

⑨

二氧化硫对小麦玉米的急慢性伤害研究

易秀¹ 张洪生² 郑泽群³

(1 西安地质学院水工系, 陕西西安 710054)

(2 农业部环境保护科研监测所, 天津 300191)

(3 西安市农业科学研究所, 西安 710061)

摘要 采用开顶式熏气装置进行SO₂对小麦、玉米的伤害试验研究。结果表明, 在小麦返青至灌浆期, 用SO₂浓度为0.322 mg·m⁻³处理的小麦出现了伤害症状。长时间用浓度为0.322, 0.211和0.122 mg·m⁻³ SO₂处理的小麦比对照分别减产24%, 19%和13%。在不同生育期不同浓度SO₂对小麦表观光合作用速率及叶片含硫量都有影响。玉米急性伤害的临界剂量为2.50 mg·m⁻³×4 h, 4.92 mg·m⁻³×2 h, 7.38 mg·m⁻³×1 h, 阈值为5.90 mg·m⁻³×8 h, 6.49 mg·m⁻³×6 h, 11.80 mg·m⁻³×4 h, 15.00 mg·m⁻³×2h, 17.00 mg·m⁻³×1 h。

关键词 二氧化硫, 熏气, 小麦, 玉米, 急慢性伤害, 临界剂量, 阈值

中图分类号 X503.231

SO₂是最常见的大气污染物之一, 它对农作物的生长、发育和产量都有明显的危害。低浓度SO₂的长期效应已引起了各国学者的重视^[1~6]。70年代以前, 由于熏气条件与田间自然条件的差异和浓度测试手段的限制, 使研究结果之间缺乏明显的可比性。70年代末, 国外普遍采用了田间开顶式熏气罩, 使大气污染对农作物的影响在研究方法上有了重大突破。这种方法消除了培养室内的微气候效应, 使作物对SO₂的反应更接近自然条件, 结果更加可靠^[7]。

中国从80年代后期陆续开始采用开顶式熏气装置研究大气污染物的植物生态效应^[8~10], 研究低浓度SO₂长期暴露对作物的影响及高浓度SO₂对作物的急性伤害特点在农业生产上具有重大意义, 它是评价大气污染物对农业的影响和估价农业经济损失费用的基础^[11~13]。本研究通过开顶式熏气装置, 确定了小麦、玉米在模拟的SO₂污染环境下受害的可能性(急性与慢性)、受害程度和受害症状, 为SO₂污染区小麦、玉米的生长影响评价提供依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

小麦品种为“津83-1”, 玉米品种为“黄马牙”。盆栽, 农田土壤和厩肥(4:1)充分混匀, 定量(12 kg/盆)装入盆内。适时追肥, 常规管理。小麦每盆定苗8株, 玉米每盆3株。

1.2 试验方法

熏气装置 采用国际通用的田间开顶式熏气装置。该装置由风机、框架、室壁和通风

收稿日期 1996-10-09

作者简介 易秀, 女, 1965年生, 讲师, 硕士

管道四部分组成。SO₂ 由液化钢瓶减压,经氮气稀释后,由聚四氟乙烯管经风机口送入熏气室,空气经活性炭过滤后进入熏气室。DP-Ⅱ型动态配气仪通过流量调节各处理的 SO₂ 浓度分配。

熏气处理 低浓度 SO₂ 慢性伤害试验以小麦为试验材料。熏气处理分:返青-灌浆期熏气处理 18 盆(4 月 4 日~5 月 18 日),扬花期熏气处理 16 盆(5 月 4 日~5 月 17 日),拔节期熏气处理 16 盆(4 月 18 日~4 月 29 日),苗期熏气处理 14 盆(4 月 4 日~4 月 17 日)。各处理的熏气浓度采用盐酸付玫瑰苯胺比色法确定。在试验期间将各浓度处理不定期监测 4~5 d,每天采样 4 次,每次采样 1 h,计算试验期间的平均浓度。各熏气处理 SO₂ 浓度、剂量、熏气持续时间见表 1。熏气在无雨、无风天气进行。

表 1 慢性伤害试验各熏气处理 SO₂ 浓度和剂量mg · m⁻³ · h

熏气浓度 (mg · m ⁻³)	返青-灌浆期	扬花期	拔节期	苗期
I (0.322)	61.31	21.57	19.80	19.00
Ⅱ (0.211)	40.83	14.14	12.98	12.45
Ⅲ (0.122)	23.61	8.17	7.50	7.20
CK(0.000)	0.00	0.00	0.00	0.00

注:返青-灌浆期、扬花期、拔节期和苗期的熏气时间分别为 193.5,67.0,61.5 和 59.0 h。

高浓度 SO₂ 急性伤害试验 以玉米为试验材料。试验期间各浓度处理每次采样 0.5 h,至少重复 2 次采样,以确定 SO₂ 浓度。每个处理取 8 盆,玉米生长至三叶期开始熏气。

