

# 植物叶钾离子(K<sup>+</sup>)渗出量变化规律 及其在大气质量评价中应用\*

刘 荣 坤

(辽宁大学生物系)

## 摘 要

本文以7个阔叶树种为材料,经SO<sub>2</sub>熏气证实:植物叶K<sup>+</sup>渗出量与培养液K<sup>+</sup>浓度和叶片K<sup>+</sup>含量无关,依光强和植物种类而异,气孔开度大、叶片含硫量高者K<sup>+</sup>渗出量也多,具有很强的相关性。基于上述规律,提出按刺槐叶K<sup>+</sup>渗出量的阈值法和统计法( $\bar{X} \pm S$ )划分四个污染等级,用来评价沈阳市的污染状况,与理化监测相比基本一致。据大气SO<sub>2</sub>浓度( $\hat{y}$ )与K<sup>+</sup>渗出量( $x$ )之间建立的相关方程: $\hat{y} = 0.0111x - 0.0259$  ( $r = 0.879, P < 0.01$ )计算1982和1983年度大气SO<sub>2</sub>浓度,并按95%置信度绘制预测图,经精度分析,较理化监测更为稳定可靠。

**关键词**刺槐; K<sup>+</sup>渗出量; SO<sub>2</sub>浓度

## 前 言

植物在大气SO<sub>2</sub>影响下,细胞质膜透性发生改变,外渗物增加,在渗出液中以K<sup>+</sup>为主,约占20%以上,这些关系已为国内外研究所证实<sup>[1-4]</sup>。但K<sup>+</sup>渗出量为多种因素所制约,而其中植物培养液的K<sup>+</sup>浓度和叶片含K<sup>+</sup>量不同,或者试验条件光强改变对K<sup>+</sup>渗出量有何影响,它与植物气孔开度、叶片含硫量有什么关系,这些基本问题目前报道甚少。对此本文做了探讨,并进而提出用植物叶细胞K<sup>+</sup>渗出量评价大气质量和监测SO<sub>2</sub>含量的方法,试图为植物监测提供一个新途径。

## 实验材料和方法

**一、实验材料** 以刺槐(*Robinia pseudoacacia*), 桤叶槭(*Acer negundo*), 连翘(*Forsythia suspensa*), 鸡树条子荚蒾(*Viburnum sargentii*), 家榆(*Ulmus pumila*), 加拿大杨(*Populus canadensis*), 紫丁香(*Syringa vulgaris*)为材料。熏气试验是在相对洁净的东陵工程兵司令部(简称东陵公司)采样;直接测定是在沈阳6个行政市区内,均匀布置27个采样点(其中13个为市环境监测中心站的全部固定采样点)。均系定株,定向,定位的采摘无任何伤害,生长正常的当年生带叶枝条,洗净后待处理。

**二、熏气处理** 特制0.08立方米圆形开顶式动态有机玻璃熏箱,根据H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+

\* 本文于1985年6月收到,1986年3月收到修改稿。

赵伟、赵晶、薛伟等同志曾参加部分工作。

$\text{Na}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow$  的反应式, 在启普器中定量发生  $\text{SO}_2$  气体, 通过贮气瓶和流量控制计进入熏箱配气室, 并由轴流风机吸进空气以混匀气体, 再经筛板进入置有植物的熏气室, 而后入大气。箱顶镶有呈  $45^\circ$  内倾角的透明围圈, 可保证熏气室内不受外界气流干扰。熏气过程中定时抽取气体, 用盐酸付玫瑰苯胺法测定  $\text{SO}_2$  浓度 (ppm)。

### 三、测定方法

(一)  $\text{K}^+$  渗出量: 经无离子水反复冲洗的叶片, 用 1.0 厘米孔径打孔器打取叶圆片 10 厘米<sup>2</sup>, 再用无离子水洗净, 滤纸吸干周边, 以防伤口干扰。然后放在装有 30 毫升无离子水的小试剂瓶中振荡、净浸各 1 小时, 倾出溶液, 用 JF12-B 型火焰光度计测定  $\text{K}^+$  渗出量。

叶片  $\text{K}^+$  含量测定: 将叶圆片放在 30 毫升无离子水中煮沸两分钟后再按上法处理测定。熏前与熏后按半叶法打取叶圆片用以对照。每一处理重复 3—4 次。

(二) 浸润级: 按石原, 邦等改良浸润级法<sup>[6]</sup> 测定。

(三) 气孔大小和数量: 据印迹法在显微镜下测定单位叶面积的气孔数目, 并用测微尺测定气孔大小。

(四) 叶片含硫量测定: 用湿灰化硫酸钡比浊法测定。

## 实验结果

### 一、 $\text{SO}_2$ 影响下植物叶 $\text{K}^+$ 渗出量变化规律

#### (一) 植物叶 $\text{K}^+$ 渗出量与 $\text{SO}_2$ 剂量的关系

同一树种(洋槐)经不同  $\text{SO}_2$  剂量熏气处理, 叶片  $\text{K}^+$  渗出量依  $\text{SO}_2$  浓度增高而有规律的增加(图 1), 处理 2 小时和 4 小时的相关系数, 分别为  $r=0.968$  ( $P<0.01$ ) 和  $r=0.966$  ( $P<0.01$ ), 二者依存关系极为密切, 但在较低  $\text{SO}_2$  浓度下 (1ppm), 相关性不甚明显; 在  $\text{SO}_2$  浓度一定时,  $\text{K}^+$  渗出量又随处理时间延长而提高, 两个时间组的差幅随  $\text{SO}_2$  浓度增加而变大, 呈喇叭形。表明  $\text{SO}_2$  浓度和处理时间这两个因素对  $\text{K}^+$  渗出量都具有重要的作用。

