

二氧化硫对蚕豆叶片伤害类型的研究

陈小勇

(华东师范大学环境科学系, 上海 200062)

成海霞

(胜利石油管理局现河采油厂, 山东东营 257068)

摘要 二氧化硫熏气处理后对蚕豆(*Vicia faba* L.)叶片的伤害可划为3种类型, 即不可见伤害、可逆的可见伤害以及不可逆伤害。采用动态熏气的方法初步估计了3类伤害的阈值, 不可见伤害阈值小于 $131.2 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times 8 \text{hs}$, 可见伤害阈值为 $1322.8 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times 2 \text{hs}$, $1322.8 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{SO}_2$ 处理时不可逆伤害阈值介于16 hs(累积小时数, 下同)和24 hs之间, 而以 $775.0 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{SO}_2$ 处理时, 则介于32 hs和40 hs之间。认为超氧化物歧化酶活性作为不可见伤害和不可逆伤害的指标较为适宜, 可见伤害阈值则可沿用传统的5%伤害叶面积作指标。

关键词 二氧化硫; 伤害类型; 蚕豆

A study of the injury types of the leaves of *Vicia faba* L. fumigated with sulfur dioxide
Chen Xiao-Yong (Department of Environmental Sciences, East China Normal University, Shanghai 200062), Cheng Hai-Xia (Xianhe Oil Extraction Factory, Shengli Oil Administrative Bureau, Shangdong Province, Dongying 257068), *J. Plant Resour. & Environ.* 1994, 3(3): 49~53

There are three injury types of the leaves of *Vicia faba* L. when fumigated with different doses of SO_2 , i. e., invisible injury, visible injury (recoverable) and unrecoverable injury. The threshold values of the three types of injury estimated by dynamic fumigation experiments are less than $131.2 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{SO}_2 \times 8 \text{hs}$ for invisible injury, $1322.8 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{SO}_2 \times 2 \text{hs}$ for visible injury and $1322.8 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{SO}_2 \times 16 \sim 24 \text{hs}$ (accumulated) or $775.0 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{SO}_2 \times 32 \sim 40 \text{hs}$ for unrecoverable injury. It is suggested that 5% injured leaf area is suitable for the index of visible injury. Superoxide dismutase activity can be used as the index of the invisible injury and unrecoverable injury for it is sensitive to SO_2 and changes dramatically with the increase of SO_2 dose.

Key words sulfur dioxide; injury type; *Vicia faba* L.

1. 引言

许多研究表明, 低浓度 SO_2 处理植物, 会造成慢性伤害, 虽然没有表现出明显的伤害症状, 但已经使植物体内一些生理生化过程发生变化, 即造成不可见伤害。当 SO_2 剂量超过一定值时, 植物出现明显的伤害症状, 即可见伤害^[1,5,9]。当植物受害不很严重时, 若停止接触 SO_2 , 植物能够恢复正常, 但若植物受害超过一定程度时, 即使置于清洁的空气中, 也不能恢复正常, 也就是说, 造成了不可逆伤害。测定植物的这3种伤害阈值, 对于正确评价植物对 SO_2 的敏感程度, 筛选城市绿化植物有重要意义。

自由基的破坏作用是 SO_2 对植物造成伤害的主要原因之一, 增多的自由基使膜脂过氧化,

收稿日期 1994-04-12

* 本文是在导师宋永昌教授指导下完成的, 特此感谢!

引起丙二醛含量升高^[7],同时,体内自由基清除体系也发生一些变化^[2]。超氧化物歧化酶(SOD)是一种重要的自由基清除酶,对SO₂反应很灵敏,低浓度SO₂处理,即能引起植物体内SOD活性升高,且其变化与植物对SO₂的敏感程度相关^[3],但当SO₂处理剂量超过一定值时,能导致SOD活性下降^[3]。本试验以SOD活性和可见伤害症状来指示SO₂对蚕豆叶片的伤害程度及类型。

2. 材料和方法

2.1 植物材料 蚕豆(*Vicia faba* L.)品种为“云南白皮”,生长一致的正常植株。

2.2 熏气处理 SO₂处理装置同前文^[2]。熏气箱内SO₂浓度用四氯汞钾-盐酸副玫瑰苯胺法测定^[4]。处理浓度分别为:1322.8, 775.0, 260.1和131.2 μg/m³,另外设置对照(16.5 μg/m³)。连续处理5或10天,每天熏气8 hs(8:00~16:00)。

