

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 植物學科

052108

氣孔密度與植物光照需求關係之探討

學校名稱：桃園市立新屋高級中等學校

| | |
|-----------------------------------------------|------------------|
| 作者： 高二 黃禮彬 高二 羅文辰 高二 黃敏智 | 指導老師： 姚靖軒 |
|-----------------------------------------------|------------------|

關鍵詞：植物氣孔、保衛細胞

摘要

本研究的宗旨在於探討影響植物氣孔數量和密度的各種可能因素，通過區分植物在光照需求、草木本質地及演化上分類的差異，將其葉片上氣孔密度做比較，觀察這些因素是否會影響植物氣孔的數量與密度。經由採集校內各類植物葉片氣孔標本、計算氣孔密度，並以統計學的方式分析數據後，我們發現陽性植物的氣孔密度和陰性植物有顯著的差異，而耐陰植物則介於兩者之間（其餘的因素如草木本質地及演化分類，在統計上則無甚差異。而在未來，我們也會在影響變因的設定上做更加嚴謹的設定及個別比較），藉此更進一步探究能影響植物氣孔數量的真正因素。

壹、研究動機

我們曾經在國高中課本上學過氣孔的構造，以及其和植物生理機制的關聯，也從以前眾多研究得知許多層面的因素皆會影響氣孔的分布方式及開閉，但似乎卻沒有對造成植物氣孔數量和密度差異的原因做太多的著墨，所以我們想從植物最廣為人知的生化反應-光合作用下手，了解氣孔密度和光合作用的需求是否有關連。例如光合作用的碳反應需要開放氣孔吸入二氧化碳，但光照太強時氣孔又會關閉，又我們發現各種植物本身對光的需求度不同，故我們先以所謂的陰性植物與耐陰植物和陽性植物作為對照，觀察各種對光照需求不同的植物，其氣孔數量和密度是否有關，再以此結果為基礎，進行之後的實驗探究。

貳、研究目的

- 一、調查校園內植物的基本資訊(光照需求、草木本質地，以及演化上分類)。
- 二、觀察氣孔密度與植物光照需求的關聯。
- 三、不同光照需求植物中，草木本及型態是否影響植物氣孔密度。
- 四、不同光照需求植物中，演化上的分類是否影響植物氣孔密度。

參、研究設備及器材

- 一、複式顯微鏡
- 二、手機鏡頭
- 三、膠帶
- 四、載玻片
- 五、指甲油
- 六、載物台測微器
- 七、剪刀



肆、研究過程或方法

經過多次討論之後決定了我們的主題，即「植物陰陽性是否會影響到其氣密度」，在主題確立之後我們才開始進行研究。

一、調查校內各種植物的種類及特性

我們尋找了校園內一些可供辨識的植物（共 37 種），並了解他們的各種特性(表一)。

(一)、對光需求量的差異

根據網路及書籍上的資料，我們將植物對光需求量分為：

- 1.陰性：指在強光下發育不佳，而在弱光下發育良好的植物。
- 2.陽性：指在強光下發育良好，而在弱光下發育不佳的植物。
- 3.耐陰：指光照需求介於上述兩者之間的植物。

(二)、植物型態的差異

考量到植物不同型態的差異，可能會影響獲得光照的難易度，所以我們以其作為變因，將其分為：

- 1.喬木：由根部長出獨立主幹的木本植物。
- 2.灌木：指主幹不明顯的木本植物。
- 3.草本：以膨壓支撐莖的植物。

(三)、植物分類上的差異

根據我們查到的資料，不同種類的植物，其氣孔構造或分布狀態有所差異，例如蕨類植物有著較特別的氣孔分布排列方式，而單雙子葉植物在氣孔構造上也有所不同，例如雙子葉的保衛細胞是腎臟型，單子葉的保衛細胞則是啞鈴型，又或者如單子葉具有雙子葉所沒有的附屬細胞，所以我們也想知道，這些差異是否會影響植物本身的氣孔數量。在本研究中，我們將校園中的植物分為：

- 1.蕨類植物：指那些使用孢子繁殖的維管束植物。
- 2.單子葉植物：指那些種子的胚只有一個子葉的被子植物。
- 3.雙子葉植物：指那些種子的胚有兩個子葉的被子植物。

二、探討如何觀測植物氣孔

(一)搜尋目標植物。

(二)考慮到每一種植物的氣孔可能會因葉片的成長狀況而有所不同，故葉片來源自同一株植物，且大小、形狀、年齡及色澤皆相似。

(三)為了實驗方便，我們在植物的上下表皮塗上一層指甲油，靜置至乾，在利用膠帶將風乾後的薄膜撕下，貼在載玻片上，即完成植物氣孔取樣。

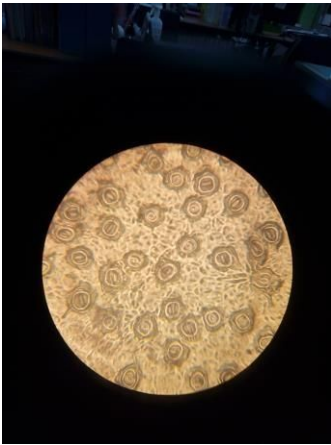
圖(一)、於葉片塗指甲油 圖(二)、利用膠帶取得樣本 圖(三)、貼上載玻片



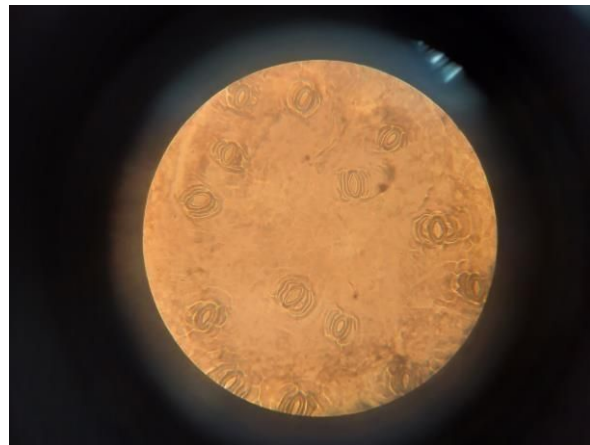
(四)利用複式顯微鏡，調至適合倍率後，觀測各植物葉片表皮細胞的氣孔分布。

(五)利用手機的相機功能拍下各植物葉片表皮細胞氣孔的分布範圍，每種植物在葉片不同位置的氣孔拍五張，以利之後計算氣孔密度的平均。

圖（四）、黃金榕氣孔照片



圖（五）、紅苞喜林芋氣孔照片



三、探討如何比對植物氣孔密度數據

(一)利用載物臺測微器測量適合倍率下的視野面積，進而比對各植物葉片表皮細胞氣孔的數目及密度等等。

(二) 計算氣孔密度

計算方式：平均氣孔數/面積

算出植物在五張照片中的氣孔數，再將五個數據取平均得到氣孔平均數量，再除以顯微鏡的視野面積大小，得到氣孔密度。(10 倍鏡：2833850 μm^2 、40 倍鏡：158962.5 μm^2)。

