

不同环境下植物的净化能力 与绿地定额的关系*

唐 述 虞

(江苏省植物研究所)

提 要

本文通过对 SO_2 污染区与非污染区几种绿化植物的光合作用强度、吸收 SO_2 能力以及一些生物学性状的测定, 计算了维持一个人呼吸达到碳氧平衡所需被测植物的株数和占地面积; 净化已知 SO_2 总量应有的绿地面积, 并探讨了植物的净化能力与绿地定额的关系。

绿色植物通过光合作用吸收空气中的二氧化碳, 释放人类生命所必需的氧气是众所周知的。绿色植物在进行光合和呼吸作用的同时, 还将大气中的多种气态污染物质吸入体内, 将固态粉尘、飘浮物吸附在枝叶表面, 从而降低和减轻了空气污染程度, 提高了空气质量。因此广泛植树绿化, 扩大绿地面积, 是防治污染, 保护环境的重要方面。

从绿地是城市的“肺脏”和“肾脏”这两个功能要求出发, 一个城市, 乃至一个单位, 特别是排放大气污染物严重的工厂, 它们该拥有多大的绿地面积, 才能使局部环境通过绿化植物的净化调节作用达到人们生活所需要的环境质量标准? 这是目前绿化建设和环境保护工作的一项重要研究课题。

我们从1980年起连续几年对工业污染区和非污染区的几种绿化植物作了吸收二氧化碳、二氧化硫能力的测定; 并对其中一些被测植物计算了总叶面积, 推算了单株植物在一小时, 一天吸收净化有害物质和释放氧气的数量, 企图通过了解在不同环境条件下植物的实际效益, 探求制定绿地定额的依据与标准。现将试验报告于后。

一、试验材料与方法

1. 试验场地的选择

选本所植物园苗圃区为空气清洁区测定点(该园一直是市大气监测点清洁区)。

以排放 SO_2 的某化工厂抗污植物试验区为工业污染区测定点。经过对该地连续5天, 每天8次, 每次间隔3小时的空气采样分析, SO_2 日平均浓度为0.12毫克/立方米, 最高浓度为2.75毫克/立方米。后经过氧化铅法连续数月的定位测定亦属轻度污染(<1.0 毫克 SO_2 /日/100厘米 2)。

* 参加部分工作的还有南京化工厂监测站诸光明、罗文济、李俊凤等, 本所陈树元、谢明云等同志, 特此致谢。

2. 试验植物的选择

在污染区现场选择生长比较旺盛的 5 年生无花果 (*Ficus carica*)、6 年生女贞 (*Ligustrum lucidum*)、3 年生构树 (*Broussonetia papyrifera*)、5 年生蚊母 (*Distylium racemosum*) 为污染区植物测定材料; 并在植物园苗圃区选择年龄、树形、生长势与污染区比较一致的同种植物为非污染区测定材料。

3. 测试方法

1) 净光合作用强度测定 选择晴朗天气, 用 GH-1 型光合仪在两地同时对同种植物进行相同程序和次数的测定。为了测定一致, 无花果, 构树以枝条顶端向下第三片叶为测定叶片, 女贞为枝顶向下的第二轮叶 (为使大型叶片在现场测定方便, 我们自制了透明涤纶薄膜袋为光合室, 使用效果良好)。

用照度计同时测定被测叶片的光照强度。

摘下被测叶片, 求出面积。

根据计算公式求出被测植物的净光合强度。

2) 植物吸硫能力测定 在每年的 6 月、8 月、10 月均匀采摘被测植物发育成熟的叶片, 经水洗、80℃ 烘干、粉碎, 经 1 毫米筛孔过筛, 瓶装备用。用硫酸钡比浊法进行含硫量测定。

3) 叶面积测定及总叶面积估算 单叶面积用座标纸法计算。单株总叶面积的估算是这样进行的: 在植株的各个部位任意采摘 100 张叶片 (未展小叶除外), 用座标纸法求出每张叶片的面积和平均面积。逐一统计被测植株的所有叶片总数 (同样除去未展小叶) 单叶平均面积与植株总叶片数之乘积, 则为单株植物的总叶面积。