不同植物对特定  $\text{SO}_2$  剂量的反应也不一样(表 1), 以试验树种的  $\text{K}^+$  渗出率

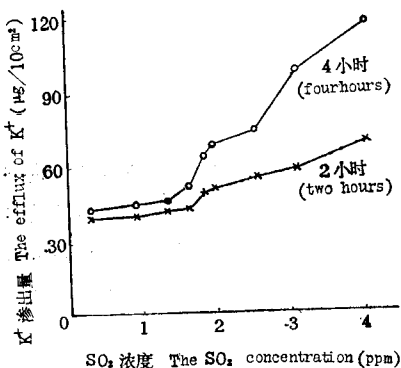


图 1 刺槐叶  $\text{K}^+$  渗出量与  $\text{SO}_2$  剂量的关系  
Fig.1 The relation between the efflux of  $\text{K}^+$  of the *Robinia pseudoacacia* leaves and the dose of  $\text{SO}_2$

( $P_k = \frac{K_2}{M_k} \times 100\%$ ) 为指标, 则加拿大杨, 连翘

为敏感; 紫丁香、鸡树条子荚蒾抗性较强; 家榆、桤叶槭、刺槐居中。

(二) 植物叶  $\text{K}^+$  渗出量与培养液  $\text{K}^+$  浓度和叶片  $\text{K}^+$  含量的关系

用  $\text{KNO}_3$  溶液培养刺槐和桤叶槭, 七天后测定叶片  $\text{K}^+$  含量(图 2)。培养后的叶片  $\text{K}^+$  含量均较对照为高; 并随培养液  $\text{K}^+$  浓度增高而增加, 相关系数在 0.974 以上, 其中桤叶槭较刺槐增加的更快, 表明培养液中  $\text{K}^+$  已被植物吸入体内, 由于各树种吸钾能力不同,  $\text{K}^+$  含量不一。

在同一  $\text{SO}_2$  浓度下, 叶片  $\text{K}^+$  渗出增加量

表 1 不同树种的K<sup>+</sup>渗出量  
Table 1 K<sup>+</sup> efflux of different species

树 种 Species	K <sup>+</sup> 渗 出 量 K <sup>+</sup> efflux ( $\mu\text{g}/10\text{cm}^2$ )			叶片K <sup>+</sup> 含量 ( $M_K$ ) The content of K <sup>+</sup> in leaves	K <sup>+</sup> 渗出率 ( $P_K$ ) Rate of K <sup>+</sup> efflux
	熏前( $k_1$ ) Before fu migation	熏后( $K_2$ ) After fu migation	增加量( $\Delta k^+$ ) Net efflux		
加拿大杨 <i>Populus canadensis</i>	76.32	178.08	101.76	349.80	50.90
连翘 <i>Forsythia suspensa</i>	44.52	143.10	98.58	416.58	34.52
家榆 <i>Ulmus pumila</i>	67.24	146.28	89.04	572.40	25.55
刺槐 <i>Robinia pseudoacacia</i>	41.34	47.70	6.39	200.34	23.80
桤叶槭 <i>Acer negundo</i>	47.70	57.24	9.54	422.94	23.53
紫丁香 <i>Syringa vulgaris</i>	69.96	95.40	25.44	581.94	16.38
鸡树条子荚蒾 <i>Viburnum sargentii</i>	47.70	57.24	9.54	534.94	10.71

SO<sub>2</sub>剂量: 4小时×10ppm(dose of SO<sub>2</sub> 4hr×10ppm)。

(4K<sup>+</sup>)并不依培养液中K<sup>+</sup>浓度而变化(图2),基本在同一水平波动,而且对于不同树种、不同SO<sub>2</sub>剂量处理,都表现出同样的规律性。在培养液K<sup>+</sup>浓度相同条件下,植物K<sup>+</sup>渗出增加量,则随SO<sub>2</sub>浓度增高而增加。

从表1看出,各树种叶片K<sup>+</sup>含量与熏前的K<sup>+</sup>渗出量之间无明显相关,而与SO<sub>2</sub>熏后的K<sup>+</sup>渗出量比较,几乎无相关性。

综上所述,植物在SO<sub>2</sub>影响下的K<sup>+</sup>渗出量,与培养液K<sup>+</sup>浓度和叶片K<sup>+</sup>含量无关,而为SO<sub>2</sub>浓度所制约,即取决于胞膜的破坏程度,SO<sub>2</sub>浓度高者膜破坏严重,K<sup>+</sup>渗出量就多<sup>(2-4)</sup>。