四、利用統計學方法處理實驗數據

由於單有實驗數據實在難以做出客觀分析，我們決定使用統計學上的 t 檢定。

t 檢定可分為單尾以及雙尾的 t 檢定，首先單尾 t 檢定用來比的是兩個數值中，其中一個是否大於(或小於)另一個值(如一個班級中，男生平均身高是否高於女生)，至於雙尾 t 檢定則是比較兩個數值之間是否有顯著的差異(如一個班級中，男女生平均身高是否有差異)而我們主要想知道兩種不同類型的植物氣孔密度有無差異，所以本次實驗使用雙尾 t 檢定作為統計工具。

五、探討各項因素是否影響植物氣孔數量和密度

我們將取得的校園植物氣孔相關數據，配合雙尾 t 檢定，探討下列各種可能影響植物氣孔數量密度的因素：

- (一)利用表二的數據來計算不同對光需求(例：陰性、陽性)植物的氣孔密度，並比較有無差異。
- (二)在同為陰性或同為陽性的狀況下，比較不同型態質地(例：喬木、灌木)的植物氣孔密度是否有差異。
- (三)在同為陰性或同為陽性的狀況下，比較不同演化分類(例：單子葉、雙子葉)的植物氣孔密度是否有差異。

伍、研究結果

一、校內植物的基本資訊 (單雙子葉、草木本，以及光照需求)

我們調查完校園內部大部分的植物基本資訊(光照需求、草木木本、單子葉雙子葉)，並將其整理成表格(如表一)，供之後的實驗使用。

表一、校園內部各種植物的種類分布範圍及各種特性

| 俗名 | 氣孔密度 (個數/ μm) | 學名 | 型態質地 | 演化分類 | 光照需求 | 上下表皮 | 觀察倍率 |
|--------------|------------------------------|------------------------------------|-------|--------|------|------|------|
| 金錢樹 (美鐵芋) | 2.41 | <i>Zamioculcas zamiifolia</i> | 草本 | 被子 單子葉 | 耐陰 | 下 | 10 |
| 富貴竹 | 3.02 | <i>Dracaena sanderiana</i> | 喬木 | 被子 單子葉 | 耐陰 | 上 | 40 |
| 富貴竹 | 8.93 | <i>Dracaena sanderiana</i> | 喬木 | 被子 單子葉 | 耐陰 | 下 | 40 |
| 番石榴 | 15.6 | <i>Psidium guajava</i> | 喬木或灌木 | 被子 雙子葉 | 耐陰 | 下 | 40 |
| 杜英 | 21 | <i>Elaeocarpus sylvestris</i> | 喬木 | 被子 雙子葉 | 耐陰 | 下 | 40 |
| 變葉木 | 9.81 | <i>Codiaeum variegatum</i> | 灌木 | 被子 雙子葉 | 陽性 | 下 | 40 |
| 紅苞喜林芋 | 7.42 | <i>Philodendron erubescens</i> | 藤本 | 被子 雙子葉 | 陽性 | 下 | 40 |
| 朱蕉 | 17.2 | <i>Cordyline fruticosa</i> | 灌木 | 被子 雙子葉 | 陽性 | 下 | 40 |
| 銀樺 | 8.18 | <i>Grevillea robusta</i> | 喬木 | 被子 雙子葉 | 陽性 | 下 | 40 |
| 大花咸豐草 | 9.56 | <i>Bidens alba</i> | 草本 | 被子 雙子葉 | 陽性 | 下 | 40 |
| 相思樹 | 11.7 | <i>Acacia confusa</i> | 喬木 | 被子 雙子葉 | 陽性 | 上 | 40 |
| 桑樹 | 15.3 | <i>Morus alba L</i> | 灌木或喬木 | 被子 雙子葉 | 陽性 | 下 | 40 |
| 小葉榕 | 17.7 | <i>Ficus microcarpa</i> | 喬木 | 被子 雙子葉 | 陽性 | 下 | 40 |
| 黃金榕 | 19.5 | <i>Ficus microcarpa</i> | 喬木 | 被子 雙子葉 | 陽性 | 下 | 40 |
| 金葉女真 | 20.9 | <i>Ligustrum vicaryi</i> | 灌木 | 被子 雙子葉 | 陽性 | 下 | 40 |
| 流蘇 | 24.2 | <i>Chionanthus retusus</i> | 喬木 | 被子 雙子葉 | 陽性 | 下 | 40 |
| 大花紫薇 | 24.7 | <i>Lagerstroemia speciosa</i> | 喬木 | 被子 雙子葉 | 陽性 | 下 | 40 |
| 羅比親王海棗 | 30.8 | <i>Phoenix roebelenii</i> | 喬木 | 被子 單子葉 | 陽性 | 下 | 40 |

