

用旋转布气法开顶式气室研究臭氧对水稻生物量和产量的影响

郑启伟, 王效科*, 冯兆忠, 宋文质, 冯宗炜, 欧阳志云

(中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085)

摘要: 在开顶式气室(open top chamber, OTC)内, 检测了旋转布气法的气体交换效能和对 O_3 分布的均匀性及稳定性, 研究了 O_3 体积分数升高对水稻(*Oryza sativa* L.) 光合速率、生物量和产量的原位影响. 经实验检测, 旋转布气法能使 O_3 在 OTC 内分布比较均匀、稳定, 满足 OTC 内布气要求, 使气室内外最大温差为 1.87°C ; 同时实验还表明 O_3 体积分数的升高减少了水稻叶片光合速率、抑制了生物量的累积和降低了水稻的产量. 在 O_3 体积分数为 1×10^{-7} 和 2×10^{-7} 暴露下, 水稻叶片光合速率分别比对照降低 38.6% 和 53.9%, 地上生物量累积速率分别降低 8.8% 和 32.3%, 产量分别降低 10.1% 和 53.1%. 结果表明, 该旋转布气方法性能稳定, 可广泛用于大气特定成分变化对近地层生态系统的原位影响研究.

关键词: 旋转布气; 开顶式气室; 臭氧; 水稻

中图分类号: X173 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2007)01-0170-06

Effects of Elevated Ozone on Biomass and Yield of Rice Planted in Open-Top Chamber with Revolving Ozone Distribution

ZHENG Qi-wei, WANG Xiao-ke, FENG Zhao-zhong, SONG Wen-zhi, FENG Zong-wei, OUYANG Zhi-yun

(State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China)

Abstract: Improved open-top chamber (OTC) by revolving ozone distribution has been established for studying the effects of elevated ozone on photosynthesis, biomass and yield of rice (*Oryza sativa* L.). The result showed that the improved OTC could distribute ozone equably and stably in OTC and meet the need of air exchanging between inside and outside OTC. The difference in temperature between inside and outside of OTC was less than 1.87°C . The experiment also suggested that elevated ozone could decrease photosynthetic rate of flag leaves, biomass and yield of rice. Compared with control, photosynthetic rates of rice flag leaves exposed to 1×10^{-7} and 2×10^{-7} O_3 were decreased by 38.6% and 53.9% respectively, during 10:00 ~ 11:00 on a sunny day in grain filling stage. In comparison with control, the relative growth ratios (RGR) of aerial biomass of rice plant exposed to 1×10^{-7} and 2×10^{-7} reduced by 8.8% and 32.3%, respectively. In the end, exposures to 1×10^{-7} and 2×10^{-7} O_3 resulted in yield losses by 10.1% and 53.1%, respectively.

Key words: revolving ozone distribution; open top chamber(OTC); ozone; rice

臭氧(O_3)是对陆地植被有很强负作用的气体污染物^[1], 对流层 O_3 的体积分数升高导致农作物减产先后在美欧引起广泛关注^[2]. 研究预测, 未来数 10a 美洲、欧洲和亚洲将面临夏季高体积分数 O_3 威胁^[3]. 随着人类对 O_3 体积分数升高危害认识的加深, 相应研究技术也取得了同步发展. 作为研究大气特定成分变化对近地层生态系统影响的科学工具, 开顶式熏气室(open-top chamber, OTC)自 1973 年推出以来^[4,5], 就得到世界各国的高度重视和广泛应用. 1980 年美国农业部和环保局率先在全美范围内利用 OTC 技术开展了大气 O_3 体积分数变化对农作物生长和产量影响研究^[6], 随后欧洲和其他国家如日本、巴基斯坦等也相继作过类似研究^[7~9]. 我国 1993 年开始用自行设计的 OTC-1 气室研究 CO_2 对

农作物的影响^[10], 从 2001 年开始研究 O_3 体积分数升高对水稻、油菜、小麦和大豆^[11~14] 等作物生长及产量的影响. 后来各地使用的 OTC 基本都是 1973 年的改进型, 其中布气方法是该技术的革新热点, 目的是保证目标气体在 OTC 内分布均匀, 降低温室效应. Heagle 的双层气室壁布气法^[4] 和 Mandle 的底部布设通风管道布气法^[5] 虽然适合进行原位材料的研究, 但易造成目标气体分布不均; Musselman 的顶部风扇布气法能够使目标气体分布均匀, 但温室效应显著^[15]; 我国设计的上下双气室栅板布气法^[16,17] 只能进行盆栽材料的研究, 而对原位材料则不适合, 实

收稿日期: 2006-02-21; 修订日期: 2006-04-06

基金项目: 国家重点基础研究发展规划(973)项目(2002CB410803)

作者简介: 郑启伟(1973~), 男, 博士研究生, 主要研究方向为污染生态学, E-mail: zhengqiwei123@163.com

* 通讯联系人, E-mail: wangxk@cees.ac.cn

验结果有一定的局限性.

