

参 考 文 献

- [1] 姚锡禄, 上海轻工业, 2, 6(1981).
 [2] 孟治襄, 材料保护, 3, 29(1980).

- [3] 周淑芬, 水处理技术, 1, 30(1981).
 [4] Donnelly, P. G. et al., *Plating*, **61**, 432 (1974).
 [5] Staverman, A. J., *Res. Trav. Chem.*, **70**, 34 (1951).

ML-1 型开顶式熏气室的构造与性能*

曾广权 夏冰 李玲 胡培铎 杨眉
 夏晓纯 安琪 吴继欣 王惠贤 龚汉光 李玉麟
 (云南省环境科学研究所)

一、前 言

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^[1]. 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. 在室外进行试验时, 开顶式熏气室内部的温度不致于过高地超过外界温度 (与密闭式流动熏气室相比), 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. 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, 中国科学院上海植物生理研究所、江苏植物研究所^[2]、中国林业科学院于 1982 年开始试制这种装置. 我们使用上海植生所设计的过滤器图纸和江苏植物所设计的框架与室壁, 参考国外文献^[3,4], 装配了一种开顶式熏气室, 命名为 ML-1 型(Mother-Land)开顶式熏气室. 本文报道了 ML-1 型开顶式熏气室的构造及其性能, 供国内同行们共同研究和

改进.

二、开顶式熏气室的构造

开顶式熏气室由过滤器、风机、通风管道、框架与室壁五部分组成. 总体装置如图 1 所示.

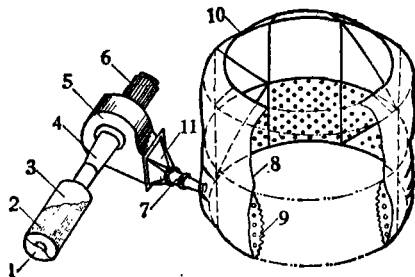


图 1 开顶式熏气装置示意图

(1) 过滤器硬塑外壳 (2) 活性炭 (3) 滤尘布
 (4) 连接管 (5) 风机 (6) 电机 (7) 风道
 (8) 上层壁 (单层塑料薄膜) (9) 下层壁 (双层塑料薄膜内层具孔) (10) 角铁框架 (11) 小孔 (在清洁区进行试验时, 将所配制的供试气体从此孔注入)

1. 过滤器

过滤器为开顶式熏气室的重要组成部分

* 本项工作承蒙汪嘉熙、余叔文、曹洪法三位先生指导; 陈树元、谭常、余子文、马光靖四位同志具体帮助, 谨此致谢.

中国环境科学研究院舒俭民同志参加了部分工作.

分,它是一穿孔双层塑料容器,内装 28[#] 颗粒活性炭,用于吸收空气中污染物质。外界空气从外层塑料筒上的小孔进入,穿过活性炭层后,由内层塑料筒上的小孔进入过滤器中部空间,通过连接管道进入风机。采用孔板流量计测得装有活性炭过滤器的阻力为 27 mm 水柱。为了阻挡外界空气中的粉尘进入过滤器,可在过滤器外裹一层滤尘布。加上滤尘布后,阻力加大到 29mm 水柱。国外文献^[1,3,4]所描述的过滤器多为板状,组装成 M 形。

2. 风机

风机的作用是不断地将空气鼓入开顶式熏气室,进入的风量要满足熏气室每分钟交换空气 2—3 次以上的要求。根据熏气室的体积,采用功率为 1.1kW 的 4-72 型离心式塑料鼓风机。该风机全压范围为 51-34mm 水柱,风量为 2010—3710 m³/h (33.5—61.8 m³/min)。用孔板流量计进行实测,在未加过滤器的情况下,开顶式熏气室的实际进风量为 35.2m³/min,该风量使熏气室内每分钟交换空气可达 5.1 次;装过滤器后,实际进风量为 15.7m³/min,熏气室每分钟交换空气 2.3 次,刚好满足清洁区试验的要求。

3. 框架

国外文献^[1,3,4]所报道的框架多为组合式,便于拆卸和组装。本框架亦为轻便组合式,整个框架组成后为圆柱形,顶部为喷嘴状收口。框架构成的圆柱体高为 2.2m、直径 2 m。它由三个直径为 2 m 的槽钢圆圈靠垂直的角钢支撑而成。为了加固,可在二圈之间加斜的角钢。

