

接骨草叶片硫的积累与转移

郁梦德 余清发

(中国科学院华南植物研究所)

摘 要

用无性繁殖的接骨草幼苗,以不同浓度的 SO_2 熏气3天和以0.25ppm的 SO_2 进行不同时间的熏气,测定叶片吸收的 SO_2 ,试验结果表明:

1. 接骨草叶片的含硫量和硫的增加量均随 SO_2 的剂量增加而增加,在 SO_2 剂量为1.50—1.75ppm·日(平均值1.625ppm·日)以下时,叶片硫的增加量呈直线增加。根据1.625ppm·日剂量时叶片硫的增加量为1.10毫克/克·干重,可推算出 SO_2 在0.5ppm以下各级浓度时接骨草吸收 SO_2 的速度和维持吸收的时间。
2. 叶片含硫量及硫增加量随叶龄的增加而减少,叶龄愈大,硫的增加量愈小。
3. 接骨草叶片停止 SO_2 熏气以后,叶内含硫量随着时间的延长而逐渐减少,叶龄愈大,其减少的速度愈快。

植物能吸收积累大气中的二氧化硫,对环境起着明显的净化作用,利用植物保护和净化环境,已日益受到人们的重视,植物吸收二氧化硫的数量和速度,直接关系到绿化防污的效果,因此估算植物净化量的研究是目前研究者比较重视的课题之一。国内不少单位对植物净化二氧化硫量的估算,一般以污染区和非污染区植物叶片含硫量的差值作依据(孔国辉等,1983;冯采芹等,1982;董成文,1980),有些单位则用高浓度短时间的熏气试验结果来估算,前者没有把大气二氧化硫的浓度考虑在内,后者又不符合野外低浓度长时间的吸收条件,因此都不能反映植物在野外条件下的吸收和积累情况。植物吸收二氧化硫的量与二氧化硫的浓度和接触的时间是有着密切关系的。Hill (1971)报道,紫花苜蓿群落的二氧化硫吸收速度在空气中二氧化硫浓度为0.25ppm以下时呈直线增加(Hill, 1971)。松冈等人(1978)指出番茄的叶片二氧化硫吸收速度与二氧化硫浓度的关系在0.3ppm以上时呈饱和曲线(松冈義浩等,1978)。日本户塚 绩等(1979)在一定的光照、温度、湿度条件下变换二氧化硫浓度和熏气时间,研究向日葵叶片吸收二氧化硫规律,结果表明二氧化硫剂量在1ppm·日以下时,剂量与叶片吸收量之间大致呈直线关系。他们的试验都是用抗性较弱的栽培作物。本试验则选用目前在广州工矿地区推广、生长较好、抗性较强的植物——接骨草(*Gendarussa vulgaris*),研究其在不同浓度和不同时间条件下叶片对二氧化硫的吸收积累情况和停止接触二氧化硫后叶内硫含量的消长情况,为估算植物净化量、城市工矿区的防污绿化设计和利用植物叶片含硫量评价大气二氧化硫污染状况提供基础资料。

一、试验条件与方法

试验植物为盆栽接骨草,先在苗圃扦插长至10—15厘米,于1982年4月中旬选生长一致的苗,用花泥盆栽,每盆一株,同一水肥管理。熏气试验时,苗高约50厘米,具10—12对

叶, 4—5 个分枝。

试验设计分 3 种:

- (1) 分别用 0、0.1、0.25、0.5、1.0ppm 的二氧化硫连续熏气 3 天, 每天 8 小时;
- (2) 用 0.25ppm 二氧化硫熏气 1、3、7、15 天, 每天 8 小时;
- (3) 用 0.25ppm 二氧化硫熏气 3 天后 (每天 8 小时), 分别放置 1、3、7 天。

熏气装置是木架结构、有机玻璃的动态熏气箱, 体积为 $(1.20 \times 0.70 \times 1.40)$ 1.17 立方米两个, 一个作对照, 一个作处理, 光照为人工光照, 叶面层的光照强度约 1.8—2.2 万勒克斯。熏气箱内的温度、湿度随大气的变化略有不同, 一般比大气的要大一点, 温度大 1—1.8℃, 湿度大 10% 左右。