| | | | | | | | |
|-------------|------|--------------------------------|--------|--------|----|----|----|
| 臺灣欒樹 | 35.2 | <i>Koelreuteria elegans</i> | 喬木 | 被子 雙子葉 | 陽性 | 下 | 40 |
| 櫻花 | 39.6 | <i>Prunus serrulata</i> | 喬木 | 被子 單子葉 | 陽性 | 下 | 40 |
| 竹柏 | 8.56 | <i>Nageia nagi</i> | 喬木 | 被子 雙子葉 | 陰性 | 下 | 40 |
| 花葉萬年青 | 2.23 | <i>Dieffenbachia seguine</i> | 草本 | 被子 單子葉 | 陰性 | 下 | 10 |
| 山蘇 (鳥巢蕨) | 3.52 | <i>Asplenium antiquum</i> | 草本 | 蕨類 | 陰性 | 下 | 40 |
| 厚皮香 | 4.66 | <i>ernstroemia gymnanthera</i> | 喬木 | 被子 雙子葉 | 陰性 | 下 | 40 |
| 酢漿草 | 10.1 | <i>Oxalis corniculata</i> | 草本 | 被子 雙子葉 | 陰性 | 下 | 40 |
| 散尾葵 | 10.3 | <i>Dypsis lutescens</i> | 灌木 | 被子 單子葉 | 陰性 | 下 | 40 |
| 百子蓮 | 3.6 | <i>Agapanthus</i> | 草本 | 被子 單子葉 | 陽性 | 下 | 40 |
| 桂花 | 44.3 | <i>Osmanthus fragrans</i> | 灌木或喬木 | 被子 雙子葉 | 陽性 | 下 | 40 |
| 杜鵑 | 24.5 | <i>Rhododendron</i> | 灌木 | 被子 雙子葉 | 陰性 | 下 | 40 |
| 虎尾蘭 | 1.51 | <i>Sansevieria trifasciata</i> | 草本 | 被子 單子葉 | 耐陰 | 下 | 10 |
| 蘭嶼羅漢松 | 14.7 | <i>Podocarpus costalis</i> | 灌木或小喬木 | 裸子 | 陽性 | 下 | 40 |
| 玉米 | 8.9 | <i>Zea mays</i> | 草本 | 被子 單子葉 | 陽性 | 下 | 40 |
| 韭菜 | 6.4 | <i>Allium tuberosum</i> | 草本 | 被子 單子葉 | 陽性 | 環狀 | 40 |
| 鵝掌藤 | 27.1 | <i>Schefflera arboricola</i> | 灌木 | 被子 單子葉 | 耐陰 | 下 | 40 |
| 鶴望蘭 | 16.9 | <i>Strelitzia reginae</i> | 草本 | 被子 單子葉 | 耐陰 | 下 | 40 |
| 含笑 | 33.9 | <i>Magnolia figo</i> | 灌木或喬木 | 被子 雙子葉 | 陽性 | 下 | 40 |
| 馬櫻丹 | 13.9 | <i>Lantana camara</i> | 灌木 | 被子 雙子葉 | 陽性 | 下 | 40 |

註：韭菜因葉子為圓柱狀，我們無法辨別上表皮與下表皮，因此我們將其葉子做環狀採樣

我們同時透過計算密度公式，算出了各植物的氣孔密度(表一)，初步觀察到大部分陽性植物的氣孔密度是較高的，氣孔密度最低的才是陰性植物，然而這些觀察依然不夠客觀準確，所以我們選用了雙尾 t 檢定來作更為客觀準確的數據分析。

二、觀察氣孔密度與植物光照需求的關聯

我們將光照程度所分成的數據資料分成「陽性、陰性、耐陰」去比對，將數據以表格的方式呈現如下（如表二到表六），且將其分別做雙尾 t 檢定，探究出以上條件對氣孔的密度有無關係。

表二、氣孔密度與植物光照需求（陽性+耐陰與陰性）的 t 檢定數值

| | 陽性+耐陰 | 陰性 |
|------------|---------------|-------------|
| 平均 | 17.13133333 | 9.124285714 |
| t檢定數值 | 0.03957574227 | |
| | 有顯著差異 | |
| ※設定p值<0.05 | | |

表三、氣孔密度與植物光照需求（陽性與陰性+耐陰）的 t 檢定數值

| | 陽性 | 陰性+耐陰 |
|------------|-------------|-------------|
| 平均 | 18.8585 | 10.68933333 |
| t檢定數值 | 0.019877519 | |
| | 有顯著差異 | |
| ※設定p值<0.05 | | |

表四、氣孔密度與植物光照需求（陽性與陰性）的 t 檢定數值

| | 陽性 | 陰性 |
|------------|-------------|-------------|
| 平均 | 18.8585 | 9.124285714 |
| t檢定數值 | 0.020678358 | |
| | 有顯著差異 | |
| ※設定p值<0.05 | | |

表五、氣孔密度與植物光照需求（陽性與耐陰）的 t 檢定數值

| | 陽性 | 耐陰 |
|------------|-------------|----------|
| 平均 | 18.8585 | 12.05875 |
| t檢定數值 | 0.076154241 | |
| | 無顯著差異 | |
| ※設定p值<0.05 | | |

表六、氣孔密度與植物光照需求（陰性與耐陰）的 t 檢定數值

| | 陰性 | 耐陰 |
|------------|-------------|----------|
| 平均 | 9.124285714 | 12.05875 |
| t檢定數值 | 0.517431986 | |
| | 無顯著差異 | |
| ※設定p值<0.05 | | |

三、不同光照需求植物中，型態質地是否影響植物氣孔密度

我們將植物以光照需求再做分類，共分成了「喬木與灌木+草本」、「喬木與灌木」、「灌木與草本」、「喬木與草本」四類，並根據其光照需求的不同，整理成表格來呈現（如表七到表十九）。

表七、陽性植物中草本本（喬木+灌木與草本）的 t 檢定數值

| 陽性植物 | 喬木+灌木 | 草本 |
|------------|------------------|-------|
| 平均 | 21.61166667 | 7.115 |
| t檢定數值 | 0.00008712612828 | |
| | 有顯著差異 | |
| ※設定p值<0.05 | | |

表八、陽性植物中草本本（喬木與灌木+草本）的 t 檢定數值

| 陽性植物 | 喬木 | 灌木+草本 |
|------------|-------------|-------------|
| 平均 | 24.59846154 | 15.83769231 |
| t檢定數值 | 0.062903355 | |
| | 不顯著但接近有顯著差異 | |
| ※設定p值<0.05 | | |

表九、陽性植物中草木本（喬木與灌木）的 t 檢定數值

| 陽性植物 | 喬木 | 灌木 |
|------------|-------------|----------|
| 平均 | 24.59846154 | 21.25125 |
| t檢定數值 | 0.531322139 | |
| | 無顯著差異 | |
| ※設定p值<0.05 | | |

表十、陽性植物中草木本（灌木與草本）的 t 檢定數值

| 陽性植物 | 灌木 | 草本 |
|------------|-------------|-------|
| 平均 | 21.25125 | 7.176 |
| t檢定數值 | 0.011501056 | |
| | 有顯著差異 | |
| ※設定p值<0.05 | | |

表十一、陽性植物中草木本（喬木與草本）的 t 檢定數值.

| 陽性植物 | 喬木 | 草本 |
|------------|-------------|-------|
| 平均 | 24.59846154 | 7.176 |
| t檢定數值 | 0.000114437 | |
| | 有顯著差異 | |
| ※設定p值<0.05 | | |

