

物理性能的测试与评价

王春乙 高素华 潘亚茹 白月明 温民

(中国气象科学研究院,北京 100081)

刘江歌

(防化研究院,北京 100083)

提 要

针对 OTC-1 型开顶式气室的物理性能进行了评价,结果表明:在不同 CO₂ 浓度下,CO₂ 送入量控制稳定,气室内 CO₂ 浓度的水平和垂直分布均匀。在通风和不通风两种情况下,气室内温度和湿度分布基本相近,碳过滤器的过滤效率显著。

关键词: 开顶气室 CO₂ 浓度 温度 湿度

引 言

在国内外,尤其是西方工业化国家,开顶式气室已广为应用,成为研究大气污染对农作物影响的主要设备之一^[1]。一般,在鉴定和应用此类设备时,首先要了解许多技术参数,其中最主要的参数有:气室内供试气体浓度的空间分布特征;气室内气象要素的分布特征等。关于 OTC-1 型开顶式气室的结构、CO₂ 浓度控制和 CO₂ 浓度的自动采集系统详见文献^[2]。本文主要对 OTC-1 型开顶式气室内的 CO₂ 浓度分布和气象要素的分布特征,以及在不同 CO₂ 浓度下 CO₂ 送入量控制的稳定性等物理性能进行了测定和评价。

1 气室内 CO₂ 浓度场的分布特征

利用开顶式气室来研究大气污染对农作物的影响,其中一个主要的技术参数就是气室内污染气体分布的均匀性,供试气体越均匀,试验结果可靠性越高。气室内 CO₂ 浓度的分布特征参数,主要是指 CO₂ 浓度的水平分布特征和垂直分布特征^[3,4],另一个参数是不同 CO₂ 送入量与气室内的 CO₂ 浓度是否呈准线性关系^[4]。为此,我们在气室内同一水

平高度上分别在东西南北中方向设 5 个点,东西南北各点距中心点 0.75m,共设置 3 个高度,分别为 50、100、150cm。CO₂ 流量控制档次为 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6 (m³·h⁻¹)。

1.1 气室内 CO₂ 浓度的水平分布和垂直分布

在 CO₂ 送入量保持不变的情况下 (0.5m³·h⁻¹),对每一个水平测点循环测定 5 次,每次取样时间间隔为 200 秒,以此获得气室内 CO₂ 浓度的水平分布如表 1 所示;对 50、100、150cm 3 个高度上的每一测点进行循环测定 5 次,每次取样时间间隔为 200 秒,以此获得气室内 CO₂ 浓度的垂直分布如表 2 所示。

表 1 和表 2 的测试结果表明:气室内 CO₂ 浓度无论是水平分布,还是垂直分布,都是非常均匀的。在水平分布的各测点标准差均在 8 以下,变异系数不高于 1.4%;在垂直分布的各测点上,标准差在 10 以下,变异系数不高于 1.8%。这个结果是十分理想的,优于国内外的同类设备^[4-7],这说明了我们的

计的通风方式较为合理。

表1 气室内 CO₂ 浓度的水平分布(CO₂ 送入量:0.5m³·h⁻¹)

采样时间	采样位置		测定值/ppm					平均值/ppm	标准差	变异系数
	高度	方位								
09:00 11:00	50cm	北	611.0	609.0	625.0	603.0	625.0	618.1	5.09	0.82%
		西	629.0	633.0	613.0	603.0	621.0			
		南	604.0	637.0	625.0	627.0	626.0			
		东	634.0	636.0	618.0	613.0	604.0			
		中	595.0	633.0	615.0	608.0	605.0			
11:00 13:00	100cm	北	603.0	592.0	620.0	616.0	634.0	610.6	8.24	1.35%
		西	607.0	600.0	616.0	632.0	624.0			
		南	635.0	616.0	630.0	609.0	607.0			
		东	590.0	605.0	592.0	590.0	619.0			
		中	587.0	608.0	603.0	618.0	610.0			
13:00 15:00	150cm	北	594.0	602.0	590.0	609.0	610.0	605.5	3.4	0.56%
		西	595.0	590.0	586.0	631.0	625.0			
		南	588.0	609.0	600.0	626.0	603.0			
		东	593.0	595.0	604.0	644.0	617.0			
		中	587.0	590.0	597.0	625.0	628.0			

表2 气室内 CO₂ 浓度的垂直分布*

采样方位	浓度值/ppm				标准差	变异系数/%
	50cm	100cm	150cm	平均		
北	614.6	613.4	601.0	609.7	7.53	1.24
西	619.8	615.8	605.4	613.7	7.43	1.21
南	623.8	619.4	605.2	616.1	9.72	1.58
东	621.0	599.2	610.6	610.3	10.90	1.79
中	611.2	605.2	605.4	607.3	3.41	0.56