(三) K<sup>+</sup>渗出量与气孔开度阻力的关系

测定了7个实验树种的气孔数、气孔面积和浸润级,由于树种生物学特性不同,气孔开度不一。用统计方法检验证实(表2),这些气孔开度指标与 $\Delta K^+$ 之间均呈正相关变化,相关系数在0.747—0.902之间。表明气孔开度是制约K<sup>+</sup>渗出量的重要因素,开度大者阻力小,SO<sub>2</sub>进入量多,受害严重,K<sup>+</sup>渗出就多。这些指标与 $\Delta K^+$ 的关系以浸润级最为密切。

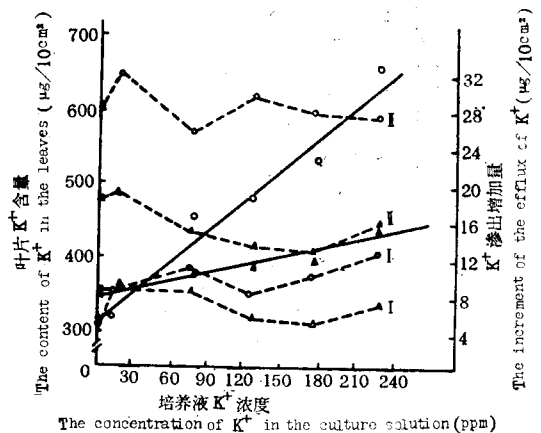


图 2 培养液K<sup>+</sup>浓度与叶片K<sup>+</sup>含量和K<sup>+</sup>渗出量的关系  
Fig.2 The relation between the concentration of K<sup>+</sup> in the culture solution and the content of K<sup>+</sup> and efflux of K<sup>+</sup> in the leaves  
(注)○:桤叶槭;Acer negundo;△:刺槐Robinia pseudo acacia—:K<sup>+</sup>含量K<sup>+</sup>;----:K<sup>+</sup>渗出量K<sup>+</sup> efflux I、II SO<sub>2</sub>浓度分别为0.5、8ppm I、II are 0.5, 8 ppm of concentration of SO<sub>2</sub> respectively

这些指标与 $\Delta K^+$ 的关系以浸润级最为密切。

表 2 气孔开度指标与K<sup>+</sup>渗出量的相关性Table 2 The correlation between the parameter of stoma opening and the K<sup>+</sup> efflux

相关因素 Correlation factors	湿润级与 △K <sup>+</sup> (I) Immersed degree and net K <sup>+</sup> efflux	气孔面积与 △K <sup>+</sup> (II) Stoma area and net K <sup>+</sup> efflux	气孔数与 △K <sup>+</sup> (III) Stoma number and net K <sup>+</sup> efflux	相关系数间差异性比较 Comparison between the differences of correlation coefficients		
				I与II	I与III	II与III
相关系数 (r) Correlation coefficient	0.902	0.357	0.747	I与II	I与III	II与III
自由度 Free degree	6	6	6	P>0.05	P>0.05	P>0.05
t 值 Value of t	4.672	3.326	2.247			
显著性 Remarkability	P<0.05	P<0.05	P>0.05			

SO<sub>2</sub>剂量6ppm×4小时 The dose of SO<sub>2</sub> ppm×6hr.

#### (四) SO<sub>2</sub>影响下叶片K<sup>+</sup>渗出量与光强的关系

在本实验的光强条件下,经相同SO<sub>2</sub>剂量处理,K<sup>+</sup>渗出量随光强增高而增加;在同一光强下一般随SO<sub>2</sub>浓度增高而增加(图3)。

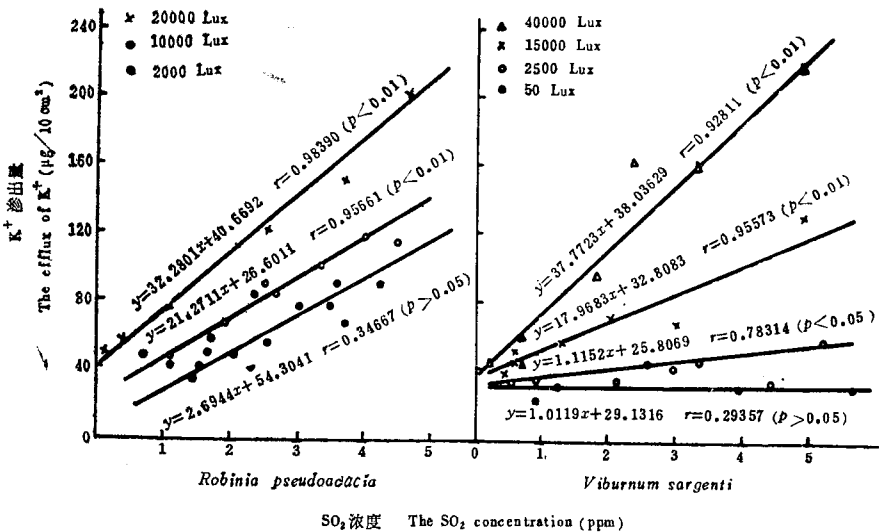


图 3 SO<sub>2</sub>影响下植物K<sup>+</sup>渗出量与光强的关系(熏气时间4小时)