鉴于上述各种布气方法的局限,作者运用喷气的作用力与反作用力原理,设计了 1 套旋转布气装置,通过旋转透明有机玻璃管携带目标气体,使之在 OTC 内均匀分布.并以 O_3 为目标气体,以 OTC 内原位生长的水稻为对象,研究旋转布气装置的性能以及 O_3 体积分数升高对水稻生物量累积和产量的影响.

1 材料与方 法

1.1 构建 OTC

OTC 主要构成部分包括过滤系统、鼓气系统、 O_3 发生和加入系统、布气系统及熏气室等组成^[16],结构如图 1.开顶式气室主体为最大直径 2 m、高为 2.2 m 的正八面柱体,横截面正八边形的边长为 0.77 m;为减少外部气体对室内气体的影响,正八面柱体顶端增加 45°收缩口,收缩口高为 0.3 m,顶边长为 0.51 m.整个气室的体积约为 6.2 m³.气室框架由钢筋构成,室壁材质为聚乙烯塑料膜,活性炭过滤,以洁净的压缩空气为气源用 O_3 发生器(浙江省余姚市圣莱特电器有限公司)产生 O_3 ,流量为 14 m³·min⁻¹、功率为 750 W 的轴流风机鼓气以满足气室内气体每 min 交换 2 次以上.

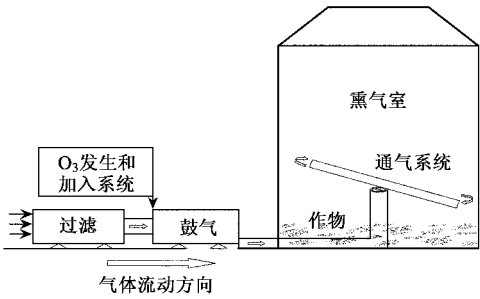


图 1 OTC 结构示意图

Fig.1 Sketch of OTC structure

1.2 布气系统的设计和性能检测

1.2.1 布气系统的设计

布气系统由 2 段等长且一端密封直径 5 cm 透明有机玻璃管、1 根直径 11 cm 垂直气管以及 1 个连接有机玻璃管和垂直气管的轴承组成,结构如图 2 所示.水平有机玻璃管每段长 75 cm,其上分布等距离且与水平方向成 45°夹角的小孔,小孔的直径和数量由垂直布气管直径决定,一般应满足于有机玻璃管上小孔总面积等于或大于垂直布气管的横截面积.水平布气管转动的动力来源于轴流风机,轴流风

机鼓动的气流经过通气管道从小孔喷出,根据作用力与反作用力原理,小孔喷出气体的反作用力在水平方向上对有机布气管有推动作用,从而带动轴承转动.另外,垂直布气管高度可随作物株高调整,应满足于水平有机玻璃管下缘距离作物冠层应大于或等于 50 cm.以上所用管道和轴承的材质尽可能相对于 O_3 为惰性材料,以免对设定 O_3 体积分数产生影响.

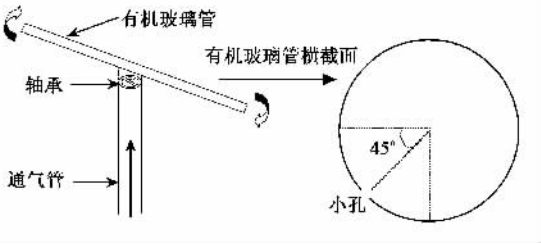


图 2 布气系统结构示意图

Fig.2 Sketch of structure for ozone distributing system

1.2.2 OTC 内 O_3 体积分数分布测定

当垂直通气管高度为 140 cm 时,以设定 O_3 体积分数 1×10^{-7} 为测定对象,测定 OTC 内 O_3 分布.在 OTC 内选择距离地面高度分别为 50、85 和 130 cm 3 个平面,在每个平面上距中心分别为 40、30、20 和 10 cm 处取 4 个点,分别记为 I, II, III 和 IV.每个点重复 5 次. O_3 体积分数用美国 MONITOR 公司生产的 ML9810B O_3 分析仪测定.

