

植 物 检 疫 研 究 报 告

TECHNICAL BULLETIN OF
PLANT QUARANTINE RESEARCH

硫 酰 氟 的 应 用 技 术 研 究

Studies on Applying Techniques of Sulphury Fluoride

农 牧 渔 业 部 植 物 检 疫 实 验 所

Institute of Plant Quarantine
Ministry of Agriculture, Animal Husbandry and Fishery
People's Republic of China

硫 酰 氟 的 应 用 技 术 研 究

徐国淦 陈仲梅 刘瑞祥

蔡 悦 赵明珠 何光超 张英华

(农牧渔业部植物检疫实验所)

王淮洲 高德俊

李广年

(中国医科院卫生研究所)

(中国农科院植保所)

赵 森

丁萝然

(塘沽动植物检疫所)

(北京市园林科研所)

摘

要

植物检疫工作中急需多种多样的熏蒸剂。目前国内熏蒸剂的品种很少,尤其缺乏适于低温条件下使用的熏蒸剂。鉴于硫酰氟沸点很低(-55°C),生产的原料不缺,因此,1975年建议化工部门试制提供样品,并组织有关单位进行硫酰氟的毒性、毒理及应用技术诸方面的研究。本文主要介绍农牧渔业部植检所和有关单位共同协作进行的应用技术方面的研究成果。杀虫效果方面:室内试验得出:对谷斑皮蠹(*Trogoderma granarium*)成虫、幼虫、蛹,温度 $11\sim 14^{\circ}\text{C}$,药量 $10\text{克}/\text{m}^3$,处理 $24\sim 48$ 小时,效果100%;对谷斑皮蠹卵,50克/ m^3 处理48小时,40克/ m^3 处理72小时效果100%;温度 $20\sim 22^{\circ}\text{C}$,40克/ m^3 处理24小时,15克/ m^3 处理48小时也100%死亡;对谷象(*Sitophilus granarius*)、玉米象(*Sitophilus maize*)、绿豆象(*Callosobruchus chinensis*)的卵,温度 20°C ,药量15克/ m^3 处理48小时,效果100%;对胚后期的如黑斑皮蠹(*Trogoderma glabrum*)烟草蚜(*Lasiderma serricornia*)印度谷蛾(*Plodia interpunctella*)幼虫、玉米象、谷蠹(*Oryzaephilus surinamenis*)绿豆象的成虫效果更好。室外粮垛上试验,粮温 $15\sim 16^{\circ}\text{C}$,药量 $50\sim 70\text{克}/\text{m}^3$ 处理24小时,对玉米象和绿豆象各虫态的效果100%。中草药材垛试验,温度 $27\sim 28^{\circ}\text{C}$,药量 $30\text{克}/\text{m}^3$ 处理二天,对黑斑皮蠹幼虫、玉米象各虫态以及锯谷盗成虫效果100%。真空熏蒸,真空度负745~720mmHg温度 $12\sim 20^{\circ}\text{C}$,药量 $70\text{克}/\text{m}^3$,处理3小时对谷象和绿豆象卵的效果方能100%。

对林木种子害虫如柠条豆象(*Kytorrhinus immixtus*)的幼虫和蛹,洋槐种子小蜂(*Bruchophagus ononis*)和紫穗槐象虫(*Acanthoscolides* sp.)的幼虫,室内试验,温度 $17.5\sim 19^{\circ}\text{C}$,药量 $25\sim 45\text{克}/\text{m}^3$,处理24小时效果100%。林木蛀干性害虫,在活树上试验,用塑料布密闭生长着的白腊树和银杏树的树干上小褐木蠹蛾(*Holcocerus* sp.)幼虫危害部位,温度 20°C ,药量 $30\sim 40\text{克}/\text{m}^3$,处理48小时,40~50克/ m^3 ,处理24小时,效果90~100%。同样方法用塑料布密闭第一分杈以下的古松树干,温度 $20\sim 25^{\circ}\text{C}$,药量 $30\text{克}/\text{m}^3$,处理2天,对小蠹虫类(Bark beetles)成虫、天牛类(Sawyers)成虫、幼虫、蛹和吉丁虫类幼虫效果100%。

经硫酰氟熏蒸处理的白腊树、银杏树以及松树等无不良影响。处理冬修枝干及汰伐的木材内越冬的小褐木蠹蛾 (*Holcocerus* sp.) 幼虫和光肩星天牛 (*Anoplodera glabripennis*)、双条杉天牛 (*Semanosus bifasciatus*) 的幼虫的效果, 温度 27°C , $15\text{克}/\text{m}^3$, 处理2天, 温度 21°C , $30\text{克}/\text{m}^3$ 处理2天, 温度 $0\sim 12^{\circ}\text{C}$, $30\text{克}/\text{m}^3$ 处理3天效果100%。另外在低温下, 温度 $-4\sim 10^{\circ}\text{C}$, $60\text{克}/\text{m}^3$ 处理5天, 温度 $-2\sim -6^{\circ}\text{C}$, $60\text{克}/\text{m}^3$ 处理10天, 亦同样取得100%的效果。处理东北红松、落叶松原木所携带的小蠹虫类成虫、幼虫、蛹和天牛类幼虫、蛹, 温度 21°C , $20\sim 30\text{克}/\text{m}^3$, 处理二天效果100%。