Fig.3 The relation between the efflux of K<sup>+</sup> and the intensity of light under the influence of SO<sub>2</sub> (the time of fumigation is 4 hr)

分析上述原因,可能与气孔开度有关,在特定光强下(本实验40000Lux以下),气孔开度随光强增加而变大,SO<sub>2</sub>进入量多,危害严重;在较低光强下气孔开度小,即使利用高浓度SO<sub>2</sub>处理,K<sup>+</sup>渗出量也不多,因此植物在相同污染条件下的夜间几乎不受害<sup>(6)</sup>;当气孔开度一定时,K<sup>+</sup>渗出量的差异必然取决SO<sub>2</sub>浓度。

#### (五) 植物叶K<sup>+</sup>渗出量与含硫量的关系

对10组刺槐SO<sub>2</sub>熏气后测定(图4),叶片K<sup>+</sup>渗出量与含硫量的关系极为密切,相关系

数为 $r=0.971(P<0.01)$ ，表明叶片含硫量高者危害重，K<sup>+</sup>渗出量也多，可以用K<sup>+</sup>渗出量估算叶片含硫量，以此起到生物的监测作用。但K<sup>+</sup>渗出量的10组本底数据，由于个体差异和偶然因素的影响并不完全相同，如果计算其平均值 $53.52\mu\text{g}/10\text{cm}^2$ ，则变异系数6.31%，有 $1.068\mu\text{g}/10\text{cm}^2$ 的抽样误差，总的说还比较稳定。而且1ppm SO<sub>2</sub>浓度组的5组数据与2ppm的5组数据，也无显著差异，表明本底数据基本一致。

## 二、利用植物叶K<sup>+</sup>渗出量评价大气质量

### (一) K<sup>+</sup>渗出量的可逆性伤害阈值与本底值

为了便于应用，将K<sup>+</sup>渗出量用ppm表示。熏气试验证明：刺槐在不同光强下，出现可见伤害所需的SO<sub>2</sub>浓度，随光强减弱而提高，其中20000Lux时为1.1ppm，10000Lux时为2.3ppm而2000Lux时增加到3.0ppm，但它们所对应的K<sup>+</sup>渗出量基本相同，在5.0ppm左右(图5)。

把经过SO<sub>2</sub>处理的植物置于洁净的环境中14小时，再测定K<sup>+</sup>渗出量，在4.9ppm(≈5.0ppm)以下均有恢复趋势，该值以上不再恢复，呈继续增加

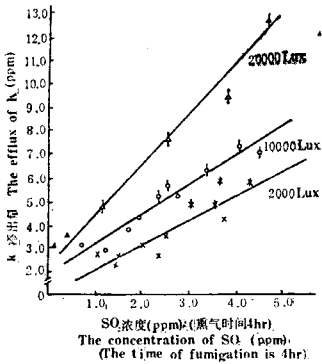


图5 不同光照下植物出现可见伤害的K<sup>+</sup>渗出量  
Fig.5 The efflux of K<sup>+</sup> under different illumination when plants appeared visible injury  
▲, ♠, \*: 为出现可见伤害的值 The value when plants appear visible injury;  
△, ○, ×: 为未出现可见伤害的值 The value when plants didn't appear visible injury

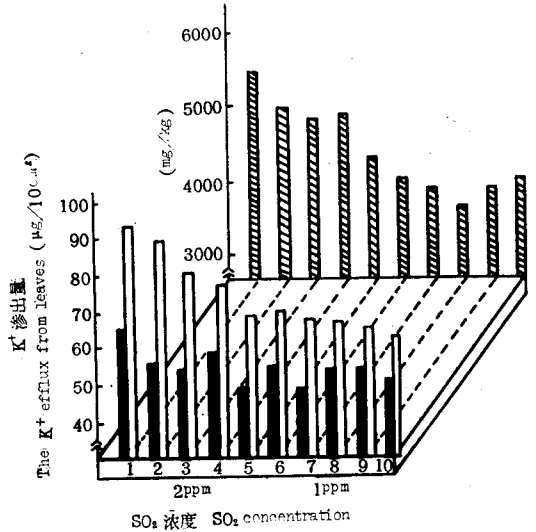


图4 SO<sub>2</sub>影响下K<sup>+</sup>渗出量与刺槐叶片含硫量的关系  
Fig.4 The relation between K<sup>+</sup> efflux and content of sulphur in *Robinia pseudoacacia* leaves under the influence of SO<sub>2</sub>  
▨ 叶片含硫量 Content of sulphur in leaves  
□ 熏后K<sup>+</sup>渗出量 K<sup>+</sup>efflux after fumigation  
■ 熏前K<sup>+</sup>渗出量 K<sup>+</sup>efflux before fumigation

