

熏蒸防治害虫手册



熏蒸防治害虫手册

H·A·U·门罗

联合国粮食和农业组织

意大利·罗马

书名： 熏 蒸 防 治 害 虫 手 册

翻译：梁 权（广东省粮食科学研究所）

张国樑（浙江省粮食科学研究所）

李雁声（粮食部四川粮食贮藏科学研究所）

校订：梁 权（广东省粮食科学研究所）

徐国淦（农业部植物检疫所）

绘图：林鸿雄（广州地理研究所）

科学普及出版社广州分社出版

开本：787×1092毫米 1/32 印张：12.875 字数：270千字

本社书号：041 定价1.50元

（内部发行）

内 容 简 介

这是一本阐述用化学药剂熏蒸的办法防治害虫的应用技术参考书。作者根据多年科研实践的经验，收集了以近二十年为主的参考资料，在扼要阐述基本原理的基础上，对当前世界各地广泛应用的熏蒸剂，在性质、特点、防护、检测、施用的方式方法和对贮粮、果树、苗木、温室等的处理要点，以及检疫熏蒸和熏蒸实验方法，都择要作了概括性的叙述。最后对于常用熏蒸剂，在实际应用中的有效剂量、处理对象和注意事项，采用列表的办法，分别作了说明。

英 文 版

第一版	1961
重 印	1964
第二版	1969
重 印	1972
重 印	1974
重 印	1975

说 明

本手册主要是由有关熏蒸的出版资料编写而成，所阐述的知识取自研究工作和经验，故其内容并不能由联合国粮农组织负责。书中所提到的产品，也无推荐之意。

目 录

前言	(1)
导言	(2)
第一章 熏蒸原理	(5)
熏蒸剂的选择	(5)
熏蒸剂的蒸发	(6)
扩散和穿透	(9)
食品中残留物的重要性	(16)
对物质的其他影响	(18)
剂量和浓度	(19)
对昆虫的毒性	(25)
昆虫的获得抗性	(31)
第二章 防护措施	(33)
阈限范围	(33)
警戒气体	(36)
一般性的防护	(36)
防毒面具	(39)
滤毒罐	(42)
防毒面具的最后检查	(44)
滤毒罐的再生	(45)
第三章 熏蒸剂的现场测定	(47)
热导分析器	(47)
干扰折射仪	(52)

	检测管.....	(53)
	颜色指示器.....	(53)
	灯.....	(54)
	卤化物计.....	(54)
第四章	现代熏蒸剂	(55)
	丙烯腈.....	(55)
	二硫化碳.....	(59)
	四氯化碳.....	(65)
	氯化苦.....	(69)
	敌敌畏 (DDVP)	(74)
	二溴乙烷.....	(83)
	二氯乙烷.....	(93)
	环氧乙烷.....	(99)
	氢氰酸 (HCN)	(106)
	溴甲烷.....	(122)
	磷化氢.....	(149)
	硫酰氟.....	(160)
	次要熏蒸剂.....	(165)
第五章	混合熏蒸剂	(170)
	一些主要的混合熏蒸剂.....	(171)
第六章	常压空间熏蒸	(177)
	密封方法和材料.....	(177)
	熏蒸室.....	(178)
	帐幕熏蒸.....	(194)
	大建筑物熏蒸.....	(206)
	加工厂熏蒸.....	(218)

	局部熏蒸.....	(220)
	轮船或驳船上包装货物的熏蒸.....	(222)
	空船舱熏蒸.....	(225)
	运货车厢和其它运输工具熏蒸.....	(227)
	个别包件熏蒸.....	(231)
第七章	减压熏蒸	(235)
	方法.....	(237)
	减压熏蒸设备.....	(240)
第八章	散装粮熏蒸	(241)
	粮食熏蒸方法.....	(243)
	参考文献.....	(259)
第九章	活的树木和作物的熏蒸	(261)
	树木帐幕熏蒸.....	(261)
	田间幕布熏蒸.....	(269)
第十章	温室熏蒸	(271)
	空间体积的计算.....	(271)
第十一章	害虫死亡率的评定	(277)
	自然感染的害虫.....	(277)
	测试用的昆虫.....	(278)
第十二章	植物检疫熏蒸处理	(283)
	熏蒸法一览表	(286)
	A. 立筒库散装粮熏蒸.....	(290)
	B. 房式仓库散装粮熏蒸.....	(292)
	C. 溴甲烷熏蒸遭受药害的植物名录.....	(293)
	D. 生长旺盛的植物的溴甲烷熏蒸.....	(301)
	E. 带叶休眠植物的溴甲烷熏蒸.....	(303)

