

氯气污染的监测和绿化树种的净化

董宝贤 夏宗凤 林泰禧 刘竹伞

(山东海洋学院)

龙爱敏

(青岛市园林科学研究所)

前 言

当前,大气污染对植物的影响是环境科学的重要研究课题之一。植物是环境监测的指标,植物又可作为美化环境、净化大气、减少污染的有效途径。

氯气是污染大气的主要有害气体之一。我们以一个化工厂为对象,研究该厂在生产过程中氯气散出、滴漏、跑冒的情况。遇阴雨天、气压低、风静的天气,氯气蓄积在厂区不易扩散,皆可引起氯气浓度的增高,造成了慢性和急性危害,影响人体的健康。要减少氯气的污染,改善环境,除了加强安全管理、积极改革工艺外,还应利用植物净化环境这项重要的措施。为全面了解氯气、盐酸雾污染的危害程度和植物对大气污染的净化能力,我们做了以下的工作:第一、应用紫露草微核法,监测化工厂的土壤污染和大气污染;第二、进行污染区树种的实地调查,对比不同树种受污染后的伤害症状和伤害程度;第三、我们首次用浸提-库仑法,燃烧-库仑法测定受污染树种的叶片含氯量,分析各树种的净化能力,为生物防治氯气污染区提供可靠的科学依据。

材料和方法

监测植物是从美国引种来的紫露草 (*Tradescantia paludosa*)。该厂区污染大气的有害

我们还发现凤眼莲净化酚的能力与日照强度有关。晴天的试验效果比阴天好得多。这可能是因为光合作用产物提供了吸收和同化酚的能量和底物。

三、 讨 论

从纯酚试验和石油化学污水的试验可以肯定,凤眼莲有相当强的净化酚的能力,可以用于净化含酚污水。如果按每公斤(鲜重)植物一昼夜吸收酚500毫克,而每公斤植株约占水面1/20平方米来估算,那么一公顷的凤眼莲一昼夜可吸收酚100公斤,即一公顷凤眼莲一昼夜可净化含酚20ppm的污水500吨。如果经过实际试验确证有如此高的净化效率,那么凤眼莲将是一种经济有效的净化酚的生物材料。

凤眼莲对酚的吸收有一个2—4小时的诱导期。诱导期之后,吸收强度逐步增大,8小时左右达到最大值。因此,用凤眼莲净化酚时,处理时间以8—10小时为宜。

水中酚浓度超过20ppm时,凤眼莲出现中毒现象。因此,用凤眼莲处理的污水中含酚量要小于20ppm;含酚量高时应加以稀释。

为解决净化酚后凤眼莲植株如何利用问题,应研究酚吸收和进入植物体后的降解或积累的情况,以便决定凤眼莲植株能否做为饲料、肥料、造纸原料或生物能源(沼气)材料等加以利用。

气体是氯气、氯化氢。我们以厂的三氯化铁车间为污染源，于1983年6月16日做大气污染的生物监测实验。当天的风向为西南风，风力2—3级。将盛有紫露草花枝的烧杯放在下风向处，即三氯化铁车间以东的5米、50米、100米处进行处理6小时，恢复24小时，选其适当的花蕾，捣碎后用醋酸洋红染色，压片。统计四分体时期形成的微核率，作为比较该厂区污染程度的指示。同时用携带式大气采样器，以0.5升/分的流量采样，每次采气时间为60分钟，共采样二次，用甲基橙比色法测定，取两次测定的平均值。其原理是在酸性溶液中，氯遇溴化钾产生溴，溴能破坏甲基橙分子结构，使其蔷薇红色变淡，氯含量越高，颜色越淡。根据颜色减弱程度比色定量。

土壤样品的采集。鉴于青岛6—7月主导风向为东南风及南风，我们在下风向采集土样，即三氯化铁车间正北方向偏西25°角方位在50米、100米、150米、200米处采土样，过筛，自然风干。用5%、10%的土壤浸提液处理紫露草花枝6小时，恢复24小时，固定花蕾后制片，监测土壤污染度。

供试植物：火炬、臭椿、泡桐、木槿、丁香、正木、合欢、柳树、桤柳、法国梧桐。

叶片样品的制备：1983年7月为植物生长的旺盛期。叶子样品的采集首先具有代表性，选取敏感性强的成熟叶。将叶片用自来水、蒸馏水洗净，风干后，放鼓风干燥箱于80℃下烘干。研碎过60目筛，保存瓶中，应用KLY—卤素微库仑分析仪测定叶片含氯量。