状态(表3)。表明K<sup>+</sup>渗出量5.0ppm是可以恢复的临界浓度，5.0ppm以上便难以恢复并发生致死性伤害，因此5.0ppm可做为可逆性伤害阈值。

关于刺槐叶K<sup>+</sup>渗出量的本底值，以相对洁净的东陵工司监测点为对照区测定了20个样品，其平均值2.91ppm，变异系数为7.8%，标准误差仅为0.05ppm，变动不大且较稳定，以95%的置信度，按公式： $\mu = \bar{X} \pm t_{0.05} \cdot S_{\bar{X}}$  ( $\mu$ 为洋槐叶K<sup>+</sup>渗出量的本底值； $\bar{X}$ 为样本K<sup>+</sup>渗出量平均值； $t \cdot S_{\bar{X}}$ 为 $\bar{X} = \mu$ 的误差限)计算的上限值3.0ppm，做为刺槐叶K<sup>+</sup>渗出量的本底值。

### (二) 用K<sup>+</sup>渗出量评价大气质量

用K<sup>+</sup>渗出量所确定的可逆性伤害阈值5.0ppm做为重污染标准，本底值3.0ppm做为相

表 3 刺槐叶K<sup>+</sup>渗出量的可逆变化  
Table 3 Reversible change of K<sup>+</sup> efflux in *Robinia pseudoacacia* leaves

SO <sub>2</sub> 浓度 (ppm) Concentration of SO <sub>2</sub>		2				1			
K <sup>+</sup> 渗出量 (ppm) K <sup>+</sup> efflux (ppm)	熏 前 Before fumigation	3.7	3.2	3.6	3.1	2.9	3.0	3.4	3.4
	熏 后 After fumigation	5.9	5.6	4.9	3.8	3.3	4.3	4.3	4.1
	经14小时恢复 Restoration in 14hr	18.0	18.0	4.1	3.4	3.1	3.7	3.6	4.0

熏气时间 4 小时(The time of fumigation 4hr)

对洁净级标准,按2.0ppm的等级差划分四个污染等级具体标准如表4。据研究,在随机取样条件下,植物伤害值的出现为统计规律所支配<sup>(7)</sup>,为此试用( $\bar{X} \pm S$ )法划分了四个污染等级( $\bar{X}$ 为K<sup>+</sup>渗出量的平均值,S为样品标准差),其中:

( $\bar{X}-S$ )以下为相对洁净区, I 级;

( $\bar{X}-S$ )- $\bar{X}$ 为一般污染区, II 级;

$\bar{X}$ -( $\bar{X}+S$ )为重污染区, III 级;

( $\bar{X}+S$ )以上为严重污染区, IV 级。

并用同样方法对理化监测<sup>(1)</sup>的大气SO<sub>2</sub>浓度值进行划分如下(表4)。

表 4 污染等级划分标准  
Table 4 Standard of division of pollution classes

污染等级 Classes of pollution	植物叶 K <sup>+</sup> 渗出量 K <sup>+</sup> efflux from plant leaves (ppm)		理化监测SO <sub>2</sub> 浓度 SO <sub>2</sub> Concentration of atmosphere detected by physico-chemical method (mg/m <sup>3</sup> )
	可逆性阈值法 Threshold method of reversibility	( $\bar{X} \pm S$ )法 Method of ( $\bar{X} \pm S$ )	( $\bar{X} \pm S$ )法 Method of ( $\bar{X} \pm S$ )
I (相对洁净) Relative cleanliness	≤3.0	≤2.9	<0.0024
II (一般污染) General pollution	3.1—4.9	3.0—4.7	0.0025—0.0221
III (重污染) Serious pollution	5.0—6.9	4.8—6.5	0.0222—0.0478
IV (严重污染) Very serious pollution	≥7.0	>6.6	>0.0479

按上述标准对沈阳市SO<sub>2</sub>污染状况评价如表5。

上述27个采样点,根据理化监测大气SO<sub>2</sub>浓度用( $\bar{X} \pm S$ )法计算的污染等级,与K<sup>+</sup>渗出量阈值法比较,仅有一个点不同;与K<sup>+</sup>渗出量( $\bar{X} \pm S$ )法比较有两个点不同,相差均不超过一个污染等级,表明用K<sup>+</sup>渗出量评价大气SO<sub>2</sub>污染状况是完全可靠的,阈值法尤为准确;以K<sup>+</sup>渗出量为指标的阈值法和( $\bar{X} \pm S$ )法比较,在27个采样点中仅有两个点在临界值上略有差异,表明两种评价方法都能获得满意的结果。