表观光合作用速率测定 采用 LI-6000 型便携式光合作用测定系统。定时随机从各处理中取出 2 盆,随机取不同植株上相同部位的功能叶 12 片,将叶片最宽部位夹入反应室中,反应时间为 30 s,由计算系统打印结果,取其平均值。

叶片及籽粒含硫量测定 取各处理不同部位的叶片,在 90℃ 烘箱中烘干,粉碎后过 1.0 mm 孔筛,制成粉样备用;籽粒取返青-灌浆期熏气处理样,同上法制成粉样。用 HCl+HNO₃+HClO₄ 消解,BaCl₂ 比浊法测定。

叶片枯斑率调查 停止熏气后 48 h,用方格纸测量每一处理的叶片枯斑面积及叶片总面积,按式 $\frac{\text{叶片枯斑面积}}{\text{叶片总面积}} \times 100\%$ 计算,每一处理测量 5 株,取其平均值。

2 结果与讨论

2.1 低浓度 SO₂ 对小麦的慢性伤害试验

2.1.1 低浓度 SO₂ 伤害症状 植物对 SO₂ 暴露的反应是一个复杂过程,这个过程包括 SO₂ 进入气孔以及在叶片内与湿性细胞膜接触后导致亚硫酸盐和硫酸盐形成的液相反应。这些化合物的形成扰乱了植物体内的生理平衡,可见的伤害症状则可能出现,也可能不出现。通过观察小麦叶片可发现,在苗期、拔节期和扬花期各浓度处理均未出现伤害症状,但返青-灌浆期中的处理 I (0.322 mg · m⁻³) 于 5 月 4 日部分叶片开始出现褪绿斑,叶尖枯黄卷曲。5 月 11 日大部分叶片出现黄褐色条斑或点块状、连珠状褐红色斑,气孔周围尤为明显,以旗叶为重;处理 Ⅱ (0.211 mg · m⁻³) 出现个别轻度伤害的褪绿斑。

2.1.2 低浓度 SO₂ 对小麦光合作用的影响 通过对不同生育期各浓度处理的表观光合

作用速率(表2)的测定,发现随着叶片功能叶的逐渐衰退,表观光合作用速率随之下降。在拔节期,不同SO₂浓度处理与对照相比,表观光合作用速率有显著差异,处理I, I, III分别比对照下降了36%,10%和11%。SO₂自气孔进入叶片组织,降低了叶肉细胞的pH值,H⁺浓度增高并且取代叶绿素中的Mg²⁺,使之成为脱镁叶绿素,从而造成叶片枯萎,光合作用受到抑制。在抽穗期和扬花后期,各浓度处理与对照相比,表观光合作用速率也有所下降,但未达到显著差异水平。

表2 不同处理表观光合作用速率

mg · s⁻¹ · m⁻²

熏气浓度 (mg · m ⁻³)	拔节期	抽穗期	扬花期
I (0.322)	0.6109**	0.5375	0.1467
I (0.211)	0.8572*	0.6099	0.2354
III (0.122)	0.8438*	0.5782	0.1926
CK(0.000)	0.9483	0.6135	0.2575

注:①拔节期、抽穗期、扬花后期的测定时间分别是4月20日、5月7日和5月21日;

②用新复极差法检验。 **表示差异极显著, P<0.01; *表示差异显著, P<0.05,下同。

2.1.3 低浓度SO₂对小麦产量构成因子及产量的影响 经考种,对小麦产量构成因子的统计分析(表3)表明,低浓度SO₂长时间熏气处理对穗长、穗不孕小花数、穗粒数有很大影响。与对照相比,SO₂对穗长、穗不孕小花数的影响达到极显著水平;在扬花期,受SO₂处理的小麦其穗长、穗不孕小花数也受到不同程度的影响。出现上述结果的原因是低浓度SO₂的熏气处理,使相当数量的花粉粒退化解体,抑制花粉在柱头组织上的萌发和花粉管的延长,形成许多异形花粉粒,从而影响小麦受精和结实^[2]。

表3 不同熏气处理SO₂浓度对产量构成因子的影响

熏气浓度 (mg · m ⁻³)	返青-灌浆期					扬花期				
	株高 (cm)	穗长 (cm)	穗粒数 (粒)	穗不孕小花数 (个)	千粒重 (g)	株高 (cm)	穗长 (cm)	穗粒数 (粒)	穗不孕小花数 (个)	千粒重 (g)
I (0.322)	70.2	5.6**	20*	7**	39.6	67.1	5.4*	17*	6*	38.7
I (0.211)	70.1	6.1**	22	2**	39.5	73.2	5.8*	23	3	41.3
III (0.122)	63.5	6.1**	24	3**	39.8	68.9	6.1*	21	5*	40.2
CK(0.000)	67.8	7.0	24	1	39.4	68.0	6.3	22	2	42.2