4. 室壁

国外开顶式熏气室室壁由聚氯乙烯塑料薄膜(最近几年多用聚四氟乙烯薄膜)或透明玻璃钢瓦制成。ML-1 型开顶式熏气室室壁采用聚氯乙烯塑料薄膜,分为上、下两层壁。上层壁为单层膜;下层壁为双层膜,内层膜上穿有直径为 2 厘米的小孔,孔的纵向间距为 18.5cm,横向间距为 17.5cm。下层壁的两端

均封口,为了做一道进入开顶式熏气室的门,可在下层壁一端纵向 76cm 处再封一道口。当下层壁为风机送入的空气所吹胀,其内空气穿过小孔进入熏气室。在下层壁的外层膜上(相对于门的位置)开一直径为 24cm 的圆形开口,并粘上一短塑料管道,以便和离心式鼓风机出风口(接一风道管)相连(可将短塑料管道套在风道管上,然后用绳子捆紧)。

5. 通风管道

ML-1 型开顶式熏气室下层壁为双层膜,内层有孔,连同粘在外层膜上的短塑料管道(用于与风机相连)就构成了一个简便的通风管道系统。由于附在框架上的下层壁有 1m 高,内层膜上小孔数量多,设置均匀,有利于吹入的供试气体在熏气室内均匀分布。如果开顶式熏气室用透明玻璃钢瓦制成室壁,则需在室内下层的圆形地面上铺设一圈通风管道(硬质塑料管,壁上有孔)。

三、开顶式熏气室的性能

开顶式熏气室组装后,必须测定其物理性能及生物实验的可行性,以便了解装置所提供的环境条件是否与外界自然状况接近;室内仅通入外界清洁空气时,植物在室内的生长发育与室外植物的差异。为此,作者进行了温度、湿度、光照、风速和污染气体在室内分布等几项物理性能测试,并用水稻为材料进行了试验。

熏气室内测试和采样点的位置如图 2 所示。

1. 物理性能测试

(1) 熏气室内、外温度比较

采用 DHM-2 型通风干湿表测量室内、外温度。以干球温度代表空气温度。测量高度为 53cm (距地面)。干湿表放置熏气室内的南面。试验时采用正在运转的 A、B 两个开顶式熏气室;A 室未装活性炭过滤器,室内放置盆栽玉米,B 室装有活性炭过滤器,室

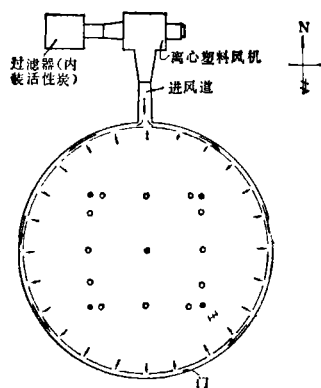


图2 测试和采样点的位置

- SO₂ 采样与测光强的点
○——测风速的点
×——放置通风干湿表的位置

内放置盆栽水稻,分别测定 A、B 两室内的温度、湿度,每天测 4 次,共测了 11 天。外界距地面同样高度挂相同型号的通风干、湿表,于相同的时间测温、湿度作为对照。结果见表 1。

表1 熏气室内、外温度、湿度比较*

处 理	温 度 (15—30℃)	湿 度 (85—98%)
熏气室 A	22.5±	83±
熏气室 B	23.4±	78±
对照	22.1±	85±

* 表中每个数据为 11 天中(每天测 4 次)所得数据, A、B 室分别为 44、41 个原始数据的平均值。每天测定时间为 9:00、11:00、15:00、17:00。11 天中,7 天晴天,4 天雨天。

从表 1 可以看出,装有活性炭过滤器的熏气室(B),因为有阻力(过滤器阻力为 29 mm 水柱),减弱了风机提供的风量,室内空气交换次数为每分钟 2.3 次,从而室内温度比室外平均高 1.3℃,最高时可达 2.4℃(11 天测定中仅出现 1 次,当时外界温度为 27.4℃)。未装活性炭过滤器的熏气室(A),由于阻力小,风量大,室内温度仅比室外高出 0.4℃。同时,熏气室(B)内的湿度比外界稍低(分别为 78%与 85%),熏气室(A)内的湿度与外界很