1) 市环境监测站的例行监测方法,即用大气采样器在监测点采集气样,用盐酸付玫瑰苯胺法分析SO<sub>2</sub>浓度。

表 5 各采样点污染状况评价  
Table 5 The assesment of pollution at selected places

编号 Number	采样点 Selected place	理化测定大气 SO <sub>2</sub> 浓度 SO <sub>2</sub> concentration of atmosphere detected by physic-chem- ical method (mg/m <sup>3</sup> )	植物叶K <sup>+</sup> 渗出 量(ppm) K <sup>+</sup> efflux from plant leaves (ppm)	污 染 等 级 Classes of pollution		
				理化监测大气SO <sub>2</sub> 浓度 SO <sub>2</sub> concentration of atmosphere det ected by physic- chemical method ( $\bar{X}\pm S$ )法Method of ( $\bar{X}\pm S$ )	据K <sup>+</sup> 渗出量 According to K <sup>+</sup> efflux 阈 值 法 Threshold method	( $\bar{X}\pm S$ )法 Method of ( $\bar{X}\pm S$ )
1	沈阳灯泡厂	0.0804	9.1±0.064	IV	IV	IV
2	沈铁工程段	0.0367	5.6±0.073	III	III	III
3	市政	0.0258	6.1±0.049	III	III	III
4	四德里	0.0275	5.0±0.079	III	III	III
5	沈河监测站	0.0197	5.3±0.059	I	III	III
6	肇工变电所	0.0219	4.5±0.069	I	I	I
7	万泉公园	0.0197	4.5±0.077	I	I	I
8	碧塘公园	0.0130	3.4±0.071	I	I	I
9	电车公司	0.0129	3.4±0.078	I	I	I
10	市监测站	0.0097	3.4±0.078	I	I	I
11	工人村	0.0080	3.3±0.078	I	I	I
12	兴华公园	0.0073	3.3±0.051	I	I	I
13	东陵工司	0.0061	3.0±0.050	I	I	I
14	八一公园	—	9.9±0.053	—	IV	IV
15	大北道门	—	7.2±0.063	—	IV	IV
16	电缆厂	—	6.0±0.074	—	III	III
17	沈阳化工技校	—	6.0±0.041	—	III	III
18	红旗大街	—	4.7±0.052	—	I	I
19	煤气公司炼油厂	—	4.6±0.064	—	I	I
20	市委	—	4.2±0.063	—	I	I
21	故宫	—	3.9±0.047	—	I	I
22	辽宁大学	—	3.4±0.081	—	I	I
23	新华广场	—	3.4±0.081	—	I	I
24	辽宁中医学院	—	3.2±0.071	—	I	I
25	牛心屯	—	3.0±0.072	—	I	I
26	东陵炮校	—	2.9±0.063	—	I	I
27	建工学院分校	—	2.7±0.080	—	I	I

### (三) 用植物叶K<sup>+</sup>渗出量监测大气SO<sub>2</sub>浓度

#### 1. 用K<sup>+</sup>渗出量监测大气SO<sub>2</sub>浓度

于1982年在沈阳市环境监测站的11个大气监测点,对洋槐采样分析表明:叶片K<sup>+</sup>渗出量与大气SO<sub>2</sub>浓度呈直线正相关,其方程式为:

$$\hat{y} = 0.0111x - 0.02591 (r = 0.879, P < 0.01)$$

式中 $\hat{y}$ 为大气SO<sub>2</sub>浓度估计值(毫克/米<sup>3</sup>); $x$ 为叶片K<sup>+</sup>渗出量(ppm)。据此式对沈阳市环境监测中心站的固定采样点测算了1982和1983年度大气SO<sub>2</sub>浓度,并与理化监测值比

较如表 6。

由于回归方程的两个参数a和b皆有误差,故由方程的某一定值x(K<sup>+</sup>渗出量)估计总体的某一y值(大气SO<sub>2</sub>浓度)也必有误差:  $S_{\hat{y}_x} = S_{y-x} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(X-\bar{X})^2}{SS_x}}$ , 按此式计

算了X不同取值的估计标准误,并以95%的置信度,按公式  $L = \hat{y} \pm t_{0.05} \cdot S_{\hat{y}_x}$  绘制出依据植物叶K<sup>+</sup>渗出量估计大气SO<sub>2</sub>浓度的监测图(图6)。用1982年和1983年的大气理化监测值检验,均处于95%的置信带内,表明监测结果可靠。

表 6 按刺槐叶K<sup>+</sup>渗出量监测大气SO<sub>2</sub>浓度

Table 6 SO<sub>2</sub> concentration of atmosphere detected by K<sup>+</sup> efflux in *Robinia pseudoacacia*