F. 不带叶休眠植物材料的溴甲烷熏蒸·····	(305)
G. 兰科植物的溴甲烷熏蒸·····	(307)
H. 新鲜水果的溴甲烷常压熏蒸·····	(309)
I. 新鲜蔬菜的溴甲烷熏蒸·····	(317)
J. 新鲜水果的二溴乙烷熏蒸·····	(322)
K. 新鲜蔬菜的二溴乙烷熏蒸·····	(328)
L. 新鲜水果的氢氰酸熏蒸·····	(330)
M. 休眠的苗圃砧木的氢氰酸熏蒸·····	(331)
N. 花卉鳞茎和球茎的熏蒸·····	(333)
O. 剪插花和绿色装饰植物的溴甲烷熏蒸·····	(335)
P. 包装植物产品的常压和减压熏蒸·····	(337)
Q. 厂房、空建筑物和烟草仓库的熏蒸·····	(352)
R. 厂房局部(点)熏蒸·····	(356)
S. 种子熏蒸·····	(358)
T. 熏蒸除治啮齿类及其他哺乳类有害动物, 蛇 类, 鸟类, 蜗牛, 蚁巢, 黄蜂和白蚁·····	(361)

附 录

1. 气密性测试·····	(364)
2. 熏蒸帐幕的有效利用·····	(365)
3. 熏蒸工作中常用的换算系数和换算关系·····	(368)
4. 熏蒸剂中毒的一般急救·····	(374)
参考文献·····	(376)

前 言

本手册所讨论的是以熏蒸的办法防治地上部份的害虫。由于土壤熏蒸是一个独立的探讨领域而未作讨论。本书主要供实际熏蒸工作者和需要进行或指导检疫性处理人员的参考，同时对从事植物保护的高级技术人员也会有所裨益。

为满足世界日益增长人口对粮食的需要而进行的现代化增产技术中，熏蒸工作仍然占有重要的地位。这一点已由本书自1959年完成第一版以来在本领域内大量的科研活动和发展所证明。如前版序言所谈到的，为了主要阐述有普遍意义的原理和有实践意义的技术，在编写中未能包括这方面所有的最新成果。和第一版一样，只能选择和强调比较重要的方面，藉以说明涉及到的一般原理，以便指导在实际工作中所碰到的问题。这样的处理不可避免地较复杂的生物学和生物化学方面的问题过于简单。

近年工作的重要特点之一，是对粮食中因熏蒸造成的化学残留物，进行了细致的研究。当然，这也是杀虫剂的一般性残留问题之一。对于这些问题，“联合国粮食与农业组织”和“世界卫生组织”等国际性机构，以及“国际理论与应用化学协会”所召集的会议和工作组作过了详尽的评述。对于这些机构的发现和推荐，本版已经提到。

作者再次对世界各地人士所给予有益的指导和帮助表示感谢。在本版中，作者特别感谢加拿大农业部研究所所长E. Y. Spencer博士的有益支持和建设性评论。和第一版一样，在准备和校核本书过程中，应再次对本所熏蒸研究室的E. J. Bond博士，C. T. Buckland先生，C. J. Combs小姐，T. Dumas先生和E. Upitis先生的多方面的帮助，表示感谢。

