
葉片傾斜角與光照強度對氣孔密度的影響

沈鈺真 蔣承玲 杜佩純 房樹生*

國立臺南家齊高級中學

壹、研究動機

在上基礎生物課程時，課文提到大多數單子葉植物的氣孔在葉片的上下表皮都可發現，而雙子葉植物的氣孔則多出現在葉片的下表皮。我們對於氣孔在不同開花植物分布的差異，十分地感興趣，查了網站及相關的文獻資料，一直找不到合理的解釋。

我們認為，氣孔分布的差異應該與陽光照射的量或是角度有關，由於雙子葉植物的葉片具有葉柄，葉片呈現水平生長，陽光會直射上表皮，下表皮因為照到陽光的機會較少，氣孔數目會較多，以避免蒸散作用過於旺盛。單子葉植物的葉片具葉鞘包覆莖部，葉片大多是筆直生長，上下表皮都可以照到陽光，所以上下表皮都可發現氣孔。

如果以上的假設正確的話，那就代表氣孔的數量與分布，會隨著環境因子的變動而改變，而最重要的環境因子便是太陽光的強度。因此，在本實驗中我們想驗證不同植物的氣孔密度，是否與陽光照射的角度或照射量有關。我們會在實驗室的控制環境中，測量不同傾斜角葉片的氣孔密度，並改變光照量，測量其氣孔密度的變

化。另外，我們也會到野外採集不同傾斜角的葉片，看看其氣孔的分布是否跟傾斜角有關，與實驗室數據作比較，希望能合理解釋造成開花植物葉片氣孔分布差異的因素。

貳、文獻探討

氣孔大多位於植物葉片的上或下表皮，一般是由成對的保衛細胞，以及保衛細胞之間的孔隙組成，它是植物與外界環境進行氣體交換的重要通道，其孔徑大小直接決定植物的蒸散作用和光合作用。氣孔在植株葉片表皮的分佈特徵，主要是由遺傳因素決定，一般來說，葉片基部的氣孔比葉尖大，但葉尖的氣孔密度則大於葉基，這可能與水分由葉基到葉尖逐漸減少有關（馬清溫等人，2005）。

王碧霞等人（2010）的研究發現，乾旱會導致植物葉片的氣孔密度增大，氣孔開度減少；遮蔭環境會導致植物的氣孔數量和氣孔密度減小；鹽脅迫會減少植物的葉片面積，改變葉片的組織結構，增加葉片的氣孔密度。在邱相齡等人（2013）的實驗中，也發現了類似上述實驗的結果。

韋海建等人（2007）的研究發現，光照強度會影響白三葉草葉的氣孔密度，但

*為本文通訊作者

不影響其氣孔的分布；高志英等人(2008)的研究發現，光照強度會影響玉米葉的氣孔開度、氣孔長度及氣孔導度。

由以上的文獻可知，當環境因子改變後，氣孔的大小及密度確實會改變。但我們找不到文獻可以回答我們的疑問：為何多數單子葉植物葉片氣孔上下表皮皆有分布，而多數雙子葉植物氣孔僅分布於下表皮。我們猜測，除了先天的遺傳因素外，造成兩種植物氣孔分布的差異，應該與其葉片的生長方式有關：單子葉葉片多筆直生長，上下表皮均會照光；雙子葉植物葉片多水平生長，上表皮會照射強光。所以，同一株植物具不同傾斜角的葉片，由於其照射光線強度不同，其氣孔的分布應該也會有差異，甚至當我們改變光照條件時，原來沒有氣孔分布的上表皮，有沒有可能就出現氣孔呢？根據以上的假設，我們設計了以下的實驗。

參、研究目的

- 一、不同植物葉片氣孔分布與氣孔密度的比較。
- 二、不同葉片部位的氣孔密度及氣孔長度比較。
- 三、不同葉片傾斜角與氣孔密度的相關性。
- 四、不同光照強度與氣孔密度的相關性。

肆、研究設備及器材

一、生物材料

單子葉植物：

白竹 (*Fargesia semicoriacea*)、
阿波羅 (*Dracaena deremensis cu.*
Campacta)、

五彩千年木 (*Dracaena marginata*)、
香茅 (*Cymbopogon nardus*)、
巧克力朱蕉 (*Cordyline fruticosa*)、
稗草 (*Echinochloa crusgalli*)

