

OTC-1型开顶式气室中CO₂对大豆影响的试验结果

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

利用 OTC-1型开顶式气室对大豆进行了长时期不同 CO₂浓度处理的接触试验,结果表明:不同 CO₂浓度处理对大豆生长发育、生物产量、籽粒产量及叶片光合速率等影响显著,且均为正效应。

关键词: 开顶式气室 CO₂浓度 大豆生长发育

引 言

温室效应增强导致的气候变暖及气候变暖对农业生产将产生不可忽视的影响,这种影响称为间接影响,关于间接影响已作了大量的工作^[1,2]。温室气体的增加对农作物生长发育及产量形成还有明显的直接影响,要定量的分析温室效应对农业生产的影响,就必须同时研究间接影响和直接影响两个方面。

本文主要介绍利用 OTC-1型开顶式气室研究不同 CO₂浓度处理对大豆叶片光合速率、生长发育及产量影响的诊断试验结果。

1 试验设计

1.1 试验方法

该项试验是在我们自己设计的 OTC-1型开顶式气室中进行的。关于气室的结构、CO₂浓度控制及 CO₂浓度的自动采集系统详见文献^[3]。

1.2 CO₂浓度

本项试验是在5个气室中进行的,设置4个处理气室;其 CO₂浓度分别为400、500、600、700ppm,一个对照气室,仅通风而不通

供试气体。各气室结构、风机、过滤系统完全相同,经实测,各气室内气象要素(主要为温度和湿度)变化基本相近^[4],因此,该项试验可以看作不同 CO₂浓度处理的单要素控制试验。

1.3 供试作物与栽培方法

供试作物为大豆,属 C₃类。采用盆栽方法,花盆顶口直径36cm,深26cm,盆内土壤质地相同,均匀种植5株大豆。生育期内管理方法相同,水肥不是限制因子。

2 结果分析

2.1 不同 CO₂浓度处理的控制稳定性

试验所使用的大豆为两个播期,第一播期为6月10日播种,第二播期为6月20日播种。大豆于7月21日移入气室,此时正值大豆开花始期,9月25日收获。从7月22日开始供气试验,9月21日供气结束,共63天。供气期间不同 CO₂浓度处理的控制结果如图1所示。从图1可以看出,不同 CO₂浓度处理的气室内可以长期保持同一浓度,变异系数对照气室为3.91%、400ppm气室为2.42%、500ppm气

室为1.08%、600ppm 气室为1.33%、700ppm 气室为1.64%。4个处理气室的变异系数均小于2.5%；同时，可以看出控制处理的气室中CO₂浓度变异系数小于对照气室的自然状况（未通气）。

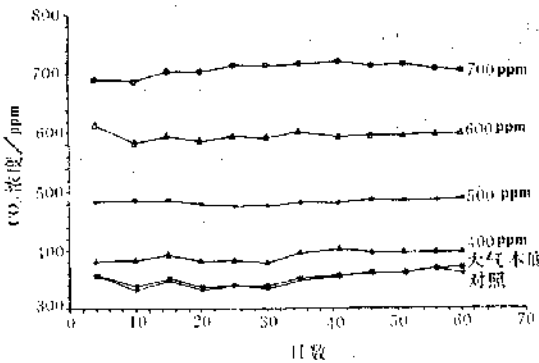


图1 不同处理气室中CO₂浓度随时间的变化

2.2 不同 CO₂ 浓度处理对大豆发育期和株高的影响

表1给出了第一播期(6月10日)大豆经不同 CO₂ 浓度试验处理后生长发育状况。从表1可知CO₂ 浓度为700和600ppm 气室

中,大豆开花始期、普遍期、末期、结荚始期、普遍期、末期及成熟期均为同步进入下一发育期,而500和400ppm 气室中大豆则比700和600ppm 处理气室中大豆各发育期晚1—2天,对照气室中大豆比700和600ppm 气室大豆各发育期晚2—3天。株高在开花普遍期时,700和600ppm 两个处理差异为2cm;结荚普遍期相差3cm。成熟时,700和600ppm 两个处理相差9cm,500和400两个处理相差10cm。各处理分别比对照高29cm、20cm、15cm、5cm,差异明显。

表2给出了第二播期(6月20日)大豆经不同 CO₂ 浓度试验处理后生长发育状况,从表2可知,第二播期大豆的各发育期和株高的变化规律与第一播期基本相同。500和400ppm 两个处理的各发育期比700和600ppm 两个处理晚1—2天,对照比700和600ppm 两个处理晚2—3天。株高变化为,在开花普遍时,600和500ppm 两个处理差异较大,成熟时600和500ppm 两个处理相差4cm,其它各处理相差2cm,与对照相比,分别相差10cm、8cm、4cm和2cm。