二、试验结果

1. 污染区和非污染区植物的净光合作用强度

测定前将被测植物的枝叶挂牌标记。选择晴朗无云天气, 使测定时两地的大气温度、光照基本保持一致。测定数据按生物统计方法处理, 结果见表 1。

表 1 污染区与非污染区植物净光合强度比较

table 1 intensity of net photosynthesis of plants in polluted and non-polluted regions

树 种	测定月份	测定叶片数 (张)	平均光照强度 (lux)	净光合率平均值 ± 标准差		污染区净光 合下降率 (%)
				污 染 区	非 污 染 区	
无 花 果	6:10	11	28,550	1.59 ± 1.03	6.09 ± 1.75	73.8
构 树	6:10	21	44,566	5.81 ± 1.52	7.93 ± 2.05	26.7
女 贞	6:10	11	25,150	5.59 ± 2.02	7.41 ± 1.40	24.6

从表 1 看出, 非污染区植物的净光合强度明显高于污染区, 差异显著性检验无花果为 ($p < 0.05$) 差异显著。污染区光合下降率在 24.6—73.8% 之间, 并依种类不同而异。

2. 不同伤害叶面积植物的净光合变化

同一植物由于 SO_2 伤害程度不同, 叶片呈现的伤害斑有大有小, 光合效率亦有所不同。

从测定无花果叶片不同伤害面积的光合强度表明（见表2），叶片的伤害面积与净光合强度呈负相关。伤害面积愈大，净光合效率愈低。当伤害斑为85%时，光合下降58.9%。

表 2 无花果不同伤害叶面积净光合强度比较

table 2 intensity of net photosynthesis of fig leaves with various injurious areas

大气SO ₂ 浓度 (ppm)	伤害叶面积 (%)	测定叶片数 (张)	净光合强度 (毫克/分米 ² ·小时)	净光合强度下降率 (%)
0.03—0.13	0	6	8.89 ± 3.38	0
	20	6	7.58 ± 4.04	14.3
	50	6	6.69 ± 3.06	21.3
	85	6	3.63 ± 2.28	58.9

3. 污染区与非污染区植物的吸硫能力

植物在进行光合和呼吸作用的同时，将周围空气中的 SO₂ 等污染物质通过气孔吸入叶内，使叶内含硫量有所增加。在低浓度下，接触时间越长，吸入的硫量越多。植物叶片吸收的硫，其中很小部分通过运输被带到枝、茎、根等其他部位。一小部分参与本身的生理代谢，以有机物的形式存在于氨基酸和蛋白质中，而其98%左右以硫酸盐的形式存在于叶内。故用测定叶片的含硫全量，可以反映植物的吸硫能力，但要比实际的吸收量低一些。

表 3 污染区与非污染区植物不同生长阶段植物叶片含硫量（单位ppm）

table 3 Sulphur content in plant leaves of different growth stages in polluted and non-polluted regions

月 份	测 定 点 全 量	女 贞		无 花 果		构 树		蚊 母	
		植物园	化工厂	植物园	化工厂	植物园	化工厂	植物园	化工厂
6		1,060	1,625	373	3,125	875	3,125	876	1,025
8		3,000	2,125	875	6,250	3,875	1,262	500	1,625
10		3,625	4,688	1,000	7,250	3,875	9,375	750	5,500

从表3看出，污染区植物叶片的含硫量明显高于非污染区。而且10月份叶内含硫量明显 > 8月份 > 6月份。同时，也可看出，女贞、构树叶片的含硫量，在8月份反而比在污染区要高。这种反常情况的出现，多系在污染区因突发性排放高浓度烟气，造成植物严重受害使原来叶片掉落后又长出新叶，当采样时采摘了这种新叶片，往往就会出现这种状况，而这种情况在污染现场采样又是很难避免的。