1.2.3 OTC 内、外温度以及 OTC 内不同 O_3 暴露处理的 O_3 体积分数日变化测定

利用可编程逻辑控制器、电磁阀系统、多路布气控制器、热电偶传感器、数据采集器、 O_3 分析仪和计算机等构成数据自动采集站,采集 O_3 体积分数和 OTC 内外温度数据.各处理 O_3 体积分数每 h 测定 1 次,每次取 5 个数;温度各处理每 h 测定 1 次,以 2004-07-28、2004-08-28 和 2004-09-28 共 3 d 的 OTC 内外温度变化为例.自动数据采集系统如图 3.

1.3 O_3 体积分数升高对水稻光合速率以及生长的影响

1.3.1 实验设计

实验设于浙江省嘉兴市双桥农场.实验有 2 m × 2 m 的小区 12 个,组成 4 排 3 行,纵横间隔 3 m.于 2004-06-28 对各小区土地进行翻耕,2004-07-02 日在各小区按行距 × 穴距为 0.25 m × 0.20 m 均匀移栽水稻秧苗,品种为“嘉花”1 号.待秧苗返青后,把构建好的 OTC 型开顶式气室安放于小区上,并适应性

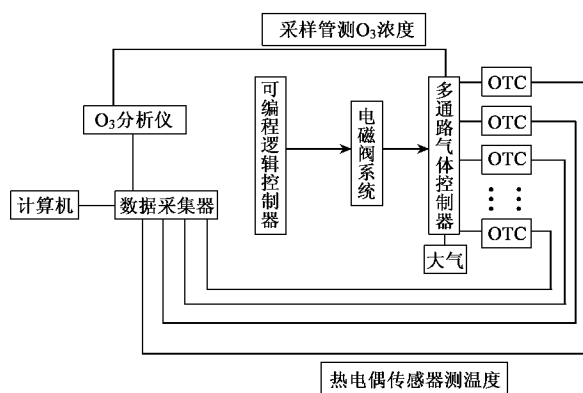


Fig.3 Sketch of data auto-collection station

熏气3 d,正式熏气于2004-07-21日始,止于2004-10-10.每天熏气的时间为09:00~17:00,下雨和星期天停止熏气,共熏气65 d.熏气设4个处理:空气(no-filter, NF)、过滤(charcoal-filter, CF)、O₃体积分数1×10⁻⁷和2×10⁻⁷,每个处理3个重复.对各OTC内O₃体积分数用美国MONITOR公司生产的ML9810B O₃分析仪进行即时监测.在整个水稻生长期内所有的田间管理方式与当地保持一致,使水肥和病虫草害等不成为限制因子.

在水稻灌浆期的 1 个晴朗日上午 10:00 ~ 11:00, 在各 O_3 处理的 OTC 内分别选择 10 片旗叶并作标记, 用便携式红外气体分析仪 (CIRAS-1, PPsystem, UK) 原位测定光合速率, 每片叶读取 2 个值。

水稻移栽后的 2004-07-18(返青结束),在各实验小区选择长势均一的植株 10 株剪取地上部分,清

洗干净置于烘箱中,先 110℃ 进行 20 min 杀青,然后 85℃ 烘烤至恒重并测定重量,每处理重复 3 次,共测定 30 株.以后分别在 2004-08-05(分蘖盛期或露节点期)、2004-08-25(拔节孕穗期)、2004-09-18(灌浆期)和 2004-10-15(蜡熟期)进行 4 次地上生物量测定,收获后计算水稻地上生物量相对生长速率(relative growth rate, RGR).RGR 采用下列公式计算^[18]:

$$\text{RGR} = \frac{\ln W_1 - \ln W_2}{T_1 - T_2}$$

其中 W_1 为第 1 次测定的株高或生物量, W_2 为第末次测定的株高或生物量, T_1 为第 1 次测定的日期, T_2 为第末次测定的日期.

水稻收获于 2004-10-21, 每处理取 0.6 m^2 进行产量测定, 3 次重复; 同时进行考种, 记录结实率、穗粒数、穗粒重和千粒重, 并计算收获指数。

对所测定数据用 SPSS11.0 软件进行方差分析 (ANOVA), 并用最小极差法 (LSD) 进行多重比较.