雙子葉植物：

黃金葛 (*Epipremnum aureum*)、
九層塔 (*Ocimum basilicum*)、
常春藤 (*Hedera helix*)、
香蜂 (*Monarda didyma*)、
甜菊 (*Stevia rebaudiana*)

二、儀器設備

桌上型電腦〈E450L〉、
顯微鏡〈NIKON E100〉、
傾斜儀

三、其他器材及藥品

透明膠帶、載玻片、指甲油、鋁箔紙
數位相機(FUJIFILM No.1PC14877)

伍、研究過程與方法

一、不同植物葉片氣孔分布與氣孔密度的比較

1. 將各種植物的三吋盆栽，先置於恆溫培養箱中馴養，生長條件為溫度 30 度，24 小時全光照，照度 600lux，每星期一、三、五澆水，每次每盆 20 ml，至少持續 2 周以上，再開始以下實驗步驟，以下各實驗的馴養條件皆相同。

2. 選取 5 種單子葉植物及 5 種雙子葉植物的第二片葉片(由上往下數),利用指甲油印模法拍照後,利用 image J 測量其葉基的 SD (邱相齡等人, 2013),每個數據都至少由同一葉片的三張照片求得平均值及標準差,以下步驟皆同。

※ 我們將葉片定義為三部分(圖一,請見封底圖文)

- I. 葉尖:葉片前四分之一的面積
- II. 葉中:葉尖向下葉片四分之二的面積
- III. 葉基:葉中以下的面積

※ 氣孔密度(stomatal density; SD):每平方公釐的氣孔數目。使用軟體 Image J 測量實驗照片中的氣孔數,並藉由比例尺計算顯微鏡底下實際面積。

二、不同葉片部位的氣孔密度及氣孔長度比較

1. 選取白竹及九層塔的第二片葉片,利用指甲油印模法測量其葉基、葉中及葉基的 SD 及氣孔長度。

※ 氣孔長度:使用軟體 Image J 測量,並以比例尺計算在顯微鏡放大 400 倍或 100 倍的倍率下氣孔實際長度。

三、不同葉片傾斜角與氣孔密度的相關性

1. 在實驗室內利用傾斜儀測量白竹及九層塔葉片的傾斜角,並利用指甲油印模法測量其葉基的 SD。
2. 另外,選擇離校園不遠的地點採集單子葉植物—稗草,在野外利用傾斜儀測量稗草的傾斜角,並利用指甲油印模法測量其葉基的 SD。

四、不同光照強度與氣孔密度的相關性

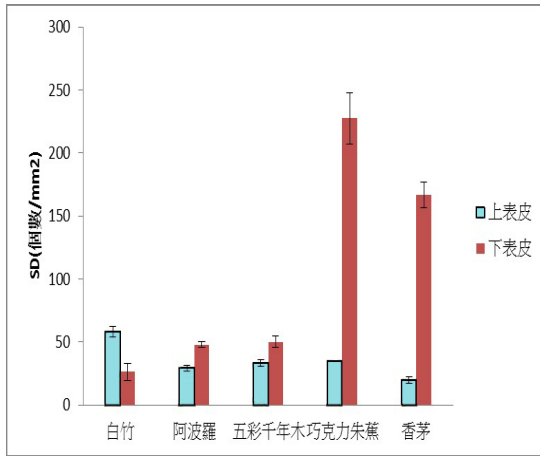
1. 選取白竹及黃金葛為實驗植物,依圖二(請見封底圖文)方式做不同光照處理。
2. 將植物置於恆溫培養箱中,於第 0 天、第 7 天、第 14 天、第二 21 天利用指甲油印模法,求得各種處理條件的 SD 變化。