熏蒸粮食残留量测定结果: $20\sim 70\text{克}/\text{m}^3$ 熏蒸3天, 小麦中氟残留量为 $0.55\sim 1.48\text{ppm}$, 水稻为 $0.29\sim 2.48\text{ppm}$, 玉米为 $0.09\sim 1.51\text{ppm}$ 熏蒸粉类粮食残留量高。硫酰氟熏蒸粮、棉、油、蔬菜以及林木种子, 对发芽安全。粮食在熏蒸期间对硫酰氟的吸附量, 以大豆和玉米为例分别只有溴甲烷吸附量的36%、20.3%。另外硫酰氟有灭菌作用, 对稻种上的白叶枯菌 (*Xanthomonas oryzae*), 硫酰氟 $70\text{克}/\text{m}^3$ 处理48小时, 效果 $12.1\sim 75.8\%$, 环氧乙烷 $20\text{克}/\text{m}^3$ 处理48小时, 效果 $38.5\sim 83.5\%$ 。硫酰氟 $70\text{克}/\text{m}^3$ 加入环氧乙烷 $10\sim 15\text{克}/\text{m}^3$ 效果可提高到 $94.3\sim 98.4\%$ 。对活棉子上的棉花枯萎菌 (*Fusarium oxysporium*) 硫酰氟 $500\text{克}/\text{m}^3$ 处理48小时效果77.7%, 硫酰氟 $300\text{克}/\text{m}^3$ 和环氧乙烷 $20\text{克}/\text{m}^3$ 混用, 处理48小时, 效果96.3%。

鉴于国内熏蒸剂品种很少, 数量不足, 检疫工作中常用的熏蒸剂——溴甲烷, 国内原料缺, 特别是缺少适于低温下使用的熏蒸剂。硫酰氟这类熏蒸剂沸点很低 (-55°C), 适于较低温下使用, 国内原料不缺。1975年在我们建议下, 石油化工研究所试制成功。1976年612厂提供了样品, 由中国农科院植保所和塘沽动植物检疫所进行杀虫和对作物种子发芽影响方面的研究, 获得初步结果, 并由中国医科院卫生研究所进行毒理方面研究, 初步明确了对小白鼠致死浓度等。1977年10月11日~14日由中国农科院植物所牵头组织各部门间协作, 在北京召开了第一次协作碰头会, 1977年化工部将硫酰氟的研究任务下达给浙江化工研究所, 现已开始筹建车间生产。1978年农业部植物检疫实验所恢复, 原植物保护研究所负责该项的工作人员调到植检所后, 继续承担该项目的研究任务, 并由农业部植检所牵头, 分别在1979年5月及1981年6月在北京召开协作座谈会。近两年来在毒理研究方面: 中国医科院卫生研究所对硫酰氟在空气中的测定方法, 吸入毒性及其中毒实验治疗等进行了研究, 初步阐明了它的毒性和毒理作用特点, 证实苯巴比妥纳等四种药物具有良好的实验疗效, 为硫酰氟中毒的防治提供了依据。应用技术研究方面: 参加协作单位由开始的三个单位, 增加到以后的30多个。浙江化工研究所试验, 对家白蚁 $30\text{克}/\text{m}^3$, 24小时效果100%。广东昆虫研究所, 浙江衢县科委及县白蚁防治站试验, 对土栖白蚁根据不同种类, 施用得当时, 效果也很好。文史档案部门试验证明, 硫酰氟对不同纸张的强度、耐折度、字迹以及档案的附属金属物都无不良影响。对棉布、软缎、聚乙烯塑料膜等品质也未见不良影响。兹将农牧渔业部植物检疫实验所和有关单位协作进行的杀虫、灭菌以及对作物种子的影响、残留量测定等方面的试验结果整理如下:

I、虫害方面

为了找出硫酰氟的有效杀虫范围, 从高剂量较长时间熏蒸向低剂量较短时间熏蒸进行过渡试验, 供试的害虫有谷斑皮蠹、谷象、黑斑皮蠹、花斑皮蠹、印度谷蛾、锈扁谷盗、谷

蠹、赤拟谷盗、烟草蚜、绿豆象、玉米象等，蛀干性害虫的小褐木蠹蛾、光肩星天牛、星天牛、双条杉天牛、吉丁虫、小蠹虫类等。此外，落叶松种子小蜂、洋槐种子小蜂、紫穗槐豆象也进行了初步试验，试验方式采用常压熏蒸及真空熏蒸两种，兹分别叙述如下：

一、仓 库 害 虫

(一) 常压熏蒸：

1、室内试验：

(1) 试验材料：

1) 试验在20升细口玻璃瓶内进行，在空瓶情况下或每瓶放入10公斤小麦作填充料，每次试验结束后，另换填充料进行下次试验。

2) 虫样：虫样均为人工饲养的，有谷斑皮蠹、谷象、绿豆象、玉米象各虫态；黑皮蠹、花斑皮蠹、印度谷蛾之幼虫；锈扁谷盗和谷蠹之成虫；赤拟谷盗和烟草蚜成虫及幼虫。

(2) 试验方法：

1) 试验装置：玻璃瓶口用橡皮塞塞紧，橡皮塞上通有两支细玻璃管，其上端各装一条乳胶管，一条用于施药，另一条用于瓦斯检定器测定毒气浓度，橡皮塞底部悬挂温度计测温。

2) 施药方法：采用①减压阀，②流量计控制剂量，③注射器注射方法，④氢气球称量方法等。试验过程中摸索认为氢气球称量方法施药，进药量准确可靠，简便易行。

3) 虫样管：采用①供试虫样连同饲料放入直径2cm长13cm两端开口的玻璃管内，管内两端用棉花塞紧，再用细绢纱或纱布包扎管口，再用胶布粘固管壁上。②聚乙烯透明塑料管一端用细铜纱焊封，将试虫及饲料放入管内后，另一端用棉塞封紧。③试虫样及饲料放入小纱布袋内。④谷斑皮蠹的卵系采用小广口瓶内放诱卵的布卷3—5个，接种雌雄成虫均20头，瓶口用铜纱封严。取二天内的卵，连同小广口瓶放入大玻璃熏蒸瓶内施药。