表十二、陰性植物中草木本(喬木與灌木+草本)的 t 檢定數值

| 陰性植物 | 喬木 | 灌木+草本 |
|------------|------------|---------|
| 平均 | 6.61 | 11.7825 |
| t檢定數值 | 0.36478511 | |
| | 無顯著差異 | |
| ※設定p值<0.05 | | |

表十三、陰性植物中草木本(喬木與草本)的 t 檢定數值

| 陰性植物 | 喬木 | 草本 |
|------------|-------------|-------|
| 平均 | 6.61 | 6.165 |
| t檢定數值 | 0.931393625 | |
| | 無顯著差異 | |
| ※設定p值<0.05 | | |

表十四、陰性植物中草木本(喬木與灌木)的 t 檢定數值

| 陰性植物 | 喬木 | 灌木 |
|------------|-------------|------|
| 平均 | 6.61 | 17.4 |
| t檢定數值 | 0.357875919 | |
| | 無顯著差異 | |
| ※設定p值<0.05 | | |

表十五、陰性植物中草木本(灌木與草本)的 t 檢定數值

| 陰性植物 | 灌木 | 草本 |
|------------|-------------|-------|
| 平均 | 17.4 | 6.125 |
| t檢定數值 | 0.331234979 | |
| | 無顯著差異 | |
| ※設定p值<0.05 | | |

表十六、耐陰植物中草木本(喬木與灌木+草本)的 t 檢定數值

| 耐陰植物 | 喬木 | 灌木+草本 |
|------------|------------|--------|
| 平均 | 12.1375 | 12.704 |
| t檢定數值 | 0.92987155 | |
| | 無顯著差異 | |
| ※設定p值<0.05 | | |

表十七、耐陰植物中草木本(喬木與草本)的 t 檢定數值

| 耐陰植物 | 喬木 | 草本 |
|------------|-------------|------|
| 平均 | 12.1375 | 6.94 |
| t檢定數值 | 0.456621677 | |
| | 無顯著差異 | |
| ※設定p值<0.05 | | |

表十八、耐陰植物中草木本(灌木與草本)的 t 檢定數值

| 耐陰植物 | 灌木 | 草本 |
|------------|-------------|------|
| 平均 | 21.35 | 6.94 |
| t檢定數值 | 0.177526974 | |
| | 無顯著差異 | |
| ※設定p值<0.05 | | |

表十九、耐陰植物中草木本(喬木與灌木)的 t 檢定數值

| 耐陰植物 | 喬木 | 灌木 |
|------------|-------------|-------|
| 平均 | 12.1375 | 21.35 |
| t檢定數值 | 0.316528237 | |
| | 無顯著差異 | |
| ※設定p值<0.05 | | |

四、不同光照需求植物中，單子葉與雙子葉是否有影響

在一開始做此分類的時候，我們有查過資料，得知單雙子葉的氣孔構造存在著形狀上的差異，或許這會導致其氣孔密度上也有差異也說不定。於是我們也將此變因做了 t 檢定(如表二十到表二十二)。

表二十、光照需求中（陽性植物）單子葉與雙子葉的 t 檢定數值

| 陽性植物 | 單子葉 | 雙子葉 |
|--------------|-------------|----------|
| 平均 | 18.92857143 | 15.51417 |
| t 檢定數值 | 0.623365145 | |
| | 無顯著差異 | |
| ※設定 p 值<0.05 | | |

表二十一、光照需求中（陰性植物）單子葉與雙子葉的 t 檢定數值

| 陰性植物 | 單子葉 | 雙子葉 |
|--------------|-------------|--------|
| 平均 | 6.265 | 11.955 |
| t 檢定數值 | 0.403263256 | |
| | 無顯著差異 | |
| ※設定 p 值<0.05 | | |

表二十二、光照需求中（耐陰植物）單子葉與雙子葉的 t 檢定數值

| 耐陰植物 | 單子葉 | 雙子葉 |
|------------|------------|------|
| 平均 | 9.97833333 | 18.3 |
| t檢定數值 | 0.15041498 | |
| | 無顯著差異 | |
| ※設定p值<0.05 | | |

陸、討論

一、.觀察氣孔密度與植物光照需求的關聯

透過前人研究，我們已經得知氣孔開閉會受到許多因素的影響，包含溫溼度與酸鹼性及陽光，而陽光與氣孔都會影響植物的光合作用，故我們猜測，陽光既然能影響氣孔開閉，那是否也與氣孔密度的數量多寡有關聯呢？本次實驗中，我們發現陽性與陰性植物的氣孔平均密度具顯著差異，而耐陰植物則介於上述兩者之間，顯示植物對光的需求不同，確實會使植物氣孔在數量上出現差距，我們推測這三類植物的共同祖先在氣孔密度上可能較為接近耐陰植物，也許我們可以再尋找一些從新生代第三紀到現在基因、型態、質地相對沒有太大改變的植物，以供我們研究在演化上的關係。

二、觀察不同光照需求下氣孔密度與植物型態大小的關聯

起初我們是推測比較高的喬木會照射到較多的陽光，氣孔的密度可能會比高度相對較矮小的灌木及草本植物來的多，經過我們分類過後再比較，會發現陽性植物分類中木本與草本的比較都是有差異的，但陰性及耐陰的分類中都呈現無顯著關係，所以我們推測在陰性及耐陰中草木本對於氣孔密度的影響其實不大，而在陽性植物中可能對陽光有更激烈的競爭，所以陽性的喬木才逐漸演化出更多的氣孔。

而至於在陰性及耐陰中喬木、灌木、草本植物的不同，對氣孔密度是否真的沒有影響，我們認為未來有必要用更精準的數值去分類植物(如：植物的高度或是葉片面積、生長方式...等等)，才有辦法做出更進一步分析(陽性的喬木與灌木+草本t檢定分析結果是不顯著，但接近有差異，我們猜測可能是灌木與草本合併計算後，灌木縮小了原先喬木與草本的差距，日後應該也要對陽性植物的高度做嚴謹的分類，才能得出更精確的結果)。