陸、研究結果

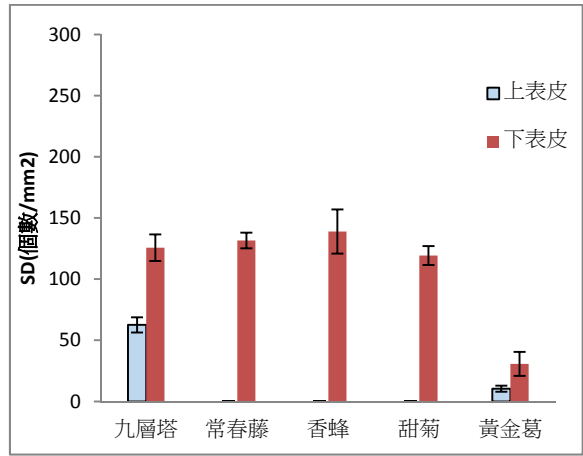
一、不同植物葉片氣孔分布與氣孔密度的比較

在我們選取的雙子葉植物中,除九層塔及黃金葛外,氣孔多僅分布於下表皮;而單子葉植物的氣孔在上下表皮都可發現,且下表皮的氣孔數目多大於上表皮,但兩种植物的氣孔密度大小則沒有一定的關係(圖三)。由此結果可知,植物氣孔的分布與其親緣關係有相關性,也就是說,氣孔的分布與植物的先天遺傳有關。

A：單子葉



B：雙子葉



圖三、不同開花植物的葉基部上下表皮 SD 比較。

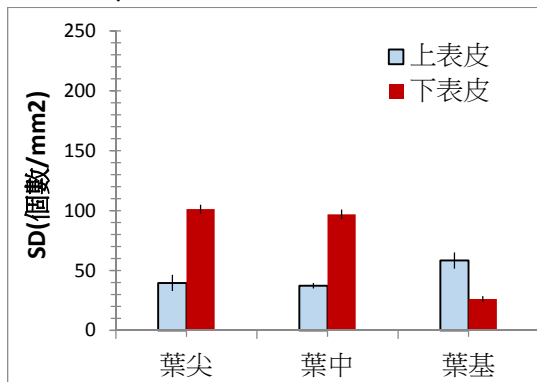
二、不同葉片部位氣孔密度及氣孔長度比較

在上述實驗中，我們選取的部位都是葉基，接下來我們想了解氣孔在葉片不同部位分布的差異，我們在單子葉植物中挑選白竹，雙子葉植物中挑選九層塔，來進行實驗。

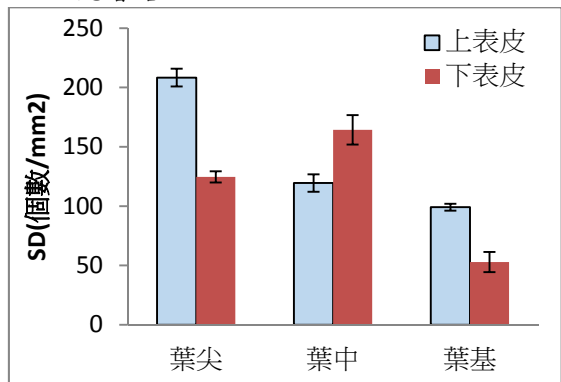
(一) SD 比較

白竹葉片下表皮的 SD：葉尖 > 葉中 > 葉基，上表皮的 SD 在三個部位差異不大；九層塔葉片下表皮的 SD 和白竹一樣：葉尖 > 葉中 > 葉基，上表皮則是葉中最多，這個結果和馬清溫等人（2005）的結果一致。

A：白竹



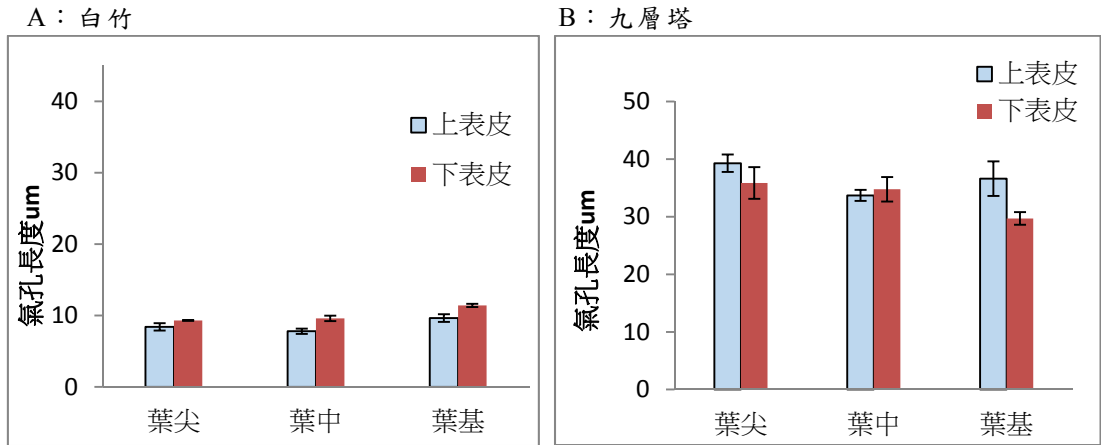
B：九層塔



圖四、白竹與九層塔葉片不同部位的 SD 比較。

(二) 氣孔長度比較

白竹下表皮的氣孔長度以葉尖與葉中最小，上表皮則各部位差異不大，這個結果也與馬清溫等人（2005）的結論一致，靠近葉基部的的水分供應充足，其氣孔數目較少，氣孔較大，葉尖的水分較少，其氣孔數目較多，氣孔較小，以加速蒸散作用的進行。九層塔的上下表皮氣孔長度則差異都不大。

