

# 交通廢氣對黃金榕(*Ficus microcarpa*)葉子的影響

國中教師組生物科第一名

台中市立大德國民中學

作 者：王秀瑛、吳芳鶯

## 一、研究動機

近年來工商業急劇發展，人口大量湧向都市，交通量負荷繁重，交通廢氣日多，而植物是接受空氣污染之先鋒者<sup>(11)</sup>。然 1. 有關空氣污染與植物反應的研究報告雖多，均為溫帶國家之地理、氣候條件，與台灣者迥異<sup>(6,10,12)</sup>。2. 單獨污染物引起的症狀，與混合者不同<sup>(12, 16, 28, 30)</sup>，而實驗室中常以一種污染物作研究，其結果往往異於自然情況者<sup>(17, 23)</sup>。3. 實驗室操作的污染物濃度往往過高，致使實驗室中敏感的病徵，在自然界慢性症狀中不易觀察<sup>(30, 31)</sup>。4. 不同植物，對不同污染物，不同污染物濃度的反應不同<sup>(7, 23, 25)</sup>。今我針對生長於台北市羅斯福路師大分部段（污染區），與師大分部研究生宿舍前（校園區）的黃金榕葉子，加以觀察、實驗、比較，以探討交通廢氣對植物葉子的影響。

## 二、研究過程

### (一) 材料：

大部分空氣污染危害徵狀都是出現在葉面<sup>(10, 23, 30)</sup>。決定植物對空氣污染的敏感度，植物的生長年齡固然重要，葉子的年齡比植物的年齡還要重要<sup>(25, 30)</sup>，且高齡、中齡、幼齡葉子中，空氣污染主要影響中齡葉片（leaves of intermediate；newly matured leaves）<sup>(19, 30)</sup>，因此我以兩地區枝條中段部分之葉片，取長約7.5cm、寬約3.5cm（葉片面積為 $19.99 \pm 0.53\text{cm}^2$ ）<sup>(1, 19)</sup>，且葉面綠色相若者作實驗。取材時間為1984年7月與8月，每日上午8時。

(二)方法：

1. S E M。
2. 經包埋處理的組織切片。
3. 比較單位面積內氣孔的平均數 (stomatal frequency)<sup>(1, 4, 20)</sup>
4. 求各氣孔的平均面積<sup>(1)</sup>。
5. 測定葉片中的葉綠素含量<sup>(1)</sup>。

### 三、結果與討論

(一)空氣污染對植物的影響，不易探討，因涉及因子甚多，如氣候因子、昆蟲、黴菌、細菌感染、微量元素、人為管理等，亦都會造成植物的傷害<sup>(10, 12, 16, 27, 30, 31, 32)</sup>，因此我選擇地理分布、生長情形相似的黃金榕各四棵，採取葉子進行研究。因羅斯福路確有交通廢氣的存在，且在持續的空氣污染環境中，故我以此探討空氣污染對植物葉子的影響。

(二)在 S E M 下觀察，發現黃金榕氣孔為 sunken stomata，且具有 subsidiary cell (accessory cell)<sup>(20)</sup>。污染區葉面密布粒狀污染物，甚至掩埋、充塞氣孔，相較之下，校園區者只見稀疏的粒狀物，氣孔輪廓明顯，即使周圍偶有粒狀污染物，亦絕不若污染區者之滿目蒼痍、鱗不忍睹。因此在低倍鏡下，校園區氣孔清晰可見，而污染區者隱藏不顯。此粒狀污染物或為灰塵，或為含鉛粒子，兩者皆因交通車輛排氣而來<sup>(3, 5)</sup>。由此可見，交通繁忙的空氣污染，首先遭殃的是行道樹<sup>(14)</sup>，其為交通廢氣之堆積場所<sup>(5)</sup>，且藉氣孔行污染物之吸收<sup>(2)</sup>。

(三)由組織切片 (X.S.)，觀察黃金榕葉子的構造特徵，有如下六項

：～略～

(四)組織切片 (X.S.) 的意義為：

1. 所有組織切片上，都沒有菌絲或昆蟲代謝物，由此可以否定生物因子之影響的存在。
2. 由上、下表皮的細胞層數可決定植物年齡<sup>(20)</sup>，比較兩區的上、下表皮，細胞層數相若，大小、形狀也相似，由此判斷我的