三、觀察不同光照需求下觀察氣孔密度與植物單子葉與雙子葉的關聯

因為雙子葉植物的氣孔構造和單子葉不同，如：雙子葉不具備單子葉用以提升氣孔開閉效率的附屬細胞，所以我們就推測雙子葉植物可能比單子葉植物需要更多氣孔去支持其功能的運行，但在我們測出光照程度中單子葉雙子葉的t檢定數值之後，發現兩類的t檢定數值均顯示沒有顯著差異，我們猜測可能單子葉及雙子葉的差別不是影響氣孔密度的主因，或者也有可能是在本次實驗的植物中，我們可能剛好都採樣到氣孔密度較為接近的植物，我們認為可以進一步增加採樣的種類，來觀察其是否和氣孔密度有關。

四、有些植物的氣孔分布不均

在觀察的過程中我們發現，並不是所有植物的氣孔都是均勻分布，有些是較平均的分布，但有些卻是不均勻分布，所以我們在未來會獲取更大量的樣本，將不均於分布的方式做類別上的區分，並將均勻程度做量化分析，比較均勻程度及模式是否會影響氣孔密度。

五、未來展望

本次研究最大、最需要改進之處，在於某些定義上的不明確，導致變因不夠精準，而未來我們希望能以更精確的方式去做植物分類上的定義，未來會進行的方向如以下：

- (一)以植物高度、葉序、葉片面積或葉片型態...等，更精準地去區分植物取得光照的能力。
- (二)利用光補償點及光飽和點去更加精確的區分陽性、耐陰、陰性。
- (三)不同演化分類上植物，其氣孔的分布狀況及型態是否有影響。
- (四)研究葉片面積的大小是否會影響到氣孔密度。
- (五)量化氣孔均勻程度、分類不均勻模式，並分析均勻程度及模式是否會影響氣孔密度。
- (六)研究同樣光照需求下，環境的光量是否影響氣孔密度。

藉由更精確的定義，及收集更多的資料數據來更精確的描述實驗結果，期許我們能藉由更精細的分析得出與本次實驗不一樣的結果。

柒、結論

一、我們在做完光照程度與氣孔密度的 t 檢定數值後，發現其中植物對光照的需求，與氣孔密度有所關連，陽性植物的氣孔數量明顯高於陰性，耐陰則介於兩者之間。

二、以第一點的實驗結果，我們做了草本木是否影響植物氣孔密度這個實驗，我們發現只有在陽性植物中，木本植物氣孔密度高於草本植物，其他的則無顯著差異。

三、以第一點的實驗結果，我們想知道單子葉或雙子葉是否對氣孔密度有所影響，我們發現在這三類光照需求植物中，單子葉與雙子葉的差別都沒有讓氣孔在統計上有顯著差異。

捌、參考資料及其他

葉綠舒•108 年 3 月 22 日•小草如何稱霸天下?•取自

<https://case.ntu.edu.tw/blog/?p=27755>

林冠璋•植物的神秘孔道—氣孔與蒸散作用•取自

<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2012/11/2012111421212627.pdf>

第 52 屆科展作品•高中組生物科•蕨紋密碼--蕨類氣孔系之生態研究

批踢踢實業坊•陽性樹木與陰性樹木的差別•108 年 3 月 23 日•取自於

<https://www.ptt.cc/man/Plant/DBD0/DD22/M.1273898040.A.7B9.htm>

!

痞客幫。陽性植物、陰性植物、耐陰植物簡介•108 年 3 月 23 日•取自於

[http://alanntu111.pixnet.net/blog/post/249144064-](http://alanntu111.pixnet.net/blog/post/249144064-%E9%99%BD%E6%80%A7%E6%A4%8D%E7%89%A9%E3%80%81%E9%99%B0%E6%80%A7%E6%A4%8D%E7%89%A9%E3%80%81%E8%80%90%E9%99%B0%E6%A4%8D%E7%89%A)

[%](http://alanntu111.pixnet.net/blog/post/249144064-%E9%99%BD%E6%80%A7%E6%A4%8D%E7%89%A9%E3%80%81%E9%99%B0%E6%80%A7%E6%A4%8D%E7%89%A9%E3%80%81%E8%80%90%E9%99%B0%E6%A4%8D%E7%89%A)

[%](http://alanntu111.pixnet.net/blog/post/249144064-%E9%99%BD%E6%80%A7%E6%A4%8D%E7%89%A9%E3%80%81%E8%80%90%E9%99%B0%E6%A4%8D%E7%89%A)

9

【評語】 052108

1. 本研究主要目的在對氣孔密度與植物光照需求關係之探討。結果發現陽性植物的氣孔密度和陰性植物有顯著的差異，而耐陰植物則介於兩者之間。另外，陽性植物中，喬木/灌木的氣孔密度跟草木的氣孔密度，也有明顯的差異。有趣的是，在陰性/耐陰性植物中，喬木/灌木的氣孔密度跟草木的氣孔密度則沒有太大差異。
2. 本研究的實驗方法簡略，僅仰賴計算各式植物之氣孔數目，對很多變因都沒有詳細考量，因此，所得結果並無法獲得具體結論。

壹、研究動機

我們曾經學過氣孔構造及其與植物生理機制的關聯，也得知許多因素皆會影響氣孔的分布方式及開閉，但似乎沒有文獻對造成植物氣孔密度差異的原因加以著墨，所以我們想從廣為人知的光合作用下手，(光合作用需要氣體交換，氣體交換量與氣孔有關，而光合作用的量又跟光照需求有關)，我們想了解氣孔密度和光照需求是否有關聯。因此我們先以所謂的陽性、耐陰、陰性植物作為對照，觀察各種光照需求不同的植物，其氣孔密度是否與光照需求的差異有關，再以此結果為基礎進行實驗探究。

貳、研究目的

- 一、調查植物資訊。
- 二、觀察氣孔密度與植物光照需求的關聯。
- 三、不同光照需求植物中，型態質地是否影響植物氣孔密度。
- 四、不同光照需求植物中，演化分類是否影響植物氣孔密度。

參、研究設備及器材

| | | | |
|-------|-----|--------|----|
| 複式顯微鏡 | 膠帶 | 指甲油 | 剪刀 |
| 手機鏡頭 | 載玻片 | 載物台測微器 | |



肆、研究過程或方法

一、調查校園中各種植物的種類及特性

我們尋找了校園內一些可供辨識的植物(共36種)，並了解他們的資訊。

(一)、對光需求量的差異

- 1.陰性：指在強光下發育不佳，而在弱光下發育良好的植物。
- 2.陽性：指在強光下發育良好，而在弱光下發育不佳的植物。
- 3.耐陰：指光照需求介於上述兩者之間的植物。