*测定时间、次数、CO₂ 送入量同表1。

表3 CO₂ 送入量与气室内 CO₂ 浓度的关系*

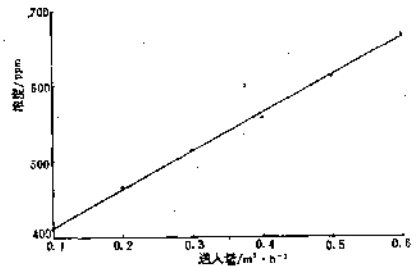
CO ₂ 浓度/ppm	CO ₂ 送入量/m ³ ·h ⁻¹					
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
北	417.5	481.0	524.0	569.0	595.0	665.0
西	416.0	452.0	511.0	554.0	633.0	683.0
南	409.0	469.0	512.0	548.0	615.0	668.0
东	411.0	455.0	519.0	553.0	608.0	666.0
中	404.0	479.0	505.0	554.0	605.0	653.0
平均值	411.5	467.2	514.0	555.6	611.2	667.0
送入量	57.5	113.2	164.2	204.6	251.2	318.0
本底浓度	354.0	354.0	350.6	351.0	360.0	349.0

*气室内 CO₂ 浓度为本底值加上钢瓶送入量

1.2 CO₂ 送入量与气室内 CO₂ 浓度的关系

为了获得 CO₂ 送入量与气室内 CO₂ 浓度的关系,我们把测点固定在气室中央 50cm 高处,每一流量控制连续取样 5 次,每次取样时间间隔为 200 秒。测定结果如表 3 和附图

所示。



附图 CO₂ 送入量与气室中 CO₂ 浓度的关系

从表 3 和附图可以看出,CO₂ 送入量与气室内 CO₂ 浓度呈较好的线性关系,方程为:

$$y = 362.64 + 500.32x$$

式中, y 为 CO₂ 浓度, x 为 CO₂ 送入量,相关系数为 0.9989,标准差为 4.86。

2 气室内温、湿度的分布特征

利用 OTC-1 型开顶式气室,另一个主要参数就是气室内各气象要素(温度、湿度)分布应基本一致^[6](农业管理措施、栽培方法相同),以保证试验是一个单要素控制试验,这样才能真正识别出不同 CO₂ 浓度对农作物生长发育及产量的影响程度。

根据上述要求,我们在各气室中央偏北

20cm 处设点,高度为 50、150cm,对温度、湿度进行自动采集,该套系统全部由计算机自动控制,每 6 分钟取样一次,每小时取样 10 次,时间为 1992 年 10 月 31 日 9—16 时。下面分别分析通风和不通风两种情况的温、湿度分布特征,测试期间气室内无作物。

2.1 不通风情况下气室内的温、湿度分布特征

这里取每小时 10 次测定值的平均作为

表 4 不通风情况下两气室温度与湿度的分布特征

时间/时	温度/℃						湿度/%					
	50cm			150cm			50cm			150cm		
	气室 1	气室 2	差值	气室 1	气室 2	差值	气室 1	气室 2	差值	气室 1	气室 2	差值
9—10	14.8	14.3	0.5	14.0	13.9	0.1	35.5	35.7	-0.2	38.4	37.1	1.3
10—11	16.5	16.2	0.3	15.9	15.8	0.1	35.5	35.2	0.3	36.6	35.6	1.0
11—12	18.1	18.0	0.1	17.5	17.8	-0.3	33.6	33.3	0.3	33.8	32.1	1.7
12—13	19.0	18.7	0.3	18.3	18.2	0.1	30.3	30.1	0.2	30.6	30.6	0.0
13—14	19.5	19.3	0.2	18.8	18.7	0.1	28.9	28.5	0.4	27.1	27.1	0.0
14—15	19.1	18.8	0.3	18.2	18.1	0.1	26.6	26.0	0.6	26.5	26.6	-0.1
15—16	18.2	17.8	0.4	17.5	17.4	0.1	28.0	28.3	-0.3	28.4	28.6	-0.2
16—17	16.9	16.4	0.5	16.3	16.3	0.0	31.6	31.0	0.6	30.9	30.8	0.1
平均	17.7	17.4	0.3	17.1	17.0	0.1	31.0	30.8	0.2	31.5	31.1	0.4

每小时平均值,在不通风情况下,进行两个气室的比较,测定结果如表 4 所示。

从表 4 可知,在不通风情况下,在 50cm 处,两气室平均气温相差 0.3℃,平均相对湿度相差 0.2%;在 150cm 处,两气室平均气温相差 0.1℃,平均相对湿度相差 0.4%。气室内 150cm 和 50cm 高处温度差为 0.2℃,湿度差为 0.2%。