取材原則是正確的。

- 3.長期交通廢氣污染，對黃金榕葉子尚未造成任何顯微病變，因此低倍鏡下，兩區之間並無顯著差異，然高倍鏡下可觀察出校園區的氣孔、氣室潔淨無物，葉肉細胞輪廓分明、完整，而污染區氣室內充塞他物，且細胞輪廓不明，細胞間隙甚大。
- 4.空氣污染對植物的傷害，或由於 secondary pH stress，植物的保護機制為增加  $\text{CaCO}_3$  以維持近乎中性的 pH 值<sup>(25)</sup>。觀察兩區的上、下表皮皆有 lithocyst，lithocyst 內含有  $\text{CaCO}_3$  結晶，是否與空氣污染有關，有待進一步的探討。

(五) 1.單位面積內 ( $1 \text{ cm}^2$ ) 之氣孔平均數 (stomatal frequency) :

校園區	污染區
19811	28774
19119	26730
17296	23428
18711	27201
19874	26101
17862	27044
18302	28302
17296	25579
17453	26836
17767	27044
平均 (mean) : 18349	26704
標準誤 (standard error) : $\pm 296$	$\pm 444$
P (probability) : < 0.001	

2.單一氣孔的平均長度、寬度及面積 (單位: mm,  $\text{mm}^2$ )

校園區			污染區		
平均長度	平均寬度	平均面積 ( X 10 <sup>-5</sup> )	平均長度	平均寬度	平均面積 ( X 10 <sup>-5</sup> )
0.013	0.006	6.123	0.016	0.007	8.792
0.014	0.009	9.891	0.017	0.007	9.342
0.018	0.007	9.891	0.017	0.011	14.680
0.018	0.014	19.782	0.013	0.008	8.164
0.018	0.007	9.891	0.021	0.009	14.837
0.020	0.008	12.56	0.016	0.009	11.304
0.017	0.010	13.345	0.019	0.007	10.441
0.015	0.009	10.598	0.016	0.008	10.048
0.017	0.010	13.345	0.016	0.011	13.816
0.018	0.009	12.717	0.015	0.010	11.775
平均 : 0.017	0.008	1.181×10 <sup>-4</sup>	0.017	0.009	1.132×10 <sup>-4</sup>
標準誤 :		± 1.070×10 <sup>-5</sup>			± 0.726×10 <sup>-5</sup>
P :			> 0.10 ( not significant )		

### 3. 比較單位面積 ( 1 cm<sup>2</sup> ) 之氣孔總面積 :

(1) 校園區 :

$$\begin{aligned} & 1.181 \times 10^{-4} \text{ mm}^2 \times 10^{-2} \times 18349 \\ & = 2.167 \times 10^{-2} \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(2) 污染區 :

$$\begin{aligned} & 1.132 \times 10^{-4} \text{ mm}^2 \times 10^{-2} \times 26704 \\ & = 3.023 \times 10^{-2} \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(3) 污染區之氣孔面積增加率 :

$$( 3.023 - 2.167 ) \div 2.167 \times 100\% = 39.5\%$$

生物為要適應異常的環境因子以生存，必然在其形態、組織、生理、生化及遺傳因子上有不同的特性<sup>(17)</sup>。植物對空氣污染物的適應，因植物不同種而異<sup>(30)</sup>。其對空氣污染的反應，係由氣孔來控制<sup>(16, 17, 25, 30)</sup>，氣孔是控制植物對空氣污染反應的

主要因素<sup>(20, 25, 30)</sup>，污染引起的葉子形態改變包括氣孔頻率(stomatal frequency)與毛狀細胞密度(trichome density)<sup>(25)</sup>，黃金榕不具毛狀細胞，而在下表皮具有氣孔，實驗結果得兩區的單一氣孔平均面積相似，然單位面積氣孔數為污染區者大於校園區者，故污染區的單位面積之氣孔總面積大於校園區者，增加率達39.5%。又已由SEM明顯可見污染區的氣孔周圍堆積無數的粒狀物，將氣孔幾乎堵塞，由此可見，有些樹種對空氣污染物的抵抗力是關閉氣孔<sup>(10, 12, 25, 30)</sup>，而本實驗推測黃金榕為藉著增加氣孔數量及氣孔開放總面積來維持一定的光合作用，也因其有如此的適應，故榕樹是對空氣污染抗害力強的樹種。