4) 幼虫、蛹和卵的死亡率统计方法：供试可直观的幼虫、蛹的虫样，当熏蒸结束即取出进行第一次检查，以后放于适温、湿条件下，继续观察并逐日检查至虫体无复苏现象为止。玉米象、绿豆象的卵、幼虫及蛹均在寄主内不能直观，待试验结束后，取出虫样置于温度25℃，湿度约70%的条件下，直至同样数量的对照成虫羽化结束为止作为基数，检查各有关处理羽化出的成虫数，相互对比计算效果。谷斑皮蠹卵待试验结束后即取出放在32℃下培养，当对照幼虫孵化结束时一次检查各处理的效果（约一个多星期）。

(3) 试验结果：

从表一结果可看出，在温度11~14℃15克/m³药量，空瓶内试验对谷斑皮蠹幼虫、蛹和成虫的效果均100%；温度20~27℃瓶中放50%小麦作填充料，10克/m³药量处理12小时，对黑斑皮蠹、印度谷蛾幼虫、玉米象、谷蠹、绿豆象成虫以及烟草蚜成虫和幼虫的效果均100%。

从表二结果来看，硫酰氟对耐药性较强的谷斑皮蠹卵（卵期1~2天），在温度11~13℃空瓶中处理24小时，药量从15克/m³到50克/m³，随药量的增加效果也相应增加，最高死亡率仅62.5%。若温度20~22℃、40克/m³，处理24小时可100%杀死；药量15克/m³，处理48小时亦可100%死亡。温度11~14℃、40克/m³，处理72小时亦可100%杀死卵。

从表三硫酰氟熏蒸处理谷象、玉米象及绿豆象卵的效果来看，处理48小时，温度20℃、用药量15克/m³杀卵效果均达100%。

综合上述三个表的试验结果可得出，硫酰氟对各类害虫胚后期各虫态的效果较快，用药

表一 硫酰氟熏蒸处理谷斑皮蠹等七种胚后发育阶段的仓虫效果

1981

试虫名称	谷 斑 皮 蠹				黑斑皮蠹		印度谷蛾		玉 米 象		谷 蠹		绿豆象		烟草蚜	
	幼 虫		蛹		成 虫		幼 虫		成 虫		成 虫		成 虫		幼 虫	
试虫虫态	试 虫 数 (头)		死 亡 率 %		试 虫 数 (头)		死 亡 率 %		试 虫 数 (头)		死 亡 率 %		试 虫 数 (头)		死 亡 率 %	
	施 药 量	处 理 时 间	试 虫 数 (头)	死 亡 率 %	试 虫 数 (头)	死 亡 率 %	试 虫 数 (头)	死 亡 率 %	试 虫 数 (头)	死 亡 率 %	试 虫 数 (头)	死 亡 率 %	试 虫 数 (头)	死 亡 率 %	试 虫 数 (头)	死 亡 率 %
10 克/m ³		12 小时	20	100	—	—	15	100	10	100	45	100	20	100	40	100
		24 小时	20	100	10	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		48 小时	50	100	10	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15 克/m ³		24 小时	20	100	10	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		48 小时	50	100	10	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		对 照	50	0	10	0	5	0	10	0	35	0	20	0	25	0
备 注	处理温度11~14℃空瓶								处理温度20~27℃ 瓶内加50%小麦充料							

表二 硫酰氟熏蒸处理24—48小时对谷斑皮蠹卵的效果表

1981—1982

类 果 别 药量 (克/m ³)	处 理 24 小 时				处 理 48 小 时				备 注
	温 度 (℃)	供 试 卵 数	孵 化 幼 虫 数	卵 死 亡 率 %	温 度 (℃)	供 试 卵 数	孵 化 幼 虫 数	卵 死 亡 率 %	
15	11~13	30	27	9.0	11~14	—	—	—	
	20~22	57	43	24.5	20~22	29	0	100.0	
25	11~13	22	16	27.5	—	—	—	—	
	—	—	—	—	—	—	—	—	
30	11~13	24	13	45.8	11~14	12	2	83.3	
	20~22	25	21	89.2	20~22	21	0	100.0	
40	11~13	15	6	60.0	11~14	—	—	—	
	20~22	51	0	100.0	20~22	79	0	100.0	
50	11~13	16	6	62.5	11~14	5	0	100.0	
	—	—	—	—	—	—	—	—	
对 照	11~13	37	37	0.0	20~22	35	24	31.4	

注：11~14℃、40克/m³处理72小时供试15粒卵100%死亡。

表三 硫酰氟熏蒸处理谷象、玉米象及绿豆象卵的效果表

1980—1981

施 药 浓 度 (克/m ³)	处 理 时 间 (时)	谷 象			玉 米 象			绿 豆 象		
		供 试 有 卵 重 (克)	羽 虫 化 成 数 (头)	死 亡 率 (%)	供 试 有 卵 重 (克)	羽 虫 化 成 数 (头)	死 亡 率 (%)	供 试 有 卵 重 (克)	羽 虫 化 成 数 (头)	死 亡 率 (%)
5	48	10	30	79	10	8	60	10	1	98
10	48	10	14	90	10	4	80	10	0	100
15	48	10	0	100	10	0	100	10	0	100
30	48	10	0	100	10	0	100	10	0	100
45	48	10	0	100	10	0	100	10	0	100
对 照		10	144		10	20		10	40	