表1 1992年第一播期大豆移入气室(7月21日)后的发育情况

处理	开花始期 /月.日	开花普遍期 /月.日 株高/cm	开花末期 /月.日	结荚始期 /月.日	结荚普遍期 /月.日 株高/cm	结荚末期 /月.日	成熟期 /月.日 株高/cm
700ppm	7.21	7.24 32	7.26	7.29	7.31 97	8.4	9.20 119
600ppm	7.21	7.24 30	7.26	7.29	7.31 94	8.4	9.20 110
500ppm	7.21	7.25 29	7.27	7.31	8.1 92	8.6	9.22 105
400ppm	7.21	7.24 28	7.26	7.30	8.1 91	8.5	9.23 95
对照	7.21	7.26 28	7.28	8.1	8.3 88	8.7	9.23 90

表2 1992年第二播期大豆移入气室(7月21日)后的发育情况

处理	开花始期 /月.日	开花普遍期 /月.日 株高/cm	开花末期 /月.日	结荚始期 /月.日	结荚普遍期 /月.日 株高/cm	结荚末期 /月.日	成熟期 /月.日 株高/cm
700ppm	7.26	7.29 37	8.2	8.3	8.5 82	8.7	9.23 126
600ppm	7.26	7.30 36	8.1	8.6	8.9 80	8.10	9.23 124
500ppm	7.26	7.29 33	8.2	8.3	8.5 77	8.6	9.24 120
400ppm	7.27	7.30 30	8.2	8.4	8.8 72	8.10	9.24 118
对照	7.28	8.1 30	8.3	8.4	8.8 71	8.11	9.25 116

2.2 不同 CO₂ 浓度处理对大豆生物量的影响

作物生物量的95%是靠光合作用合成的,前面已分析了 CO₂ 浓度与各发育期及株高的关系。从试验资料可以看出大豆的生物量与 CO₂ 浓度呈直线关系(见图2)。从图可

知,大豆的根、茎生物量都是随 CO₂ 浓度的升高而增加,图中根、茎生物量为两个播期在收获时取4盆共20株大豆的总重量。

通过统计分析得到,茎与 CO₂ 浓度的关系式为:

$$y_1 = 126.69 + 0.61x$$

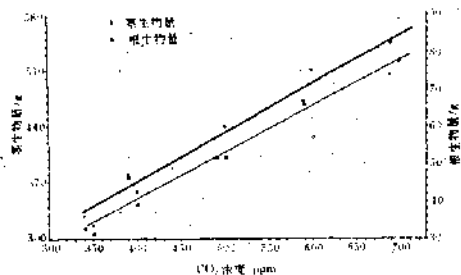


图2 CO₂浓度与大豆茎和根生物量的关系

粗实线:与茎生物量的相关;

细实线:与根生物量的相关

根与CO₂浓度的关系式为:

$$y_2 = -9.90 + 0.13x$$

总生物量与CO₂浓度关系式为

$$y_3 = 132.93 + 0.76x$$

在上述3个式子中, y_1 、 y_2 、 y_3 分别为大豆茎、根及总生物量(g), x 为CO₂浓度(ppm)。3个方程相关系数分别为0.9596、0.9636、0.9678;标准差分别为25.6275、13.1163、28.3604,样本数均为10。

表3为收获时第一播期的大豆生物量。由表3可知,无论茎、根还是总生物量随CO₂浓度升高都有明显的增加。与对照相比,增重最为明显的是根,根的增加有利于大豆吸收土壤中的养分和水分及固氮作用。CO₂浓度由400—700ppm,每升高1ppm茎平均增重0.72g,根增重为0.13g,总生物量增重为0.89g。由此可见,CO₂浓度的升高有利于生物量的积累,正效应十分明显。

表3 CO₂对大豆生物量的影响

CO ₂ 浓度/ppm	茎重/g	与对照相比/%	根重/g	与对照相比/%	总生物量/g	与对照相比/%
对照	316.56		31.65		365.57	
400	359.18	13.46	39.60	25.11	418.75	14.61
500	440.37	39.11	51.81	63.69	518.02	41.78
600	510.58	61.29	57.18	80.66	600.06	64.23
700	575.39	81.76	77.56	145.05	685.18	87.53

2.3 CO₂对大豆籽粒产量的影响

CO₂浓度升高有利大豆生物量的积累,同样,大豆的籽粒产量也是随CO₂浓度的升高而增加,如图3所示。两者的线性方程为:

$$y_4 = 32.59 + 0.33x$$

式中, y_4 为大豆籽粒产量, x 为CO₂浓度。相

关系数为0.9636,标准差为13.1163,样本数为10。

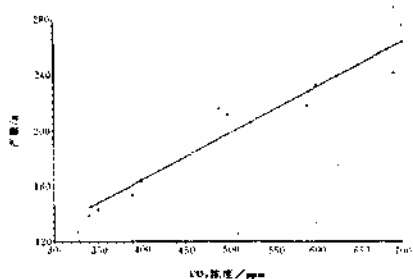


图3 CO₂浓度与大豆产量(20株)的关系

大豆平均单株籽粒产量同CO₂浓度的关系见表4。由表4可见,CO₂浓度目前升高到400ppm时,大豆籽粒产量可增加8%,升高到700ppm(约为目前的2倍)时,产量可提高66%。

