾害，开始面临毁灭的危机。“新森林灾害”的惊呼震动了林业界、科学界和欧洲公众。起初是由于这种森林灾害的症状在以前的专业文献中不曾有过，而最近则是看到这种灾难正在急剧蔓延。

既然美国的树种和污染情况与欧洲差不多，那么美国是

*1平方英里=2.59平方千米。

不是这种灾难的下一个受害者呢？世界资源研究所的詹姆斯J·、麦肯齐和穆哈默德T·埃尔阿什利对美国树木和农作物最近受到的损害做了调查，得到了令人不安的证据，说明下一个可能就是美国。加利福尼亚州的松树正在枯萎；阿巴拉契亚山脉的红杉也正在死亡；东部白松的生长正在减慢；新英格兰北部的枫树和其它硬材的生长出现异常，尚未成材就已死亡。

正象本书提供的科学资料所说明的那样，加利福尼亚松林的死亡、东部敏感性白松的损失以及美国农业生产数十亿美元的损失，其罪魁祸首都是臭氧污染。

同温层中的臭氧是保护生命的防护层，地面的臭氧却妨碍植物生长。越来越多的证据表明，臭氧和酸沉降是造成从佛蒙特至北卡罗来纳的阿巴拉契亚山脉银杉死亡率异常高的主要因素。空气污染也是美国东南部黄松长势缓慢的主要原因。

正象《恶风》所清楚地证明的那样，臭氧和酸沉降，单独或两者相结合，造成了不同地点不同形式的森林衰亡。由于情况复杂，因而很难明确无误地确定每个地区森林灾害的确切原因。但现在的证据正有力地证明，空气污染是导致森林衰亡的重要原因。至今还没有一种别的解释能够说明在那么辽阔的地域内，有那么多树木受到伤害。

象许多其它环境一样，农作物和树木的损失将给决策者带来新的挑战。造成这些损失的原因存在争论，要认识这种长期影响仍需要进一步的研究和监测；减少污染物排放量所带来的生物和经济效益，并不象其成本那样一目了然。《恶风》不仅强调指出对美国森林和农作物的长期危害，还指出了硫氧化物、氮氧化物以及碳氢化合物引起的很多不良后果，

如人类疾病、河流和湖泊酸化、能见度下降以及对房屋和其它建筑物造成的毁坏，这些污染物以及引起温室效应和全球变暖的大量二氧化碳都是我们在运输、发电和工业中大手大脚地过量使用化石燃料的产物。

《恶风》中关于政策的建议，不仅要求进一步控制污染，而且特别强调美国要制订更有效的、对环境更有利的能源和运输政策。作者建议提高现用技术的效率并减少其排污量，同时逐步改用非化石能源，这样可使今后一二十年内发电厂和机动车辆的污染明显降低。

世界能源研究所衷心感谢乔伊斯基金会，（Joyce Foundation），杰拉尔J·R·道奇基金会，（Gerdldine R·Dodge Foundation）约翰D·和凯瑟琳·T·麦克阿瑟基金会（John D & Catherine T·Macarthur Foundation），没有他们的经济援助，这项研究是不可能顺利完成的。

世界能源研究所所长

詹姆斯·古斯塔夫·斯佩斯

目 录

前言	(iii)
I. 绪论	(1)
II. 对森林和农作物的危害	(4)
对森林的危害	(5)
对农作物的危害	(14)
III. 空气污染对森林的危害	(17)
空气污染对加利福尼亚州森林的影响	(20)
美国东部的空气污染与森林衰落	(22)
IV. 空气污染对农作物的危害	(36)
臭氧对农作物的影响	(37)
对影响进行定量	(38)
估计生产率的损失	(43)
V. 美国的空气污染：污染源、发展趋势以及对森林 及农作物的破坏	(45)
污染物排放趋势	(46)
二次污染物的形成	(54)
污染物浓度和沉降的区域分布	(60)
排放量的分布和损害	(63)
VI. 摘要和政策建议	(65)

污染对森林和农作物的损害摘要	(65)
空气污染造成的经济影响	(67)
未来的污染趋势	(68)
清洁空气法的结构性缺陷	(70)
空气污染和其它全国性问题	(71)
综合性污染治理途径	(72)

I. 绪 论

树木和农作物大面积的受害，并不是本世纪80年代后期才出现的。人们早就知道，自然灾害，如干旱、不合季节的冷热、狂风、传染病和虫害都会使树木和农作物受到伤害乃至死亡。

科学家们几十年来就认识到，空气污染会损害植物。历史上早就发现冶炼厂、发电厂和其它大的污染“点源”严重危害下风向的植物。通常说，高浓度 SO_2 或氟化物（主要是氟化氢）是造成危害的因素。在过去的30年里，又发现光化学氧化剂，如臭氧也会对植物造成危害。