注：试验均在空瓶内进行，温度20℃。

表四 硫酰氟处理主要仓虫在温度80°F、22.5升熏蒸容器内密闭16小时的毒性表

害虫种类	虫态	Lc50±95% 基准限 (盎司/千呎 ³)	Lc95±95% 基准限 (盎司/千呎 ³)	害虫种类	虫态	Lc50±95% 基准限 (盎司/千呎 ³)	Lc95±95% 基准限 (盎司/千呎 ³)
赤拟谷盗	成虫	3.14±0.45	3.45±0.46	大黑拟步蚋	成虫	18.9±0.43	2.31±0.44
	卵	42.7±93.4	70.3±93.8		幼虫	2.17±1.08	2.22±1.07
谷象	成虫	0.63±0.25	0.01±0.23	美洲蚌蠊	成虫	0.46±0.27	0.59±0.27
	蛹	0.76±0.46	0.86±0.46		卵	19.41±9.86	25.8±9.93
	幼虫	0.36±0.33	0.86±0.33	德国蚌蠊	成虫	0.77±1	1.16±1
	卵	24.9±43	49.6±44		成虫	0.74±0.45	1.32±0.47
	成虫	0.19±0.72	0.65±0.65	麦蛾	幼虫	0.82±0.39	1.50±0.4
谷长蠹	蛹	0.60±0.47	1.31±0.47		卵	4.81±2.85	5.44±3.0
	卵	8.45±6.38	13.7±6.16		成虫	1.35±0.89	2.14±0.86
锯谷盗	成虫	0.78±0.31	0.87±0.31	地中海粉螟	幼虫	1.1±0.21	2.6±2.12
	幼虫	2.08±0.63	2.39±0.63		成虫	0.54±0.33	0.96±0.33
黑皮蠹	卵	42.3±95.3	75.8±95.1		蛹	0.96±0.41	1.31±0.43
	成虫	0.71±0.21	0.94±0.24				

量也很低。但是对卵态的用药量则需要成倍增加，熏蒸时间也得相应延长，其中谷斑皮蠹卵表现尤其明显。从国外有关硫酰氟熏蒸处理主要仓虫各虫态致死中浓度资料(如表四所示)，总的情况是同我们的熏蒸结果相符。在较短时间的熏蒸条件下更是表现对胚后期的害虫致死药量低，而对卵期的致死量相当高。

2、仓虫中间试验：

(1) 实验方法：室内试验获得初步结果后，同塘沽动植检所、塘沽外运熏蒸队，1981年7月在塘沽港新加坡籍原城号(KOTA SEJATI)轮的苏丹皮棉上携带的谷斑皮蠹进行熏蒸处理，试验了一个仓，仓容2248.5m³棉花满载，用药134公斤(60克/m³)每隔24小时取出谷斑皮蠹、玉米象、绿豆象、赤拟谷盗虫样，对含卵的虫样在室温下存放6个月，观察有无幼虫孵出。

另外，同塘沽动植检所、外贸塘沽粮油贮炼厂协作在粮垛内进行处理一般主要仓虫的中间试验，供试的粮食为麻袋装的小麦和玉米，每垛约50吨，用塑料布复盖，周围用砂泥压紧，每立方米用药50克，粮温15~16℃，供试虫样有花斑皮蠹幼虫、玉米象成虫、卵、绿豆象成虫、卵以及赤拟谷盗成虫。分上、中、下三层分别放在粮袋内，定期取出虫样观察。同样1981年和塘沽动植检所、天津市药材公司北菜园仓库在120m³的药材垛内进行杀虫效果试验。

(2) 试验结果：从表五结果可看出，粮温15~16℃，每立方米50~70克药量，处理24小

表五 硫酰氟熏蒸杀虫效果中间试验表

1981

熏蒸坊所	处理天数	供试物品	熏蒸体积 (m ³)	药量 (克/m ³)	温度 (℃)	各试虫态及死亡率								备注	
						谷斑皮蠹		黑斑皮蠹 红带皮蠹	花斑皮蠹	玉米象	锯谷盗	赤拟谷盗			绿豆象
						幼虫、蛹	卵					成虫、蛹	成虫、幼虫、蛹		
大船	1	苏丹皮棉	2248.5	60	26~27	100.0	末见幼虫孵化	—	—	—	100.0	末见幼虫孵化	—	仓内	
	1	玉米	75.0 (582袋)	50	15~16	—	—	—	100.0	100.0	—	—	100.0	库外	
		小麦	84.75 (592袋)	70	15~16	—	—	—	100.0	100.0	—	—	100.0	库内	
药垛	2	南里香元片 木瓜	120.0	30	26~27	—	—	100.0	—	100.0	100.0	—	—	库内	

时,对花斑皮蠹幼虫、玉米象、绿豆象成虫、卵、幼虫、蛹以及赤拟谷盗成虫的效果均100%。大船熏蒸棉花每立方米60克药,温度26~27℃,对谷斑皮蠹幼虫、蛹,赤拟谷盗成虫、幼虫、蛹均100%死亡,供试带卵的饲料半年后未见有幼虫孵化。同样,温度26~27℃、0克/m³药处理中草药材内的害虫,如黑斑皮蠹、红带皮蠹幼虫及玉米象各虫态,锯谷盗成虫等熏蒸二天效果100%。

