

# 模拟大气 CO<sub>2</sub>变化仪器开顶式气室安装与测试

张小明,邹德堂,赵宏伟,王敬国,刘化龙,杨 亮

(东北农业大学,黑龙江 哈尔滨 1500301)

**摘要:**为进行模拟气候变化对寒地粳稻的影响,通过在黑龙江省安装开顶式气室(OTC),并进行 CO<sub>2</sub> 浓度的测试,分析 OTC 运行时仪器内气体的稳定性。结果表明:仪器运行时,在气体收集室内,不同高度(50 和 100 cm)CO<sub>2</sub> 气体浓度变异系数均小于 0.04;不同时间(每 2 h 测一次)和不同天数(连续 10 d)OTC 内 CO<sub>2</sub> 气体浓度变化差异不明显;气体流量与气体收集室内 CO<sub>2</sub> 浓度呈线性关系。由此说明,在黑龙江省安装的 OTC 可以控制气体收集室内 CO<sub>2</sub> 浓度,并保持气体浓度稳定性。

**关键词:**开顶式气室;测试;气体浓度

中图分类号:S625;S511 文献标识码:A 文章编号:1002-2767(2015)01-0156-03 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2015.01.0156

由于人类的活动,导致气候变化加剧。这种气候变化加剧导致生态环境的一系列连锁反应。目前,研究环境变化与生态系统的关系已是热门问题之一,学者利用多种手段研究大气气体浓度变化对生态系统的影响<sup>[1-4]</sup>,其中主要有控制环境试验(Controlled environment,CE)、温室(Greenhouse)、开顶式气室(Open-top chamber,OTC)、自由气体施肥试验(Free-air enrichment,FACE)。每个试验手段各有其优缺点。其中,OTC 由于其是一种较好研究气体对植物影响的手段,与大气相通。其它环境因子基本接近自然状态。但温度通常比外界高,光照减少。利用自然植物作为试验对象,其结果还是很有说服力的。例如,IPCC(政府间气候变化专门委员会)对气候变化评估时就使用了 OTC 数据。

黑龙江省是农业大省,水稻面积达到 400 万 hm<sup>2</sup> 左右。全球气候变化对陆地生态系统产生巨大的影响,黑龙江省气候属于我国北方特殊寒地气候,气候变化将对黑龙江省水稻产生什么样的影响?水稻对气候变化响应的机理及产量变化的规律如何?在全球气候变化加剧的情况下,急需研究气候变化对黑龙江省水稻的影响。本试验首次将 OTC 引入黑龙江,这种特定气候下,测试研究气候变化的仪器(OTC)能否在此正常运转,运转的效果如何,旨在为进行模拟气候变化对寒地粳稻的影响试验做准备。

## 1 材料与方法

### 1.1 开顶式气室(OTC)的组成

OTC 由包括气体源、气体流量控制系统、气体收集室 3 个部分组成(见图 1)。气体源使用普通 CO<sub>2</sub> 气瓶;气体流量控制采用流量计形式控制;气体收集室(OTC)由风机、支撑框架、室壁和通风管 4 个主体部分组成,为正八边形主体,高 2.4 m、边长 1.2 m,顶部为锥形收口设计,整个气室与大气相通,周边环境为草坪。



图 1 OTC 运行设备及流程

Fig. 1 Operating equipment and processes of OTC

### 1.2 气室内通风方式的设计

通风管道在气室内,沿气室壁铺设 8 段等距离的 PVC 管道与气室壁平行排列,中间设有 2 条长为直径的平行 PVC 管道(见图 2)。整个管道

收稿日期:2014-08-20

第一作者简介:张小明(1982-),女,黑龙江省双鸭山市人,硕士,实验师,从事作物栽培研究,E-mail: xiaomingzhang1982@126.com.

距离地面 30 cm。管道气孔的设计,与气室壁平行的 8 段管道,在通风管道内侧(向气室里面方向)分别设有三排平行气孔,三层气孔间呈正方形交错排列,气孔方向与地面分别呈 0、45、75°角。中间 2 条管道每条 3 排气孔在通风管道内侧(向气室里面方向),两侧气孔方向与地面呈 45°角、中间 1 排成 90°角。