2.3 指标测定

2.3.1 可见伤害 在熏气过程中以及熏气后,观察记录植物的反应,确定叶片受害面积。

2.3.2 超氧化物歧化酶(SOD)活性 测定方法同前文^[2]。

2.3.3 丙二醛(MDA)含量 称取0.5 g叶片,加0.05 mol/L磷酸缓冲液(pH 7.0),研成匀浆,离心,上清液定容。上清液2 ml加0.67%三氯乙酸,沸水浴25 min,冷却后离心。测定OD₅₃₂,减去波长600 nm下的非特异性吸收。按155 nmol/cm消光系数计算MDA的含量。

3. 实验结果

3.1 可见伤害

以叶片受害面积代表可见伤害,接触SO₂后,蚕豆叶片可见伤害变化情况见图1。较高浓度的SO₂(1322.8和775.0 μg/m³)处理后蚕豆叶片产生了严重的可见伤害,以5%叶面积受害

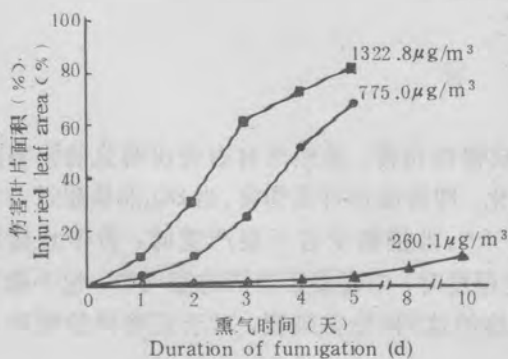


图1 SO₂熏气引起蚕豆叶片的可见伤害

Fig 1 Visible injury of the leaves of *Vicia faba* by SO₂ fumigation

作为可见伤害阈值,则1322.8 μg/m³ SO₂处理2 hs,蚕豆叶片即表现出可见伤害,到处理的第3天,受害叶面积近60%,至第5天,达80%以上,停止熏气后,伤害症状进一步扩大,最后整个植株死亡。775.0 μg/m³ SO₂处理时,在第2天也达到了可见伤害阈值,第5天,可见伤害面积近70%,上部叶片受害严重,中下部的叶片伤害相对较轻。停止熏气后,植株逐渐恢复正常。而较低浓度的260.1 μg/m³ SO₂处理,直至第8天才表现出可见伤害,到处理结束时,伤害症状发展甚微,停止熏气后,植株很快恢复正常。至于131.2 μg/m³ SO₂处理,在整个熏气过程中均未给蚕豆叶片造成明显的可见伤害。

3.2 SOD 活性变化

不同浓度的 SO_2 处理蚕豆植株时, 叶片内 SOD 活性的变化情况见表1。低浓度 SO_2 能诱导 SOD 活性升高, $131.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 处理的最初3天, SOD 活性持续上升, 此后, SOD 活性变化很小; 接触 $260.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 , 蚕豆叶片内 SOD 活性变化有类似现象, 但活性较 $131.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 处理时要高。较高浓度的 SO_2 处理, 短时间内也能使 SOD 活性升高, 并且幅度较大, 但随着处理时间的延长, SOD 活性剧烈下降。 $1322.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 在处理的第2天, 使蚕豆叶片内 SOD 活性达到最高值, 而在第3天, SOD 活性急降至不到对照的一半, 以后2天, 仍继续下降; $775.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 处理时, 叶片内 SOD 活性的变化趋势与 $1322.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 相同, 只是在时间上延后了2天。

表1 SO_2 熏气对蚕豆叶片 SOD 活性的影响

Tab 1 Effects of SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) on the SOD activity (U/g FW) in the leaves of *Vicia faba*

SO ₂ concentration	熏气时间(天) Duration of fumigation (d)													
	1		2		3		4		5		8		10	
	活性 Activity	%	活性 Activity	%	活性 Activity	%	活性 Activity	%	活性 Activity	%	活性 Activity	%	活性 Activity	%
16.5	700	100	737	100	753	100	717	100	717	100	695	100	709	100
131.2	770	110.0	847	115.0	900	119.6	910	127.0	912	127.2	901	129.5	918	129.5
260.1	875	125.0	901	122.2	969	128.8	973	135.8	990	138.1	986	141.8	988	139.4
775.0	888	126.9	954	129.5	1087	144.5	1200	167.4	354	49.3				
1322.8	1027	134.1	1316	178.6	339	45.0	306	42.7	203	28.3				

