

不同生態植物氣孔的比較研究

國小教師組生物科第二名

高雄縣成功國小

作者：蘇禹銘



一、研究動機

國小自然第八冊（舊教材），第六單元，「森林資源」中，提到森林可以調節氣候，在新教材自然科學第七冊，第一單元「光合作用」等，其目標，都是要小朋友認識植物呼吸作用及它的功能。看到小朋友們做水草呼吸和光合作用的實驗，那種滿足的表現，真羨煞人了；可是，身為人師者，却不因此而滿足，我得進一步瞭解「水草等植物靠什麼來冒出氣泡？」，這一聯想，激起了對植物行光合作用，呼吸作用及蒸散作用的器官—氣孔（stomata），作進一步的觀察和研究。

但是，由於植物的種類繁多，不知如何尋找合適的研究對象，又本校位於海邊，植物分佈更少；遂按旱生，水生，塩生等類取樣選取；旱生採常綠的「榕樹」，落葉的「欖仁樹」，及平行葉脈的「瓊麻」；水生植物以「布袋蓮」爲代表，塩生植物則以「馬鞍藤」來研究。

二、研究目的

- (一)瞭解植物氣孔的分佈位置。
- (二)瞭解植物氣孔的分佈密度（單位面積內分佈數量）。
- (三)認識植物氣孔的構造。
- (四)認識各種植物氣孔和保衛細胞，副細胞的排列方式。
- (五)瞭解各種植物氣孔及保衛細胞的大小。
- (六)瞭解氣孔開閉習性和天氣變化的關係。

三、研究設備器材

顯微鏡、顯微照相機、刀片、鑷子、測微器、透明無色指甲油、蓋玻片、載玻片、滴管、燒杯。

四、研究過程或方式

(一)氣孔的觀察方法：

1. 直接撕植葉片表皮法—將欖仁樹、榕樹、瓊麻、布袋蓮、馬鞍藤等的上表葉及下表葉；及布袋蓮和馬鞍藤的莖，用刀片或鑷子撕下一層表皮層組織，放在光學顯微鏡下觀察氣孔之形態。
2. 用指甲油印模法—將透明指甲薄薄地塗在上列五種植物之莖葉上，待約30分鐘左右，指甲油已乾，用鑷子將此層薄模撕下，放於載玻片上，加蓋玻片，即可在一般顯微鏡下觀察，在15（目）×10（物）的放大倍數下即可清楚看出氣孔及保衛細胞的形狀，但如要更清楚的測量氣孔的大小，則物鏡以40倍，而在接目鏡裝上測微器（micrometer），就可量出氣孔的大小了。

3. 顯微照相—將上兩種方法製成標本片子，放置於顯微照相機上，拍成氣孔分佈之相片。

(二)研究過程：

研究一：觀察氣孔 (stomata) 的分佈情形

1. 撕下欖仁樹、榕樹、瓊麻的上下表葉及布袋蓮、馬鞍藤上下表葉和莖的表層組織，置於顯微鏡下，以接目鏡10倍觀察，就可看到氣孔的真正形態及其分佈情形。觀察結果如下表：

表一：

植物名稱 觀察部位	欖仁樹	榕 樹	瓊 麻	布袋蓮	馬鞍藤
上 表 葉	×	○	○	○	○
下 表 葉	○	○	○	○	○
莖				○	○

註：“○”表示有氣孔分布

“×”表示無氣孔分布

2. 將透明指甲油塗在欖仁樹、榕樹、瓊麻的上下表葉，及布袋蓮、馬鞍藤的上下表葉和莖上，靜待20~30分鐘乾後，用鑷子撕下此指甲油薄膜，置於載玻片上，保持平滑，加上蓋玻片，放置於顯微鏡下觀察。

研究二：觀察氣孔在葉片上及莖的分佈密度

將測微蓋玻片，蓋在放有表層組織之載玻片上，放在接目鏡15倍，接物鏡10倍的顯微鏡下，觀察每 0.5mm^2 的單位面積內，氣孔的分佈數量，再乘以400倍即是每 cm^2 單位面積之氣孔數，如下表：

植物名稱 觀察部位	欖仁樹	榕樹	瓊麻	布袋蓮	馬鞍藤
上表葉	○	○	2400~ 3600	12000~ 14000	14000~ 16000
下表葉	36000~ 44000	18000~ 20000	2800~ 4000	12000~ 16000	12000~ 16800
莖	○	○	○	10000~ 12000	2800~ 4000