不同浓度相同熏气时间的试验在 7 月 19—21 日进行, 平均温度 31.5—34.5℃, 相对湿度 63.7—75.9%。

相同浓度不同熏气时间的试验在 7 月 22—8 月 16 日进行, 平均温度 30.8—36℃, 相对湿度为 61.7—81.9%。

试验用的二氧化硫为钢瓶液态二氧化硫, 用流动配气法配制, 每天熏气时先将箱内二氧化硫浓度使用 KZL-SO₂ 大气监测仪连续测定记录。箱内二氧化硫浓度变化不大于 5%, 取平均值作为该次熏气的二氧化硫试验浓度值。

每天熏气时间安排在 9:00—17:00 时, 熏气后将盆苗取出放置室外。盆苗在箱内的位置每天均变动, 熏气前后均用自来水淋湿土壤, 使土壤保持湿润。

各试验熏气结束后, 于次日分别采取第 2、4、6、8 对叶片样品, 用自来水冲洗干净, 再以蒸馏水冲洗, 晾干后置 60℃ 烘箱烘干, 用粉碎机磨碎过 80 目筛, 置磨口塞瓶中备用。用偶氮胂Ⅲ为指示剂的测硫方法测定叶片中的总硫量 (郁梦德, 1983)。

二、结果与分析

1. 二氧化硫浓度与接触时间对植物叶片含硫量和硫增加量的影响

在二氧化硫污染环境中生长的植物, 叶片含硫量比非污染区的要高, 含量的高低与二氧化硫浓度和接触时间有着密切的关系, 在一定范围内, 叶内含硫量和叶硫增加量 (叶片含硫量减去对照量的差值) 均随浓度的提高和接触时间的延长而增加, 本试验也得到同样的结果, 从图 1、2 可看出叶片含硫量和叶硫增加量随二氧化硫浓度的提高和接触时间的延长而增加。但两种处理的增加速度有所不同, 从不同浓度相同时间的试验 (图 1) 可以看出, 二氧化硫浓度在 0.5ppm 以下时是呈直线增加, 大于此浓度时则增加速度稍缓慢; 而从 0.25ppm 二氧化硫熏气不同时间的试验 (图 2) 看出, 植物从开始接触到第 7 天以前是呈直线增加, 以后则趋于稳定, 大致呈饱和状态。如将二氧化硫浓度和接触时间统一为剂量单位 (ppm·日) 来表示, 则从图 3—4 可以看出两种试验的叶片含硫量及叶硫增加量均随剂量的增加而增加, 当二氧化硫剂量在 1.5—1.75ppm·日以下时, 叶片含硫量及硫增加量呈直线增加, 大于此剂量时, 叶片含硫量和硫增加量的增加速度逐渐缓慢, 特别是延长接触时间增加剂量的试验, 尽管接触时间增加一倍, 但对叶片含硫量及硫增加量的影响不大, 大致呈饱和状态, 与户塚 绩的试验相同 (松冈义浩等, 1978), 他认为这可能是由于延长接触时间, 叶片中的

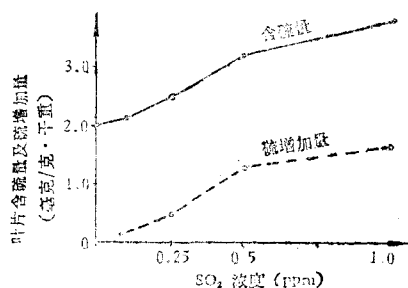


图 1 接骨草叶片含硫量及硫增加量与二氧化硫浓度的关系
fig.1 the relation between the amount (—) and increment (---) of S in leaves with SO_2 concentration

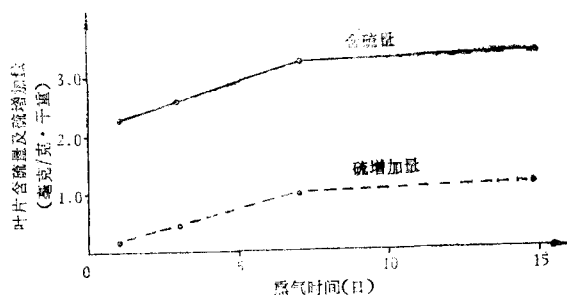


图 2 接骨草叶片含硫量及硫增加量与熏气时间的关系
fig.2 the relation between the amount (—) and increment (---) of S in leaves with fumigation time