通过对女贞和无花果连续3年的累积测定，结果与前面结论基本一致，见表4。

另外，叶片不同伤害面积，其含硫量也有不同，见表5。无花果叶片伤害面积愈大，含硫量愈高。

表 4 污染区与非污染区不同年月叶片含硫量 (单位ppm)
table 4 Sulphur content in plant leaves in polluted and non-polluted
regions during 1980—1982

植 物	含 月 硫 份	时 间 地 点 量	1980年		1981年		1982年	
			植 物 园	化 工 厂	植 物 园	化 工 厂	植 物 园	化 工 厂
女 贞	6		3,375	2,875	1,000	3,625	1,000	1,625
	8		1,050	4,250	2,862	8,875	3,000	2,125
	10 ¹⁾		5,500	6,625			3,625	4,686
无 花 果	6		500	1,750	1,750	2,200	375	3,125
	8		1,250	4,500	1,250	2,375	875	6,250
	10		1,375	7,125			1,000	7,250

1) 缺少1981年10月份数据。

表 5 无花果叶片不同伤害面积含硫量比较
table 5 Sulphur content in fig leaves with different injurious areas

伤害面积 (%)	含硫量 (ppm)	含硫量增长率 (%)
0	4,250	0
20	4,875	14.7
50	5,000	17.6
85	5,375	26.5

4. 污染区与非污染区植物的某些生物学和生态学特性比较

生长在污染区的植物, 因受空气污染的影响, 一般生长状况不良, 常常出现叶片变小,

表 无污染区与非污染区植物的一些生物学特性比较
table 6 biological features of plants growing in polluted and non-polluted regions

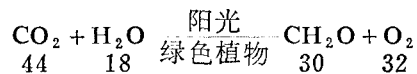
树 种	测定地点	90厘米处 干径 (厘米)	树 冠 (米)	高 度 (米)	总叶片数 (张)	平均单叶面积 (厘米 ²)	总叶面积 (分米 ²)	平均单叶 鲜重 (克)	平均单叶干重 (克)	总叶片干重 (克)
无花果	植物园	30	3.5×2.5	4.0	1,500	169.6	2,544.0	6.91	2.12	3,180.0
	化工厂	28	3.5×3.0	3.6	1,583	116.1	1,837.9	3.12	0.94	1,488.0
构 树	植物园	27	3.0×3.0	4.6	1,967	149.6	1,942.6	3.63	1.18	2,321.1
	化工厂	22	3.0×2.0	4.2	2,017	139.6	2,818.5	2.66	0.63	1,270.7
女 贞	植物园	19	2.5×2.0	4.0	4,010	28.3	1,131.8	0.86	0.31	3,448.6
	化工厂	17	2.0×1.5	3.5	4,226	14.4	354.2	0.41	0.14	591.64

变薄, 植株矮化, 发育不旺等现象。从我们在两个测定点上对被测植物的 100 张叶片进行面积、鲜重和干重, 以及测定总叶片数、总叶面积和总干重等一些生物学性状后发现, 污染区植物的多项指标均比非污染区低, 见表 6。可见污染区植物整个生物产量要比非污染区低, 这也是造成污染区植物的多种功能都比不过非污染区的主要原因。

三、结果分析与讨论

1. 不同条件下植物维持大气碳氧平衡的能力与绿地面积的关系

植物吸收 CO_2 和释放 O_2 维持大气碳氧平衡是通过以下光合作用反应式来进行的,



这就是说植物在阳光下每吸收44克 CO_2 , 即放出32克 O_2 , 比率为1:0.83。

从试验表明 (见表 1), 在空气清洁的非污染区, 植物的光合效率较 SO_2 污染区要高。无花果高出3.8倍; 构树高出1.4倍; 女贞高出1.3倍。光合效率的不同, 导致它们维持大气碳氧平衡的能力亦不同。从表 6 已知被测植物的总叶面积, 设一天内进行有效光合时间为10小时, 即可算出每株植物在一小时, 一天内吸收 CO_2 和释放 O_2 的数量。若用这些植物吸碳放氧能力去净化一个75公斤重的人每天呼出0.9公斤 CO_2 和提供吸入的0.75公斤 O_2 , 达到维持一个人碳氧平衡所需的植物株数和这些株数所占的面积就可求出, 见表 7。