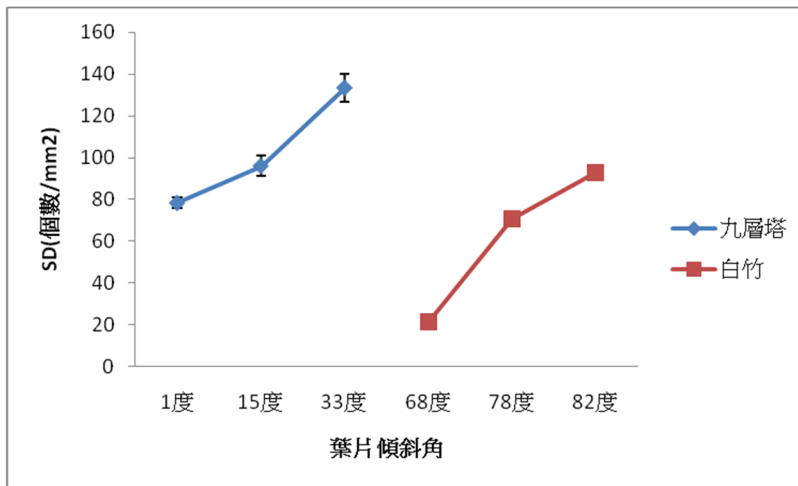


圖五、白竹與九層塔的葉片表皮不同部位的氣孔長度比較。

三、不同葉片傾斜角與氣孔密度的相關性

(一) 白竹與九層塔（室內）

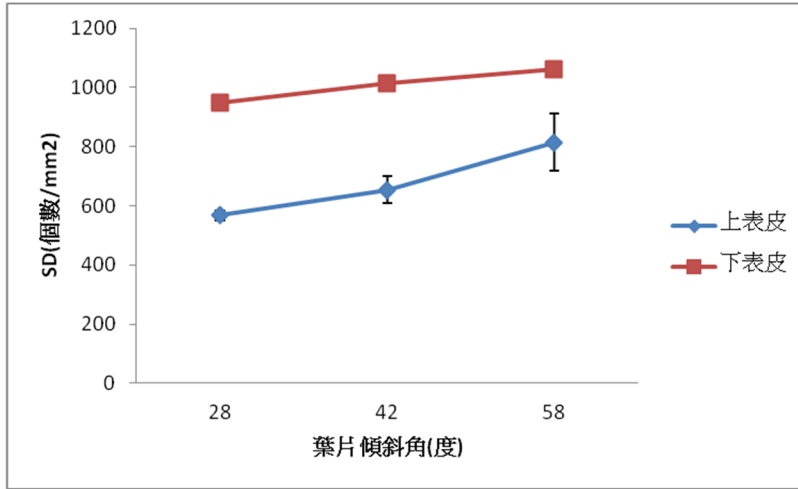
白竹是單子葉植物，葉片呈筆直生長，葉片傾斜角比雙子葉的九層塔大。在室內的固定光照下，不論是白竹或是九層塔，其葉片傾斜角度愈大，下表皮葉基部的氣孔密度也隨之升高。這代表氣孔數目會隨著環境的差異做出改變，而葉片傾斜角的變化最有可能造成的環境因子差異是照光的強度，在後續的實驗中，我們將會證明我們的想法。



圖六、白竹與九層塔不同葉片傾斜角與下表皮基部氣孔分布的相關性。

(二) 稗草（野外）

為了進一步確認植物葉片傾斜角與氣孔密度的相關性，我們選定學校附近，路旁野生的單子葉植物：稗草來進行實驗，這一次我們多看了下表皮的氣孔密度。實驗結果和室內固定光照的植物一樣，隨著葉片傾斜角越大，不論是上表皮或下表皮基部的 SD 值也會愈高。這個結果更加地確認了氣孔的數目會隨著環境因子的改變而變動。