监测点 Monitoring sites	1982年				1983年			
	植物 K <sup>+</sup> 渗出量 K <sup>+</sup> efflux from plant leaves (ppm)	大气SO <sub>2</sub> 浓度SO <sub>2</sub> concentration in atmosphere(mg/m <sup>3</sup> )			植物K <sup>+</sup> 渗出量 K <sup>+</sup> efflux from plant leaves (ppm)	大气SO <sub>2</sub> 浓度SO <sub>2</sub> concentration in atmosphere (mg/m <sup>3</sup> )		
		理化监测 Physicchemical method monitoring	公式推算 Formula deduction	差值 Deviation		理化监测 physicchemical method monitoring	公式推算 Formula deduction	差值 Deviation
东陵公园	2.9	0.0061	0.0063	0.0002	4.8	0.013	0.0273	0.0143
市监测站	2.9	0.0097	0.0063	-0.0034	4.3	0.030	0.0218	-0.0082
电车公司	3.1	0.0129	0.0085	-0.0044	5.3	0.021	0.0329	0.0119
兴华公园	3.2	0.0073	0.0096	0.0023	3.0	0.023	0.0074	-0.0156
工人村	3.3	0.0080	0.0107	0.0027	3.3	0.012	0.0107	-0.0013
碧塘公园	3.6	0.0130	0.0141	0.0011	5.5	0.032	0.0351	0.0031
万泉公园	4.5	0.0187	0.0241	0.0054	—	0.029	—	—
肇工变电所	4.5	0.0219	0.0241	0.0022	4.9	0.016	0.0284	0.0124
沈河监测站	5.3	0.0197	0.0330	0.0133	6.2	0.051	0.0429	-0.0081
沈铁工程段	5.6	0.0367	0.0363	-0.0004	—	0.075	—	—
沈阳灯泡厂	9.1	0.0804	0.0751	-0.0053	—	0.053	—	—

## 2. 大气SO<sub>2</sub>浓度的精度分析

首先按年度进行了实测值与计算值这两个水平间的方差分析: 1982年度的方差为  $F(1:20) = 0.0227$ , 小于  $F_{0.05}(1:20) = 4.35$ , 二者无显著差异; 1983年度的方差为  $F(1:4) = 0.04$ , 小于  $F_{0.05}(1:4) = 4.45$ , 二者也无明显差异。表明以K<sup>+</sup>渗出量为指标的公式估计值, 与理化监测值间无显著差别。

其次, 目前大气SO<sub>2</sub>监测的年平均值是用4, 7, 11, 1月份(春, 夏, 秋, 冬)四次监测结果的平均, 每次又是5天(次)监测结果的平均值。大气SO<sub>2</sub>各个测值由于存在测定的瞬时性, 其差异很大, 我们的计算值均在其相应的变化范围内。例如沈河监测点1982年计算值与实测值之间差异最大, 但理化监测的SO<sub>2</sub>浓度0.0197毫克/米<sup>3</sup>是0.0337和0.0056的平均值, 而计算值0.0330则在其变化范围内, 所以计算值较为稳定可靠。

又据1982年的理化监测和计算值对公式的回归关系分析表明: 大气SO<sub>2</sub>浓度与植物



K<sup>+</sup>渗出量之间存在非常显著的依存关系,用公式计算大气SO<sub>2</sub>浓度具有  $S_e = 0.00559$  毫克/米<sup>3</sup> 的误差;经方差分析,回归关系极为显著 ( $P < 0.01$ ),表明这一方程的建立是合理的;回归系数也极其显著,两个变量间确切存在着以 0.0111 为斜率的直线方程,其概率  $P < 0.01$ ,十分可靠。

### 讨 论

钾是植物的必需元素,是植物含量最丰富的阳离子,在体内起着酶系统的活化、光合作用和同化产物的运转,蛋白质合成,气孔开启的调节等重要生理作用。Barer认为,不同作物对K<sup>+</sup>的最大吸收速率,可以有比较大的差异<sup>[1]</sup>,我们以刺槐和桉叶桉为材料得到证实,这一点可能与植物的吸K<sup>+</sup>能力及对K<sup>+</sup>的代谢能力有关。

当SO<sub>2</sub>进入细胞后,首先作用于胞膜<sup>[2-4]</sup>,使电解质外渗,其中K<sup>+</sup>是外渗液中含量最多的一个<sup>[1]</sup>,而K<sup>+</sup>的渗出量又与植物K<sup>+</sup>含量无关。

表明K<sup>+</sup>渗出量在监测SO<sub>2</sub>污染方面是个比较显著而又少受干扰的生理指标。本文采用刺槐做监测树种,分别以K<sup>+</sup>渗出量的阈值法和统计法( $\bar{X} \pm S$ )划分四个污染等级,对沈阳的SO<sub>2</sub>污染状况进行评价;并依据大气SO<sub>2</sub>浓度和植物K<sup>+</sup>渗出量所建立的回归方程估计1982和1983年度的大气SO<sub>2</sub>浓度。表明结果可靠、精度较高。

尽管我们对此做了系统论证,由于本实验仅用刺槐一个监测树种,数据也不算多,还只能是一个研究方向,与实际应用尚有距离。据分析,皂角叶K<sup>+</sup>渗出量与大气SO<sub>2</sub>浓度的关系比刺槐更为密切,但分布不普遍,无法利用,因此监测树种的选择应以:(1)K<sup>+</sup>渗出量与大气SO<sub>2</sub>浓度的相关性强,反应敏感;(2)分布普遍,生长周期长为宜。