从表 1 可以看出,在距离地面 50、85 和 130 cm 的 3 个层面, O_3 平均体积分数分别为 1×10^{-7} 、 1.029×10^{-7} 和 1.064×10^{-7} , 变异系数分别为 1.01、1.07 和 1.07, 说明 O_3 体积分数在 OTC 内无论水平和垂直分布都比较均匀. 由此看出, OTC 内旋转布气可使农作物完全浸浴在体积分数相对均匀的 O_3 场内.

2.1.2 OTC 内、外温度比较

取样位置		体积分数测定值 $\times 10^{-7}$					平均体积分数 $\times 10^{-7}$		单因子方差分析	标准偏差 $/ \times 10^{-7}$	变异系数 /%
高度/cm	点位						单点	平面			
50	I	1.03	0.98	1.02	0.97	1.01	1.00	1.00	$f_{3,19} = 0.956$ $p = 0.437$	0.023	1.01
	II	1.01	1.03	1.02	0.99	1.00	1.01				
	III	1.03	1.00	0.97	0.98	1.03	1.00				
	IV	1.01	0.99	1.00	0.97	0.96	0.99				
85	I	1.02	1.04	1.02	1.04	1.01	1.03	1.03	$f_{3,19} = 1.603$ $p = 0.228$	0.020	1.07
	II	1.00	1.02	1.04	1.01	1.06	1.03				
	III	1.01	1.02	1.01	1.02	1.03	1.02				
	IV	1.05	1.03	1.01	1.05	1.08	1.04				
130	I	1.05	1.08	1.11	1.00	1.04	1.06	1.06	$f_{3,19} = 0.462$ $p = 0.712$	0.036	1.07
	II	1.07	1.10	1.06	1.07	1.01	1.06				
	III	1.09	1.05	1.14	1.04	1.08	1.08				
	IV	1.06	1.11	1.06	1.03	1.02	1.06				

OTC 内、外温度变化如表 2 所示.从表 2 可以看出,OTC 内、外温度具有几乎一致的变化趋势,OTC 内温度略高于自然温度.在外界温度在 30℃ 以上的

条件下,二者最大温差为 1.87℃,优于同类其它 OTC 装置^[17,19].由此可知,旋转布气法能够满足 OTC 内的气体交换,温室效应不显著.

表 2 OTC 内外温度比较/℃
Table 2 Temperature change inside and outside OTC/℃

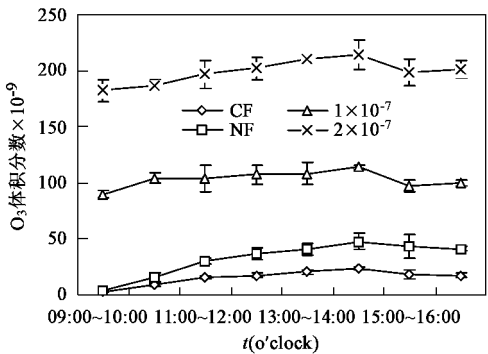
测定时间	2004-07-28			2004-08-28			2004-09-28		
	内温	外温	温差	内温	外温	温差	内温	外温	温差
09:00	36.17	34.72	1.45	34.45	33.93	0.52	29.86	29.83	0.03
10:00	37.07	35.61	1.46	35.88	35.57	0.31	31.64	31.13	0.51
11:00	36.77	35.99	0.78	37.22	36.48	0.74	32.91	32.41	0.50
12:00	38.44	36.94	1.50	38.08	36.82	1.26	33.79	32.68	1.11
13:00	38.37	36.92	1.45	39.12	37.61	1.51	34.72	32.98	1.74
14:00	38.32	37.37	0.95	39.77	37.95	1.82	35.25	33.38	1.87
15:00	40.70	39.27	1.43	39.31	37.98	1.33	33.78	32.64	1.14
16:00	40.17	38.66	1.51	37.97	36.18	1.79	31.07	30.57	0.50
17:00	38.00	36.84	1.16	35.54	34.71	0.83	29.69	29.31	0.38