实验结果

表1 1983年6月16日污染源附近的氯气浓度

距污染源的距離	氯气逸散浓度
1米	0.2毫克/立方米
5米	0.07毫克/立方米

1、大气污染的监测结果

我国规定的大气卫生标准，氯气一次排放最高允许浓度为0.1/毫克/立方米，在空气中日平均浓度不得超过0.03毫克/立方米。从表1、表2中看出，在厂区氯气的日平均浓度已超过居民区的大气卫生标准。这些数字的测定

表2 三氯化铁车间附近平时的氯气浓度

月 份	测定次数	氯气浓度 (毫克/立方米)
1 月份	第1次测定	0.13
	第2次测定	0.28
	第3次测定	0.33
2 月份	第1次测定	0.13
	第2次测定	0.10
	第3次测定	0.13
5 月份	第1次测定	0.13
	第2次测定	0.07
	第3次测定	0.13
6 月份	第1次测定	0.20
	第2次测定	0.13
	第3次测定	0.07

注：每次测定都是三次以上

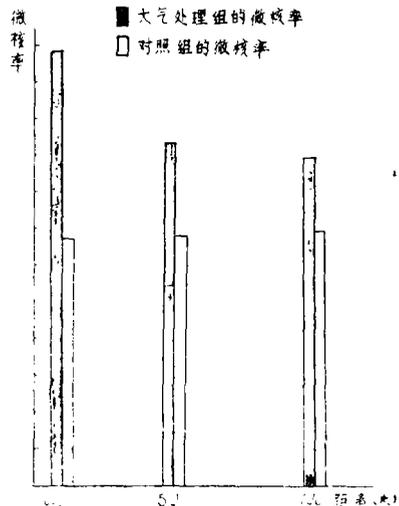


图1 微核率与距污染源距离的关系图

都是在安全情况下测定的，若有跑氯或偶然事故的发生，氯气的污染就更为严重。

从表2可知，平时氯气的浓度均已超过了居民区0.03毫克/立方米的卫生标准。1983年6月16日做大气试验时，污染源附近的氯气浓度为0.14毫克/立方米，说明有氯气的污染。用生物微核法监测证实了氯气污染和危害（见表3）。

表3 距污染源不同的距离，紫露草花枝的微核率

距污染源的距離	样本数	四分体数	平均微核率	标准差	显著度
5米	5	1,461	11.82	±0.61	极显著
50米	5	1,513	9.36	±0.51	显著
100米	5	1,500	8.95	±0.65	显著
对照	5	1,478	6.75	±0.86	

从表3、图1可知，距污染源愈近，微核率愈高。离污染源5米、50米、100米处理的紫露草花枝，其平均微核率在8.95—11.82%之间，与对照组相比，差异都显著。试验证明氯气是诱变物质，能诱发花粉母细胞染色体断裂，损伤了植物体的遗传物质。图1表明，5米处的紫露草，微核率为最高，达11.82%，比对照组的微核率高出近1倍。微核率愈高，说明对植物细胞的损伤愈重。

2、土壤污染的监测：

该厂区土壤可以被氯化氢、乙炔气、电石粉、氯丁橡胶废渣、乙醛、树脂桐油污染。我们仍以三氯化铁车间为污染源中心点采集土样，采样点是50米、100米、150米、200米，配制成5%、10%的土壤浸提液，用浸提液处理紫露草花枝，共分为9个组别（见表4）。

表4 在离污染源不同的距离下土壤污染物对微核率的影响

组别	采样距离(米)	土壤浸提液浓度	样本数	四分体数	平均微核率(%)	标准差	显著度	死细胞率(%)
1	50	10	5	1,518	14.76	±2.02	极显著	9.3
2	100	10	5	1,493	16.36	±0.96	"	
3	150	10	5	1,500	16.92	±1.43	"	
4	200	10	5	1,481	14.88	±2.30	"	
5	50	5	5	1,583	12.30	±2.80	"	10.4
6	100	5	5	1,470	11.52	±1.53	"	
7	150	5	5	1,489	11.32	±1.31	"	
8	200	5	5	1,500	10.84	±1.92	显著	
9	自来水		5	1,500	5.6	±0.68		

从表4、图2看出，监测土壤污染和大气污染的结果相一致。前8个组的微核率，与对照组相比都高出1倍到2倍（见图2）。10%的土壤浸提液处理组的微核率皆大于5%浸提液组。由此可见，微核率与处理液浓度成正比。