在最近10~25年内，在中欧和美国发现异常大量的树木或死、或病，不过起初并不清楚其原因是什么。本世纪70年代后期首先在德国发现树叶出现明显症状，到1980年已蔓延到欧洲很多国家。这种症状的蔓延在欧洲要比在美国更为迅速，现在，生长在所有海拔高度的几乎所有重要树种都在衰败。

在美国，树木和农作物的损害遍及全国，从加利福尼亚到缅因。树木死亡率最高的是加利福尼亚州。北卡罗来纳到新英格兰的阿巴拉山区也很高；农作物的严重危害则遍及美国大部分产粮区。

加利福尼亚的损失，主要是松树，在本世纪40年代以来就开始出现，阿巴拉契亚山脉的损失，主要是云杉，早在60年代就已出现衰落的症状。东部低海拔地区的红杉，东南部和新

泽西派巴伦斯(Pine Barrens)具有商业价值的黄松长势已出现减慢的情况。东部地区敏感的白松,也有证据说明长势在减慢,并受到危害。美国东北部和加拿大的糖槭,其树冠正在变小,并在过早地死亡。

林木衰落大都是多种灾害共同作用的结果,不容易找出一种单一的原因。

造成这些危害的原因看起来令人迷惑不解。森林是一个复杂的生态系统,它既受自然又受人类的影响。森林灾难一般不是由一种容易发现的单一原因造成的,而是多种灾害共同作用的结果。有多种因素共同作用,才可能导致森林衰亡。

在欧洲,科学家们都同意把空气污染列为造成森林衰落的主要原因之一。没有别的理由可以解释,为什么有那么多种不同的树种在那样广阔的地域内发病。因此,为了了解多种空气污染物(主要是酸沉降和臭氧)所起的可能作用,人们已经进行了大量的研究。

在美国,一种类似的研究项目,从1982年就开始进行,目的是为了弄清酸沉降和有关污染物原因和后果。造成美国森林衰落的主要原因已经查明。加利福尼亚南部美国黄松和杰弗里松以及东部白松的损失就是两个典型例子。这两个例子都表明,臭氧不仅给树木造成了直接的危害,而且使树木更容易由于自然因素,如虫害和天气异常而死亡。然而,对于红云杉和美国东部高山地带的福莱赛冷杉,东北部的糖槭,还不能科学地确定它们衰亡的原因。不过本书中的证据表明,至少对于云杉来讲,空气污染是一个重要因素。(参看本书第Ⅱ部分)。

空气污染对农作物的影响,是1980年由环保局发起的一

个重要研究项目（全国农作物损失评估网）最近完成这项工作表明，臭氧是农作物产量降低的主要空气污染物。按目前的臭氧浓度，单是对主要农作物造成的损失，每年就超过30亿美元。

本书给出了目前美国空气污染对森林和农作物造成危害的证据，并对如何制定政策减少损失作了探索。这里提出的分析有两个特点。其一，讨论和分析并不局限于一种污染物，而是讨论了多种污染物，特别是酸性化合物，这类二次污染物单独和共同产生影响的全部证据。其二，在短期和长期国家能源计划的广阔框架内，提出了政策性建议，而把工作仅仅局限于制订单独的污染源控制条例来达到环境空气质量标准，后者没有考虑到污染源数目的增多，以及各种污染物远距离转移与相互作用。与此相反，这里提出的建议的确考虑到了国家能源安全，主要城市没有达到清洁空气标准，保护气候这一类迫切的全国性问题的。

II. 对森林和农作物的危害

树木和农作物的健康生长,受多方面的影响,有些影响来自自然界如物种竞争、降雨量变化、气温波动、虫害和疾病。另一些影响来自空气污染、杀虫剂和除草剂的使用、土地利用和其它人类的活动。由于这些灾害都可能起作用,因此当大量树木死亡或农作物减产时,要准确判断其原因,确实相当困难。但本书后面将要简要介绍的研究成果有力地证明了空气污染是一个主要原因。

农作物损害通常要比大面积森林衰落容易鉴别。从性质上说,农业系统易于深化管理,生态上比森林简单。并且,对于开发和认识农业系统,已投入的资源远比认识自然森林的为多。相对于农业科学来讲,森林生态学的研究还处于婴儿时期,要完全掌握特殊森林衰亡的生态学,还需要许多年艰苦的野外研究。

从历史上看,森林和农作物所遭受的危害,推动了寻找其原因的研究。有些原因,如加利福尼亚南部松树受害和死亡的主要原因已经查明,这就是臭氧造成的空气污染。其它的一些原因包括美国东部红云杉和福莱赛冷杉的持续衰亡,深入的研究仍在进行。(甚至是云杉的衰亡,证据也表明空气污染是一个最可能的因素)。