圖七 禱草不同葉片傾斜角與 SD 的相關性。

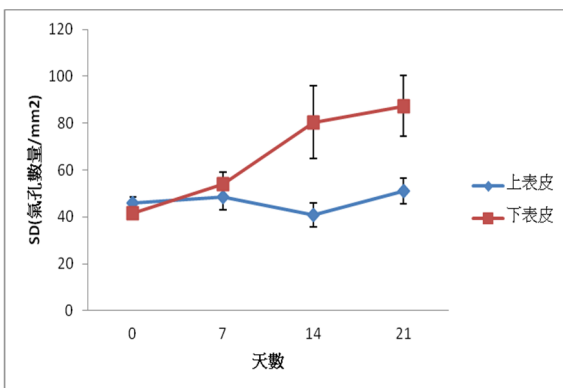
四、不同光照強度與氣孔密度的相關性

接下來我們要證明葉片傾斜角變大時，氣孔密度也隨之變大的原因與照光有關。我們設計了三種變因：包上表皮、包下表皮及葉片全包。

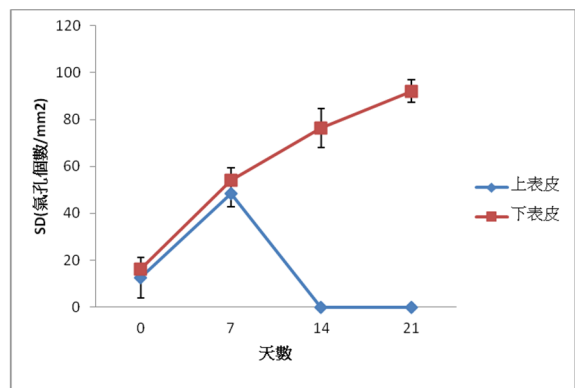
(一) 包上

若只有上表皮包鋁箔紙遮光處理，不論是白竹或是黃金葛，其未包鋁箔的下表皮氣孔密度會隨著實驗天數增加而漸增，而上表皮的氣孔密度則有下降的趨勢。這個結果明確說明了氣孔密度會隨著照光強度的改變而改變，也呼應了葉片傾斜角改變造成氣孔密度的改變，是因為不同傾斜角造成照光強度不同所導致。