SO₂影响小麦光合作用和生长发育的必然是降低小麦产量。表4结果表明,在返青-灌浆期不同浓度SO₂对小麦产量的影响是极显著的,处理I, I, III分别比对照减产24%,19%和13%。扬花期仅有处理I造成显著减产,其它处理与对照相比均无差异。

表4 不同处理的小麦粒重

g/盆

熏气浓度 (mg · m ⁻³)	返青-灌浆期	扬花期	拔节期	苗期
I (0.322)	16.3**	15.1*	21.3	16.5
I (0.211)	17.4**	21.6	24.0	20.0
III (0.122)	18.7**	22.2	22.3	17.2
CK(0.0000)	21.5	21.0	21.2	19.3

2.1.4 低浓度SO₂对小麦叶片及籽粒含硫量的影响 从小麦叶片和籽粒含硫量的测定

结果(表 5)发现,在苗期、拔节期、扬花期用不同 SO_2 浓度处理后,其叶片含硫量较对照高出 1%~106%;在返青-灌浆期,处理 I, II, III 叶片含硫量分别高出对照 325%, 135% 和 119%,这与叶片出现伤害症状的程度相一致。籽粒含硫量都较低,且对照较高,这可能是由于籽粒对 SO_2 的污染反应敏感程度较差造成的,还有待于进一步研究。所以用叶片含硫量来评价大气中 SO_2 污染状况比其他方法的可靠性更高。

表 5 小麦叶片和籽粒含硫量 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$

处理时期	处理天数(d)	熏气浓度($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)			
		I (0.322)	II (0.211)	III (0.122)	CK (0.000)
苗期	10	5.72	5.14	4.95	4.74
拔节期	11	5.80	4.70	3.54	3.50
扬花期	11	4.81	3.25	4.36	2.33
返青-灌浆期	33	7.83	4.45	4.14	1.89
籽粒		1.14	1.18	1.14	2.81

2.2 玉米急性伤害试验

玉米属抗性植物,迄今尚未见到玉米急性伤害阈值的报道。采用田间开顶式熏气装置进行了 11 个浓度的处理。在玉米生长至三叶期开始熏气,叶片已完全展开,心叶可见。表 6 给出了不同处理剂量下的叶片枯斑率。

表 6 不同 SO_2 浓度下的叶片枯斑率 %

SO_2 浓度 ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	熏气时间(h)				
	1	2	4	6	8
2.50	—	—	0.47	0.63	1.02
4.92	—	0.71	0.79	1.30	1.97
5.90	—	0.92	1.07	2.47	6.31
6.49	—	1.12	2.31	7.51	8.34
7.38	1.20	2.01	3.24		
8.20	1.23	1.98	3.51		
11.80	2.91	3.25	5.65		
13.66	3.10	3.98			
15.00	4.05	6.31			
15.30	4.18	6.24			
17.00	7.63	8.78			

注:“—”表示幼株生长正常,未出现伤害症状。

O'Gara 1922 年^[14]提出了临界剂量的概念,即当植物体内有毒物质累积超过它的代谢能力时,也就超越了植物本身解毒能力的最大极限,进入受伤害的临界。本试验以开始出现可见伤害症状时的 SO_2 剂量作为临界剂量。

由表 6 可给出玉米急性伤害的临界剂量:

2.50 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3} \times 4 \text{ h}$;

4.92 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3} \times 2 \text{ h}$;

7.38 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3} \times 1 \text{ h}$ 。

急性伤害阈值通常以叶片枯斑率达到 5% 时的“ SO_2 浓度 \times 时间”来表示,是判断植物对“ SO_2 敏感程度的一个重要依据。

由表6可给出玉米急性伤害阈值:

5.90 mg · m⁻³ × 8 h;

6.49 mg · m⁻³ × 6 h;

11.80 mg · m⁻³ × 4 h;

15.00 mg · m⁻³ × 2 h;

17.00 mg · m⁻³ × 1 h.