(二) 真空熏蒸:

硫酰氟在真空条件下处理害虫的效果,未见有报导。1981年我们在ZX—350真空熏蒸机上,对谷象、绿豆象成虫和卵,以及花斑皮蠹幼虫进行试验,其真空机容积为0.35m³,内置小麦50斤作填充料,试虫放在虫样管内埋于小麦填充料中。熏蒸处理后将虫样取出,成虫、幼虫立即观察记载死活情况,然后放在适温(25℃)适湿(70%)条件下进行复苏观察24小时。卵放在恒温恒湿箱内适温培养一个多月,直到对照组成虫羽化结束时为止。其结果如表六。

从表六结果看出:温度12~20℃条件下施药浓度40克/m³,处理2小时花斑皮蠹幼虫全部死亡。40克/m³浓度处理3小时对谷象的成虫、卵及绿豆象成虫效果100%,而对绿豆象卵的效果为98.9%;药量增加到70克/m³,处理时间同样为3小时,结果绿豆象的卵100%死亡。

二 林木蛀干性害虫

与北京市园林研究所、河北省承德避暑山莊园林管理处及避暑山莊园林队协作进行了以下试验:

(一) 试验材料、试验方法和效果:

1. 活树上熏蒸处理蛀干性害虫:

(1) 试验方法:供试的树种和害虫有白腊树、银杏树等,(侵害主干的害虫为木蠹蛾幼虫);200年或20年以上的松树,(侵害主干的为小蠹类、天牛类等),选受害严重的有蛀孔的部位,先将虫粪清除,然后用0.1mm厚塑料布围住树干,接头部位折叠几层至贴紧树干。塑料布上下两端再用结实的细绳捆扎严紧并用泥封严,防止漏毒。按塑料布捆扎处的长短及树干粗细计算体积,施药量,用100cc注射器由塑料布上的进气垫(小胶皮垫粘于塑料布上)注射进药。松树上的熏蒸试验,针对这类害虫多集中在主干为害的特点,用两层塑料薄膜将主干(第一分枝以下的树干)围住,其接口处折叠几次,用毛边纸、牛皮纸、化学胶将接口密封。塑料薄膜上端用毛边纸和化学胶做成腻子填紧再粘一层毛边纸、牛皮纸,下端一般直接埋于树干基部的土中。塑料薄膜内事先通入一条胶管,管口的一端留在薄膜外留作进药用。同样,按薄膜捆扎处和树基埋土处的长短及树干的粗细计算体积施药量,从进药胶管将一定量的硫酰氟施入,而后拍打薄膜使药均匀分布。熏蒸期间用瓦斯检定器测定毒气的有效浓度变化情况。

(2) 试验结果:活树熏蒸处理后的效果检查方法:对木蠹蛾幼虫系以熏蒸处理后10天之内,蛀孔处是否继续排出新虫粪为虫体死活标准。对古松上小蠹虫类、天牛类害虫,系剥掉部分树皮检查效果,再经一冬一春观察树体的反应情况。

从表七处理效果来看,银杏用药40克/m³处理一天,木蠹蛾幼虫死亡即达100%,而白腊树用药50克/m³处理一天死亡率为90.9%;40克/m³处理二天死亡率95.4%。分析其原因,主要是不同树种之树皮粗细程度差异较大,影响密闭程度,因而表现出效果不稳定。熏蒸后对供试的白腊树及银杏树又进行了落叶期及春季发芽期的物候观察,同未经熏蒸的树体完全一致,生长正常。

表六 ZX—350真空熏蒸机内硫酰氟杀虫效果表

真空度及处理温度		745~730mmHg 12℃~20℃		745~720mmHg 12℃~20℃		750~730mmHg 12℃~20℃		对 照		
处理浓度及时间		40克/m ³ .2小时		40克/m ³ .3小时		70克/m ³ .3小时		试 虫 数	寄 主 内 羽 数	死 亡 率 %
供 试 虫	效 果	试 虫 数	死亡率%	试 虫 数	死亡率%	试 虫 数	死亡率%			
谷 象	成 虫	30	90	30	100	—	—	30	—	0
	卵	10(克)	98.6	10(克)	100	10(克)	100	10(克)	75	—
绿 豆 象	成 虫	30	77	30	100	—	—	30	—	0
	卵	7(克)	81.1	7(克)	98.9	7(克)	100	7(克)	197	—
花 斑 皮 蠹	幼 虫	30	100	30	100	—	—	30	—	0

注：试卵量系带卵寄主的重量(克)。

表七 硫酰氟熏蒸活树内蛀干害虫（木蠹虫）效果表

1980.7.

树 种	直 径 cm	熏蒸体积m ³	药 量 g/m ³	处理天数	平均温度 ℃	虫 孔 排 粪 情 况			死亡率% 尸体反应	备 注
						总数(个)	排粪孔	不排粪(个)		
白 腊	13	0.00145	40	2	20	22	1	21	95.4	处理后伐树剖查
白 腊	14	0.00188	30	2	20	26	1	25	96.2	
白 腊	21	0.0329	50	1	20	11	1	10	90.9	
银 杏	10	0.012	40	1	20	15	0	15	100.0	
对照白腊	17	—	—	—	20	11	11	0	0	