表 7 污染区与非污染区植物吸收 CO_2 释放 O_2 的能力与净化效益

table 7 purification efficiency and capacity of absorbing CO_2 and releasing O_2 of plants in polluted and non-polluted regions

树 种	测 定 地 点	吸收 CO_2 量 (毫克/株)		释 O_2 量 (毫克/株)		释放0.75公斤 O_2 所需株数	按树冠大小所占 面积 (米 ²)
		小时	天	小时	天		
无花果	植物园	15,492.96	154,929.6	12,859.16	12,8591.6	5.83	51.01
	化工厂	2,922.26	29,222.6	2,425.48	24,254.8	30.92	324.66
构树	植物园	23,334.82	233,348.2	19,367.70	193,677.0	3.87	23.22
	化工厂	16,375.49	163,754.9	13,591.17	135,911.7	5.52	33.12
女贞	植物园	8,465.83	84,658.3	7,026.64	70,266.4	10.57	52.85
	化工厂	1,979.78	19,797.8	1,643.22	16,432.2	45.64	136.92

从表中看出, 污染区植物吸收 CO_2 和释放 O_2 的能力比非污染区要小; 在满足一个人呼吸碳氧平衡所需的植物株数和这些植物占地面积均比非污染区要大。

由此可见, 一个单位, 一个工厂要维持本单位局部环境的碳氧平衡所需的绿地面积, 可以用以下公式表示:

无污染单位应有的绿地面积 = 释放0.75公斤氧气的绿地面积 × 本单位总人数

工矿企业所需绿地面积 = 释放0.75公斤氧气的绿地面积 × 工厂总人数 + 工业排放的 CO_2 和消耗 O_2 所折算的绿地面积

从我们所折算的面积与国外资料相比（国外报道，维持一个重75公斤的人每天呼吸所需的绿地面积为森林10米²，草地40米²）似乎要大一点。但仔细推敲，数值并不大。（1）我们所测的植物年龄都比较小，树冠所占面积与叶量之比，远比成年大树要小，假如用大树作测试对象，由于叶量多，净化能力提高、占地面积相应缩小；（2）我们计算的面积是同一植物的树冠所占面积，是单层结构，如果用覆层绿地折算则要小得多。

污染区对绿地面积的要求肯定是要比非污染区大的。如日本埼玉县在作全县森林规划时，通过对一年中工业和人口排放的二氧化碳400万吨和消耗330万吨氧折算后提出工业大城市每人需占有140平方米的绿地面积，才能维持该地区的碳氧平衡。这个数字较非污染区只要10米²森林高出14倍。但污染区对绿地的要求究竟大多少，要依工业污染区的污染程度，对植物光合的损害大小，工业生产排放CO₂的数量以及消耗O₂的数量来决定，因素较为复杂。

2. 污染区植物吸收SO₂的能力与绿地面积的关系

从表3、4已知被测植物对SO₂的吸收量随着时间的增长而增加。我们从6月到8月，8月到10月，间隔两个月的时间中可以算出，一株被测植物在生长期每天吸收的SO₂数量，见表8。

表 8 污染区与非污染区植物日平均吸硫量
table 8 daily average level of absorbed S by plants in polluted
and non-polluted regions

树 种	测定地点	每日每公斤干叶吸硫量 (毫克)	每日每株植物吸硫量 (毫克)
女 贞	植 物 园	21.38	26.51
	化 工 厂	25.53	15.06
无 花 果	植 物 园	10.73	34.12
	化 工 厂	34.38	51.23
构 树	植 物 园	25.00	58.27
	化 工 厂	135.22	171.73