(二)、植物型態的差異

- 1.喬木：由根部長出獨立主幹的木本植物。
- 2.灌木：指主幹不明顯的木本植物。
- 3.草本：以膨壓支撐莖的植物。

(三)、植物分類上的差異

- 1.蕨類植物：指那些使用孢子繁殖的維管束植物。
- 2.單子葉植物：指那些種子的胚只有一個子葉的被子植物。
- 3.雙子葉植物：指那些種子的胚有兩個子葉的被子植物。

二、植物葉片氣孔調查與採集

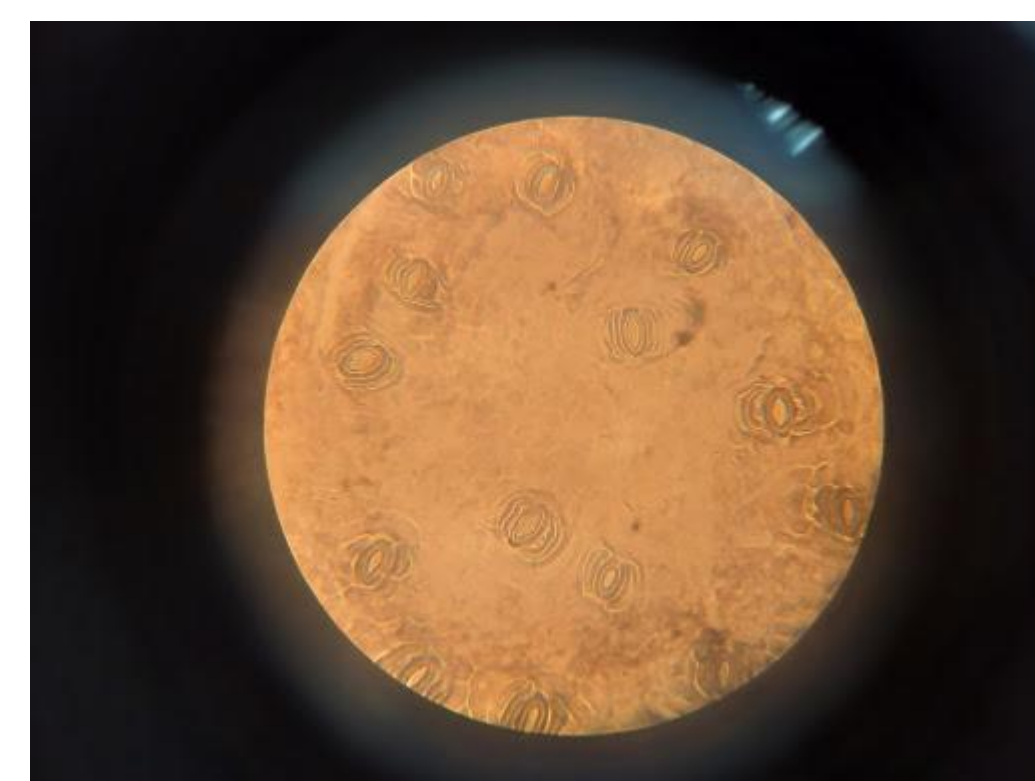
- (一)、利用指甲油及膠帶採樣。
- (二)、利用複式顯微鏡觀察植物葉片表皮細胞的氣孔分布。
- (三)、利用手機的相機拍下各植物葉片表皮細胞氣孔的分布範圍，拍完五張之後計算氣孔平均密度。



↑ 用指甲油採樣



↑ 顯微鏡下黃金榕氣孔照片



↑ 顯微鏡下紅苞喜林芋氣孔照片

三、植物氣孔密度數據之計算

(一)利用載物臺測微器測量適合倍率下的視野面積。

(二)計算氣孔密度

計算方式：平均氣孔數/視野面積

算出植物在五張照片中的氣孔數，再將五個數據取平均後，除以顯微鏡的視野面積，就能得到氣孔密度。

四、利用統計學方法處理實驗數據

t檢定可分為單尾以及雙尾，首先單尾t檢定用來比的是兩數值中，其中一個是否大於另一個值，而雙尾t檢定則是比較兩數值是否有顯著差異，我們主要想知道兩種不同類型植物氣孔密度有無差異，所以本次實驗使用雙尾t檢定作為統計工具。

五、探討各項因素是否影響植物氣孔數量和密度

我們將取得的校園植物氣孔相關數據，配合雙尾t檢定，探討下列各種可能影響植物氣孔密度的因素：

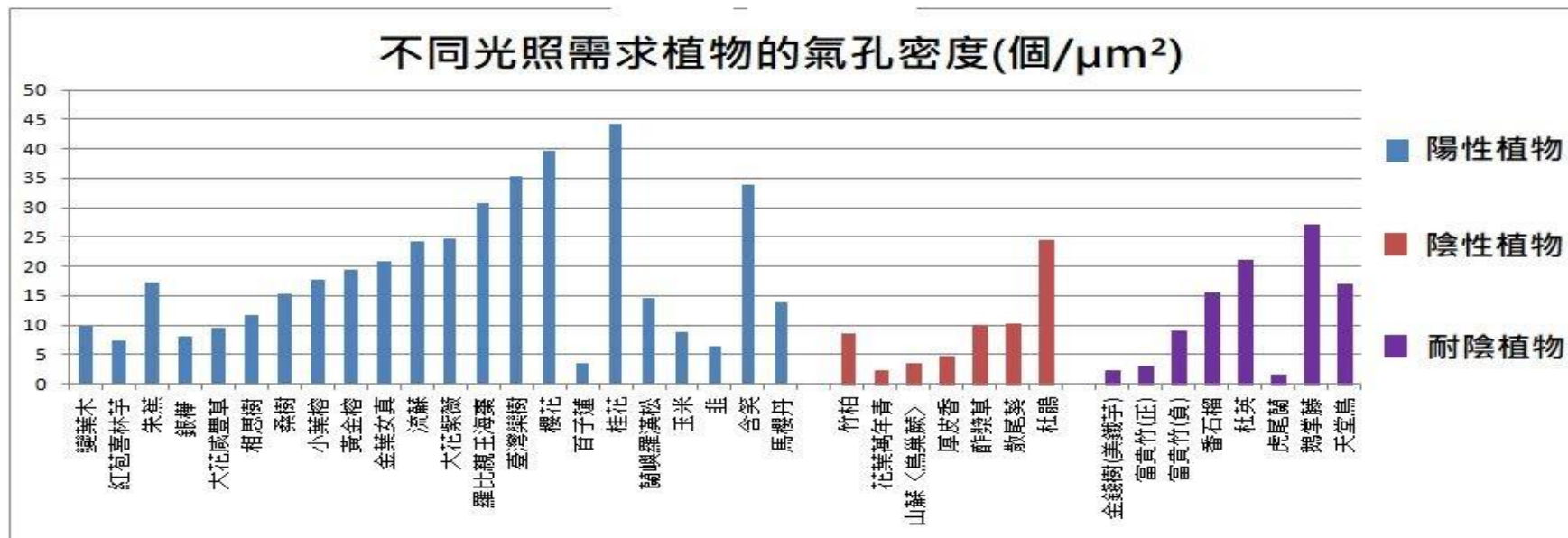
- (一)比較不同植物對光需求量之差異，對氣孔密度有無影響。
- (二)以光照需求相同為前提，比較不同植物在型態質地之差異，對氣孔密度有無影響。
- (三)以光照需求相同為前提，比較不同植物在演化分類之差異，對氣孔密度有無影響。