2.1.3 OTC 内不同暴露处理下 O₃ 体积分数日变化

图 4 表示了在熏气过程中不同 O₃ 处理的体积分数日变化.由图可知在对 OTC 内进行熏气期间,设定 1×10^{-7} 和 2×10^{-7} 的 O₃ 体积分数都能够维持在相对稳定的范围之内. 2×10^{-7} O₃ 暴露的体积分数在 $186.5 \times 10^{-9} \sim 214.7 \times 10^{-9}$ 之间; 1×10^{-7} O₃ 暴露的体积分数在 $89.7 \times 10^{-9} \sim 113.9 \times 10^{-9}$ 之间;NF 的 O₃ 体积分数在 $3.7 \times 10^{-9} \sim 48.0 \times 10^{-9}$ 之间,CF 的 O₃ 体积分数在 $2.4 \times 10^{-9} \sim 23.9 \times 10^{-9}$ 之间.由图 4 还可以看出,各处理 OTC 内,O₃ 体积分数在 09:00~10:00 之间相对较低,在 13:00 左右时 O₃ 体积分数较高,这可能与早晨 OTC 内空气湿度大以及下午 13:00 左右时气室外 O₃ 体积分数较高有关,因为作为十分活泼的极性气体 O₃ 易和大气中水分结合,而下午气室外 O₃ 体积分数高,活性炭的过滤效率相应有所降低.另外,值得注意的是 NF 处理下 OTC 内的 O₃ 体积分数并不是自然大气中 O₃ 体积分数的真实反映,因为在轴流风机鼓风的情况下,O₃ 体积分数被不断流动的气流所稀释.

2.2 O₃ 对水稻光合速率日变化的影响

光合速率反映植物体利用光能和大气 CO₂ 合成有机物的能力.图 5 表明,在 4 个不同 O₃ 暴露下,水稻叶片的光合速率随 O₃ 浓度升高而下降;和 CF 相比, 1×10^{-7} 和 2×10^{-7} O₃ 暴露下水稻叶片的光合速率显著降低($p < 0.05$),分别降低 38.6% 和 53.9%.这说明,经过返青期到灌浆期的长期高浓度 O₃ 暴露,水稻叶片光合系统已经遭到比较严重的



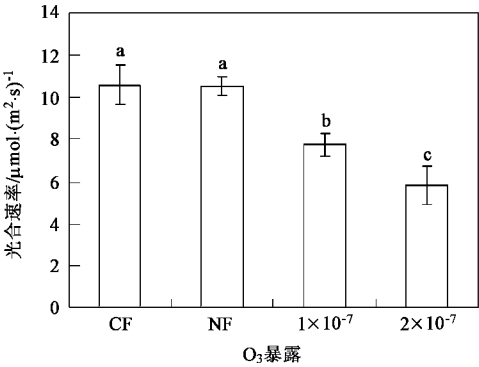
图中数字为平均值 ± 标准差, n = 5
图 4 OTC 内各处理的 O₃ 体积分数日变化
Fig.4 Diurnal changes of O₃ volume percentage under different exposure in OTC

破坏,致使光合速率下降,有机物合成能力降低,从而 影响水稻干物质积累。

2.3 O₃ 对水稻地上部分生物量的影响

由图 6 可知,经过近 40 d (2004-07-18 ~ 2004-08-25) 的 O₃ 暴露, 1×10^{-7} 和 2×10^{-7} 处理下的水稻地上生物量开始表现出显著($p < 0.05$)降低;同 CF 相比,在 2004-08-25 1×10^{-7} 和 2×10^{-7} O₃ 暴露下的水稻地上生物量分别降低 15.4% 和 36.5%,在 2004-09-18 分别降低 21.8% 和 45.0%,在 2004-10-15 分别降低 17.0% 和 43.3%;而 NF 处理下的水稻地上部生物量和 CF 处理相比没有显著变化.在整个生长季,O₃ 体积分数升高降低了水稻地上生物量积累速度,和 CF 相比, 1×10^{-7} 和 2×10^{-7} 处理下水稻地上生物量累积速度分别降低 8.8% 和 32.3%.