本试验确定的玉米急性伤害阈值,与美国 Heck^[15]根据大量研究资料提出的SO₂对抗性植物产生5%叶片伤害的阈值基本一致。

3 结论

1)低浓度SO₂在小麦不同生育期熏气对小麦光合作用速率、叶片含硫量都有影响,影响大小取决于SO₂浓度;伤害症状是否出现与熏气时间和浓度有关。

2)低浓度SO₂长时间熏气对小麦穗长和穗不孕小花数有极显著影响,可使产量降低13%~24%,而苗期、拔节期和扬花期的短期熏气对产量没有显著影响。

3)高浓度SO₂熏气对玉米产生急性伤害的临界剂量和阈值,反映了SO₂浓度和暴露时间与玉米伤害程度之间的关系。

参考文献

- 1 张耀民,张洪生,吴丽英. 二氧化硫对小麦分蘖及生长锥分化的影响. 中国环境科学,1986,6(1):36~39
- 2 张耀民,付克文,吴丽英. 二氧化硫对小麦性细胞分化及受精过程影响的细胞学研究. 农业环境保护,1981(1):13~18
- 3 Heagle A S. Injury and yield responses of soybean to chronic doses of ozone and sulfur dioxide in the field. Phytopathology,1974,64(1):132~136
- 4 Neumann H H. Recent developments in research on air pollution and plant injury. Agricultural Meteorology CAGM Report,1982,9:5~6
- 5 Bell J N B, Rutter A J, Rejton J. Studies in the effects of low levels of SO₂ on the growth of *Lolium Perenne* L. New Phytol,1979,83:627~643
- 6 Miszaloski Z, Ziegler H. Available SO₂—a parameter for SO₂ toxicity. Phytopath Z,1980,97:144~147
- 7 Treshow M. Air pollution and plant life. New York, John Wiley and Sons, Ltd,1984
- 8 张耀民,吴丽英,付克文等. 二氧化硫对大豆结实影响的研究. 生态学报,1986,6(4):304~311
- 9 舒俭民,曹洪法,高映新等. 低浓度二氧化硫对小麦生长的影响. 农业环境保护,1988,7(3):16~18
- 10 刘燕云,曹洪法,舒俭民等. 几种作物对二氧化硫的剂量反应及其急性伤害阈值. 中国环境科学,1988(4):25~31
- 11 Tingey D T, Heck W W. Effect of low concentrations of ozone and SO₂ on foliage growth and yield of radish. J Amer Soc Hort Sci,1971,96:369~371
- 12 Farrar J F et al. Sulphur dioxide and the growth of *Pinus sylvertris*. J of Appl Ecology,1977,14:861~875
- 13 Robert G. Air pollution. New York:Plenum Press,1977
- 14 O'Gara P J. Effects of air pollutants on plants. J Ind Eng Chem,1922,14:177
- 15 Heck W W Effect on vegetation, native crops, forests. Air Pollution,1977,10:575~598

Studies on Chronic and Acute Injury of SO₂ to Wheat and Corn

Yi Xiu¹ Zhang Hongsheng² Zheng Zequn³

(1 Xi'an Geology College, Xi'an, Shaanxi, China, 710054)

(2 Institute of Agro-Environmental Protection, Ministry of Agriculture, Tianjin, China, 300191)

(3 Xi'an Agricultural Scientific Research Institute, Xi'an, Shaanxi, China, 710061)

Abstract The Open Top Chamber was adapted for SO₂ fumigation. The experiment results showed: wheats treated by 0.322mg · m⁻³ SO₂ appeared injury symptoms from the turning green stage to the milking stage. When the long-time fumigation concentrations of SO₂ were 0.322mg · m⁻³, 0.211mg · m⁻³ and 0.122mg · m⁻³, the yields of wheats decreased by 24%, 19% and 13% as compared with control test, respectively. Different concentrations of SO₂ fumigation affected apparent photosynthetic efficiencies of wheats and total amount of sulfur in their leaves at different growth periods. The critical doses of corn acute injury were 2.50mg · m⁻³ × 4h, 4.92mg · m⁻³ × 2h and 7.38mg · m⁻³ × 1h and the thresholds were 5.90mg · m⁻³ × 8h, 6.49mg · m⁻³ × 6h, 11.80mg · m⁻³ × 4h, 15.00mg · m⁻³ × 2h and 17.00mg · m⁻³ × 1h.

Key words sulfur dioxide, fumigation, corn, wheat, acute/chronic injury, critical dose, threshold

《畜牧兽医学报》编辑部 1998 年征订启事

《畜牧兽医学报》是中国畜牧兽医学会主办,《畜牧兽医学报》编委会、中国农业科学院畜牧研究所编辑出版的全国性的畜牧兽医学术刊物。创刊于 1956 年 7 月,读者对象为大、专院校的师生和各级畜牧兽医生产、科研工作者等。刊登较高水平的学术论文和专业研究报告以及对生产实践具指导性、启发性的文章。

本刊为全国中文核心期刊、中国自然科学核心期刊,并被国内外重要引文数据库收录。在中国科学引文数据库公布被引频次最高的 500 种科技期刊中名列第 305 位。中国科学引文数据库农林核心期刊名列 14 位。

本学报为双月刊,96 页,每期订价 5.00 元。全国各地邮局均可订阅,邮发代号:82-453;国内统一刊号:CN 11-1985/S;国外代号:BM446;编辑部地址:北京市海淀区圆明园西路 2 号中国农业科学院畜牧研究所;邮政编码:100094;电话:(010)62581177-3088。