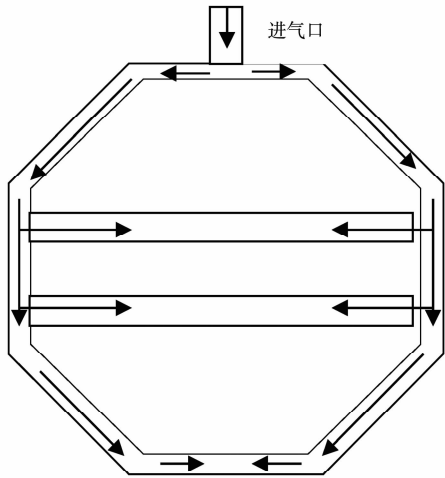


图 2 气体在 OTC 内流通方式  
Fig. 2 Gases circulate mode in OTC

1.3 开顶式气室内 CO<sub>2</sub> 浓度的测试

1.3.1 测试气室内 CO<sub>2</sub> 浓度的空间分布 试验在 OTC 空转运行时,进行气室内 CO<sub>2</sub> 浓度的测试;利用固定的气体流量在气室内距离水稻根部 50、100 cm 高度上分别测试了 11 个点(见图 3)的 CO<sub>2</sub> 浓度,获得两个层面各测试点 CO<sub>2</sub> 浓度,分析其在气室内的分布情况。

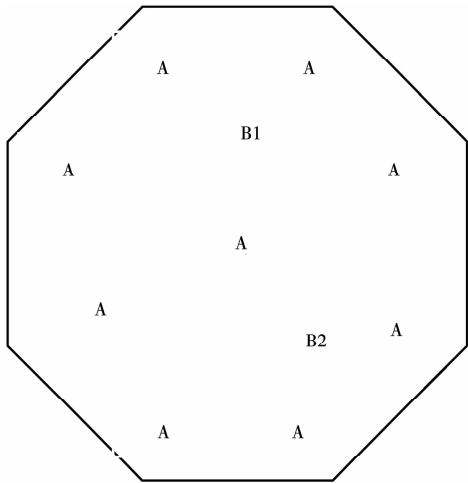


图 3 OTC 内气体浓度测点  
Fig. 3 Gas concentration measuring point in OTC

1.3.2 测试气室浓度的稳定性 OTC 的稳定性

对试验进行至关重要,试验需要全天候对 OTC 进行时间和 CO<sub>2</sub> 浓度的测试评估。该试验设置了 3 个 CO<sub>2</sub> 浓度处理,分别是 550、450、380  $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ , 380  $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$  作为对照。于 2011 年 4 月 11 至 20 日对 8:00~20:00 OTC 内 CO<sub>2</sub> 浓度每 2 h 测试 1 次。在试验开始前,先对空置 OTC 进行不同时间的 CO<sub>2</sub> 浓度测试,然后再对进入 OTC 气体进行测试。记录数据并进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 气室内 CO<sub>2</sub> 浓度的空间分布特征

从表 1 看出,在 50 cm 层面上,CO<sub>2</sub> 气体浓度平均值为 543.48  $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,浓度保持在 540~547  $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,变异系数为 0.04。在 100 cm 层面上,CO<sub>2</sub> 气体浓度平均值为 540.61  $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,浓度为 538~543  $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,变异系数为 0.02。两个层面 CO<sub>2</sub> 浓度变异系数数据接近 0,说明气室内 CO<sub>2</sub> 浓度分布比较均匀。从图 4 看出,OTC 内气体浓度与输入流量呈直线关系,在气体流量为 0.1  $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$  时气体浓度为 450  $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,在 0.24  $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$  时气体浓度为 550  $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

表 1 OTC 内测点 CO<sub>2</sub> 浓度变化情况

Table 1 CO<sub>2</sub> concentration of measured points in OTC

测点 Measuring point	CO <sub>2</sub> 浓度/( $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) CO <sub>2</sub> concentration	
	50 cm	100 cm
A1	544.67	541.33
A2	540.33	540.67
A3	542.00	538.67
A4	543.67	540.33
A5	543.33	539.00
A6	541.00	541.33
A7	545.33	540.33
A8	547.00	542.67
A	544.33	542.67
B1	546.00	541.00
B2	540.67	538.67
平均值 Mean	543.48	540.61
变异系数 Coefficient of variation	0.04	0.02

2.2 气体浓度控制的稳定性

从图 5 中可以看出,无论是 1 d 内不同时间,还是不同天间比较,设定的每个处理 CO<sub>2</sub> 浓度差

异均不明显,说明每个处理的 CO<sub>2</sub> 浓度控制得相当稳定,而不同处理间 CO<sub>2</sub> 浓度差异明显,说明 OTC 可以很好的模拟不同 CO<sub>2</sub> 浓度,并区分处理间的差异。该试验仪器符合模拟大气 CO<sub>2</sub> 浓度变化要求。