从采样点距离来看，距污染源50米的土样，用10%的土壤浸提液处理时，微核率高达14.76%，并出现核固缩现象，具有9.3%的死细胞，说明该区污染最严重。此处主要受氯气、盐酸雾、乙炔气的危害。距污染源100米以外，微核率相对降低，表明污染也轻。

3、氯气污染对植物的危害

叶子是植物与周围大气进行气体交换最活跃的部分。气体中的污染物通过气孔进入叶肉组织内部，使叶细胞内的叶绿素受到污染物的伤害，叶片开始褪色、脱绿，呈现不同的伤斑、花纹。伤斑的颜色和位置随植物种类而异（见表5）

植物生长在氯气污染的环境中，植物本身可吸收和积累氯，当积累量达到一定浓度时，便会干扰酶的作用，阻碍代谢的机能，使植物的生长发育受到抑制。1983年4月18日我们做了种植试验，树苗由青岛市园林科学研究所植物园培育。在该厂污染源附近种植了臭椿、火炬、泡桐、木槿、小叶黄杨、紫丁香共46株（见表6）。

根据表6可知，距污染源30米以内，树木

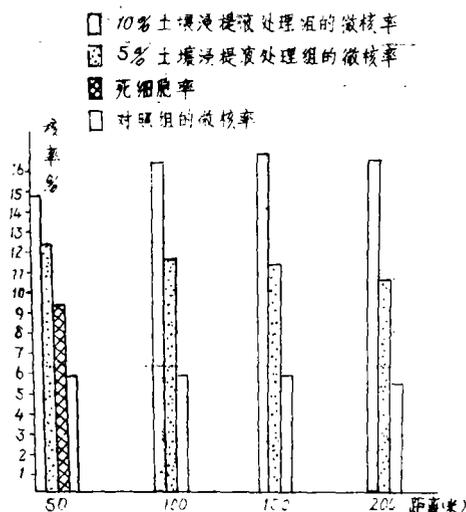


图2 在高污染源不同的距离下，10%及5%土壤浸提液处理组的微核率

表5 氯气污染对绿化树种叶片的危害症状

植物名称	离污染源距离(米)	叶片损伤症状	伤斑颜色	叶形变化
火炬	5—25	自叶尖向叶缘损伤	黄色	叶尖变钝叶变小
臭椿	20—30	自叶尖向叶缘损伤	黄色	叶片变小
泡桐	5—30	自叶缘向内损伤	褐黄色	叶片变小
正木	5	叶片呈现斑点	浅黄色	叶片变小
木槿	5	叶片呈现斑点	浅黄色	
旱柳	10—20	叶尖、叶缘损伤	黄白色	
葡萄	150	叶缘有斑点	棕褐色	叶片变小
法国梧桐	30—80	自叶缘向内损伤	褐黄色	
紫丁香	40	叶缘损伤并向背面卷曲	褐黄色	
合欢	80	叶尖略有损伤或无损伤		

污染重，植株生长不好，分枝稀少，有的植株死亡；距污染源40米以外，植株生长较正常，只有叶片呈现伤斑；距污染源80米处，植株生长旺盛。

我们又调查了污染厂区生长多年的树种，同样观察到了氯气对树种的危害。距电解车间5米处，有4年生的木槿和正木，植株叶片伤斑严重，枝条稀疏，植株矮小。在厂前区，距污染源40米处有6年生的丁香，因受二次急性跑氯的危害，植株也呈现小矮树症状。说明污染源距植物愈近，或氯气浓度愈高，对植物的危害愈严重。栽种绿化树种时，应考虑到植物的抗性和净化大气的的能力。

4、植物对氯气的吸收和净化效应

植物生长在氯气污染的环境中，通过叶片和根系吸收、积累氯，而大气中的氯气是由叶片直接吸收。因此测定叶片的含氯量可反映出大气中的氯气污染状况。我们采集了离污染源5—50米处的植物叶片，非污染叶片来自青岛市园林科学研究所植物园、中山公园。试验证明，各树种的叶

表 6 1983年4月18日在污染源附近种植绿化树种的试验

植 物 名	种植棵数	离污染源距离 (米)	受氯气、盐酸雾污染后, 植株生长状况。
火 炬	10	5—30	5—10米处种植5棵, 3棵已死亡, 2棵垂危; 10—30米植株皆成活, 但生长慢。
臭 椿	10	10—30 60	植株存活, 但生长缓慢, 叶片大部受害; 60米处生长的植株, 无明显受害, 新枝长20厘米。
泡 桐	10	30—60	30米以内植株生长不好, 分枝少, 叶稀; 30—60处植株生长较好, 新枝长了20—40厘米。
木 槿	6	8—40	8米处植株2棵皆死亡; 20—40米种植的木槿生长良好, 有的植株已开花。
小叶黄杨	4	70	植株存活, 后期丢失。
紫 丁 香	2	60	生长缓慢, 叶片受害。
凌 霄	4	庭院	植株存活, 后期丢失。