硫会向茎和根部转移。

根据上述二氧化硫浓度在0.5ppm以下时及二氧化硫剂量在1.5—1.75ppm·日以下时叶片

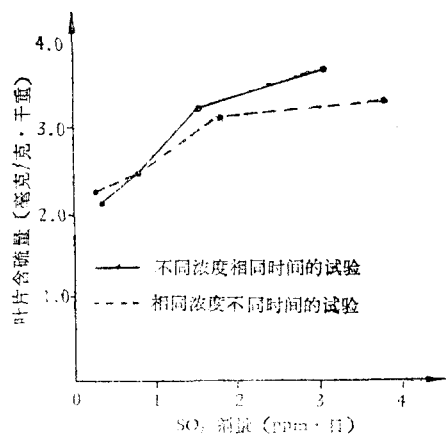


图 3 接骨草叶片含硫量与二氧化硫剂量的关系
fig.3 the relation between S amount of leaves and SO_2 dose

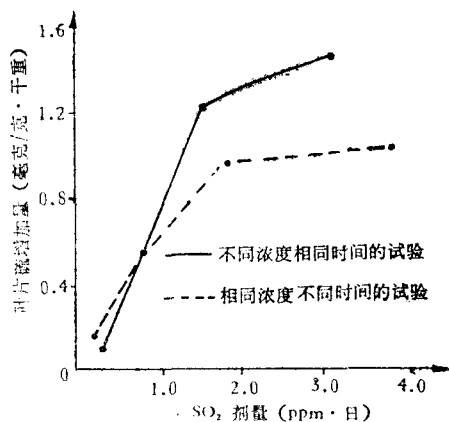


图 4 接骨草叶片硫增加量与二氧化硫剂量的关系
fig.4 the relation between S increment of leaves and SO_2 dose

的硫增加量呈直线增加的关系，这表明在此条件下叶片的硫增加量与二氧化硫浓度及剂量之间有一定的斜率，从图 4 中可查出两种处理的二氧化硫平均剂量1.625ppm·日时的叶硫增加量为1.10毫克/克·干重，于是就可推算出0.5ppm以下各级二氧化硫浓度时，接骨草叶片对二氧化硫的吸收速度和维持吸收的天数。

0.5ppm时叶片吸收二氧化硫的速度为0.68毫克/克/日，维持3.25日。

0.25ppm时叶片吸收二氧化硫的速度为0.34毫克/克/日，维持6.5日。

0.1ppm时叶片吸收二氧化硫的速度为0.14毫克/克/日，维持16.25日。

0.05ppm时叶片吸收二氧化硫的速度为0.07毫克/克/日，维持32.5日。

以二氧化硫浓度为横坐标，叶片吸收二氧化硫速度为纵坐标（左），维持吸收日数为纵坐标（右），则三者的关系如图 5 所示。

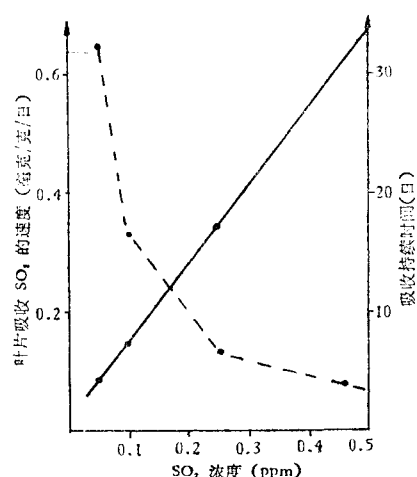


图 5 二氧化硫浓度与叶片吸收二氧化硫的速度 (—) 和吸收持续日数 (---) 的关系

fig.5 the relation between SO_2 concentration with the rate(—)and duration(---)of SO_2 absorption of leaves

2. 叶龄对叶片含硫量及硫增加量的影响

植物吸收空气中的二氧化硫, 主要是通过叶片的气孔, 一般认为成熟叶的光合作用能力强, 气体交换量大, 因而最易出现受害症状, 而且积累的硫也最多 (Guderian, 1976; Jensen等, 1975)。因此在利用植物叶片含硫量评价大气二氧化硫污染时, 大多数的研究者都是测定成熟叶的含硫量作为依据, 也有采取各龄叶片混合后测定的, 从图 6—7 看出, 成熟叶 (第 4—6 对叶) 的含硫量及硫增加量基本与各龄叶片的含硫量和硫增加量的平均值相接近; 各龄叶片的含硫量及硫增加量的增加趋势是一致的, 均随二氧化硫的剂量增加而增加, 但与叶龄呈负相关, 叶龄愈大, 叶片含硫量及硫增加量反而减少。据 Guderian 的研究认为, 春季生长停止后, 暴露于二氧化硫时, 最幼嫩叶