研究結果

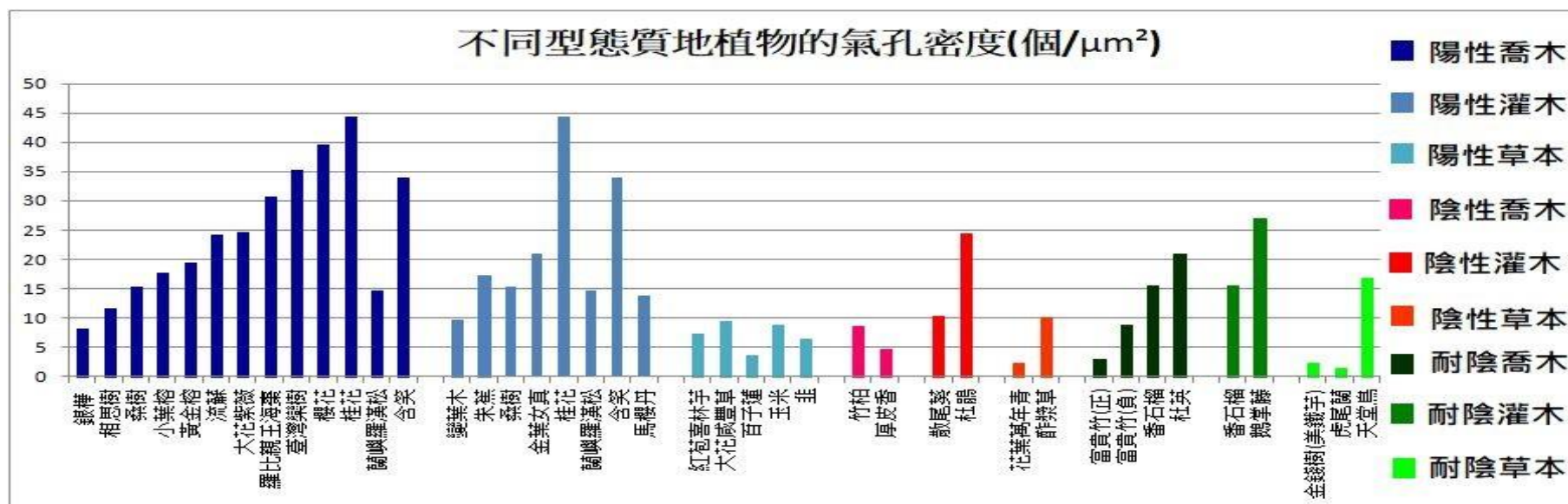
一、.校內植物的基本資訊

| | | | | |
|----------|---------|------|-------|-----|
| 金錢樹 | 富貴竹 | 番石榴 | 杜英 | 變葉木 |
| 紅包喜林芋 | 朱蕉 | 銀樺 | 大花咸豐草 | 相思樹 |
| 桑樹 | 小葉榕 | 黃金榕 | 金葉女真 | 流蘇 |
| 大花紫薇 | 羅比親王海藻 | 台灣欒樹 | 櫻花 | 竹柏 |
| 花葉萬年青 | 山蘇(鳥巢蕨) | 厚皮香 | 酢漿草 | 散尾葵 |
| 含笑 | 百子蓮 | 桂花 | 杜鵑 | 馬櫻丹 |
| 虎尾蘭 | 蘭嶼羅漢松 | 玉米 | 韭菜 | 鵝掌藤 |
| 天堂鳥(鶴望蘭) | | | | |

