

灣裏地區空氣污染對榕樹氣孔的影響

國中組生物科第三名

台南市立南寧國民中學

作 者：周俞宏、馬嘉南

指導教師：陳進明

一、研究動機

有一次電視“強棒出擊”節目中，有科學家把苔蘚種在市區及郊區的樹皮上，經一段時間後，他們發現愈近市中心，苔蘚死亡率愈高，而證明愈近市中心，空氣污染愈嚴重。因此，我也想是否可利用植物來表示我的家鄉——灣裡地區——空氣污染在那些地方較嚴重？上生物課時，老師講到蒸散作用及光合作用，氣體及水份都由氣孔進出，因此，植物對空氣污染的反應，應該可出現於氣孔上，我們就請教老師，可否利用植物的氣孔變化來作為空氣污染指標？同時我們也發現，灣裡地區存在有許多四合院磚造老社區及廟，有許多榕樹且樹齡相當老，依我們日常觀察，這些榕樹葉表皮上經常佈滿類似碳或膠的灰塵，因此，老師就建議我們以榕樹葉下表皮的氣孔作研究，找出氣孔受空氣污染的影響，再進一步以單位面積平均氣孔數作為灣裡地區空氣污染的指標。

二、研究器材

900 倍顯微鏡、接目及接物測微器（ $\frac{1}{100}$ 公厘）、透明指甲油、灣裡地區及台南縣市地圖（ $\frac{1}{1200}$ 及 $\frac{1}{10000}$ ）、培養皿、剪刀。

三、採樣的方法

(一)依地圖分兩大地區（灣裡地區及台南縣七股鄉的龍山村），以種植於地上的榕樹及較大不易搬動的盆景，分別取樣。

(二)以榕樹枝條中段面積（以方格紙先描出標準面積作為標準）約為 9.0 cm^2 的中齡葉片且葉面綠色相近，沒有病害，靠近北方或西南方的葉子，（因此地冬季吹北北東風，夏季吸西南風）為取樣標準，時間以77年1月至2月每日下午。取樣後先標示於 $\frac{1}{1200}$ 的地圖上。

四、實驗步驟

(一)每一區的每一棵榕樹各取10片葉子，用印模法在下表皮塗上透明指甲油，靜置待乾後，取下放在三百倍顯微鏡下，以接物測微器測視野內面積及視野內氣孔數，每一片取十次，求平均值，十片內再取較接近值，求平均，得總平均值，再除以視野面積，即得 1 cm^2 平均氣孔數。

(二)再換成九百倍顯微鏡，以接目測微器則每一片中任取十個氣孔的長、寬，求長及寬的平均值，代入公式。

$$\text{氣孔面積} = \frac{\text{長} \times \text{寬} \times 3.14}{4} (\text{mm}^2) \text{ 再求總平均面積記入表中。}$$

(三)以相鄰且有建築物分隔的榕樹，分成數個族群，再各求平均氣孔數及平均氣孔面積，包含獨立樹，再用不同的顏色在地圖上表示污染的程度指標。

五、實驗結果

(一)把灣裡地區已採樣的榕樹，依族群分為14區及獨立樹，模擬比較區（台南縣七股鄉龍山村），各取 1 cm^2 平均氣孔數及平均面積（ mm^2 ）。（見下列表格數據）