3.3 MDA 含量的变化

MDA 是膜脂过氧化的产物, 常作为衡量植物膜脂过氧化程度的指标, SO_2 熏气对蚕豆叶片 MDA 含量的影响见表2。接触 SO_2 后, 蚕豆叶片 MDA 含量有不同程度的增加, 低浓度 SO_2 引起 MDA 含量增加较少, 且基本上维持在稳定的水平上, 说明膜脂过氧化程度比较低。 $775.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 处理的前4天, MDA 含量缓慢增加, 第5天, MDA 含量大幅度上升, 说明膜脂过氧化程度在第5天急剧加重。 $1332.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 处理时, 蚕豆叶片内 MDA 含量增加较多, 尤其是第3天增量最大, 到处理的第5天, MDA 含量是对照的5倍, 表明膜脂过氧化程度相当严重。

表2 SO_2 熏气后蚕豆叶片 MDA 含量的变化

Tab 2 Changes of MDA contents (n mol/g FW) in the leaves of *Vicia faba* fumigated with SO_2

SO ₂ concentration	熏气时间(天) Duration of fumigation (d)													
	1		2		3		4		5		8		10	
	含量 Content	%	含量 Content	%	含量 Content	%	含量 Content	%	含量 Content	%	含量 Content	%	含量 Content	%
16.5	4.340	100.0	3.994	100.0	4.172	100.0	3.849	100.0	4.253	100.0	4.068	100.0	4.140	100.0
131.2	4.734	109.1	5.084	127.3	5.641	135.2	5.275	137.1	5.713	134.3	5.720	140.6	5.020	135.8
260.1	5.278	121.6	6.124	153.3	6.570	157.4	6.212	161.4	6.159	144.8	6.074	149.3	5.963	144.0
775.0	7.778	179.2	8.991	225.1	9.174	219.9	10.956	284.6	14.679	345.1				
1322.8	9.355	215.6	13.340	334.0	17.394	416.9	20.235	525.7	21.786	512.3				

4. 讨 论

接触 SO_2 后, 植物有4种不同的反应: 无反应、不可见伤害、可见伤害和不可逆伤害(见图2), 即存在3种受害类型。一般来说, 短时间内接触低浓度 SO_2 , 许多植物都不发生任何反应, 但接触时间长, 或(和) SO_2 浓度较高, 植物将表现出不同类型的伤害。

当 SO_2 剂量超过阈值1, 则给植物造成不可见伤害, 引起植物慢性中毒, 长期处在这种环境下, 植物的生长减慢、生物量降低。SOD 活性对 SO_2 很敏感, 接触 $131.2 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{SO}_2$, 8 hs 后蚕豆叶片内 SOD 活性即有明显上升(表1), 说明蚕豆叶片的阈值1(不可见伤害阈值)的 SO_2 剂量低于该值。联合国欧洲经济委员会(ECE)认为, 对敏感植物造成不可见伤害的 SO_2 剂量为年平均浓度 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 日平均浓度为 $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ^[10], 低于本实验中的 SO_2 浓度。

SO_2 处理剂量增大, 超过阈值2(可见伤害阈值), 则植物表现出明显的可见伤害症状。一般将阈值2定义为使植物受害叶面积达到5%时的 SO_2 浓度和时间, 目前, 已经对许多植物的可见伤害阈值进行了研究^[1,5,9], 并根据植物的可见伤害阈值, 划分出敏感植物、抗性植物等^[8], 蚕豆的可见伤害阈值为 $1322.8 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times 2 \text{hs}$, 属于对 SO_2 比较敏感的植物, 与以前的结论一致^[8]。达到阈值2后, 蚕豆叶片内 SOD 活性和 MDA 含量都有上升, 在植物可见伤害不是很严重时, 停止熏气, 植株基本上能恢复正常, $260.1 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{SO}_2$ 处理10天, 蚕豆叶片可见伤害面积为10%, 停止熏气一段时间后, 基本上与对照一致。