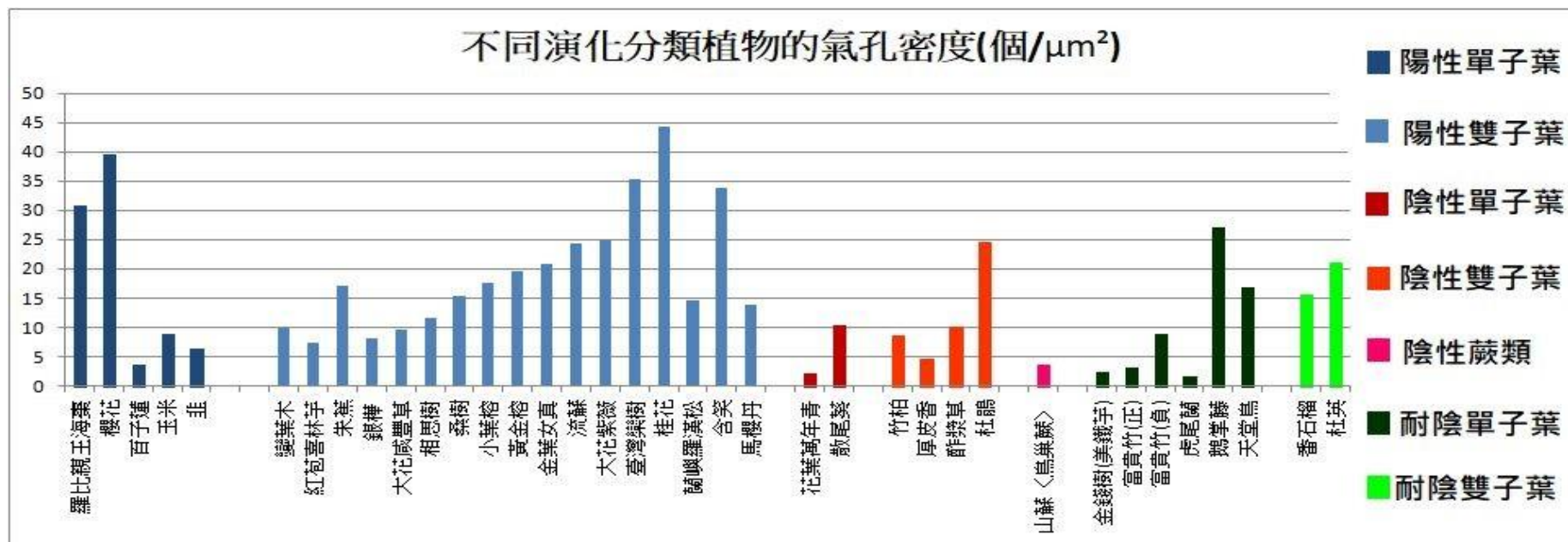
二、觀察氣孔密度與植物光照需求的關聯



三、不同光照需求植物中，草本或木本差別是否影響植物氣孔密度



四、不同光照需求植物中，單雙子葉是否有影響



| | | | | |
|--------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|
| 光照需求比較 | 【陽性】 - 【陰性】 | 【陽性】 - 【耐陰】 | 【耐陰】 - 【陰性】 | |
| t檢定數值 | 0.020 | 0.076 | 0.517 | |
| 光照需求比較 | 陽性植物 【喬木+灌木】 - 【草本】 | 耐陰植物 【喬木+灌木】 - 【草本】 | 陰性植物 【喬木+灌木】 - 【草本】 | 陽性植物 【喬木】 - 【灌木】 |
| t檢定數值 | 0.00000398 | 0.244 | 0.385 | 0.531 |
| 光照需求比較 | 陽性植物 【單子葉】 - 【雙子葉】 | 耐陰植物 【單子葉】 - 【雙子葉】 | 陰性植物 【單子葉】 - 【雙子葉】 | |
| t檢定數值 | 0.623 | 0.150 | 0.403 | |

※設定 P 值<0.05 為有顯著差異

陸、討論

一、觀察氣孔密度與植物光照需求的關聯

我們發現陽性與陰性植物的氣孔平均密度具顯著差異，而耐陰植物則介於上述兩者之間，顯示植物對光的需求不同，確實會使植物氣孔在密度上出現差距，我們推測這三類植物的共同祖先在氣孔密度上可能較為接近耐陰植物，也許我們可以再尋找一些從新生代第三紀到現在基因、型態、質地相對沒有太大改變的植物，以供我們研究在演化上的關係。

二、觀察不同光照需求下氣孔密度與植物型態質地的關聯

我們發現陰性及耐陰的分類中木本與草本的比較都顯示無顯著差異，但陽性植物中木本與草本的比較是有顯著差異的，所以我們推測在陰性及耐陰中木本及草本的差異對於氣孔密度的影響其實不大，而在陽性的木本中可能互相對陽光有更激烈的競爭，（陽性草本的氣孔密度與陰性及耐陰植物氣孔密度比較為無顯著差異）所以陽性的喬木與灌木才逐漸演化出更多的氣孔。

而在陰性及耐陰的分類中喬木、灌木、草本植物的不同，對氣孔密度是否真的沒有影響，我們認為未來有必要用更精準的數值去分類植物(如：植物的高度或是葉片面積、生長方式...等等)，才有辦法做出更進一步分析（陽性的喬木與灌木+草本 t 檢定分析結果是t檢定數值僅接近有顯著差異，我們猜測可能是灌木與草本合併計算後，灌木縮小了原先喬木與草本的差距，日後也需要對陽性植物的高度做嚴謹的分類，才能得出更精確的結果）。

三、觀察不同光照需求下氣孔密度與植物單子葉與雙子葉的關聯

但在我們測出相同光照需求中單子葉與雙子葉的 t 檢定數值後，發現兩類的 t 檢定數值均沒有顯著差異，我們猜測可能單子葉及雙子葉的差別不是影響氣孔密度的主因，或者也可能是在本次實驗的植物中，我們可能剛好都採樣到氣孔密度較接近的植物，我們認為可以進一步增加採樣植物，來觀察其是否和氣孔密度有關。

四、有些植物的氣孔分布不均

在觀察的過程中我們發現，有些植物氣孔的分布很均勻，但有些植物氣孔的分布卻不太均勻，在這其中可能也與光照需求及氣孔密度有些關聯，這部分也還會再去做更深入的探討

五、未來展望

本次研究最大、最需要改進之處，在於某些定義上的不明確，導致變因不夠精準，而未來我們希望能以更精確地方式做植物分類上的定義，未來會進行的方向如以下：

(一)以植物高度、葉序、葉片面積或葉片型態…等，更精準地區分植物取得光照的能力。

(二)利用光補償點及光飽和點去更加精確地區分陽性、耐陰、陰性。

(三)研究葉片面積大小、氣孔的分布狀況及型態是否影響氣孔密度。

(四)研究在同樣光照需求下，環境光量是否影響氣孔密度。

藉由更精確的定義，及收集更多資料與數據來更精確地描述實驗結果，期許我們能藉由更精細的分析得出更靠近事實真相的結果。

柒、結論

一、我們在做完光照需求與氣孔密度的 t 檢定數值後，發現其中植物對光照的需求，與氣孔密度有所關聯，陽性植物的氣孔密度明顯高於陰性，而耐陰則介於兩者之間。

二、以第一點的實驗結果為基礎，我們做了質地與型態是否影響植物氣孔密度的實驗，我們發現只有在陽性植物中，喬木與灌木的氣孔密度均顯著高於草本，其他的則無顯著差異。

三、以第一點的實驗結果為基礎，我們想知道單子葉或雙子葉是否對氣孔密度有所影響，我們發現在陽性、耐陰、陰性植物中，單子葉與雙子葉的差別都沒有讓氣孔密度在統計上有顯著差異。

捌、參考資料

葉綠舒·108年3月22日·小草如何稱霸天下?·取自 <https://pse.is/HWTDH>

林冠璋·植物的神秘孔道—氣孔與蒸散作用·取自

<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2012/11/2012111421212627.pdf>

第52屆科展作品·高中組生物科·蕨紋密碼--蕨類氣孔系之生態研究

批踢踢實業坊·陽性樹木與陰性樹木的差別·108年3月23·取自於 <https://pse.is/JHPT9>

痞客幫·陽性植物、陰性植物、耐陰植物簡介·108年3月23日·取自於 <https://pse.is/GWWYX>