下面审查了包括美国树木和农作物面临损害的证据,仅对研究人员已经证明污染是一个可能影响因素的事例,以及正在积极调查这种可能性的事例,而不包括干旱、疾病或虫害

这类纯自然因素引起的损害。情况表明，严重的植物损害遍及全国。在西部，敏感的松树正在死去，整个中西部，农作物的产量正在下降，在东部，银杉、冷杉、枫树以及白松和黄松不是彻底死亡，就是生长异常缓慢。简而言之，从东海岸到西海岸，植物正遭受着严重损害，并且已经表明，大多数损害都是空气污染引起的。（关于下面介绍的症状同各种形式空气污染之间的关系，对其科学证据的审查参看本书第Ⅲ部分和第Ⅳ部分）。

对森林的危害

目前广泛使用“衰落”一词来描述树木的大量死亡，但在林业界，“衰落”一词有其特定含义。根据林业专家保罗·D·曼宁的解释，“衰落”是指生物和非生物胁迫因素相结合造成树木退化和死亡的状况。的确，多种影响因素共同作用是“衰落”这一概念的重要组成部分。例如，栗树枯萎和荷兰榆树病，有其单独的病因，因此尽管这两种病已造成树木大量死亡，但并不把它们看作是衰落。

最好把衰落理解为自然和人为胁迫因素共同作用使树木衰弱并最终死亡时所发生的情况。曼宁把这些因素分成互有联系的三类，即诱病因素、促病因素和致死因素。诱病因素包括土壤贫瘠、气候变化、空气污染以及树木的遗传构成。促病因素包括虫害、干旱和霜冻。它们使已患病的树木进一步衰弱，直至死于致死因素。致死因素包括病毒、根部腐烂、虫害、真菌，它们使树木最后死亡。

20世纪30年代桉树的衰落和40年代西部白松的荒秃，就是多种因素共同作用的结果。其诱因是干旱。一旦树木变得

衰弱,疾病就会乘虚而入,使很多树木死掉。在更早年代的糖槭衰落过程中,致死因素包括干旱、土壤硬结、过度采伐和虫害引起的落叶。对于这些森林的衰落,不是一种因素能够解释清楚的。

经过训练的林业人员、林业病理学家、林业昆虫学家通常能够确定多种树木伤害的病因。由昆虫引起的树木伤害,一般可以通过树木的外貌和昆虫过去和现在的活动情况来断定。由于干旱、大风、冰雪、火灾或直接由空气污染物造成的损害,也很容易确定,但是,对于最近发生的一些树木衰落,即使专家也不能断定某些伤害的具体原因。

在过去的100~200年里,欧洲和北美洲都遭受过多次森林衰落的侵袭。仅仅在本世纪,欧洲至少有5个地区发生过森林衰落的灾难,而北美则至少有13个地区发生过同样的情况。这些地区的森林衰落所表现出来的症状很不相同,有些只见于一种树木。在其中6次事件中,空气传播的化学物质都被认为是重要的或潜在的因素。这6次事件是:加利福尼亚的圣贝纳迪诺山脉松树的衰落、美国东部白松的死亡、欧洲的森林灾难(下面将叙述)、美国东部的红云杉和福莱赛冷杉的衰落、美国东南部黄松长势的减慢、以及美国东北部的糖槭最近出现明显的衰落。在其余的衰落事件中,如疾病、虫害、竞争、天气异常等仍然是主要因素,而且在其它一些事件中很可能也起了一定作用。

从历史上看,严重的空气污染已导致大电厂和其它工业污染源附近树木的死亡。在本世纪初,在不列颠哥伦比亚的吹尔(Trai),有一座炼铜厂,每月放出10000多吨 SO_2 ,致使该厂南部52英里内30%的树木,南部33英里内60%的树木,死亡或受到严重损害。在50年代初,在华盛顿州的斯波坎,有一

座炼铝厂，所放出的氟化物，使工厂周围3平方英里内所有的树木死亡，50平方英里内的树叶遭受损害。

在过去的30年里，在美国西部（尤其是加利福尼亚）、中欧及从北卡罗来纳到新罕布什尔和佛蒙特的阿巴拉契亚山脉发生过多起森林衰落事件，其特征同过去有明显不同。这些森林衰落事件及其奇特的特征引起了科学家目前对森林健康的普遍关注。

圣贝纳迪诺的松树 圣贝纳迪诺森林在洛杉矶东75英里处，是一片混合针叶林，主要有美国黄松、杰弗里松、糖松、白杉和香雪杉。50年代初，首先发现圣贝纳迪诺国家森林内美国黄松受到危害。到1962年，估计已有25000英亩混合针叶受到损害。1969年的考察表明，100000到160000英亩森林中的美国黄松和杰弗里松受到中度乃至严重损害。