(六)交通污染對植物的傷害途徑，或為灰塵累積、或為氣體毒害、或為油漬污染。以油漬污染之為甚。又不論在任何倍數下，校園區與污染區的差異，一眼即可區別。前者氣孔個個清晰可見，氣孔數較少，後者污染滿目，氣孔數較多，又兩區氣孔開放情形相同，而後者常充塞污染物，此與SEM的分析相互應證。

(七)1克葉片的葉綠素及胡蘿蔔素含量(單位：mg/g)

空氣污染對植物的傷害有直接傷害(係由於acute response)與間接傷害(發生於chronic exposure)<sup>(12, 17, 23, 25, 30, 31)</sup>。空氣污染物首先破壞植物的葉綠素<sup>(6, 8)</sup>，今污染區的黃金榕，長期暴露於低濃度的空氣污染中，除肉眼可見的徵狀<(1)葉面上有一層很厚的灰塵(2)灰塵覆蓋於生長點上，以致新芽不易長出(3)葉尖或葉緣呈燒焦狀>，由實驗結果得污染區葉綠素總量、胡蘿蔔素總量都低於校園區者，由此可見，葉片的外表雖無病徵，然由葉綠素抽取液可提供間接傷害的指標與測定<sup>(16, 23)</sup>。

## 四、結論

空氣污染可分為兩類：微粒與有毒氣體<sup>(7, 10)</sup>，主要來自人為的活動<sup>(11)</sup>。台北市的空氣污染，車輛居首<sup>(3, 13)</sup>。羅斯福路師大分部段(污染區)常有交通擁擠現象，安全島上的黃金榕，在長期的交通廢氣

校園區				污染區			
葉綠素a	葉綠素b	葉綠素總量	胡蘿蔔素總量	葉綠素a	葉綠素b	葉綠素總量	胡蘿蔔素總量
0.444	0.253	0.696	5.354	0.365	0.150	0.570	5.481
0.631	0.315	0.946	6.085	0.505	0.252	0.757	5.431
0.505	0.340	0.757	6.370	0.460	0.225	0.684	5.451
0.589	0.367	0.853	6.579	0.518	0.247	0.765	5.429
0.576	0.270	0.845	5.267	0.321	0.167	0.487	4.329
0.609	0.302	0.910	5.672	0.353	0.198	0.552	4.782
0.505	0.252	0.757	4.868	0.511	0.211	0.765	5.429
0.576	0.270	0.845	6.722	0.467	0.266	0.733	5.438
平均：	0.554	0.296	0.826	5.865	0.438	0.215	0.644
標準誤： ± 0.004 ± 0.223				± 0.005 ± 0.018			
P : 葉綠素總量者<0.001				胡蘿蔔素總量者<0.05			

侵襲下，雖無黃化、壞疽、枯乾等急性或明顯的病徵<sup>(10,11,12)</sup>，今我探討它的葉子，發現其與師大分部研究生宿舍前（校園區）之黃金榕，有以下的差異：(1)在 SEM 下觀察，污染區的葉子下表皮密布粒狀污染物，甚至充塞氣孔。(2)長期的交通廢氣污染，對黃金榕葉子尚未造成顯微病變。(3)在單位面積上，污染區的氣孔總面積大於校園區者。(4)污染區的 1 克葉片所含之葉綠素量、胡蘿蔔素量都低於校園區者。

總之，探討空氣污染對植物的影響，可由形態、生理、生化任一方面着手，任何一種單獨的判斷是不準確的，唯有多方面的考慮，才更能確定實質上的影響。另一方面，植物對環境的情況非常敏感，因此植物的形態、生理、生化上的變化，也可做為環境的指標。

## 五、參考資料

1. 王月雲、陳是瑩、童武夫。1981。植物生理學實驗。
  - (1) 蒸散作用的測定：氣孔的大小及分布。PP. 53-54
  - (2) 葉綠素的吸收光譜及定量測量。PP. 78-79

國立台灣師範大學出版組
2. 王子定。1983。環境污染之嚴重性及其淨化之道。台灣林業，第九卷第十一期，PP. 1-3
3. 王若華。1984。環境保護動態記要之一。工業污染防治，第三卷第二期，PP. 6-27
4. 林英子。1982。研究氣孔開閉的新技術及其應用。台北市立第一女子高級中學。
5. 林國銓。1983。道路兩側生態系之鉛污染。台灣林業，第九卷第八期，PP. 21-29
6. 林茂盛、陳美華、張瑞明。1984。二氧化硫為害台灣重要作物徵狀診斷研究。中華農業研究，33(2)，PP. 153-158
7. 周昌弘。1981。從植物生態學的觀點論植物對環境的適應。科學農業，1981 年 28 卷，P. 29
8. 周昌弘。1974。環境壓力對於植物的傷害，生物研究中心舉辦生物與環境專題研討會講稿集，PP. 28-42