若 SO_2 剂量继续增大, 达到阈值3(植物崩溃阈值), 则对植物造成不可逆伤害, 即使停止接触 SO_2 , 植物也不能恢复正常, 并逐渐死亡。苏维埃等^[6]在研究柑桔枝条抗冻性时, 以相对电导率变化最大时的冷冻温度作为其崩溃点阈值。我们把致使植物保护体系破坏的 SO_2 浓度和时间为植物崩溃点阈值, SOD 是植物重要的保护酶, 其活性变化基本上反映了保护体系的情况。采用 SOD 活性为指标, 以 SOD 活性由上升转为剧降时 SO_2 的浓度和时间为蚕豆崩溃阈值, 实验结果表明, 蚕豆的 SO_2 崩溃阈值介于 $1322.8 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times 16 \text{hs}$ (累积小时数, 下同) 与 $1322.8 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times 24 \text{hs}$ 之间或 $775.0 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times 32 \text{hs}$ 与 $775.0 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times 40 \text{hs}$, 达到这一阈值后, 即使停止熏气, 蚕豆也不能恢复正常。当 SO_2 处理剂量达到蚕豆的崩溃阈值后, 可见伤害和膜脂过氧化产物也发生急剧的变化, 两者均迅速增加, 与 SOD 活性所反映的现象一致, 停止熏气后, 1322.8 或 $775.0 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{SO}_2$ 处理的植株再也不能恢复正常。

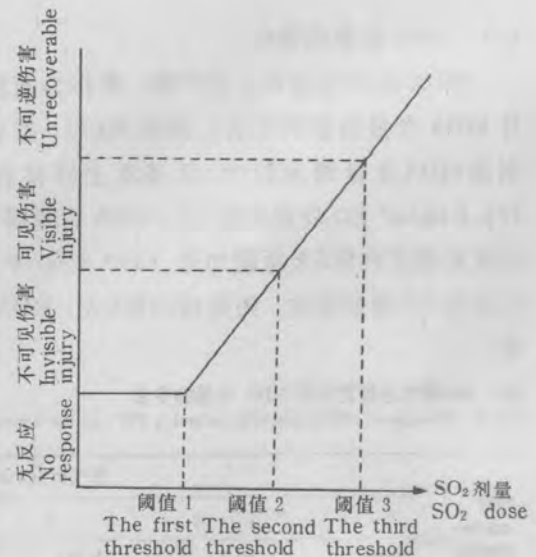


图2 植物对 SO_2 污染剂量反应图解

Fig 2 Schematic diagram of plant response as affected by SO_2 doses

参 考 文 献

- 1 陈树元, 唐述虞, 汪嘉熙. 1986; 环境污染与防治 8(1): 36~38.
- 2 陈小勇, 宋永昌. 1993; 植物资源与环境 2(1): 45~48.
- 3 邹晓燕, 刘厚田, 柳若安等. 1989; 中国环境科学 9(6): 427~432.
- 4 《环境监测分析方法》编写组. 1986; 环境监测分析方法, 中国环境科学出版社, 北京.
- 5 刘燕云, 曹洪法, 舒俭民等. 1989; 中国环境科学 9(3): 183~190.
- 6 苏维埃, 宓容钦, 王文英等. 1987; 中国科学(B辑) (10): 1058~1067.
- 7 俞子文, 谭 常, 杨惠东等. 1981; 植物生理学报 7(1): 57~65.
- 8 余叔文, 汪嘉熙等. 1981; 大气污染伤害植物症状图谱, 上海科学技术出版社, 上海.
- 9 中国科学院上海植物生理研究所环境组. 1978; 植物生理学报 4(1): 27~37.
- 10 ECE. 1988; Critical levels workshop, in A S Raghavendra (ed.). 1991; Physiology of Trees. John Wiley & Sons, New York, p. 338.

(责任编辑: 盛国英)

《生态农业研究》征订启事

《生态农业研究》系由中国科学院石家庄农业现代化研究所和中国生态经济学会联合主办的生态学与农学相结合的综合性学术刊物。1993年创刊, 国内外公开发行。本刊为交流研究进展、典型模式, 推广先进技术和经验提供发表新理论、新技术、新方法、新成果的园地, 适合从事生态农业研究、教学与管理决策工作者及有关高等院校的有关专业师生阅读。本刊为季刊, 每期80页, 逢季末出版, 定价4元/册, 全年定价16元(含邮资)。欲订者可通过邮局汇款至编辑部, 如

银行汇款寄至:

收款单位: 中国科学院石家庄农业现代化研究所

开户银行: 河北省石家庄工商银行裕华路办事处

银行帐号: 215-02640007-803

编辑部地址: 河北省石家庄槐中中路39号, 邮政编码: 050021, 电话号码: (0311)6018007