圣贝纳迪诺森林衰落的症状为老龄针叶枯黄，导致过早老化。由于当时科学家还不了解其病因，就称之为“X疾病”。虽然1946年和1953年是历史上最干旱的年份，然而这种症状不象是由干旱、虫害和疾病引起的，并且就在这些病树旁边，仍生长着外观健康的松树和其它对干旱很敏感的树种。受到伤害的松树，径向生长变慢，对西部黄松甲虫和其它疾病的抵抗力降低。后来的调查表明，在圣迭戈东部的拉古纳山脉，内华达山脉和圣加夫列尔山脉都发生了类似的伤害。1983年，在西奎牙国家森林的试验区，发现1/4的树木新针叶出现黄斑，而1975年仅有14%的树木有此症状。最近的调查表明，美国黄松和杰弗里松正在遭受日益严重的危害。1980~1982年调查的树木中，有48%遭受一定程度的危害；到1985年则有87%死亡。后来的研究证明，臭氧是这种“X疾病”的主要病因，而美国黄松和杰弗里松树对这种污染物特别敏感。

美国东部的白松。白松广泛分布于加拿大东南部直至美国东部,在新英格兰,从海平面到海拔500米的高度都有白松生长;在阿巴契拉亚山脉南部,在海拔1200米的高地仍可看到白松。

在过去的几十年里,研究人员发现,在美国东部的大部分地区,敏感的白松一直受到臭氧的损害。这种伤害多见于臭氧含量高的六七月份。叶子受到的直观损害首先是针叶出现斑点,进而出现坏死带,最终发展成针尖坏死。在臭氧浓度高的地区,敏感性白松的高度、树围和针叶长度,都不及抗性较强的基因型树种。某些专家认为,暴露于臭氧中的敏感的基因型树种将会消亡。

中欧的森林衰落,早在70年代后期就已在低矮山区出现。当时西德黑森林中的银杉开始出现异常病症,针叶从树枝里边到外边,从根部到树冠纷纷坠落,直至大量树木死亡。随后不久,挪威的云杉也出现类似的症状:针叶变黄,显然与营养不足有关,特别是镁、钙、锌、钾、锰不足,老树的叶子脱落。接着松树也出现类似的症状,树冠稀薄。1982年厄运波及硬质树木,主要是山毛榉和橡树。山毛榉的冠叶在夏初就变黄、脱落,然后枝叶畸型。现在西德几乎所有的重要森林树种都出现叶子变黄和早落的现象。

西德的林木损害,最初只见于海拔800米以上的高地,但现在已蔓延到较低的地带。向西迎风的坡损害最严重。尽管所有年龄的树木都受到影响,但老树的症状最明显。

由于林木毁坏的加剧,西德从1980年开始了森林普查。到1984年,统一了普查工作,适用于所有的11个州。1983年的普查表明,西德有34%的树木受到危害。1984,1985,1986年则分别上升到50,52,54%。尽管只有1/5的受害树木脱落了

25%的叶子(参看表1)。其中冷杉损害最严重,83%的树木都出现某些症状、60%以上受到中度乃至严重危害。橡树、山毛榉和云杉受到的损害也很严重。

表1 1986年西德森林遭受损害的百分数

(按树种和损害程度分列)							
损 害 程 度	云杉	松树	冷杉	山毛榉	橡树	其它	总计
未受损害	45.9	46.0	17.1	39.9	39.3	65.8	46.3
轻度损害	32.4	39.5	22.5	41.2	41.2	24.5	34.8
中度损害	20.1	13.1	49.1	17.5	18.7	8.5	17.3
严重损害或死亡	1.6	1.4	11.4	1.4	0.8	1.2	1.6
受到损害的总计	54.1	54.0	82.9	60.1	60.7	34.2	53.7

目前,已对欧洲中部几乎所有类型的土壤和所有海拔高度上新型森林灾害的症状进行了调查鉴定。1983年,对瑞士境内的林木损害做了考察,其中14%显示出衰落的迹象;到1984年则有34%受到损害。1985年在奥地利所作的森林调查表明,有22%的林木受到损害,其中受到中等严重损害的占4%。根据1984年的调查报告,法国22%的针叶树和4%的落叶树已经受到明显损害。在荷兰,1986年的调查表明,占森林面积29%的林木出现了中度到严重衰落的症状。

在最近一份关于欧洲针叶林和落叶林衰落数据的分析报告中,研究人员发现欧洲15%(按体积计算)的针叶林受到中度和严重危害,乃至死亡。在联合王国和瑞典,受到这种危害的针叶林占20%,并且17%(体积比)以上的落叶林受到损害。受害最严重的还有挪威云杉,这是中欧最多、商业价值最高的树种。经过仔细的研究发现,挪威云杉的衰落特征是因地而异的,高海拔处针叶变黄,中海拔和海岸地区树冠稀