从表8看出，植物的吸硫能力是显著的。一株3—6年生的绿化植物每日可吸硫15—172毫克。假如我们知道工厂每日排放的SO₂总量就可算出吸收净化这些污染物质所需的植物株数与面积，其计算公式如下：

$$\text{株数} = \frac{\text{SO}_2 \text{ 排放总量/日}}{\text{植物吸收SO}_2 \text{ 量/株} \cdot \text{日}}$$

$$\text{面积} = \text{株数} \times \text{树冠所占面积}$$

显而易见，植物的吸硫能力愈强，所需植物的株数与面积则愈小。

植物的种类不同其吸污净化能力亦不相同，生长在同一污染环境下的几种植物每公斤干叶的吸硫量，女贞为25.53毫克；无花果为34.38毫克；而构树则为135.22毫克，差异非常显著。因此，在进行污染区绿化时不仅要选择抗污能力强的树种，而且要选择吸污能力强的树

种, 以减轻空气污染程度, 提高环境质量。

3. 提高绿地净化能力的途径

绿地的吸污净化能力与绿地的总叶面积和叶片的质量有密切的关系。扩大绿地面积可以增加叶面积数量, 提高单位绿化面积上叶面积总数, 也是一种有效途径。建设多层立体结构的绿地, 可以成倍增加总叶面积。对于那些扩大绿地面积受限制, 有困难的地区尤为重要。单位绿地面积的净化能力提高了。相应地就缩小了所需绿地面积, 二者是相辅相成的。另外, 加强对植物的抚育保护, 使其免受和减轻各种危害, 也是提高净化能力不可忽视的工作。

参 考 文 献

- 孙筱祥 1980 城市园林绿地定额与环境保护。园艺学报 7(1):51—58。
黄会一等 1981 木本植物对大气气态污染物吸收净化作用的研究。生态学报 1(2):59—62。
唐述虞 1982 谈工厂绿化的功能、效应与建设问题, 环境工程(2):59—62。
唐述虞 1983 SO_2 污染区植物净光合作用强度的初步测定。环境污染与防治(5):4—9。
江苏省植物研究所 1977 城市绿化与环境保护。中国建筑工业出版社。
Спахова, А.С.И., Л.А.Рязанцева 1978 Повреждаемость некоторых древесных растений сернистым газом физиология. Растений 25(2):407。
Gormis L.D. 1969 Wageningen Centre for Agricultural publishing and Documentation, In "Air pollution", 75—77。

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE PURIFICATION ABILITY OF PLANTS AND GREEN LAND QUOTA IN DIFFERENT ENVIRONMENTS

Tang Shuyu

(Jiangsu Institute of Botany)

This article concerns that the plants have expressed a higher intensity of net photosynthesis and played a more significant role in keeping equilibrium of carbon-oxygen in non-polluted region than in polluted region. In order to maintain the equilibrium of carbon and oxygen for man to breathe, it was necessary to possess *Ficus carica* (6.6 trees), *Broussonetia papyrifera* (4.9 trees) and *Ligustrum lucidum* (12.1 trees) in clean area, while 35, 6.8 and 51.9 trees respectively in polluted area. The absorption capacity of SO_2 of plants in growing period was directly correlative with the time for contamination. The content of S in foliage in polluted area was obviously higher than that in nonpolluted. The absorption capacity of S mg/day/tree by *Ficus carica*, *Broussonetia Papyrifera* and *Ligustrum lucidum* were 51.23, 171.73 and 15.06 respectively. The efficiencies of net photosynthesis on healthy foliage, foliage with 20% damage spots, with 50% damage spots and 85% damage spots were descent gradually. The leaf area, fresh and dry weight of the plants grown in non-polluted region were higher than that in polluted region. The efficiency of purification of SO_2 of the tested trees was calculated. The discussion on the relationship between the purification and absorption ability with green land quota is given at the end of this paper.