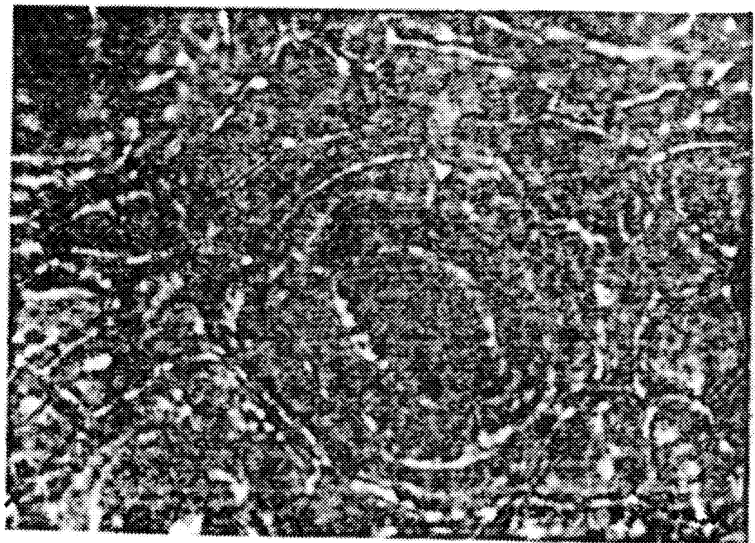
研究三：觀察氣孔的構造

用接目鏡15倍，接物鏡40倍，的倍數下觀察氣孔的構造。其真實情形如下列照片說明之。（分A、B兩組，A組為撕表層組織觀察，B組用塗指甲油印模法觀察）。

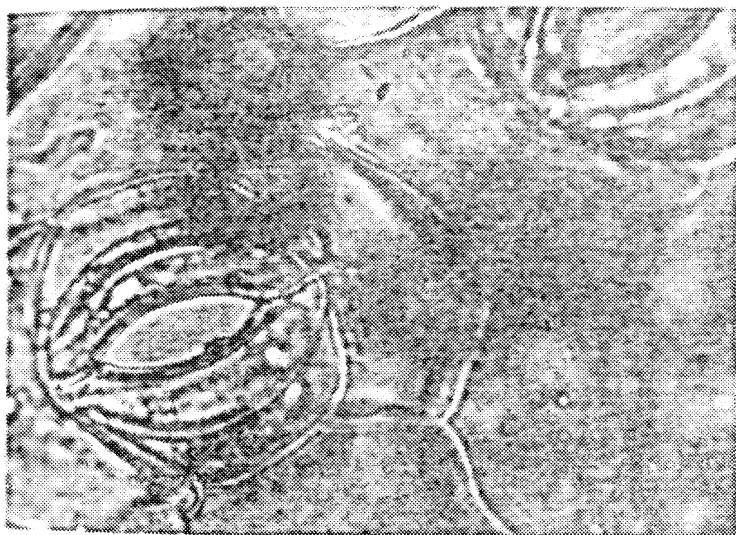


槽仁樹表葉氣孔
A₁ (900 倍)

榕樹下表葉氣孔
A₂ (900 倍)

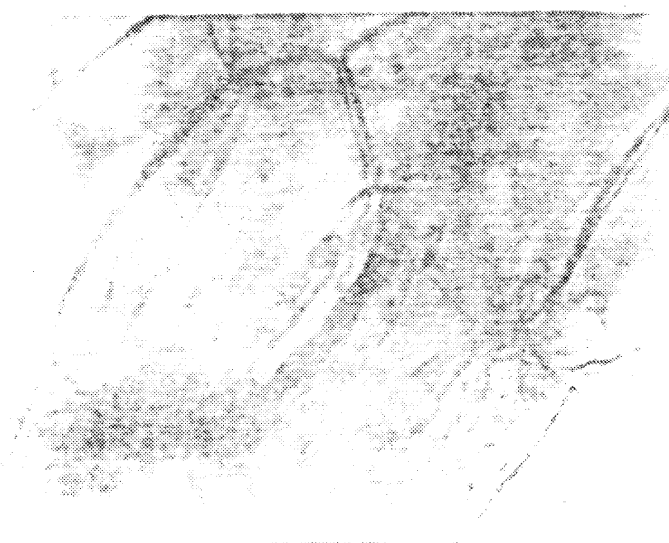


馬鞍藤表葉氣孔
A₃ (900 倍)