导 言

在近代术语中，熏蒸剂是指在所要求的温度和压力下，能够以足够的气态浓度使有害生物致死的化学药品。严格地说，所指的熏蒸剂是以其气体起作用的。

这个定义并不包括呈液体或固体状态颗粒悬浮在空气中的，即一般所指的烟、雾或霭等气雾剂。由于它所强调的是熏蒸剂的一个最重要的应用的特性，因而应首先将这一界限弄清楚。也就是说，熏蒸剂是呈分离的分子状态扩散的气体。这种性质使它能够穿透到被熏蒸的物质中去，并能够在熏蒸后扩散出去。

在空间，可以用某些有效的新型装置，迅速发生致死浓度的气雾。但由于其颗粒沉积在物质的外表，因而对内部即使是很小的距离也穿透不进去。

喷布在叶面或其他表面的杀虫剂，当昆虫与之接触或食入时而中毒；有时也因有足够的蒸气压而产生气体。在某些情况下，这种气体可有一些致毒作用即所谓“熏蒸作用”。对此，本手册不予讨论。所讨论的是限于在施用后其气体有毒，而且只以气体状态与昆虫发生作用的熏蒸剂。

熏蒸现状

熏蒸剂被广泛地用于防治害虫和其他有害动物。这可能是因为熏蒸的方法具有广泛的适应性。有很多情况下，熏蒸处理可在对感染物质没有任何妨碍的情况下进行；如在圆筒仓或货栈仓库的贮存条件下，或在火车厢、卡车、船只等运

输工具中等等。轻质塑料薄膜的发展，如聚乙烯制品，使气密性帆布或帐篷的应用扩大到能够用以熏蒸大堆货物。它可以将整个建筑物覆盖而对其内部和外部同时处理。

熏蒸人员

除非使用像减压熏蒸室，或固定式大型通过粮食的气体环流装置等复杂的机器，并不需要高度熟练的人员进行熏蒸。对于一般人员的要求是身体健康，智力机敏，能够理解口头和书面的指导，并能够认真灵活地执行。所谓身体健康，包括没有对毒气过敏的呼吸道疾病。在现场施用中的许多操作，可以在受过良好训练的具有法定资格的领班指导下，由不太熟练的人员进行。

对于挑选出来的人员，在分配工作时，必需首先接受全面的有关熏蒸剂性质的教育和安全操作的训练。本手册可以为此提供适当的课程基础。

许多国家有国家的或地方性的关于熏蒸人员要取得许可证的规定。许可证的发给，要通过这方面的考核或经过技术考试。

本手册的范围和应用

本手册的主要内容是关于熏蒸剂作为杀虫剂的应用。所涉及的范围很广。在某些熏蒸剂中也结合提到对鸟类和有害哺乳动物的防治。

对于土壤熏蒸，由于它本身是一个完整的课题，本手册不予讨论。线虫防治是土壤熏蒸的一个重要的方面，关于熏蒸剂对它的效果，也未作充分的讨论。

即使是需要，本手册也不可能以大量的篇幅来叙述很多的处理。为使其用途尽可能地广泛，将首先讨论基本原理。

然后叙述一般性的并适用于特殊问题的应用。对于不需要复杂设备而容易使用的技术，将作重点叙述。凡是有贵重设备的地方，其工作人员都已经过了全面的训练，有关实际处理方法的介绍，将在一览表中列出，但并非综合性的。不过，对于已知的例外和容易犯的错误，只要是适用的，将予以强调。

为避免不必要的重复，在有关方面只提一次。对于某些技术在应用中所需的资料，可分别在各章查到。例如，采用在某章所述某种熏蒸剂的施用方式，则应在第四章选读适用的附加的资料。同时，必需经常查阅第二章的预防措施，直到对某种方法完全掌握为止。

第一章 熏蒸原理

熏蒸剂的选择

许多化合物在常温下有挥发性，而且有一定的毒性，属于熏蒸剂定义所指的范畴。但在实际应用中，则有许多气体由于化学性质不稳定和对物质有破坏作用而被淘汰。对物质的损害，可发生于以下几方面：