1. 族群：（灣裡廢五金區）

區 域	每一 cm^2 平均氣孔數	氣孔面積 (mm^2)
506 巷 10 號	2 7 8 7 2 2 6 7 6 8	0.0 0 8 7 4 0.0 0 9 1 4
	平均 2 7 3 2 0 個	平均 0.0 0 8 9 4 mm^2
省躬國小	2 5 4 6 6 3 0 2 0 6	0.0 0 9 4 2 0.0 0 8 1 3
	2 7 5 8 9	0.0 0 8 7 8
	平均 2 7 7 5 4 個	平均 0.0 0 8 7 8 mm^2
萬 年 殿 區	2 1 5 1 9 2 2 1 1 3	0.0 0 7 9 8 0.0 0 8 7 7
	2 7 2 4 9 2 2 3 8 0	0.0 0 8 8 2 0.0 0 9 3 2
	2 0 0 9 0 2 1 8 8 7	0.0 0 9 4 6 0.0 0 8 7 4
	2 1 6 7 5 2 7 8 0 1	0.0 0 8 9 2 0.0 0 9 5 8
	2 1 3 2 1 2 3 5 4 2	0.0 0 8 3 9 0.0 0 8 4 1
	平均 2 2 9 5 8 個	平均 0.0 0 8 8 4 mm^2
馬鎮宮	2 7 7 3 0 2 6 8 3 5	0.0 0 8 9 0 0.0 0 8 0 4
	平均 2 7 2 8 3 個	平均 0.0 0 8 4 7 mm^2
墓 園	2 0 2 6 0 1 8 8 3 6	0.0 0 8 7 4 0.0 0 8 0 6
	2 2 6 7 9	0.0 0 9 3 6
	平均 2 0 4 9 2 個	平均 0.0 0 8 7 2 mm^2
263 巷 110 號	2 9 9 9 6 2 9 7 8 3	0.0 0 8 7 5 0.0 0 8 3 6
	2 3 1 1 8	0.0 0 7 4 5
	平均 2 7 6 3 2 個	平均 0.0 0 8 0 9 mm^2

區 域	每 1 cm^2 平均氣孔數	氣孔面積 (mm^2)
南 寧 教 室	1 9 4 8 2 1 7 8 5 5	0.0 0 8 4 6 0.0 0 7 2 6
	1 9 3 5 4 1 9 7 3 6	0.0 0 7 3 6 0.0 0 8 3 2
	1 8 1 3 8	0.0 0 9 3 4
	平均 1 8 9 1 3 個	平均 0.0 0 8 3 7 mm^2
88 巷 區	1 6 7 7 9 1 7 7 8 8	0.0 0 9 2 5 0.0 0 8 6 9
	1 5 0 6 7 1 8 2 3 7	0.0 0 9 9 2 0.0 0 8 9 1
	1 7 1 4 7 2 5 6 6 4	0.0 0 8 2 5 0.0 0 8 3 1
	平均 1 8 4 4 7 個	平均 0.0 0 8 8 9 mm^2
廢 專 五 業 金 區	2 3 8 5 3 2 4 6 6 0	0.0 0 7 8 4 0.0 0 8 8 1
	2 4 0 9 2	0.0 0 9 2 5
	平均 2 4 2 0 2 個	平均 0.0 0 8 6 3 mm^2
社 動 區 中 活 心	2 1 4 8 9 2 4 5 1 8	0.0 0 8 0 5 0.0 0 8 7 3
	平均 2 3 0 0 4 個	平均 0.0 0 8 3 9 mm^2
南 宿 寧 舍	1 6 3 4 1 1 3 2 9 9	0.0 0 9 2 6 0.0 0 8 7 6
	平均 1 4 8 2 0 個	平均 0.0 0 9 0 1 mm^2
舉 喜 堂	2 0 8 5 4 1 9 1 5 9	0.0 0 9 3 2 0.0 0 8 6 7
	1 8 7 4 6	0.0 0 9 3 4
	平均 1 9 5 8 6 個	平均 0.0 0 8 9 9 mm^2

區 域	每 1 cm^2 平均氣孔數	氣孔面積 (mm^2)
南 寧 操 場	2 0 2 6 0 2 3 6 1 3	0.0 0 8 7 8 0.0 0 9 3 6
	2 2 9 3 4 1 8 8 1 7	0.0 0 9 4 6 0.0 0 9 6 2
	2 2 2 6 9 2 5 8 8 5	0.0 0 8 3 6 0.0 0 8 3 6
	平均 2 2 2 9 6 個	平均 0.0 0 8 9 9 mm^2