表 7 浸提一库仑法测定植物叶片中的含氯量

植 物 名	对照叶片的含氯量(%)	污染叶片的含氯量(%)	净吸收氯量 (%)
火 炬	0.02	1.73	1.71
臭 椿	0.94	2.57	1.63
泡 桐	0.04	0.90	0.86
木 槿	0.44	2.97	2.53
正 木	0.61	1.01	0.40
紫 丁 香	0.51	2.75	2.34
法 国 梧 桐	0.69	1.11	0.42
桤 柳	0.87	1.61	0.74
柳 树	0.08	0.23	0.15
合 欢	0.36	0.50	0.14

注: 每样品测定均在4次以上。

片含氯量是不相同的(见表7)。

从表7看出, 对照组树种的叶片都含有微量的氯。污染树木的叶片含氯量比对照组高出几倍或几十倍。其中以火炬、臭椿、木槿、紫丁香的叶片吸氯量为高, 它们的净吸氯量分别为1.71%、1.63%、2.53%、2.34%; 而泡桐、桤柳、法国梧桐、正木的叶片吸氯量为次, 其净吸氯量分别为0.86%、0.74%、0.42%、0.40%; 以柳树、合欢的叶片吸氯量为最低。但从植株长势来看, 氯气对它们的损伤也轻, 仍可做为抗污的树种。总之, 在氯气污染区, 应大量种植吸氯性能强的树种, 清洁、美化环境。

另外, 我们用燃烧一库仑法证明植物叶片吸收的氯能否转换成有机氯(见表8)。

燃烧一库仑法, 除能测出叶片中吸收的氯外, 尚能看出其有无转化为有机氯, 而浸提一库仑

表 8 燃烧一库仑法与浸提一库仑法的对比试验

植 物 样 品 名	燃烧一库仑法含氯量 (%)	浸提一库仑法含氯量 (%)
火 炬	1.53	1.55
臭 椿	0.92	0.94
泡 桐	1.09	0.90
木 槿	0.45	0.44
正 木	0.56	0.61
紫 丁 香	0.47	0.41
法 国 梧 桐	1.20	1.11

法只能测定植物叶片中的氯元素。实验结果表明，这二种方法所测的含氯量一致。我们认为，在氯气污染环境中，植物主要以吸收形式积累氯，而没有转换为有机氯。

结 论

1、应用紫露草微核法监测氯气的污染是有效的。通过大气、土壤监测的试验表明，距污染源30米以内是重污染区，在此范围生长的树木有的死亡，有的生长不良。30—100米处种植的树木，只要加强管理，植株皆能存活长大。

2、氯气污染对植物的损伤有急性危害和慢性危害两种。前种危害是高浓度的氯气，使树的枝条、叶片突然燃焦，严重者植株死亡。而慢性危害则是低浓度的氯气，使植株叶子脱绿、变黄，植株生长迟缓。

3、我们首次用浸提一库仑法测定叶片的含氯量，得知抗污树种对氯气的污染具有吸收和积累能力，应大力种植抗污树种，减少大气中氯气的污染，为保护环境，美化、绿化环境，增强人体的健康多做有益的工作。

(上接第44页)

小 结

1、通过实验4种植物，均能通过叶片从大气中吸收、积累各种污染元素，采样分析数据中94%是高于对照点的。

2、已分析测定的5种污染元素中，铅、镉在叶片中积累、富集较高，4种植物中铅的最高倍数在6.7—18.2倍，镉在7.9—13.3倍之间。从大气污染与叶片吸收、积累的相关关系来看，大叶榕相关性较好，其次石栗、羊蹄甲，木麻黄较差。

3、市内交通繁忙，汽车尾气中的四乙铅液对大气的污染是不可避免的，它对人的毒性大。因此大力提倡绿化植树，利用叶片吸收富集污染物，从而达到净化、治理大气污染的目的。这是价廉、收益大的治理环境污染的有效措施。脱落的叶子要妥善处理，最好集中燃烧，从灰粉中回收污染元素。可是目前把灰粉作肥料，致使污染元素从城市转到农村土壤中去了。

4、由于飘尘采样的设点较少，计算相关系数受到一定的影响。本文是环境中的植物积累污染物的情况。至于街道两边的植物吸收污染物的情况，有待今后进一步研究，筛选。