1．具有强烈腐蚀性的化合物破坏船舱和损坏建筑物与熏蒸室设备，或其他熏蒸处理的空间。

2．活泼的化学药品形成不可逆的化合物，在产品中留下不合要求的残留物。对于食品，这种反应将导致污染或形成有毒的残留。对其他物质可造成明显的沾污或产生异味。

3．具有生理活性的化合物，可破坏或严重伤害生长着的植物，水果或蔬菜，以及严重影响种子的发芽。

高度易燃的化合物，如能采取添加其他适宜的化合物的办法，控制其燃烧爆炸；或在熏蒸方法上通过慎重设计能将危险消除，则并不排除其应用。一般并不把对人的毒性作为理由排除于应用之外。已知所有的熏蒸剂，都在不同程度上对人有毒。不过在施用所需的条件下，能够采取措施而安全运用。

表1所列限于目前常用的熏蒸杀虫剂。该表说明了多种熏蒸剂的情况。实际上，对于个别或更多的不利性质上面已经提到。事实证明，目前还没有发现理想的熏蒸剂。很可能

这是永远办不到的。因此，这些熏蒸剂在应用上，都各自有其特殊的范围。

熏蒸剂的蒸发

沸点

不同化合物的沸点，一般随分子量的增大而升高。这一概括是由表 1 所列常用熏蒸剂的有关数据作出的。除溴甲烷外，这种关系非常明显。而且说明了四氯化碳和二溴乙烷等重要化合物，在实际熏蒸条件下蒸发很慢。在使用这些熏蒸剂时，如果在开始时要达到尽可能高的浓度，则应采取某些有效的办法，使之迅速蒸发。

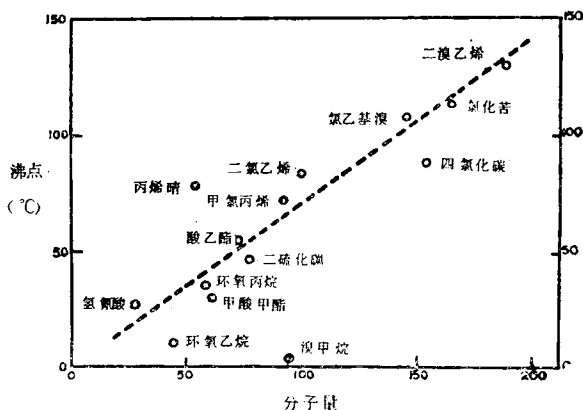


图 1、重要熏蒸剂的分子量和沸点的关系

图 1 表明，从物理学的观点来看，可以根据能否在室温或中等室外温度（20至25℃）下沸腾，而将熏蒸剂分成两大

类。如可将溴甲烷等低沸点熏蒸剂归之于气体型熏蒸剂。这类熏蒸剂是装在能够承受气体在室内外可能碰到的温度下所产生的压力的钢瓶或罐中。

第二大类熏蒸剂是高沸点的，也就是一般所指的在运输和管理过程中呈液态或固态的熏蒸剂。在某些作业中，如粮食和土壤熏蒸，由于这种熏蒸剂在开始时的流动，而使其后来所蒸发的气体能够更好地分布。在作其他应用时，熏蒸人员必需将其分散。液态或固态熏蒸剂缓慢地蒸发，使之在管理上较为安全。

一般所称的固态型熏蒸剂，其中包括某些本身并非熏蒸剂的物质。但在施用以后，经过反应而形成熏蒸剂。如氰化钙粉末，与大气中的水蒸汽反应而产生氢氰酸(HCN)气体。磷化铝片剂和丸剂，也同样是与水蒸汽作用而产生磷化氢的。

也有些熏蒸剂呈结晶或薄片状，经过升华而产生熏蒸气体，如对位二氯化苯和萘。

极限浓度

化学药品在一定空间中能够呈气体状态存在的极限重量，决定于其本身的分子量。这种毋庸置疑属于众所周知的亚佛加德罗假说的事实，有重要的实际意义。要在一定空间蒸发超过可能的熏蒸剂是办不到的。表2所列是常用熏蒸剂在一定空间中可能蒸发的极限量。应当注意，如低沸点的溴甲烷和环氧乙烷等熏蒸剂所能释放的量要比高沸点的萘和对位二氯化苯要多得多。表2所列的数据，当用于比较的目的时，只适用于空间场合。在一定的场合里，熏蒸剂被处理物质的吸附，致使其蒸发量更多。不过，所列数据仍适用于在熏蒸物质周围空间能够存在的量。