9. 沈世宏・1984・台灣地區大氣中粒狀污染物控制之檢討・環境保護專利，中華民國73年6月號，PP.69-80
10. 李國欽、李貽華・1984・空氣污染為害植物之診斷・台灣植物保護中心印行
11. 陳秋陽・1982・從炊煙裊裊一談空氣污染及防治・環境科學雜誌，第二卷第三期，PP.9-13
12. 游碧瑣、饒連財・1981・從植物對二氧化硫之反應看空氣污染・環境科學雜誌，第一卷第三期，PP.71-84
13. 許整備・1983・台北市空氣污染防治概況・幼獅月刊，371期，PP.31-35
14. Arthur W.G., Peter J.D., Ruth L.S. 1982. The life of the green plant. 5rd ed. PP.445
15. Baker D.A. 1978. Transport phenomena in plants. PP.37-39, 347-349
16. Carlson R.W. 1978. Interaction between SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> and their effects on photosynthetic properties of soybean Glycine Max. Environ. Pollut., A, 32. PP.11-38
17. Colvill K.E., Bell R.H., Roberts T.M. & Bradshaw A.D. 1983. The use of open-top chambers to study the effects of air pollutant, in particular sulphur dioxide, on the growth of ryegrass *Lolium perenne* L. Part II-the long-term effect of filtering polluted urban air or adding SO<sub>2</sub> to rural air. Environ. Pollut. A, 31. PP.35-55
18. Dutta A.C. 1970. Botany for degree students. PP.209 - 259
19. Elkiky T. & Ormrod D.P. 1981. Absorption of ozone, sulphur dioxide, and nitrogen dioxide by petunia plants. Env. Exp. Bot. 21. PP.63-70

20. Esau K. 1977. Anatomy of seed plants. 2nd ed. PP.48 - 49, 83-88, 206-208, 321-323
21. Esau K. 1959 Laboratory guide in plant anatomy. PP.9-10, 27-30
22. Fahn A. 1967. Plant anatomy. PP.17-19, P.41,P.139
23. Feder W.A. 1973. Cumulative effects of chronic exposure of plants to low levels of air pollutants. Air pollution damage to vegetation, Advances in chemistry series, 122. PP.21-30
24. Leopold A.C. 1964. Plant growth and development. P.427
25. Levitt J. 1980. Responses of plants to environmental stresses, Vol. II PP.507-517
26. Lauenroth W.K., Milchunas D.G. Σ Dodd J.L. 1983. Responses of a grassland to sulfur and nitrogen additions under controlled SO<sub>2</sub> exposure. Env. Exp. Bot. 23, NO.4 PP.339-346
27. Mudd J.B. and Kozlowski T.T. 1975. Responses of plants to air pollution. PP.24-87
28. Pratt G.C., Kromory K.W. Σ Krupa S.V. 1983. Effects of ozone and sulphur dioxide on injury and foliar concentrations of sulphur and chlorophyll in soybean Glycine max. Environ. Pollut., A, 32. PP.91-99
29. Price C.A. 1970. Molecular approaches to plant physiology. McGraw-Hill book company, PP.226-229
30. Staffard C. and Heck W.W. 1968. Effects of air pollutants on vegetation. Air pollution Σ its effects, Vol. I, New York Academic Press, PP.401-441
31. Taylor O.C. 1973. Acute responses of plants to aerial

- pollutants. Air pollution damage to vegetation,  
Advances in chemistry series, 122. PP.9-20
- 32.Udo Blum, Allen S. H., Joseph C. B. & Rick A.L.  
1983. The effects of ozone on fescue - clover forage:  
regrowth, yield & quality. Env. Exp. Bot. 23, NO.2.  
PP.121-132
- 33.Whitmor M.E. & Mansfield T.A. 1983. Effects of long  
- term exposures to SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> on Poa pratensis  
and other grasses. Environ. Pollut., A, 31. PP.217-235

## 評 語

- 1.利用光顯微鏡及電子顯微鏡觀察組織切片內容甚豐，結果正確。
- 2.選用污染區及校園區的實驗材料，對比明顯，差異顯著，引用文獻甚多。
- 3.惟討論尙待加強，如能供應更多設備，則有更佳成就。