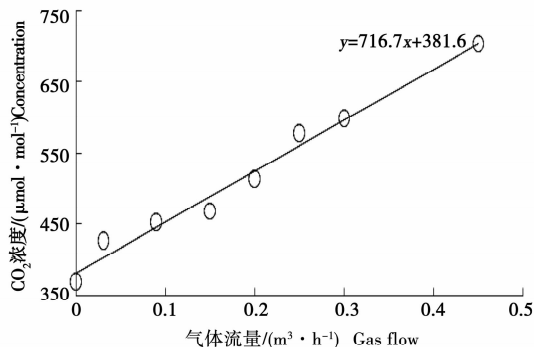


图 4 气体流量与气体浓度关系

Fig. 4 Relationships between gas flow and gas concentration

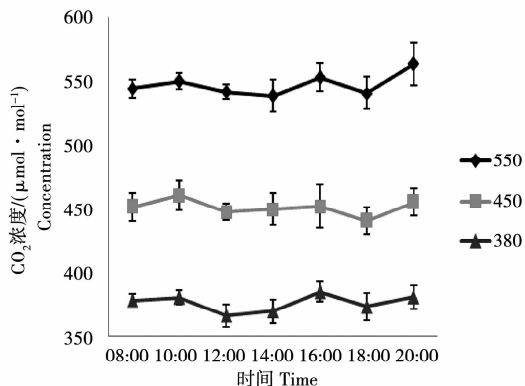


图 5 1 d 内 CO<sub>2</sub> 浓度的变化

Fig. 5 Changes of CO<sub>2</sub> concentration in a day

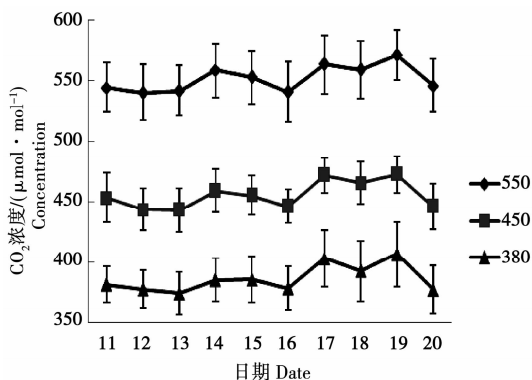


图 6 10 d 内 CO<sub>2</sub> 浓度的变化

Fig. 6 Changes of CO<sub>2</sub> concentration within ten days

### 3 结论

经过对开顶式气室运行时,室内 CO<sub>2</sub> 浓度的测试结果表明,在同一平面上,气室内的 CO<sub>2</sub> 浓度变化差异不明显,气室运行时室内 CO<sub>2</sub> 浓度无论是 1 d 内,10 d 内 CO<sub>2</sub> 浓度变化不明显,并且可以用流量计稳定的控制开顶式气室内的 CO<sub>2</sub> 浓度,证明开顶式气室符合实验要求,可以进行 CO<sub>2</sub> 浓度变化试验。

### 参考文献:

- [1] 王春乙. OTC-1 型开顶式气室的结构和性能与国内外同类气室的比较[J]. 环境科学进展,1996,4(1):50-57.
- [2] 周晓冬,赖上坤,周娟,等. 开放式空气中 CO<sub>2</sub> 浓度增高(FACE)对常规粳稻蛋白质和氨基酸含量的影响[J]. 农业环境科学学报,2012,31(7):1264-1270.
- [3] 朱新开,高春艳,张如标,等. FACE 条件下大气 O<sub>3</sub> 浓度增高对小麦剑叶光合色素含量的影响[J]. 应用生态学报,2012,8(23):2178-2184.
- [4] 王立志. 日本北海道利用人工气候室进行水稻障碍型冷害的研究现状及方法[J]. 黑龙江农业科学,1999(6):47-49.

## Simulation of Atmospheric CO<sub>2</sub> Change Instrument Open Top Chambers Installed and Tested

ZHANG Xiao-ming,ZOU De-tang,ZHAO Hong-wei,WANG Jing-gong,LIU Hua-long,YANG Liang  
(Northeast Agricultural University,Harbin,Heilongjiang 150030)

**Abstract:** In order to simulate the impact of climate change on cold japonica rice,through install open top chamber (OTC) in Heilongjiang province to test CO<sub>2</sub> concentration,the stability of gas inside the instrument when OTC running was analyzed. The experimental results showed that variable coefficient of gas concentration in different altitude (50 cm,100 cm)was lower 0.04 when OTC running. The change of concentration difference was non-significant in different time(once per two hours) and different day(continuous ten days). There was a linear relationship between gas flow and CO<sub>2</sub> concentration in gas collecting chamber. The experimental results showed that install OTC in Heilongjiang province could control CO<sub>2</sub> concentration in gas collecting chamber and keep the stability of gas concentration.

**Keywords:** open top chamber; test; gas concentration