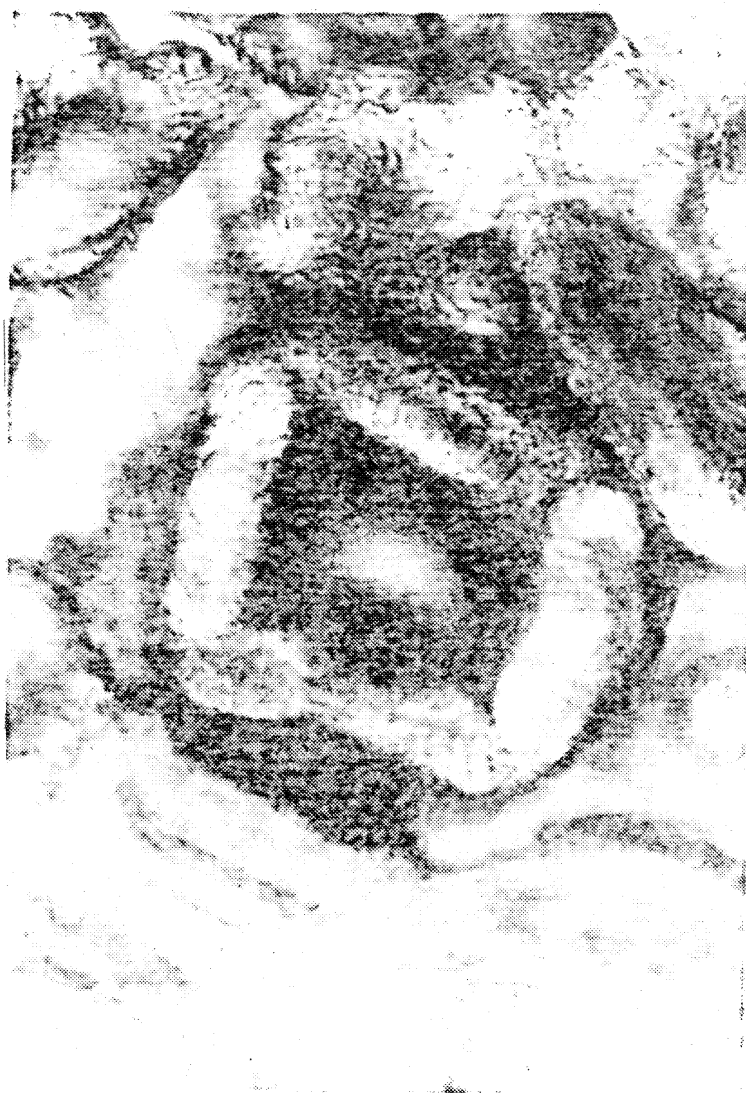
布袋蓮表葉氣孔
A₄ (900 倍)

布袋蓮莖的氣孔
A₅ (900 倍)



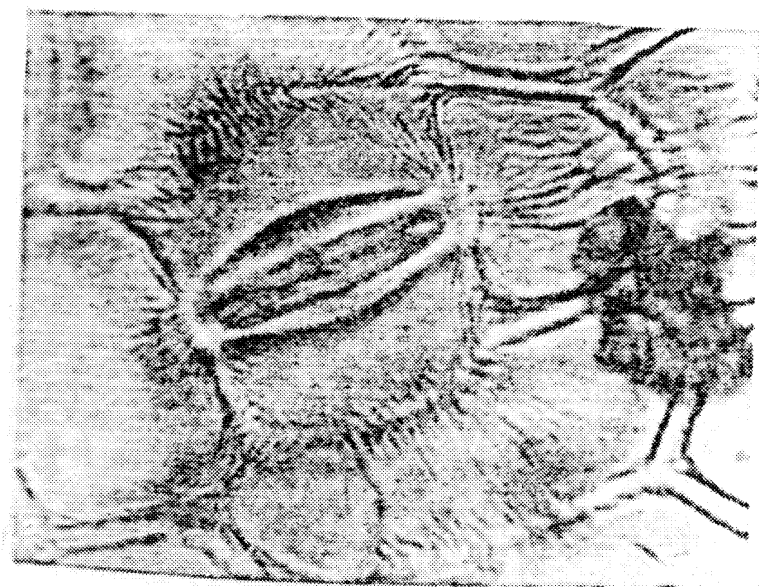


馬鞍藤莖上氣孔
A₆ (900 倍)



瓊麻表葉氣孔
A₇ (900 倍)

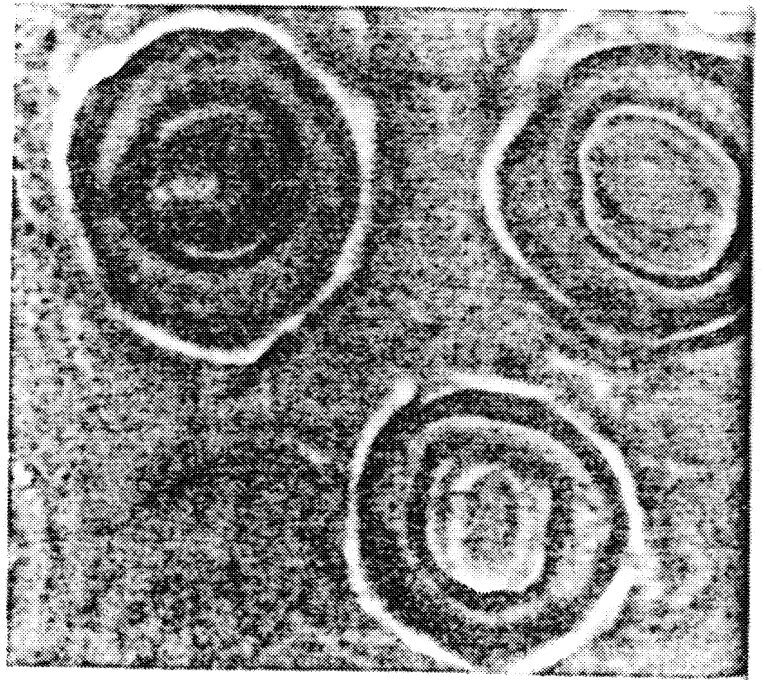
欖仁樹表葉氣孔
B₁ (900 倍)