表4 CO₂对大豆产量的影响

CO ₂ 浓度/ppm	产量/g·株 ⁻¹	与对照相比/%
对照	7.33	
400	7.92	8
500	9.69	32
600	10.81	47
700	12.15	66

2.4 CO₂对大豆叶片光合作用率的影响

采用美国拉哥公司生产的LI-6200型光合作用分析系统,分别在晴天(9月16日)和阴天(9月18日)的中午(12:30—14:00),循环测定各处理和对照5个气室内大豆完全展开绿色叶片的光合作用率,晴天叶片数为55个,阴天为88个。图4、图5为CO₂浓度与光合作用速率的关系。由图4、图5可知,CO₂浓度与光合作用速率呈线性关系。晴天时,相关系数为0.9261,标准差为1.9618,方程为:

$$y_5 = -7.28 + 0.0344x$$

阴天时,相关系数为0.9638,标准差为1.1217,方程为:

$$y_6 = -12.49 + 0.0368x$$

式中, y_5 、 y_6 分别为晴天、阴天时的光合作用速率, x 为CO₂浓度。

晴天中午,CO₂浓度由370ppm升高到700ppm时,大豆叶片的光合作用率由5.5μmol·m⁻²·s⁻¹升高到16.8μmol·m⁻²·s⁻¹

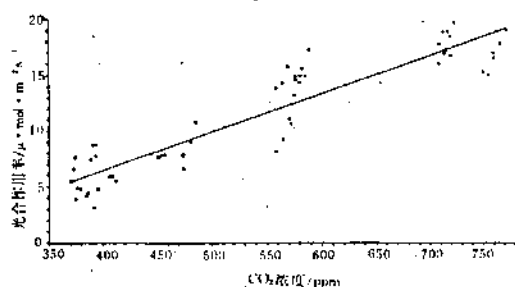


图4 晴天中午 CO₂浓度与光合作用率的关系

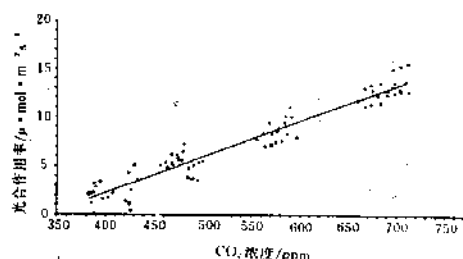


图5 阴天中午 CO₂浓度与光合作用率的关系

(详见表5)。由表5可知,CO₂浓度由370ppm(相当于大气本底)升高到400ppm时,光合作用率升高18%,CO₂浓度升高到500、600、700ppm时,光合作用率分别升高80%、143%、205%。阴天变化趋势与晴天完全一致,只是量值不同而已。

表5 CO₂对大豆叶片光合作用率的影响(晴天)

CO ₂ 浓度/ppm	光合作用率/ μmol·m ⁻² ·s ⁻¹	光合作用率变化/%
对照	5.5	
400	6.5	18
500	9.9	80
600	13.4	143
700	16.8	205

3 结语

3.1 在 OTC-1型开顶式气室中进行长时期不同 CO₂浓度控制试验是可行的,其不同 CO₂浓度处理控制稳定。

3.2 当 CO₂浓度为400—500ppm时,大豆发育期提早1—2天;当 CO₂浓度为600—700ppm时,大豆发育期提早2—3天。

3.3 CO₂浓度升高,大豆株高也随之升高。

3.4 大豆生物量及籽粒产量随 CO₂浓度升高而增加,两者呈较好的直线关系。

3.5 无论是晴天还是阴天,CO₂浓度升高,大豆叶片的光合作用率增大。

总之,CO₂浓度升高对大豆生物量、籽粒产量及叶片光合作用率影响显著,正效应明显。

参考文献

- 1 Gao suhua et al. The possible impact of greenhouse effect on the main food crops yield in China with the atmospheric CO₂ increase, Annual Report 1991—1992, China meteorological press, 1992, 171—176.
- 2 Wang Futang et al. A modelling analysis of effects of climate change on rice yield in the middle and lower reaches of Chang Jiang River and winter production in the Huang-Hai plain. Annual Report, 1991—1992, China meteorological press, 1992, 158—164.
- 3 王春乙等. OTC-1型开顶式气室的结构和数据采集系统. 气象, 1993, 19(4).
- 4 王春乙等. OTC-1型开顶式气室物理性能的测试与评价. 气象, 1993, 19(5).

The Experiment of the Influences of CO₂ on Soybean in Open Top Chamber OTC-1

Wang Chunyi Gao Suhua Pan Yaru Bai Yueming Wen Min

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Liu Jiangge

(Academy of Chemical Defence, PLA, Beijing)

Abstract

The touch experiment of long time measurement with different CO₂ concentration on soybean was made by using open top chamber OTC-1. The result shows that the influences of different CO₂ concentration on soybean growth and development, mass and grain yield and photosynthesis rate are remarkably positive effect.