接近(分别为 83%与 85%)。熏气室(A)与(B)内湿度不同,可能由于熏气室(B)内,温度稍高,同量水汽含量,相对湿度低之故。

(2) 熏气室内、外光强比较

在熏气室内距地面 60 厘米高处同一平面上按东、南、西、北、中方位布点五个,测量各点光强度,并与外界相同高度的光强度进行比较。采用 C2-3 型照度计测量光强度。共测四天,其中有两天晴天、两天阴天。每天测量时间为 9:00、11:00、13:00、15:00、17:00。测量结果见表 2。

表2 熏气室内、外光强度比较*

测量时间	阴天(%)**	晴天(%)**	均值(%)***
9:00	66	62	63
11:00	74	70	72
13:00	81	102	92
15:00	59	87	73
17:00	83	75	79

* 表中数据表示室内光照强度为室外的光照强度的百分数,光强单位为 Lux。

** 各数是 50 个实测数据的平均值。

*** 各数是 100 个实测数据的平均值。

由于熏气室室壁为聚氯乙烯塑料薄膜,影响室内光强,四天实测表明:上午 9:00 室内光强仅为室外的 63%,中午 13:00 由于阳光大部分可以直射到室内,其光强可为外界的 92%,下午 17:00 室内光强又有所降低,为外界光强的 79%。

表3 熏气室内不同方位的光强比较*

测点方位	阴天(%)**	晴天(%)**	均值(%)***
东	74	83	79
南	68	70	69
西	89	88	89
北	66	74	70
中	72	81	77

* 表中数据表示室内光照强度为室外光照强度的百分比,光强单位为 Lux。

** 各数是 10 个实测数据的平均值。

*** 各数是 20 个实测数据的平均值。

为了解熏气室内不同方位光强的差异,按东、南、西、北、中五个位置整理上述四天的实测值,结果见表 3。

从表 3 可知熏气室内不同方位的光照强度稍有不同,南面位置光照最弱,为外界光照的 69%,而西面、东面光照较强,分别为外界光照的 89%与 79%。统计分析表明,熏气室内不同方位光照的差异不显著。

(3) 开顶式熏气室内不同位置空气流速分布

为了解开顶式熏气室运转后,室内不同位置上空气流速的分布。测试时,必须将整个装置安装在室内,在开顶式熏气室内 25, 55, 85, 125cm 四个高度上,每个高度布点 12 个,如图 2 所示。用 DFA-III 型微风表测量各点风速,在每个点的纵向、切向、横向三个位置,分别测风速,取三向平均风速作为各个点的风速。按距地面四个高度,以及距开顶式熏气室门的距离整理数据(见表 4)。

表 4 开顶式熏气室内不同位置的风速

距地面的高度 (cm)	平均风速* (km/h)	标准差 S	距熏气室 门距离 (cm)	平均风速** (km/h)	标准差 S
25	2.14	±0.54	135	1.83	±0.44
55	2.15	±0.44	125	1.92	±0.57
85	1.75	±0.43	100	1.60	±0.37
125	1.31	±0.30	75	1.69	±0.62
			60	2.06	±0.65

* 各数据为各高度 12 个点风速的平均值。

** 下层壁风道入口的对面为开顶式熏气室门的位置,将测风速的点按东西向联成线,按该线离门的距离(垂直距离 60、75、100、125、135 厘米)整理数据。此栏中数据分别为 12、8、8、12 个点风速的平均值。

从表 4 可以看出,距地面不同高度的平面上,其风速随着高度升高而降低。高度为 25、55cm 的两个平面上,空气流速为 2.14 ± 0.54 、 2.15 ± 0.44 Km/h,高度为 85、125cm 的平面上,空气流速降低,分别为 1.75 ± 0.43 、 1.31 ± 0.30 Km/h。统计分析表明,高度为 25cm 米和 55cm 的平面上,空气流速无显著差异,它们与其他各层,以及其他各层之间的