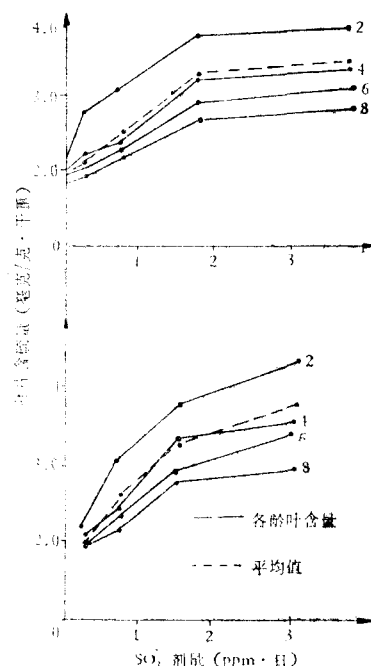


图 6 叶龄与叶片含硫量的关系

fig.6 the relation between leaf age and S amount of leaves
上为不同浓度相同时间的试验 下为相同浓度不同时间的试验

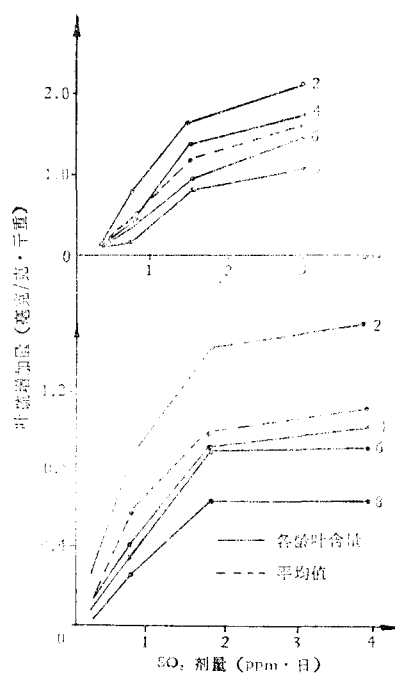


图 7 叶龄与叶硫增加量的关系

fig.7 the relation between leaf age and S increment of leaves
上为不同浓度相同时间的试验 下为相同浓度不同时间的试验

子积累的硫最多(Guderian,1977); 还指出最老的叶子光合作用最弱, 二氧化硫吸收率最低, 刚充分张开的叶子硫的积累最高, 光合作用率也最高(Jensen等, 1975)。日本户塚绩等研究光照、温度、湿度、叶龄对向日葵叶吸收二氧化硫的结果指出, 在温度20—30℃、湿度60—80%、光照2万勒克斯以下时, 叶片吸收二氧化硫的能力主要取决于光照强度; 清水英幸研究向日葵个体群的二氧化硫吸收速度认为: 二氧化硫的吸收速度随个体群上照度的增加而增大, 在4万勒克斯以下时呈现饱和。本试验叶面层的照度为1.8—2.2万勒克斯, 熏气箱内垂直距离每降低5厘米, 则光照强度会减弱0.2万勒克斯, 接骨草的节间距离为2.8厘米, 因此不同叶龄叶面上的照度是随叶龄的增加而减弱的, 这与叶硫含量及硫增加量随叶龄的增加而减少的趋势是一致的。

3 叶内硫的转移

接骨草叶片停止接触二氧化硫以后, 叶内含硫量随着时间的延长而逐渐减少(表1), 其减少主要是在停止接触二氧化硫后的头3天, 如第4、6、8对叶减少58—69%, 而第3

表 1 停止接触二氧化硫后叶片含硫量变化

table 1 after finishing SO₂ fumigation, the changes of S amount with time

叶 龄	硫增加量 (毫克/克·干重)			转 移 %	
	停止接触 1 日	停止接触 3 日	停止接触 7 日	3 日	7 日
第 2 对叶	0.87	0.80	0.77	8.1	11.5
第 4 对叶	0.41	0.17	0.16	58.5	61.0
第 6 对叶	0.36	0.11	0.10	69.4	71.1
第 8 对叶	0.24	0.08	0.06	66.7	75.0
平 均	0.47	0.29	0.27	50.7	54.7