表八 硫酰氟熏蒸松树内小蠹类、天牛类害虫效果表

1981.9. 气温18~25℃

松树类别	药量 (g/m ³)	熏蒸体积			虫类效果						备 注		
		干高 (m)	直径 (cm)	体 积 (m ³)	小 蠹 类		天 牛 类		果 类				
					成虫(头)	死亡%	成虫(头)	死亡%	幼虫(头)	死亡%		蛹(头)	死亡%
200年以上 枯死松	30	3	70	1.15	17	100.0	2	100.0	26	100.0	2	100.0	用作杀虫效果试验
200年以上 未死松	30	8	62	2.414	41	100.0	—	—	—	—	—	—	熏前因虫为害严重， 尸体继续枯黄
20年以上 初受害松	30	4	30		熏蒸后未见有害虫排出新虫粪现象							尸体已抽新梢，发 出新叶	

注：200年以上枯死松内尚有吉丁虫幼虫2头处理后亦死。

表九 硫酰氟熏蒸修剪及砍伐树木内的蛀干性害虫试验结果表

1980—1981

处 理 日 期	场 所	温 度 (℃)	容 积 (m ³)	药 量 (g/m ³)	时 间 (天)	树 种	木 蠹 蛾				双条杉天牛				光 肩 星 天 牛				
							幼 虫		蛹		幼 虫		蛹		幼 虫		蛹		
							数 量 (头)	死 亡 %	数 量 (头)	死 亡 %	数 量 (头)	死 亡 %	数 量 (头)	死 亡 %	数 量 (头)	死 亡 %	数 量 (头)	死 亡 %	
1980. 6—7	室 内	30°	0.12 0.12 0.12	20 30 50	2	白 腊 和 柳 树	72 86 13	100.0 100.0 100.0	— — —	14 — 71	86.0 — 100.0	22 — —	100.0 — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —
1981.9	龙 潭 公 园	27° 20°	21 7	15 40	2 3	白 腊 柳 木	12 380	100.0 100.0	— —	— —	— —	— 300	— 100.0	— —	— —	— —	— —	— —	— —
1981.5	景山公园	0~12°	46	30	3	柳 木	—	—	—	—	—	—	—	13	100.0	—	—	—	—
1980.12	北京市 林研所	-4~0°	0.054	60	5	白 腊	4	100.0	—	—	—	—	—	11	100.0	—	—	—	—
1981.1	地 坛	-2~ -6°	6	60	10	柳松柏等	137	100.0	—	—	—	3	全死	68	100.0	—	—	—	—
	地坛*	-14~ -20°	60	50	3	柳 树	—	—	—	—	—	—	—	13	15.38	—	—	—	—
				54	40	3	柳 树	—	—	—	—	—	—	—	8	12.5	—	—	—
对 照	各处理的对照情况同上						176	0.0				36	0.0	51	0.0				

注：*试验在第三天检查效果后因大风将熏蒸帐幕刮破，漏气严重，试验中断。

表十 硫酰氟熏蒸落叶松、红松原木内蛀干害虫试验结果表

处理日期	温 度 (℃)	时 间 (天)	体 积 (m ³)	药 量 (g/m ³)	原木种类	剖 查 面 积 (m ²)	小 蠹 虫 类						天 牛 类	
							成 虫		幼 虫	虫	蛹		幼 虫	天 牛 类
							数量(头)	死亡(%)			数量(头)	死亡(%)		
1981年 9月 15~17日	20~22	2	120	20	红松落叶松	0.4	21	100.0	15	100.0	15	100.0	5	100.0
			130	30	红松落叶松	0.288	77	100.0					1	死亡

注：原木来自东北林区

注：原木来自东北林区。

表十一 硫酰氟处理林木种子害虫效果表

药 量 (克/m ³)	处理时间 (小时)	温 度 (℃)	柠 条 豆 象			洋槐种子小蜂			紫穗槐豆象		
			幼	虫	蛹	幼	虫	死亡率%	幼	虫	死亡率%
25	24	17.5~19℃	22	100	13	100	32	100	30	100	
35	24	17.5~19℃	25	100	—	—	33	100	35	100	
45	24	17.5~19℃	8	100	30	100	33	100	30	100	
对 照		17.5~19℃	17	28.6	11.0	18.1	15	40.0	15	0.0	

从表八可见,药量 $30\text{g}/\text{m}^3$ 、气温 $18-25^\circ\text{C}$,对小蠹类成虫、天牛类成虫、幼虫、蛹以及吉丁虫幼虫效果均100%;对一棵受害严重濒于死亡的古松经七个月后(1982年5月19日)检查,韧皮部虫蛀隧道纵横密布,切断了养分、水分的输送,虽然害虫已死,但针叶仍逐渐变黄,难于挽救。从20年以上的松树反应来看,硫酰氟处理前,因受天牛为害曾用久效灵内吸剂防治,但杀虫效果不佳,针叶已开始变黄。经硫酰氟处理后未见有新虫粪排出,证明天牛已死,次年观察已抽出新梢、新叶,证明硫酰氟处理树干后松树生长无不良影响。1982年在天坛公园同样方法熏蒸了10棵十多年树龄的松树,也无不良影响。

2. 帐幕熏蒸处理原木及冬季修剪的枝干内蛀干性害虫:

据1981~1982年调查,从东北林区调运承德避暑山庄的落叶松、红松等原木,带有大量蛀干性害虫。按随机取样,用刀剥开树皮,统计每平方厘米内的虫数,并统计每立方米木材的根数,计算每立方米木材的总表面面积,再计算每立方米木材带虫量计:落叶松木 53.8m^3 平均有小蠹类害虫 $153.3\text{头}/\text{m}^2$ 、天牛类害虫 $133.5\text{头}/\text{m}^2$;调查红松原木 $73.4/\text{m}^2$ 平均有小蠹类害虫 $267.4\text{头}/\text{m}^2$ 、天牛类害虫 $3.5\text{头}/\text{m}^2$ 。若按每根原木的 $1/2$ 为无虫段来计算,平均每 m^3 原木落叶松有小蠹类害虫876头;天牛类害虫290.5头、红松有小蠹类害虫1269头,天牛类害虫16.5头。数量之多足惊人的,这些害虫变成虫转移到当地树上是很大的威胁。另外,庭园内的被害树枝及砍伐的受害树也往往是来年春天的主要虫源之一,因此,研究利用硫酰氟帐幕处理这些虫源木材是有意义的。

(1) 试验方法:采用 0.15mm 聚氯乙烯帐幕复盖熏蒸木材,为避免枝叉刺破塑料帐幕可用废纸、草席等垫好,而后在木材堆的四周开一浅沟,将帐幕边用土埋严于沟内,为增加气密,若埋土过干时可用水浇湿压盖的土。硫酰氟进药时用乳胶管通入塑料布内,按木堆的大小可分三处、四处分散毒气以保证进气均匀。熏蒸期间用瓦斯检定器定时测定毒气浓度掌握浓度的变化情况。熏蒸结束散气1小时后分点随机取样,剖查或剥除树皮检查效果。

(2) 试验结果:将硫酰氟帐幕熏蒸林木蛀干性害虫,室外试验结果整理成表九《硫酰氟熏蒸修剪及砍伐树木内的蛀干性害虫试验结果表》及表十《硫酰氟熏蒸东北林区原木落叶松、红松内蛀干害虫试验结果表》。从表九结果可见,硫酰氟对木蠹蛾、双条杉天牛、光肩星天牛效果很好,即使在低温条件下如:温度 $0\sim 12^\circ\text{C}$, $30\text{克}/\text{m}^3$ 处理3天对光肩星天牛幼虫; $0\sim -2^\circ\text{C}$ 、 $60\text{克}/\text{m}^3$ 处理5天,对木蠹蛾和光肩星天牛幼虫; $-2\sim -6^\circ\text{C}$ 、 $60\text{克}/\text{m}^3$ 处理10天对木蠹蛾、双条杉天牛及光肩星天牛幼虫效果均100%。温度低到 $-14\sim -20^\circ\text{C}$ 、 $40\sim 50/\text{m}^3$ 处理3天也表现对光肩星天牛有 $12.5\sim 15.38\%$ 的效果。从表十结果可见,硫酰氟熏蒸原木红松、落叶松内天牛类幼虫、小蠹虫类成虫、幼虫和蛹,在温度 $20\sim 22^\circ\text{C}$ 、 $20\sim 30\text{克}/\text{m}^3$ 熏蒸2天效果100%。

三 林木种子害虫

该项试验是在1982年4月与林业部北方森林检疫所高步衡同志来我所协作进行。供试的林木种子害虫洋槐种子小蜂及紫穗槐豆象等三种害虫的越冬幼虫。试验在室内进行,其装置、方法全同于仓库害虫试验部分(略简)。施药方法采用硫酰氟称量的方法(以球胆为载体)直接称取所需药量后,施入试验瓶内,试验结果见表十一。

从表十一结果来看,硫酰氟熏蒸处理林木种子害虫,也有良好效果,对柠条豆象幼虫、蛹及洋槐种子小蜂、紫穗槐豆象幼虫,温度 $17.5\sim 19^\circ\text{C}$,药量 $25\sim 45\text{克}/\text{m}^3$,处理24小时,效果均100%。

II. 病害方面

曾与南京农学院进行水稻白叶枯菌的效果测定，与湖南农学院进行柑桔根结线虫的效果测定，结果如下：

(一) 对水稻白叶枯菌的测试结果

共进行硫酰氟每立方米50、60、70克及每立方米50、60、70克分别和环氧乙烷每立方米15克混合使用，熏蒸72小时，对水稻白叶枯菌的噬菌体的影响，硫酰氟每立方米50、60、70克或硫酰氟每立方米50、60、70克分别和环氧乙烷每立方米8克或15克混合使用，对人工接种水稻白叶枯菌(OS—14)或自然带病稻种上的白叶枯菌，熏蒸48小时或72小时的效果，另外测试药剂熏蒸对水稻发芽的影响。

1. 试验方法：

试验均在2万cc的玻璃熏蒸瓶内进行，其试验装置完全和虫害熏蒸试验相同。

(1) 对噬菌体影响的测试方法：将剪碎的稻壳(约0.1厘米)经高压灭菌后浸泡于已培养三天的白叶枯菌(os—14, 10^6 /cc)及噬菌体(op—3, 10^2 /cc)混合的0.1%蛋白胨液中，经一小时的浸渍，取出放在已经灭菌的纱布袋中用吹风机吹干。然后经熏蒸处理，熏蒸结束后散毒取样1克加4.5毫升0.1%蛋白胨液，再分别取出0.1、0.5及1毫升各置于3个培养皿中，再加10毫升45℃的牛肉汁培养基凝成平板放在28℃恒温箱中，8—12小时后观察噬菌斑生长情况。见表十二。