2.獨立部分：（灣裡廢五金區）

編 號	位 置	每 1 cm^2 平均氣孔數	平均氣孔面積 mm^2
B A 1 6	元 帥 廟	2 3 5 4 2	0.0 0 7 8 3
B A 2 8	省 躬 社	2 0 0 5 9	0.0 0 8 5 4
B A 3 4	400 巷 36 號	1 7 8 4 0	0.0 0 8 3 8
B A 3 7	186 巷 10 號	1 3 8 4 0	0.0 0 9 4 5
B B 0 1	萬年公園內	3 2 9 0 8	0.0 0 8 0 2
B B 0 4	龍松電器	1 3 8 5 6	0.0 0 9 8 2
B B 0 9	明興路 1150 號	1 9 6 0 0	0.0 0 8 0 2
B A 0 1	萬年殿前	2 1 5 1 9	0.0 0 8 4 3
B A 2 9	海防哨 1	1 9 7 6 5	0.0 0 9 7 3
B A 3 0	海防哨 2	1 7 7 5 6	0.0 0 9 4 3
B B 1 1	雜 貨 店	1 3 0 8 0	0.0 0 7 6 5
B C 0 8	水肥廠前	2 0 7 5 5	0.0 0 7 8 5
B C 0 9	防 空 洞	2 1 7 8 3	0.0 0 8 9 3

編號	位置	每 1cm^2 平均氣孔數	平均氣孔面積 mm^2
BC 1 3	永寧橋旁	3 0 2 0 6	0.0 0 7 2 3
BC 1 4	大光榮塑膠廠	1 8 6 4 0	0.0 0 7 0 3
A 0 1	喜樹萬皇宮前	1 4 8 7 8	0.0 0 8 3 2
A 0 2	萬皇宮側 1	1 5 1 8 8	0.0 0 9 6 2
A 0 3	萬皇宮側 2	1 4 8 8 3	0.0 0 9 2 5
A 0 4	喜樹路 222巷口	1 6 0 4 2	0.0 0 8 4 5
A 0 5	喜樹車站	1 9 3 5 0	0.0 0 8 3 4
A 0 6	喜樹加油站旁	1 7 3 0 0	0.0 0 7 0 3
A 0 7	靜 隱 寺	1 4 5 2 0	0.0 0 9 2 0
A 0 8	喜樹國小操場	2 4 1 3 0	0.0 0 7 2 3

3.模擬比較區：（台南縣七股鄉）

區域	每 1cm^2 平均氣孔數	平均氣孔數 mm^2
七 股 鄉 龍 山 村	1 7 7 8 4 1 6 4 5 3	0.0 0 9 3 2 0.0 0 9 8 5
	1 8 8 5 3 1 5 3 2 4	0.0 0 9 6 0 0.0 0 8 4 3
	1 7 8 5 3 1 3 2 2 1	0.0 0 8 7 8 0.0 0 7 4 5
	平均 1 6 5 7 8 個	平均 0.0 0 8 9 0 mm^2

討論：

- 1.榕樹在空氣污染區內，適應空氣污染的方式是增加氣孔數，而每個氣孔數的張開面積則幾乎沒有顯著增大（大約都在 0.0085mm^2 左右）。
- 2.如以模擬比較區（台南縣七股鄉龍山村）為比較標準，每平方公分

平均氣孔數在 18000 ± 1000 左右，則灣裡廢五金區大都比（ 18000 ± 1000 ）值為高，除其中少數是採樣到家庭盆栽，因經常修剪、擦拭，每平方公分氣孔數在（ 14000 ± 1000 ）左右外，且氣孔數的增加情形，以統計結果，顯示有階段式增加的傾向。至於如何階段增加，則有待深入探討。我們嚐試把其大約分成四階段。