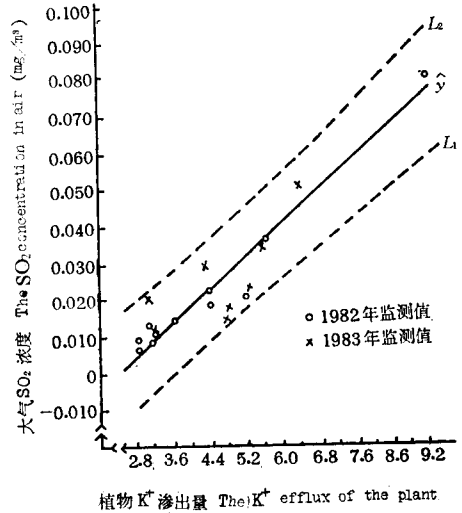


图 6 大气SO<sub>2</sub>浓度估计值及其95%置信带  
Fig.6 The estimated value of SO<sub>2</sub> concentration in atmosphere and the 95% believable range

(注) L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub> 为95%可信度的置信限,  $\hat{y}$  为大气SO<sub>2</sub>浓度的理论估计值。

[note] L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub> are the believable limit of 95% believable degree,  $\hat{y}$  is the theoretic estimated value of SO<sub>2</sub> in atmosphere.

### 参 考 文 献

[1] J. P. Palta. et al. 1977: Freezing injury in onion bulb cells. 1. Evaluation of the conductivity method and analysis of ion and sugar efflux from injured cells. plant physiol, 60:393—397.  
 [2] 余叔文等, 1979: 植物对二氧化硫的反应和抗性研究, I, 质膜透性的变化和二氧化硫伤害. 植物生理学报, 5(4):403—409.  
 [3] 卞咏梅 陈树元, 1982: 二氧化硫对植物细胞膜透性的影响. 植物生理学通讯, (1): 41—45.  
 [4] 刘荣坤 李世承, 1982: 二氧化硫对蕹麻叶质膜透性, 叶绿素含量和花粉生长的影响. 中国环境科学, (2): 39—43.  
 [5] 石原 邦、平泽 正、饭田修, 小仓忠治, 1979: 水稻叶身のさい气孔小度の測定法——改良浸潤法について——. 日作紀48:319—320.  
 [6] 坂 井 弘監修, 1974: 农业公害ハンドブック地人书店。

- 〔7〕 刘荣坤等,1983: 植物对二氧化硫生理反应的研究、Ⅰ.植物气孔与SO<sub>2</sub>伤害及ABA(脱落酸)的保护效应。植物生理学通讯,(4):25—28。
- 〔8〕 K.M. Pretty, 1984: 植物和土壤中的钾(叶大华译)。土壤学进展,(1):30—35。
- 〔9〕 李正方等,1982: 利用植物评价大气环境的质量。中国环境科学,(2):29—32。
- 〔10〕 颜丽英,朱天玑,1983: 利用植物监测评价广州市大气中二氧化硫的污染程度。植物生态学与地植物学丛刊,7(4):265—272。
- 〔11〕 K. Mengel, E.A. Kirkby 1984: 作物生产中的钾(陈际型译)。土壤学进展,(3):15—25。
- 〔12〕 松冈义浩,1983: 最近の大气污染と植物の影響。产业公害,19(11):12—26。
- 〔13〕 户塚绩,1980: 植物の大气污染环境净化机能。产业と环境,(7):67—71。
- 〔14〕 三泽彰,1981: 自動車排出ガスと绿地帯による大气净化の机能。空气清浄,19(3):50—58。
- 〔15〕 钟平安编著,1983: 生物统计学。湖南科技学术出版社。

## THE PATTERN OF K<sup>+</sup> EFFLUX FROM PLANTS LEAVES AND ITS APPLICATION IN THE ASSESSMENT OF ATMOSPHERIC POLLUTION

Liu Rong-kun

(Biological Department, Liaoning University, Shengyang)

### Abstract

Using seven species of plants as materials, after exposing them to SO<sub>2</sub>, the author found that K<sup>+</sup> efflux in plant leaves is independent of the concentration of K<sup>+</sup> in the culture solution and the leaves. The efflux of K<sup>+</sup> changes with different species, and the intensity of light, wider opening of the stoma and high sulphur content in the leaves make larger K<sup>+</sup> efflux. They are closely linked with one another. On the basis of this pattern, the author evaluates the pollution situation of Shengyang by dividing it into four classes in accordance with the threshold and statistic methods ( $\bar{X} \pm S$ ) of the K<sup>+</sup> efflux in *Robinia pseudoacacia*, and the result is the same as that by using the physico-chemical monitoring method. The relevant equation between the SO<sub>2</sub> concentration and the K<sup>+</sup> efflux is as follows:  $\hat{Y} = 0.0111X - 0.0259$  ( $r = 0.879, P < 0.01$ ). In accordance the SO<sub>2</sub> concentration in the atmosphere was calculated from this equation in 1982 and 1983 and the forecast pictures were 95% true. This result shows that the new method is more reliable than the physico-chemical one.

**Key words** *Robinia pseudoacacia*; K<sup>+</sup> efflux; SO<sub>2</sub> concentration