(2) 对水稻白叶枯菌的效果测试方法：

①人工接菌的效果测定方法：将剪碎的稻壳(约0.1厘米)经高压灭菌后浸泡于已经培养三天的白叶枯菌(os—14) 0.1%蛋白胨悬浮液中，经一小时后取出，放在已灭菌过的纱布袋中用吹风机吹干，然后进行熏蒸处理，熏蒸结束后散毒取2克样品，加入45毫升0.1%蛋白胨水浸泡一小时，再从中取出1毫升另加4.5毫升0.1%蛋白胨水，又分别取出0.1、0.5及1毫升分别置于3个培养皿中，分别加入10毫升45℃牛肉汁培养基凝成平板，放在28℃恒温箱中，24小时后观察白叶枯菌的生长情况。见表十三。

②自然带菌的效果测试方法：将采集的病种(感病的南京11)包在纱布袋中，熏蒸后散毒随机取样脱壳，用已经灭菌的剪刀将稻壳剪碎(约0.1厘米)称6克放在灭菌的研钵中，加20毫升牛肉汁稍加搅拌，放在3~5℃冰箱中浸泡30分钟然后挤出浸出液，用灭菌滤纸过滤(滤液约7毫升)，将滤液用44转/分钟进行离心沉淀，将上清液用灭菌吸管吸出，留1毫升浓缩液，搅匀取0.5毫升，加噬菌体 op—3 (浓度为 10^6 /毫升) 0.5毫升，在30℃水浴锅中振荡10分钟，使稻壳中的病原细菌和噬菌体充分悬浮在水中，再加1:120倍抗血清1毫升，继续在30℃水浴中振荡5分钟，使抗血清中含游离的噬菌体再加9毫升牛肉汁稀释，充分搅匀取样10皿(每皿1毫升)，最后在皿中加培养3天的OS—14指示菌1.5毫升(浓度为 10^9 /毫升)混合搅匀，加45℃牛肉汁培养基凝成平板，放在28℃恒温箱中，8—12小时后检查噬菌斑数。见表十四。

2. 试验结果：分别将试验结果列表如下：

表十二 硫酰氟及其同环氧乙烷混用下处理水稻白叶枯噬菌体效果

处 理 时 间	药 量 重 复 次 数	硫酰氟(克/m ³)			硫酰氟(S)-环氧乙烷(C)(克/m ³)			对 照
		50	60	70	S ₅₀ + C ₁₅	S ₆₀ + C ₁₅	S ₇₀ + C ₁₅	
72 小时	3	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

注：+表示琼胶板上噬菌斑生长密度。

从表十二结果来看硫酰氟每立方米50—70克或分别和环氧乙烷每立方米15克混用熏蒸72小时对噬菌体均无影响。

从表十三结果来看硫酰氟每立方米50—70克熏蒸72小时，对人工接种的白叶枯菌无效，而硫酰氟60—70克/立方米加环氧乙烷8克/立方米熏蒸48小时效果竟达100%。又以硫酰氟50克/立方米加环氧乙烷8克/立方米混用熏蒸72小时也得100%效果。

从表十四结果来看对自然带白叶枯菌的水稻种，硫酰氟70克/立方米单独熏蒸48小时效果只50%。硫酰氟70克/立方米加环氧乙烷10克/立方米，或硫酰氟60克/立方米加环氧乙烷15克/立方米混合，熏蒸48小时效果达85%。而单独用环氧乙烷20克/立方米效果只60%。另外，从硫酰氟100—200克/立方米处理48小时或每立方米100克处理72小时，对水稻种子发芽均无影响。硫酰氟和环氧乙烷混用时，硫酰氟70—100克/立方米分别和环氧乙烷10克/立方米混用，处理稻种48小时对种子发芽也无影响，但处理72小时则影响严重。

综上所述，硫酰氟和环氧乙烷混用熏蒸处理48小时，对水稻白叶枯有效，但不彻底，延长熏蒸处理时间到72小时效果可提高，但将会严重损伤水稻发芽率，这些矛盾尚须进一步研究解决。

表十三 硫酰氟及其同环氧乙烷处理水稻白叶枯菌效果

药量 处理时间		硫酰氟(克/m ³)			硫酰氟(S) + 环氧乙烷(C)(克/m ³)			硫酰氟(S) + 环氧乙烷(C)(克/m ³)			对 照
		重 复 次 数			S ₅₀ + C ₈ S ₆₀ + C ₈ S ₇₀ + C ₈			S ₅₀ + C ₁₅ S ₆₀ + C ₁₅ S ₇₀ + C ₁₅			
		50	60	70							
48 (小时)	1	++ ++ ++	++ ++ ++	++ ++ ++	+	-	-	+	极个别	-	++ ++ ++
	2	++ ++ ++	++ ++ ++	++ ++ ++	极个别	-	-	极个别	-	-	++ ++ ++
	3	++ ++ ++	++ ++ ++	++ ++ ++	极个别	-	-	+	-	-	++ ++ ++
72 (小时)	1	++ ++ ++	++ ++ ++	++ ++ ++	-	-	-	-	-	-	++ ++ ++
	2	++ ++ ++	++ ++ ++	++ ++ ++	-	-	-	-	-	-	++ ++ ++
	3	++ ++ ++	++ ++ ++	++ ++ ++	-	-	-	-	-	-	++ ++ ++

表十四 硫酰氟及其同环氧乙烷混用下处理自然水稻白叶枯菌效果表

药 量 杀 菌 率 (%) 处 理 时 间	硫 酰 氟 70克/m ³	硫酰氟(S) + 环氧乙烷(C)(克/m ³)		环 氧 乙 烷 20克/m ³	对 照 噬菌体溶菌功效
		S70 + C10	S60 + C15		
48 (小 时)	12.1~75.8	60.6~94.3	61.7~98.4	38.5~83.5	157~400
平均杀菌率(%)	50	85	85	60	248.3个