布袋蓮莖氣孔
B₂ (900 倍)

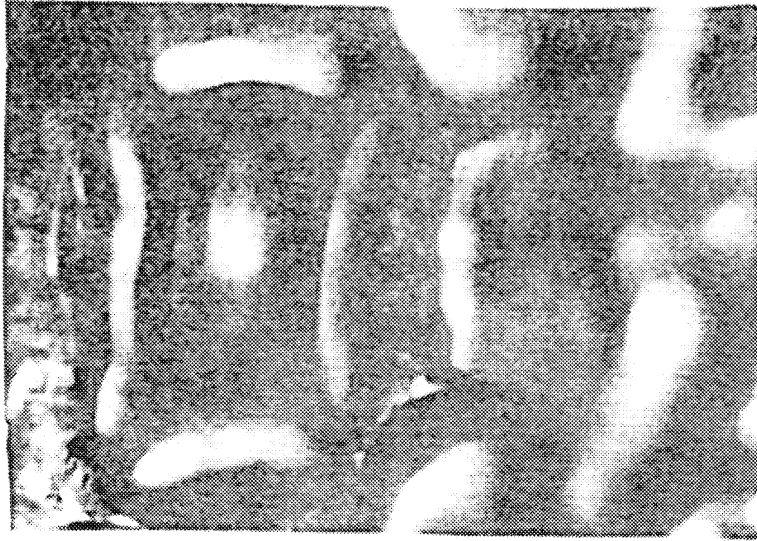


馬鞍藤表葉氣孔
B₃ (900 倍)

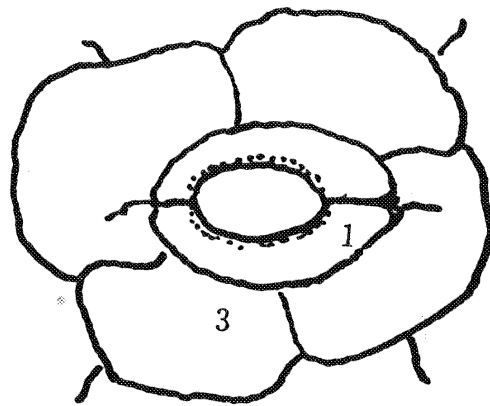


榕樹表葉氣孔
B₄ (900 倍)

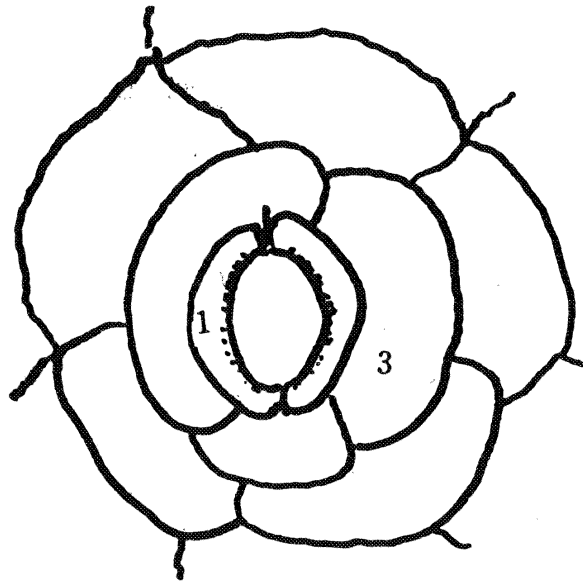
瓊麻表葉
B₅ (900倍)



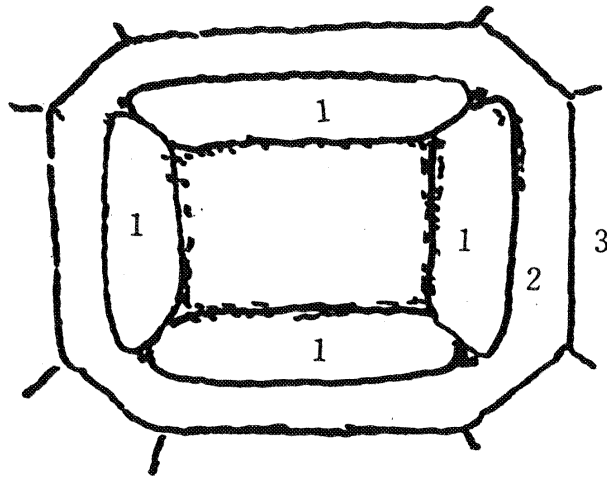
研究四：觀察氣孔和保衛細胞及副細胞的排列方式用接目鏡15倍，接物鏡40倍觀察之，其排列方式，如下繪圖說：（1表保衛細胞。2表副細胞。3表一般表層細胞）