天以后至第7天减少就甚微, 只有2—8%, 即使是第2对叶, 在头3天只减少8%, 而以后的减少也同样只有4%。不同叶龄减少的速度是随叶龄的增加而增加, 其中第2对叶减少的速度特别低, 不论是第3天或第7天都明显的低于第4、6、8对叶, 如第7天后第2对叶只减少了11.5%, 而第4、6、8对叶则减少了61—75%。据孟庆英等(1979)的研究, ³⁵SO₂被幼苗吸收以后, 很快分布到整个植株, 但以叶片中含量最多, 其次是茎、主根、侧根, 说明³⁵SO₂可向基部转移。基部的³⁵S主要集中在韧皮部, 一天后³⁵S就可到达根部并排出体外。清水英幸(1979)对向日葵进行研究发现, 熏气二天后, 叶片吸收SO₂中的硫有10—20%可转移到根部、茎部。Jensen等(1975)研究认为植物从大气中吸收的³⁵S, 可向基部转移, 其转移的速度和植物种类及植物的抗性有关。我们的试验结果亦与上述研究者的结果相符, 接骨草停止接触SO₂以后, 其叶片中的硫会随着时间的延长而逐渐减少, 其转移速度随叶龄的增加而增加。至于老叶的转移速度快于幼叶, 这可能是硫可从老组织向新组织转移的缘故(Jensen等, 1975)。

参 考 文 献

- 孔国辉等 1983 广东园林植物对二氧化硫、氯气的相对抗性。中国科学院华南植物研究所集刊(1):103—112。
- 冯采芹等 1982 有关林木净化二氧化硫的几个问题。环境科学(4):35—38。
- 田砚亭 1981 苗木对 $^{35}\text{SO}_2$ 的吸收及运转。北京林学院学报(4):14—22。
- 郁梦德 1980 植物叶片中氯、硫含量与叶龄和季节关系的初步分析。环境科学(2):38—42。
- 1981 空气污染与植物叶片中污染物含量的关系。环境科学(4):42—46。
- 1983 植物叶片中含硫量测定方法的改进。植物生理学通讯(3):49—51。
- 孟庆英、田砚亭 1979 $^{35}\text{SO}_2$ 在苗木中的分布及其存在形式(初报)。林业科学 15(3):219—221。
- 董成文等 1980 大气污染与园林植物(4):11—18。
- Guderian, R. 1977 Air Pollution, p.13—22, 42—44, 60—66。
- Hill, A.C. 1971 Vegetation: A sink for atmospheric pollutions. *J. Air pollution contr. ASS.* 21:341—346。
- Jensen, K.F. and T. T. Kozłowski 1975 Absorption and Translocation of Sulfur Dioxide by Seedlings of Four Forest Tree species. *J. Environ. Qual.* 4(3):379—381。
- Mansfield, T.A. 1976 Effects of Air poll. on Plants, P.87—103。
- 户塚 绩、名取俊树 1979 ヒマワリにおける SO_2 吸収と SO_2 ドースとの関係。国立公害研究所研究报告, 第10号, 131—138。
- 松冈义浩、高崎 强、宇田川理 1978 大气中の二酸化硫黄と植物叶中に集積する硫黄との関係。千叶农试研报19:109—113。
- 清水英幸、户塚 绩 1979 ヒマワリ个体群による SO_2 吸収量の推定。国立公害研究所研究报告, 第10号, 139—158。

ACCUMULATION AND TRANSLOCATION OF SULFUR BY GENDARUSSA VULGARIS NESS

Yu Mengde Yu Qingfa

(South China Institute of Botany, Academia Sinica)

The seedlings of vegetative propagation of *Gendarussa vulgaris* Ness were fumigated in the chamber with different SO_2 concentrations for three days and 0.25 ppm SO_2 for different duration. The SO_2 absorbed by the leaves was determined. The results obtained were given as follows:

1. The S amount and S increment of leaves increased with increasing SO_2 dose, linear correlation of these two factors has been found when the SO_2 dose was below 1.50—1.75 ppm. pay, the S increment of leaves was about 1.10 mg/g, based on the result that the S increment was 1.10 mg/g at SO_2 dose of 1.625 ppm. day, the rate and duration of SO_2 absorption of *Gendarussa vulgaris* Ness below the SO_2 concentration of 0.5 ppm in atmosphere could be calculated.
2. The S amount and S increment of leaves decreased at the advancement of age of leaves. The amount of SO_2 absorbed by the old leaves was less.
3. After the plants were removed from the chamber and settled in the no-polluted field, the S amount of leaves decreased gradually. The S amount in old leaves decreased faster,