空气流速均有显著差异。

从上表亦可看出:距熏气室门(即风道入口的对面)不同的地方,空气流速不同,距门最近的位置,风速最大;但各位置之间的空气流速无显著差异。

(4) 开顶式熏气室内不同位置供试气体浓度分布

为了解供试气体在熏气室内不同位置浓度分布,本试验采用二氧化硫为供试气体,于熏气室内距地面 25, 70, 135cm 三个高度,每一个高度的平面上设点五个,同时采集空气样品,分析二氧化硫含量。使用含二氧化硫为 1700 ppm 的标准二氧化硫气体作为气源(钢瓶装),二氧化硫气体经减压器和转子流量计后,送入风道上的小孔(图 1 所示),二氧化硫气体随鼓风机吸入的空气流进熏气室。本试验一共测了三次,每次于 15 个点同时采样,每个点有 3 个实测值。参考国外文献^[3],整理数据时,将靠近风道入口的两个点合为一组(A),每组总共有六个实测值;中心点为另一组(B),有三个实测值;靠近门的两个点合为(C)组,该组有六个实测值,见表 5。

表 5 熏气室内不同位置二氧化硫浓度

采样点距地面高度(cm)	二氧化硫含量 (mg/M ³)*		
	A 组	B 组	C 组
25	0.105	0.106	0.106
70	0.104	0.105	0.106
135	0.102	0.103	0.104

* 三次实测浓度的平均值

从表 5 可见,熏气室内随高度增加,二氧化硫浓度稍有降低,这与室内空气流速随高度增加稍有降低的变化趋势是一致的。熏气室内离风道入口位置不同,二氧化硫浓度也稍有不同,距门较近,二氧化硫浓度稍高,但经统计分析表明均无显著性差异。

(5) 活性炭过滤器的过滤效率

为了研究空气中某种污染物质对供试植

物的影响,在污染现场用开顶式熏气室进行试验时,需同时设置两组装置。一组装有活性炭的过滤器,另一组过滤器内不装活性炭,以前者为对照,比较供试植物生长发育情况。在清洁区试验时,如果需排除空气中其他物质的影响,全部开顶式熏气室均需装上活性炭过滤器,再从风道上的小孔,输入供试气体(可含一种或多种污染物质)进行试验。因此,活性炭过滤器必须起到吸收空气中污染物质的作用。一般认为,过滤效率达到70%以上即可投入使用。

本试验工作在空气清洁区进行,将已安装在开顶式熏气室上的过滤器放入一配气箱中,启动鼓风机,在箱中配制一已知浓度的二氧化碳气体,于熏气室内采集空气样品,实测二氧化硫浓度,便可算出过滤效率。共配制四个浓度,每个浓度均重复采样,结果见表6。

表6 活性炭过滤器对二氧化硫的过滤效率*

结果 次数 采气位置	二氧化硫(mg/m ³)			
	1	2	3	4
配气箱内	0.132	0.066	0.047	0.026
熏气室内	0.032	0.005	0.003	未检出
过滤效率(%)	76	92	94	100

* 表中每个数据为两次实测值的平均值。

表6表明,当二氧化硫浓度在0.132mg/m³时,过滤器的过滤效率可达76%,当浓度为0.026mg/m³时,空气中的二氧化硫可全部为过滤器中的活性炭所吸收。

2. 生物效能测试

因为开顶式熏气室是一种研究空气中污染物质对植物影响的装置,如果它本身给植物生长造成的影响大,则显示不出开顶式熏气室的优越性。为此,在制作的装置投入使用前,必须进行生物试验。作者以水稻为试验材料,选择移栽返青后的生长均匀一致、健壮的盆栽水稻24盆,其中12盆放入一装有

活性炭过滤器的开顶式熏气室内,室外场地上放置另外12盆水稻作为对照,启动熏气室的鼓风机,每天从早上8:00到下午18:00鼓风10小时,连续27天。试验期间,适时浇水。第28天测量水稻的株高和地上部分干重,结果见表7。

表7 熏气室内、外植物生长情况比较

处理 结果 植物	水 稻		
	株高 (cm)	鲜重 (克/株)	干重 (克/株)
熏气室内	47.7	6.1	1.28
熏气室外(对照)	39.3	5.0	1.04