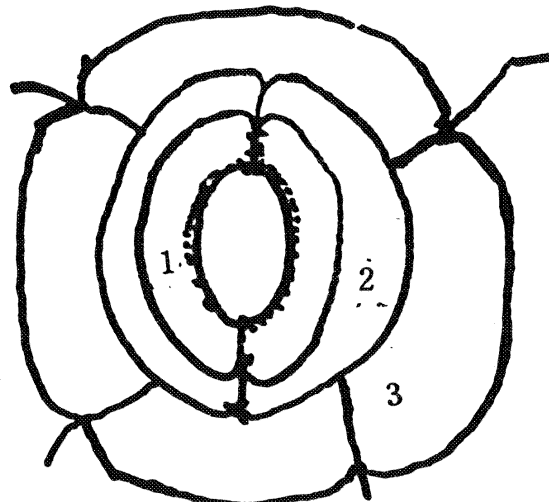
欖仁樹氣孔的排列



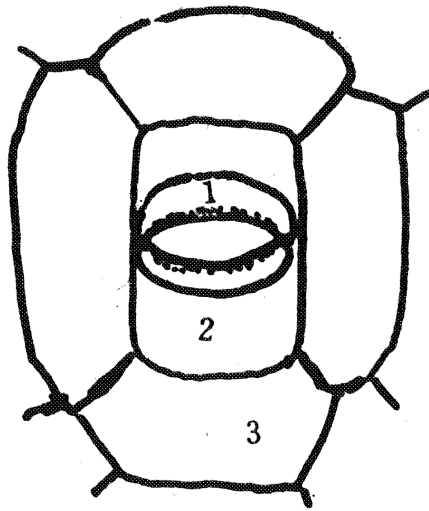
榕樹氣孔的排列



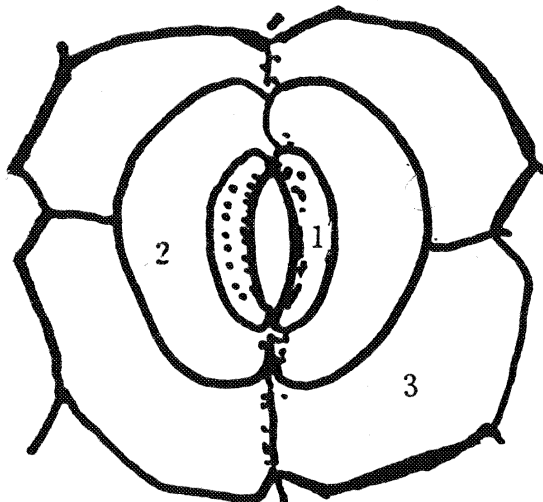
瓊麻氣孔的排列



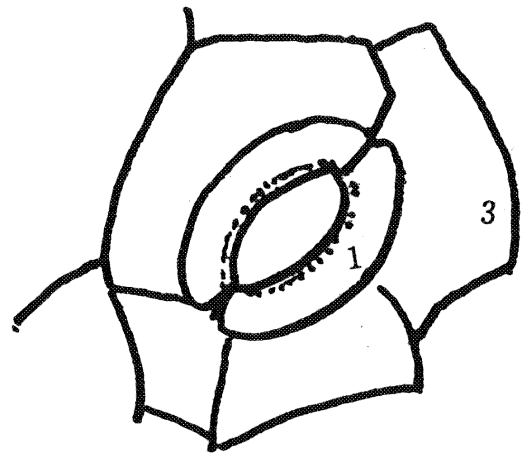
布袋蓮氣孔的排列



布袋蓮莖表層氣孔的排列



馬鞍藤表葉氣孔排列



馬鞍藤莖表層氣孔排列

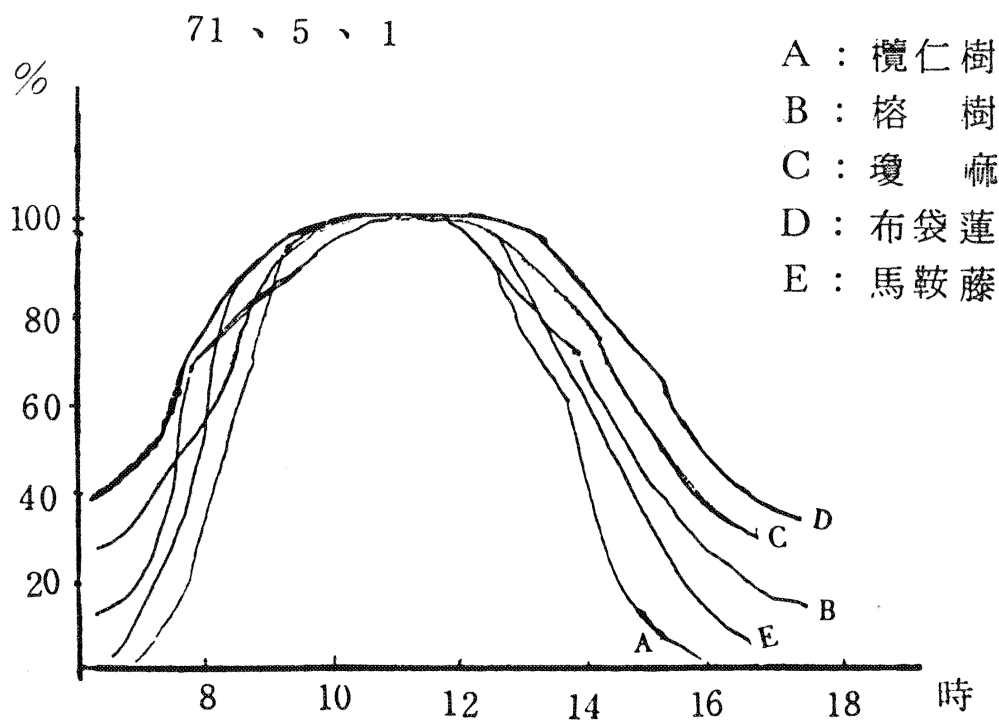
研究五：瞭解各種植物氣孔及保衛細胞之大小

將測微器放入接目鏡內，以接物鏡40倍的顯微鏡下觀察，即可測出氣孔和保衛細胞之大小，其結果如下表三：

植物名稱	氣孔大小	保衛細胞大小
欖仁樹	$7.5 \sim 11.25 \text{ } \mu\text{m} \times 2.5 \sim 5 \text{ } \mu\text{m}$	$7.5 \sim 9.375 \text{ } \mu\text{m} \times 5 \sim 6.25 \text{ } \mu\text{m}$
榕樹	$12.5 \sim 15 \text{ } \mu\text{m} \times 7.5 \sim 10 \text{ } \mu\text{m}$	$11.25 \sim 12.5 \text{ } \mu\text{m} \times 10 \sim 11.25 \text{ } \mu\text{m}$
瓊麻	$37.5 \sim 43.75 \text{ } \mu\text{m} \times 18.75 \sim 25 \text{ } \mu\text{m}$	$23.75 \sim 25 \text{ } \mu\text{m} \times 17.5 \sim 18.75 \text{ } \mu\text{m}$
布袋蓮	$20 \sim 22.5 \text{ } \mu\text{m} \times 10 \sim 12.5 \text{ } \mu\text{m}$	$13.75 \sim 15.625 \text{ } \mu\text{m} \times 12.5 \sim 13.75 \text{ } \mu\text{m}$
馬鞍藤	$15 \sim 18.75 \text{ } \mu\text{m} \times 5 \sim 7.5 \text{ } \mu\text{m}$	$11.25 \sim 12.5 \text{ } \mu\text{m} \times 10 \sim 11.25 \text{ } \mu\text{m}$