表 2 不同熏蒸剂在不同温度下的熏蒸空间能够存在的最高蒸气重量¹

熏 蒸 剂	在所示温度下的最大重量 (克/米 ³)									
	0 °C (32° F)	5 °C (41° F)	10 °C (50° F)	15 °C (59° F)	20 °C (68° F)	25 °C (77° F)	30 °C (86° F)	35 °C (95° F)		
丙烯腈.....	102.6	129.8	164.4	206.3	252.9	319.1	397.8	482.4		
二硫化碳.....	568.1	701.1	843.7	1010.9	1297.2	1430.8	1740.9	2096.3		
四氯化碳.....	288.5	363.0	460.9	572.6	730.9	916.8	1145.4	1398.5		
氯化苦.....	57.8	79.5	108.7	139.5	179.5	220.6	277.8	358.7		
敌敌畏.....	0.02	0.03	0.50	0.08	0.13	0.21	0.32	0.48		
二溴乙烷.....	38.5	54.1	63.7	83.5	112.8	141.2	173.6	214.7		
二氯乙烷.....	133.4	173.7	223.7	282.0	350.1	430.3	537.1	668.2		
环氧乙烷.....	1331.5	1606.6	1854.5	1862.4	1830.4	1800.0	1771.2	1740.8		
氢氟酸.....	418.7	532.0	643.4	751.3	900.4	1072.2	1084.7	1067.7		
溴甲烷.....	3839.3	4152.8	4079.4	4008.6	3940.2	3874.1	3810.1	3748.3		
苯.....	0.15	0.22	0.33	0.43	0.56	0.69	0.95	1.40		
对二氯苯.....	0.69	1.61	2.49	3.18	5.14	7.89	11.64	17.56		
磷化氢.....	1514.4	1487.2	1460.9	1435.5	1411.0	1387.4	1364.5	1342.3		
硫酰氟.....	4546.0	4464.2	4385.3	4309.2	4235.7	4164.6	4095.9	4029.4		
二氧化碳 (用于防止 燃烧爆炸)	1959.8	1924.6	1890.6	1857.8	1826.1	1795.4	1765.8	1737.1		

1. 其数值是由Roark和Nelson (1929) 根据化学式推算而得。

蒸发潜热

除非外加热源持续加热，在蒸发过程中，由于分子逸散所造成的能量损耗，一般要使温度下降。所以说，蒸发的进行是消耗液体本身总的热能。产生每克气体所损失的热量卡数，称为液体的蒸发潜热。

氢氰酸和环氧乙烷的潜热分别为210和319。其在蒸发时所吸收的热量，与潜热分别为61和46的溴甲烷和二溴乙烷相比，要多得多。

潜热系数有重要的实践意义。如氢氰酸、环氧乙烷和溴甲烷等高压熏蒸剂，一般都在一定压力下装于合适的钢瓶和罐中。当其迅速蒸发而向大气中释放时，除非所损失的热量能够回复，否则熏蒸剂的温度将下降到其沸点以下而不再发生气体。同样，当其液体经过金属导管和软管，或者经过橡胶管而形成气体时，由于温度的降低而使熏蒸剂在管路中结冰，结果妨碍熏蒸剂的继续通过。本手册所叙述的许多应用，都提到最好在由容器进入空间时，对熏蒸剂加热。

在常温下呈液态的熏蒸剂，当使用蒸发盘或喷嘴蒸发时，为迅速达到高浓度，需要使用加热板等热源。

扩散和穿透

如上所述，熏蒸剂之所以被利用，是因为它（a）在空着的建筑物中，或者（b）在商品内和箱子里，以及在缝隙中，能够达到可以杀虫的浓度。而其他杀虫剂则对这些地方难以或者完全不能穿透进去。所以，应当研究在熏蒸系统中每个部位影响气体扩散的因素，其中包括研究熏蒸剂气体在