2.2 通风情况下气室内的温度和湿度分布特征

同样取每小时 10 次测定值的平均值作

表 5 通风情况下两气室温度与湿度的分布特征

时间/时	温度/℃						湿度/%					
	50cm			150cm			50cm			150cm		
	气室 3	气室 4	差值	气室 3	气室 4	差值	气室 3	气室 4	差值	气室 3	气室 4	差值
9—10	13.7	13.2	0.5	13.3	13.7	-0.4	38.9	41.9	-3.0	41.7	39.7	2.0
10—11	16.0	15.6	0.4	15.7	16.2	-0.5	30.4	32.2	-1.8	32.3	30.6	1.7
11—12	18.3	18.0	0.3	18.0	18.4	-0.4	26.0	28.2	-2.2	27.7	26.0	1.7
12—13	19.3	18.9	0.4	19.2	19.7	-0.5	23.7	25.3	-1.6	25.2	23.3	1.9
13—14	19.7	19.3	0.4	19.6	20.1	-0.5	21.8	23.0	-1.2	23.0	21.4	1.6
14—15	19.3	18.9	0.4	18.9	19.1	-0.2	21.8	23.0	-1.2	23.5	22.6	0.9
15—16	17.9	17.8	0.1	17.6	17.8	-0.2	25.0	25.8	-0.8	26.3	25.5	0.8
16—17	15.9	15.8	0.1	15.7	15.8	-0.1	30.3	31.1	-0.8	31.9	31.3	0.6
平均	17.5	17.2	0.3	17.3	17.6	-0.3	27.2	28.8	-1.6	28.9	27.6	1.3

从表 5 可知,在通风情况下,在 50cm 处,两气室平均气温相差 0.3℃,平均相对湿度相差 1.6%;在 150cm 处,两气室平均气温相差 0.3℃,平均相对湿度相差 1.3%。从中

为每小时平均值,在通风情况下,进行两个气室的比较,测定结果如表 5 所示。

还可以看出,在通风情况下,由于气流的作用,气室内 150cm 和 50cm 处温度已不存在差异;湿度相差 0.3%。

总的看来,无论是在通风和不通风情况

下,无论是在 50cm 和 150cm 处,温度相差均小于 0.3℃,湿度相差均小于 1.6%。在不通风情况下,气室 150cm 和 50cm 处温度相差 0.2℃,湿度相差 0.2%;在通风情况下,气室内 150cm 和 50cm 处温度已不存在差异,湿度差值变为 0.3%。

3 碳过滤器的过滤效率

OTC-1 型开顶式气室选用的碳过滤器是由太原新华化工厂生产的高效碳过滤器, X1000-1 型碳过滤器。它同国内其它类型开顶式气室选用的碳过滤比较,碳层厚度相同,但活性炭吸附容量高(对苯的吸附量 $> 0.4g \cdot cm^{-3}$),空气比速小(炭层过滤面积 $> 2m^2$),阻力小(2000 $m^3 \cdot h^{-1}$ 的风量下,阻力 $\leq 26mm [Hg]$)。因此, X1000-1 型过滤器具有比国内其它类型开顶式气室选用的碳过滤器更好的过滤效率。

由于试验操作复杂需要高档次的分析仪器,过滤效率试验此次没有进行评价,国内其它类型开顶式气室选用的碳过滤器已经过鉴定^[5],能达到过滤要求,同样 X1000-1 型碳过滤器也能达到过滤要求。

4 结语

(1)气室内 CO₂ 浓度场的水平分布和垂

直分布均匀。

(2)CO₂ 送入量与气室内 CO₂ 浓度的关系稳定。

(3)在通风和不通风情况下,气室内的温、湿度的分布基本无差异。

(4)碳过滤器的过滤效率能够满足该项试验的要求。

(5)整个 OTC-1 型开顶式气室设计的结构合理,通风方式具有独到之处。

参考文献

- 1 刘江歌等. 开顶式熏气室. 农业气象试验与研究. 北京: 气象出版社, 1991, 127-132.
- 2 王春乙等. OTC-1 型开顶式气室结构与 CO₂ 浓度控制和自动采集系统. 气象, 1993, 19(4).
- 3 W. E. Hogsett et al. A programmable exposure control system for determination of the effects of pollutant exposure regimes on plant growth. Atmospheric Environment, 1985, 19(7): 1135-1145.
- 4 陈淑元等. 开顶式田间熏气室装置中 SO₂ 浓度场的分布特征. 环境科学, 1986, 7(1): 7-13.
- 5 曾广权等. ML-1 型开顶式熏气室的构造及性能. 环境科学, 1985, 6(4): 6-10.
- 6 Heagle, A. S. et al. An open-Top Field chamber to Assess the impact of Air pollution on plant. J. Environment, Quality, 1973, 2(3): 365-368.
- 7 Heagle, A. S. et al. Effect of ozone on yield of Sweet Corn. Phytopathology, 1972, 62: 683-687.

Test and Evaluation of Physical Performance of OTC-1 Open Top Chamber

Wang Chunyi Gao Suhua Pan Yaru Bai Yuerning Wen Min

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, 100081)

Liu Jiange

(Academy of Chemical Defence, PLA, Beijing, 100083)

Abstract

The physical performance of OTC-1 open top chamber is evaluated. The results show that the control of the input CO₂ is stable and the horizontal and vertical distribution of CO₂ density in the chamber is homogeneous when CO₂ density is different. With the conditions of ventilation and nonventilation, the distributions of temperature and humidity in the chamber are basically similar. And the C-filter is working efficiently.

Key Words: open top chamber CO₂ density temperature humidity