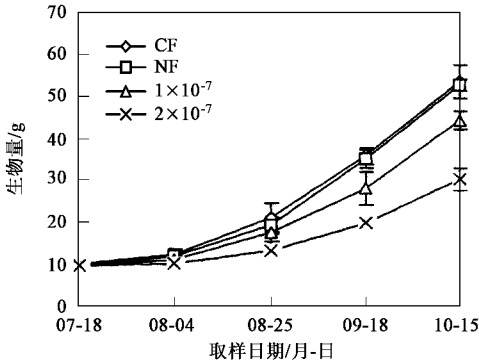
2.4 O₃ 对水稻产量构成的影响



图中数字为平均值±标准差, n = 10

图 5 O₃ 对不同 O₃ 暴露下水稻光合速率的影响

Fig.5 Effect of O₃ on photosynthetic under different O₃ exposure in OTC



图中数字为平均值±标准差, n = 3

图 6 O₃ 暴露对水稻地上生物量和生物量相对生长速率的影响

Fig.6 Effect of ozone on above ground biomass and RGR of rice

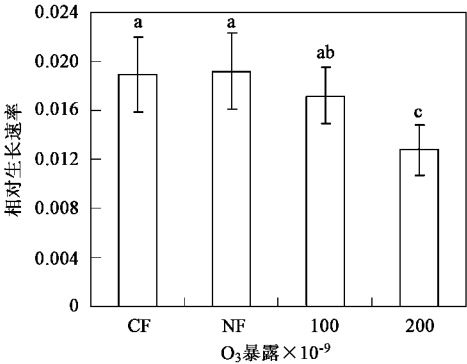
结实率、穗粒数、穗粒重、千粒重和产量均随 O₃ 体积分数升高而显著降低($p < 0.05$)(表 3). 和 CF

表 3 O₃ 对水稻产量构成和产量的影响¹⁾

Table 3 Effect of ozone on rice yield components

产量构成	O ₃ 暴露			
	CF	NF	1 × 10 ⁻⁷	2 × 10 ⁻⁷
结实率/%	89.5 ± 3.6a	87.8 ± 5.7b	83.6 ± 6.7bc	78.7 ± 2.9c
穗粒数	107.9 ± 8.1a	102.6 ± 8.4a	85.8 ± 9.3b	55.7 ± 6.5c
穗粒重/g	2.7 ± 0.2a	2.8 ± 0.2a	2.2 ± 0.2b	1.6 ± 0.1c
千粒重/g	27.7 ± 1.0a	27.1 ± 0.8a	25.7 ± 1.1b	24.4 ± 0.6c
产量/kg·m ⁻²	0.79 ± 0.1a	0.75 ± 0.1a	0.71 ± 0.1b	0.37 ± 0.0c
收获指数/%	53.6 ± 1.9a	53.4 ± 1.2a	49.9 ± 2.0a	44.4 ± 2.3b

1)表中数字为平均值±标准差(n结实率、穗粒数、穗粒重 = 15, n千粒重 = 9, n产量 = 3);字母代表在 5%水平上 LSD 多重比较结果,不同字母表示彼此差异显著



相比,1 × 10⁻⁷ 和 2 × 10⁻⁷ 处理下结实率分别降低 6.4%和 12.1%,穗粒数分别降低 20.5%和 48.4%,穗粒重分别降低 18.5%和 40.7%,千粒重分别降低 7.2%和 11.9%,产量分别降低 10.1%和 53.1%.收获指数除在 2 × 10⁻⁷ 处理下有明显降低外($p < 0.05$),NF 和 1 × 10⁻⁷ 处理下同 CF 相比差异不显著.

3 结论

(1) 采用旋转布气法的开顶式气室基本能够保证 O₃ 在 OTC 内水平和垂直方向分布比较均匀,而且设定的目标体积分数波动较小,同时还满足 OTC 内换气需要,使 OTC 内外温差小于 1.87℃,不会产生明显的温室效应.

(2) 利用该方法建立的 OTC 研究了大气 O₃ 体积分数升高对水稻的光合作用、生长和产量的原位影响,结果表明,O₃ 体积分数升高导致水稻叶片光合速率、地上生物量和产量显著降低.

(3) 从该实验结果来看,采用旋转布气法的开顶式气室符合进行大气特定成分变化对近地层生态系统原位影响的实验研究要求,可以在类似的研究中推广应用.

参考文献:

[1] Krupa S, McGrath M T, Andersen C P, *et al.* Ambient ozone and plant health [J]. Plant Disease, 2001, **85**(1): 4 ~ 17.

[2] Fuhrer J, Booker F. Ecological issues related to ozone: agricultural issues [J]. Environ. Int., 2003, **29**: 141 ~ 154.

[3] Collins W J, Stevenson D S, Johnson C E, *et al.* The European regional ozone distribution and its links with the global scale for the years 1992 and 2015[J]. Atmos. Environ., 2000, **34**: 255 ~ 267.