(二)在灣裡地區 $\frac{1}{10000}$ 的地圖上，依氣孔數的多寡分四等級，各以不同顏色標在圖上。（圖省略）

六、結論與討論

(一)由實驗結果得知，榕樹在空氣污染區內要維持一定的光合作用是藉著增加氣孔數來增加氣孔開放的總面積，而每個氣孔張開的面積並未增大，且氣孔數顯現階段式增加，故氣孔數可作為小地區長期空氣污染的指標。同時榕樹也是一種對空氣抗害力強的樹種。

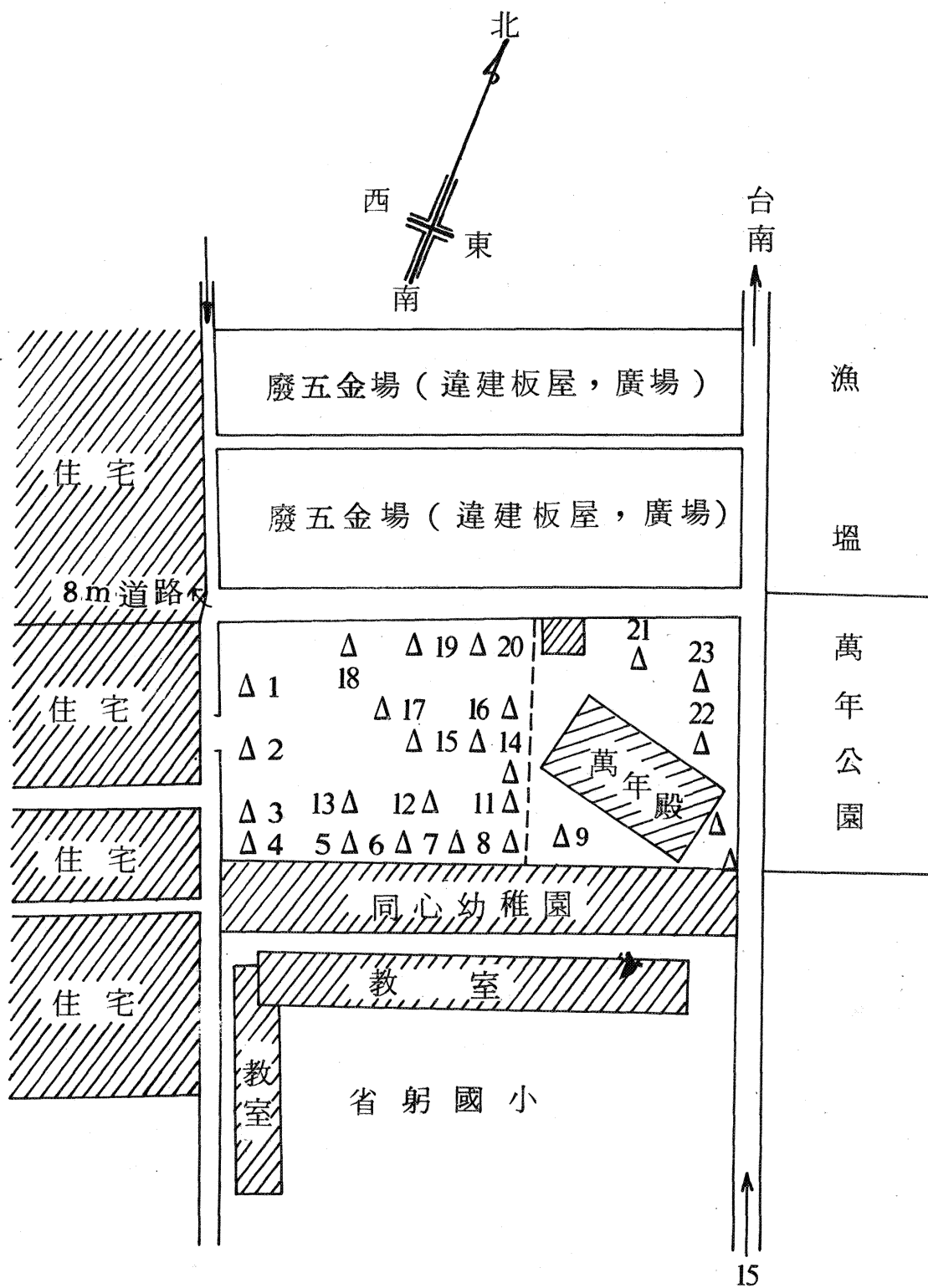
(二)以七股鄉的龍山村作為模擬比較區，因該地與灣裡地區有同樣的地理條件，但村內幾乎看不見工廠，是典型的漁村，污染甚少。灣裡地區榕樹氣孔數的增加可分為四級（概略劃分），由地圖上顏色可看出整個灣裡地區空氣污染大都比模擬比較區高（除南寧國中宿舍盆栽及少數盆栽外），證明灣裡地區的空氣污染相當嚴重，其中有四區每平方公分平均氣孔數更在 27000 以上，相當驚人。