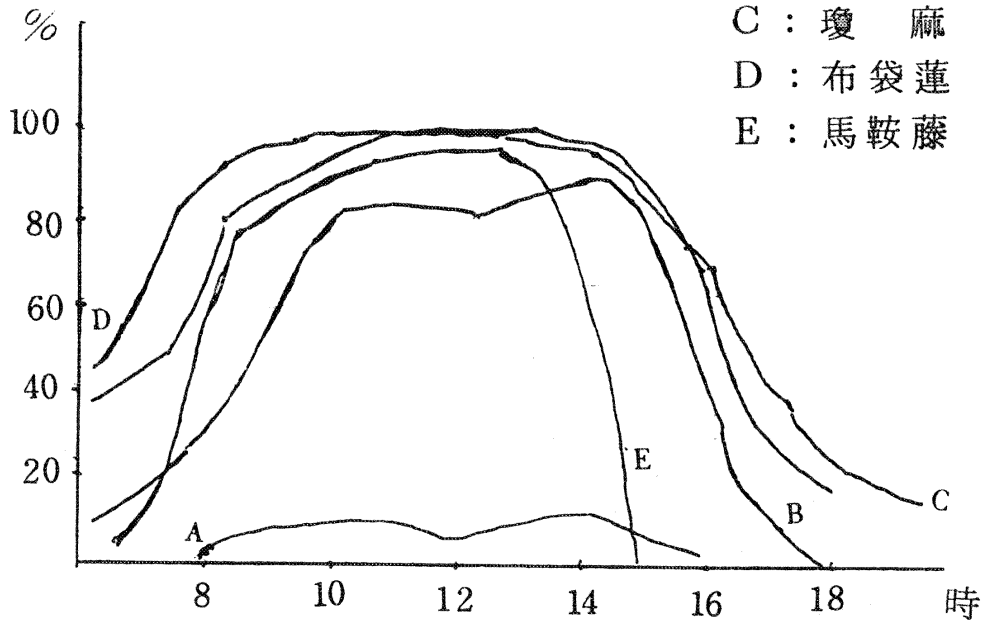
研究六：觀察氣孔開閉習性和天氣變化的關係

分別在特定時間內，利用15(目)×40(物)的倍數，測定氣孔開閉的時間，及每一視野(field)內開啓的比率，現將觀察結果，選取三天做成坐標圖說明之。



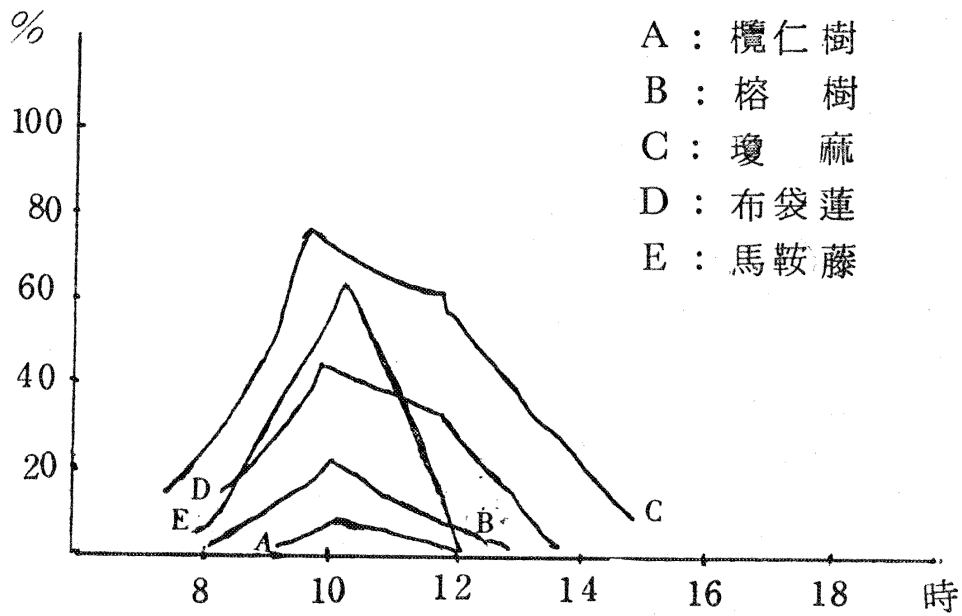
71、11、19 陰後晴

A : 欖仁樹
 B : 榕 樹
 C : 瓊 麻
 D : 布袋蓮
 E : 馬鞍藤



72、1、29 陰雨 (14° ~ 17°)

A : 欖仁樹
 B : 榕 樹
 C : 瓊 麻
 D : 布袋蓮
 E : 馬鞍藤



五、實驗結果

(一)根據研究過程一及表一可知：

欖仁樹、榕樹，只有下表葉的表層組織才有氣孔分佈；而瓊麻的上、下表葉均有氣孔分佈；布袋蓮、馬鞍藤等，除了上下表葉均有氣孔分佈外，它們的莖上表層組織，也有氣孔分佈。其排列狀況欖仁樹、榕樹、馬鞍藤等呈不規則，布袋蓮、瓊麻，呈規則性。

(二)根據研究過程二及表二，表三可知：

1. 欖仁樹下表葉的單位面積內氣孔的分佈密度最高，瓊麻的分佈密度最低，由此可知氣孔的分佈密度因植物種類差異而變化很大。
2. 瓊麻、布袋蓮、馬鞍藤等其葉上下表皮氣孔分佈數相差不多。
○ 欖仁樹和榕樹只葉下表皮才有氣孔。

(三)根據研究三可知：

1. 氣孔是由成對的保衛細胞所包圍，保衛細胞的外圍是副細胞所圍繞，副細胞和一般表細胞不同。
2. 由印模法可清晰的看出欖仁樹、榕樹、瓊麻等的氣孔是下陷的。
3. 欖仁樹、榕樹、馬鞍藤、布袋蓮等，其保衛細胞內，都有葉綠體，而瓊麻的保衛細胞內無。
4. 瓊麻之保衛細胞由兩對細胞構成。

(四)根據研究四可知：

1. 欖仁樹的氣孔，由兩個保衛細胞成對包圍，保衛細胞周圍就是表層細胞，沒有副細胞。
2. 榕樹的氣孔由成對保衛細胞所圍，保衛細胞再由3個不等形的副細胞所包圍。
3. 瓊麻的氣孔開啓時呈正長方形，因此它的保衛細胞是二對平行細胞圍成，而其副細胞則由一個完整細胞所構成，與一般植物有多個副細胞有所不同。

4. 布袋蓮表葉之保衛細胞與副細胞，分別由兩個對稱且平行的細胞所構成。
 5. 馬鞍藤之保衛細胞與副細胞均由兩個對稱且平行的細胞構成，尤其它的副細胞是典型的腎臟形細胞。
- (五)由研究五可知：各種植物之氣孔大小各不相同，其結果如表三。
- (六)由研究六知：
1. 植物受日光照射的強弱會影響其開閉時間，由研究六的三個坐標圖看來，晴天氣孔開的時間最長，雨天最短。
 2. 欖仁樹對日光和溫度的變化，似乎最敏感。