[4] Heagle A S, Philbeck R B, Heck W W. An open-top chamber to assess the impact of air pollution on plant [J]. J. Environ. Qual., 1973, **2**: 365 ~ 368.

[5] Mandle R H, Weinstein L H, McCune D C, *et al.* A cylindrical open-top field chamber for exposure of plants to air pollutants in the field [J]. J. Environ. Qual., 1973, **2**: 371 ~ 376.

[6] Heck W C, Adams R M. A reassessment of crop loss from ozone [J]. Environ. Sci. Technol., 1983, **17**: 572 ~ 581.

[7] Mathy P. The European open-top chambers programme: objectives and implementation [A]. In: Heck W W, et al, (eds.) Assessment of Crop Loss from Air Pollutants [C]. New York: Elsevier Applied Science. 1988. 505 ~ 513.

[8] Kobayashi K, Okada M, Nouchi I. Effects of ozone on dry matter partition and yield of Japanese Cultivar of rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Agric. Ecosystems Environ. , 1995, **53** (2): 109 ~ 122.

[9] Maggs R, Ashmore M R. Growth and yield responses of Pakistanrice (*Oryza sativa* L.) cultivars to O₃ and NO₂ [J]. Environ. Pollut. , 1998, **103**: 159 ~ 170.

[10] 王春乙,高素华,潘亚茹,等. OTC-1 型开顶式气室中 CO₂ 对大豆影响的试验结果[J]. 气象, 1993, **7**: 23 ~ 26.

[11] 郭建平,王春乙,温民,等. 大气中 O₃ 体积分数变化对水稻的实验研究[J]. 作物科学, 2001, **27**(6): 822 ~ 825.

[12] 白月明,王春乙,刘铃,等. O₃ 体积分数增加对油菜影响的实验研究[J]. 应用气象学报, 2002, **13**(3): 364 ~ 370.

[13] Feng Zong Wei, Jin Ming Hong, Zhang Fu Zhu, et al. Effects of ground-level ozone (O₃) pollution on the yields of rice and winter wheat in the Yangtze River Delta [J]. J. Environ. Sci. , 2003, **15** (3): 360 ~ 362.

[14] 白月明,王春乙,温民. CO₂ 和 O₃ 体积分数倍增及其交互作用对大豆影响的实验研究[J]. 应用生态学报, 2005, **16**(3): 244 ~ 251.

[15] Musselman R C. Field chambers for assessing crop loss from air pollutants [J]. J. Environ. Qual. , 1986, **15**: 152 ~ 157.

[16] 王春乙,郭建平,郑有飞. CO₂、臭氧、紫外线与作物生产[M]. 北京:气象科学出版社. 1997. 18 ~ 20.

[17] 陈法军,戈峰,苏建伟. 用于研究大气二氧化碳体积分数升高对农田有害生物的田间实验装置[J]. 生态学杂志, 2005, **24**: 585 ~ 590.

[18] Gimeno B S, Bermejo V, Sanz J, et al. Growth response to ozone of annual species from Mediterranean pastures[J]. Environ. Pollut. , 2004, **132**: 297 ~ 306.

[19] 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**: 50 ~ 57.

关于反对个别作者一稿两投行为的联合声明

为保证所发表论文的首创性和学术严谨性,《环境科学》、《中国环境科学》、《环境科学学报》编辑部和《Journal of Environmental Sciences》编辑部特发表如下联合声明.

我们明确反对个别作者的一稿两投或变相一稿两投行为.自 2006 年 5 月 1 日起,我们各刊在接受作者投稿时,要求论文全体作者就所投稿件作出以下承诺(附在投稿上):

1) 来稿所报道的研究成果均系全体作者的原创性研究成果,文中报道的研究成果(含图、表中数据的全部或部分)未曾发表亦未曾投其它科技期刊.

2) 在接到所投期刊编辑部关于稿件处理结果之前,所投稿件的全部内容不再投其它科技期刊.

我们将认真对待作者所作的上述承诺,并建立信息共享机制,对违背上承诺的作者(包括在文中署名的全体作者)采取联合行动.

净化学术环境、促进学术繁荣是学术期刊作者和编者的共同责任.我们诚恳地希望广大作者能够了解我们的上述立场和做法,并积极宣传和配合.

《环境科学》编辑部
《中国环境科学》编辑部
《环境科学学报》编辑部
《Journal of Environmental Sciences》编辑部
2005 年 12 月 1 日