A：白竹



B：黃金葛

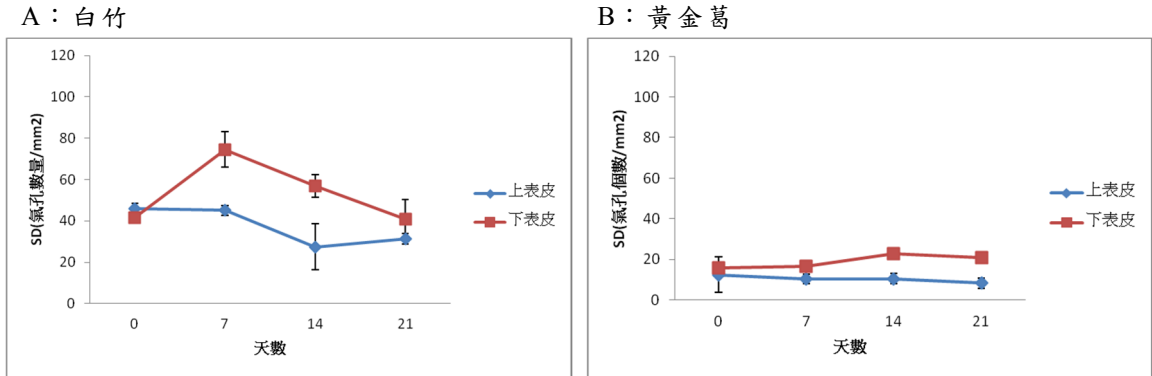


圖八 葉片上表皮包鋁箔紙的 SD 變化。

(二) 包下

若只有下表皮包鋁箔紙遮光處理後，下表皮的氣孔密度就不會隨著實驗天數增加而增加，甚至白竹的氣孔密度還有下降的趨勢，此結果明顯與包上處理的實驗結果不同，

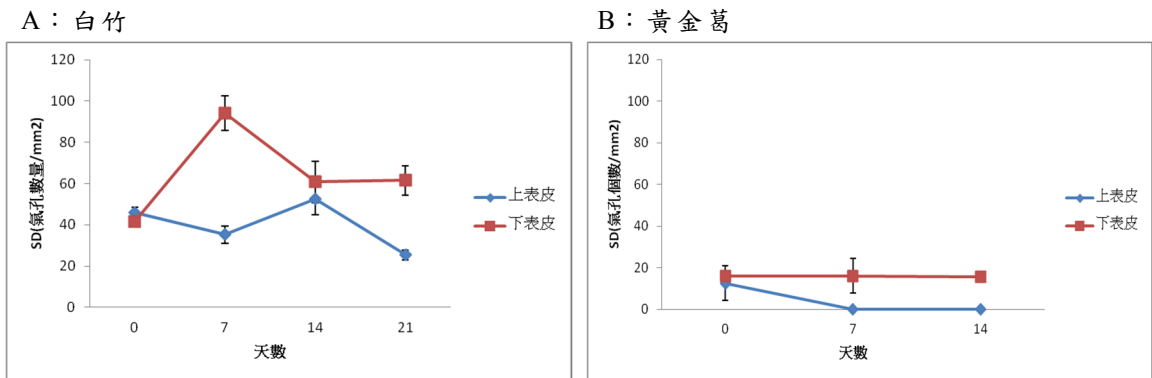
但這個結果也可再次證實氣孔密度與光強度的改變有關。比較特別的是，包上表皮鋁箔時，下表皮的氣孔密度會隨著實驗天數增加而增加；但包下表皮鋁箔時，上表皮的氣孔密度並不會隨著實驗天數增加而增加。



圖九 葉片下表皮包鋁箔紙的 SD 變化。

(三) 全包

全部葉片皆包覆鋁箔時，其氣孔密度的天數變化與只包覆下表皮的實驗結果非常類似，上下表皮的氣孔密度不隨天數增加而改變。這代表當環境缺少光線刺激時，其氣孔密度的變動就不會太明顯。



圖十 葉片全包鋁箔紙的 SD 變化。

柒、討論

我們的第一個實驗結果證實單子葉植物葉片上下表皮都有氣孔，雙子葉植物葉片則是部分只有下表皮有氣孔，部分上下表皮都有氣孔。接下來，我們感興趣的問題是：單雙子葉的氣孔分布差異除了與先

天遺傳有關之外，是否也與其葉片的傾斜角有關。

首先，我們證實不論是室內培養的白竹與九層塔，或是室外觀察的禪草，其葉片傾斜角越大，氣孔密度也會越大，這個結果證實葉片傾斜角確實會影響氣孔的數

目。我們認為葉片傾斜角會造成照光強度改變，所以接下來我們改變光照強度來看看氣孔密度是否也會改變，受限於時間及設備，我們選擇了最簡單的方式來改變光照強度：全部照光或全部不照光，另外我們也探討上下表皮的差異。結果和預期相同，當上表皮包鋁箔紙遮光處理，其未包鋁箔的下表皮氣孔密度會隨著實驗天數增加而漸增，而上表皮的氣孔密度則有下降的趨勢。

上述結果的合理推論為：當植物葉片的傾斜角度改變時，照光強度受影響，進而改變其氣孔密度。若時間允許，我們後續想繼續探討，葉片傾斜角的差異導致的照度不同，是否是決定開花植物的氣孔分布於上表皮或下表皮的重要因素。

捌、結論

- 一、單子葉植物葉片上下表皮都有氣孔，雙子葉植物葉片氣孔則是部分只分布於下表皮，部分上下表皮都有氣孔。
- 二、葉基部的氣孔數目較少，氣孔較大；葉尖的氣孔數目較多，氣孔較小。
- 三、室內種植的白竹與九層塔，及室外觀察的裨草，其葉片傾斜角越大，氣孔密度也會越大。