六、討 論

- (一)有關植物氣孔分佈的位置：
1. 植物氣孔的分佈位置，因各種植物不同，大略可分為分佈於下表葉，上下表葉，上下表葉及莖等三個分佈區。
 2. 欖仁樹、榕樹、馬鞍藤等氣孔分佈呈不規則，瓊麻、布袋蓮則和葉脈呈平行狀分佈。
 3. 布袋蓮和馬鞍藤的表葉層組織，除了氣孔外尚有類似氣孔的構造，但無保衛細胞，馬鞍藤的分布比率每 0.5mm^2 達4～6個。
- (二)植物氣孔的分佈密度，因各植物而不同，可能與生長環境，生理狀況，新陳代謝有關。
- (三)植物氣孔由保衛細胞圍成，保衛細胞之外圍是副細胞，因此它們可能會控制氣孔的開閉；另外，植物的氣孔和表層細胞，可能不在同一平面上。
- (四)植物氣孔的排列形狀，因植物種類而異，由研究四各圖示可看出。
- (五)由研究一和研究五知：植物氣孔的大小和分佈數似乎有關係；同是早生的欖仁樹和瓊麻，前者氣孔小，分佈密度密；而瓊麻氣孔大，分佈密度疏。
- (六)植物氣孔開啓時間，因天氣變化，也會起變化。例如：71年11

月11日是71年入冬以來，第一道冷鋒南下，當天上述五種植物氣孔開啓時間，延至九時左右才開啓，而欖仁樹却從此呈休息狀態，除非大晴天少數微開外，很少開啓，直到落葉。

七、結 論

(一)植物氣孔的分佈：

1. 植物氣孔存在葉、莖上，而根則無氣孔。
2. 雙子葉植物除草本類及陰性植物外，只下表葉才有氣孔分佈；單子葉植物多數上下表葉都有氣孔分佈，且和葉脈成平行排列；而雙子葉植物分佈較散亂。
3. 網狀葉脈植物氣孔呈不規則性分佈，平行葉脈植物呈規則性排列。
4. 水生和塩生（陰濕）植物的表層組織除氣孔外還有水孔（Water pores）分佈。

(二)植物氣分佈密度：

1. 接受陽光照射較強（多）的植物，其氣孔分佈數目較多，例如：欖仁樹、榕樹等喬木。
2. 在水中或陰暗地方生長的植物其氣孔數較少，同樣地，耐旱性強的植物其氣孔亦較少。
3. 一般植物，下表葉氣孔多於上表葉數目，但布袋蓮、馬鞍藤、瓊麻等差別並不明顯。

(三)植物氣孔構造：

1. 保衛細胞直接影響氣孔開口的大小。
2. 旱生植物的氣孔向葉內下陷；水生、塩生或生長在陰濕地方的植物氣孔凸出於葉面。
3. 植物保衛細胞內多數有葉綠體。

(四)氣孔的排列：

1. 欖仁樹表葉和馬鞍藤莖的表層氣孔，只由保衛細胞構成，而沒有副細胞包圍，是一種不定形（Anomocytic type）的排列。

2. 榕樹氣孔的保衛細胞，被三個不等的副細胞所包圍，是一種不等形 (Anisocytic type) 的排列。
3. 瓊麻、布袋蓮、馬鞍藤等的氣孔；其保衛細胞由一至四個副細胞包圍，而副細胞之長軸和氣孔或保衛細胞成平行，是一種平行形 (paracytic type) 的排列。

(五)氣孔的大小：

1. 氣孔大小因植物種類不同而差異，根據觀測知：氣孔和保衛細胞的大小，不受環境因素而改變。
2. 利用測微器測知一般植物氣孔大小，保衛細胞之大小約為 $10 \sim 50\mu\text{m} \times 1.5 \sim 20\mu\text{m}$ ；而氣孔孔口之開口約為 $5 \sim 40\mu\text{m} \times 1 \sim 20\mu\text{m}$ 。

(六)氣孔和天氣變化的關係：

1. 一般植物在天亮時即開始開啓，於Am10時左右達高峯，一直保持到Am12時左右開始逐漸關閉。
2. 陰天時開口較小，且提早關閉，如在午前陽光出現氣孔會再開啓。
3. 雨天氣孔開啓時間最短，約在Am10時左右就關閉了。
4. 部分植物在夜間氣孔也是開啓的，如：榕樹、布袋蓮等，其中布袋蓮的開閉成局部群落現象。

八、參考資料及其他

(一)參考資料：

1. 如何觀察植物的氣孔 (潘素美先生著) — 生物科學12期page 49~54。
2. 植物解剖學 (蔡淑華先生著) — 國立編譯館。page 151 ~ 159。
3. 香蕉氣孔運動習性及吸水特性之研究 (莊嘉坤先生著)。

(二)研究心得：

1. 借著本作品之完成，可望在教學上獲得一點幫助。
2. 由於這次實驗獲益良多，美中不足的是，個人所學疏淺，無

法深入研究；今後當充實自己，以便在教學上有所助益。

- 評語：
- 1 實驗所取材料適當。
 - 2 方法技術正確。
 - 3 實驗結果具有學術價值。