从上表可见,熏气室内水稻的株高、干重与鲜重均比对照高,经统计学处理(见表8),室内、外水稻株高差异显著,干重差异不显著。

表8 熏气室对植物生长影响(t法)检验

变差来源	t 值	t _{0.05} 值	
水稻株高	4.5	2.00	t > t _{0.05} *
水稻干重	1.39	2.09	t < t _{0.05}

* 差异显著

四、小 结

经过测示,ML-1型开顶式熏气室运转时,实际进风量为15.7m³/min,交换空气2.3次/分,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℃;与生长在熏气室外的植株相比,生长在熏气室内约1个月的植株稍高,但干重差异不显著。这些主要性能与Heagle A. S.报道的同类型开顶式熏气室相似^[3]。作者认为,本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。

参 考 文 献

- [1] Ormod, D. P., *Pollution in Horticulture*, Elsevier Scientific Publishing Company, pp.

(下转第73页)

表 1 转化率(%)

样品浓度 次数	0.05 $\mu\text{g}/10\text{ml}$	0.10 $\mu\text{g}/10\text{ml}$	0.20 $\mu\text{g}/10\text{ml}$
1	84.0	83.6	82.8
2	83.3	84.4	83.4
3	83.1	83.2	84.0
平 均	83.4	83.7	83.4
总平均		83.5	

分别取苦味酸标准液 0.000、0.004、0.010、0.030、0.060、0.100、0.150、0.200 微克/10 毫升按操作步骤进行测定。以浓度为横坐标、峰高为纵坐标,由图可见苦味酸浓度在 0.004—0.20 微克/10 毫升范围内呈良好的线性关系。 $r = 0.9986$ 、($n = 8$) 图略。

5. 精密度测定

用不同的两种水样按操作步骤重复测定七天,其结果列于表 2。

表 2 精密度

$\mu\text{g}/10\text{ml}$	平均	标准偏差	$\mu\text{g}/10\text{ml}$	平均	标准偏差
0.0061			0.0784		
0.0059			0.0780		
0.0061			0.0780		
0.0060	0.0061	2.8×10^{-4}	0.0782	0.0780	2.4×10^{-4}
0.0059			0.0779		
0.0062			0.0783		
0.0067			0.0778		

6. 样品测定和回收率

我们用本法测定了河水、废水、井水中的苦味酸含量,并向这些样品中加入标准苦味

酸作了回收率的测定。见表 3。

表 3 样品测定和回收率 单位: $\mu\text{g}/10\text{ml}$

样品	样品测得量*	加入标准量	测得总量*	标准回收 (%)
河水 1	0.0043	0.01	0.0154	111.0
2	0.0045	0.01	0.0136	91.0
3	0.0113	0.01	0.0200	87.0
4	0.0072	0.01	0.0170	98.0
5	0.0062	0.006	0.0124	103.3
6	0.0121	0.01	0.0223	102.3
矿井水	0.0244	0.02	0.0435	95.5
废水 1	0.0166	0.02	0.0341	87.5
2	0.0642	0.07	0.1290	92.6

* 平行样两次测值

六、小 结

初步试验认为,本方法测定苦味酸具有选择性好、准确、灵敏、取样量小、样品处理简单等优点。本法适合于地表水、工厂废水、矿井废水中痕量苦味酸的分析。天然水中可能存在的离子对本方法无干扰。为了消除因反应时间延长引起的正偏差,可将处理好的样品分离出来,只保存有机相备用。

参 考 文 献

- [1] 中国医学科学院卫生研究所, 地面水水质监测检验方法, 110—112 页, 人民卫生出版社, 1978 年。
- [2] 胡振元等, 环境科学, **3**(1), 1(1982)。
- [3] 胡振元等, 分析化学, **10**(8), 493(1982)。
- [4] 人民教育出版社高教用书编辑部组织选编, 有机化学(下册), 第 300 页, 人民教育出版社, 1961 年。
- [5] 全国化学试剂产品目录汇编组编, 全国化学试剂产品目录, 112 页, 645 条, 化学工业出版社, 1979 年。

(上接第 10 页)

53—64, Amsterdam -Oxford -New York

[2] 陈树元等, 生态学杂志, **4**, 47(1983)。

[3] Heagle, A. S. et al., *J. Environ. Quality*, **2**

(3), 365 (1973)。

[4] Heagle, A. S. et al., *Phytopathology*, **69** (1), 15 (1977)。