四、上表皮包鋁箔紙遮光處理，其未包鋁箔的下表皮氣孔密度會隨著實驗天數增加而漸增，而上表皮的氣孔密度則有下降的趨勢。

五、下表皮包鋁箔紙遮光處理，下表皮的氣孔密度就不會隨著實驗天數增加而增加；全部葉片皆包覆鋁箔時，其氣孔密度的天數變化與只包覆下表皮的實驗結果類似。

六、當植物葉片的傾斜角度改變時，照光強度受影響，進而改變其氣孔密度。

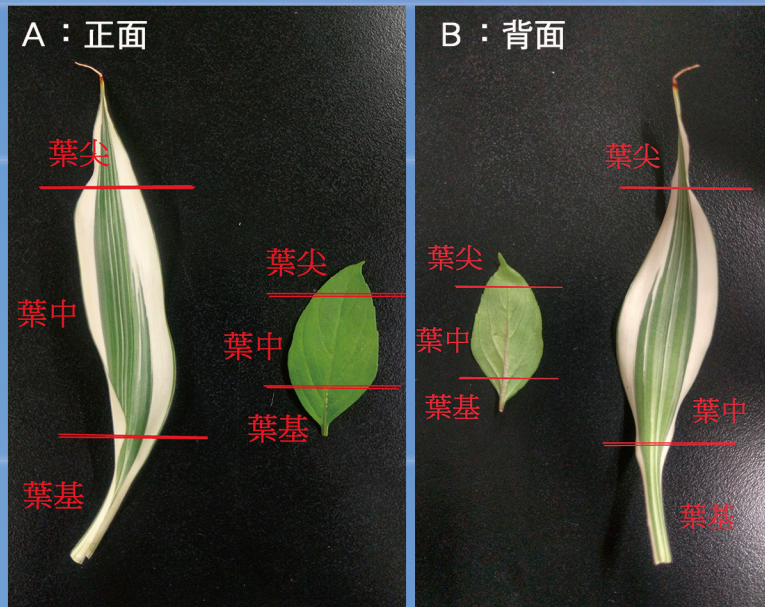
參考文獻

- 王碧霞、曾永海、王大勇、趙蓉衛、胥曉(2010)。葉片氣孔分布及生理特徵對環境脅迫的響應。**乾旱地區農業研究**，**28(2)**：122-131。
- 邱相齡、童美慈、房達文、劉水德、房樹生(2013)。秋海棠(*Begonia coccinea*)在逆境生長條件下氣孔簇數量的變化關係，**科學教育**，**365**：38-53。
- 馬清溫、李鳳蘭(2005)。氣孔參數的變異係數和影響因素。**北京林業大學學報**，**27**：19-23。
- 韋海建、楊惠敏、趙亮(2007)。遮陰環境對白三葉草氣孔及光合特性的影響。**草業科學**，**24(10)**：94-97。
- 高志英、丁聖彥、谷艷芳、邢倩(2008)。不同光環境與氮肥互作對氣孔特徵的影響。**河南農業科學**，**9**：15-19。

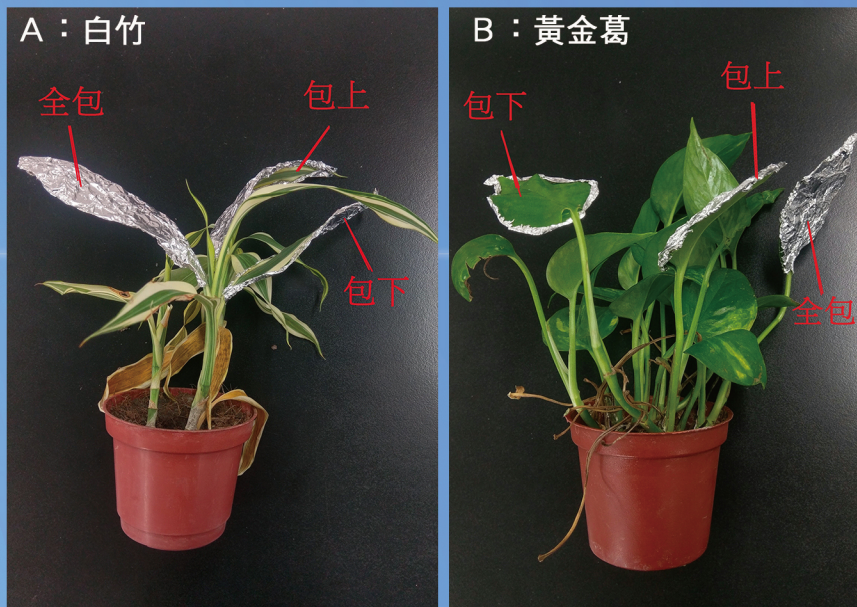
統一編號

2006500011

相關資料請見本期第39~43頁



圖一、葉片的取樣部位。



圖二、不同光照處理。

ISSN 1021-3708



9 771021 370007