(三)由本校校園採樣實驗，得知在操場四周的榕樹葉，氣孔數比教室區及宿舍均偏高，同樣在省躬國小及喜樹國小也得到相同的結果，顯示此三學校操場及跑道光禿沒有草皮與經常風沙飛揚有密切關係。本校因垃圾場在北側且經常燃燒垃圾也是原因之一。

(四)根據台南氣象站及空軍機場的氣象分析，灣裡地區夏季吹西南風，冬季吹北北東風，我們由萬年殿區採樣時發現，每次去採樣時，都可聞到其北側一大片堆積廢五金場吹來焦味及強酸味，且由氣孔數發現，愈近北側愈高，有類似扇狀分佈關係出現，我們應可肯定北側廢五金場是污染源，故榕樹氣孔數也可作為空氣污染

公害鑑定污染源的依據（見下頁圖）。

- (五)在灣裡地區及喜樹地區，在主要幹道（灣裡路或三等30號公路）二側所採到的榕樹，其氣孔數也較高，都比（ 18000 ± 1000 ）高，具有代表性有11株，都在23000以上，顯示受到來往頻繁車輛所排放之廢氣的影響，故榕樹每平方公分平均氣孔數也可作為道路空氣污染的指標。
- (六)再根據我們在全區採樣發現，種植於地上的木本植物，最多為木麻黃，其次就是榕樹，再其次為印度橡膠樹，這現象是否因灣裡地區廿多年來燃燒廢五金及亂拋工業廢棄物造成植物族群變化，使角質層厚及針葉的木本植物漸佔優勢。這種變化是否異於同條件的其他地區，值得進一步調查。
- (七)榕樹的氣孔數會因空氣污染而增加，但到底是經多少時間週期才增加到某個數目，與土壤的酸鹼性是否有關係，也值得進一步去研究與探討。



每1 cm ² 平均氣孔數	榕 樹 編 號
27000 以上	1. 18. 19. 21. 23
23000 ± 1000	2, 3, 13, 12, 16, 17, 11, 20,
18000 ± 1000	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 22
14000 ± 1000	

七、參考資料

- | | |
|-------------------|------------------------|
| (一)國中生物課本上冊 | 國立編譯館出版 |
| (二)植物生理學實驗 | 王月雲、陳是澄、童武夫等著
師大出版組 |
| (三)環境污染之嚴重性及其淨化之道 | 台灣林業 9 至 11 期 |
| (四)空氣污染公害之鑑定技術及圖鑑 | 環保署出版 |
| (五)常見觀賞植物 | 教育廳出版 |
| (六)歷屆全國科展作品集 | 科學教育館出版 |

評 語

近年來，空氣污染愈來愈嚴重，作者鑑於此著手研究空氣污染對植物的影響。

本研究之題意、目的甚好，實驗之計劃以及步驟甚詳細且很實際，實驗很認真，收集資料（數據）亦豐富，惟在結論與討論中所述的“榕樹的氣孔數也可作為空氣污染公害鑑定污染源的依據”須俟再加以慎重地找出實驗之證據才能下結論。