

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 生物科

佳作

030310

絕「簇」逢生

--探討蠶豆及秋海棠形成氣孔簇的環境適應現象

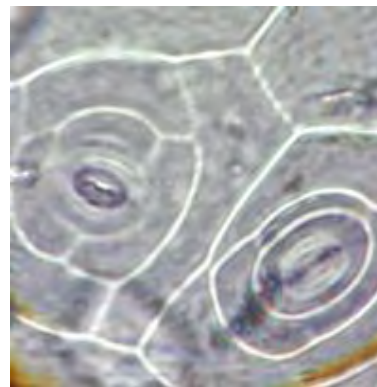
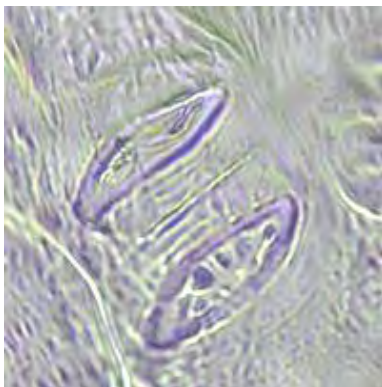
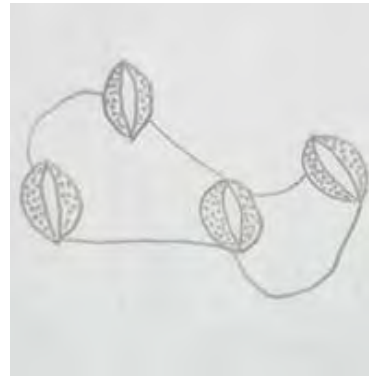
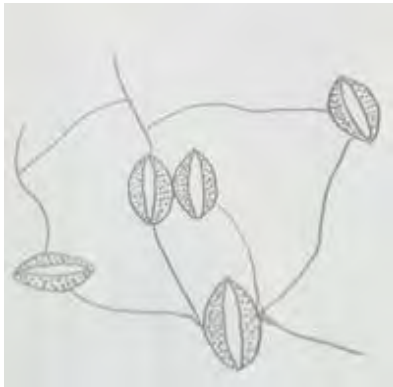
學校名稱：臺南市立建興國民中學

作者： 國二 郭蘋臻	指導老師： 戴守音 房樹生
---------------	---------------------

關鍵詞：氣孔簇、缺水逆境、陸生適應

## 摘要

本研究觀察秋海棠葉片的氣孔簇發現，在土壤溼度低的環境能誘發秋海棠（*Begonia grandis*）葉片出現氣孔簇，因此推測氣孔簇特徵是某些植物為適應乾旱環境所表現的策略。此外，觀察蠶豆（*Vicia faba*）的氣孔簇，其型態雖異於秋海棠，但在乾旱條件下（澆水量 10mL/天），氣孔簇數量也會增加，直至適應缺水環境為止。因此，推論氣孔簇的出現是某些植物節流的共同策略。氣孔簇的特殊形態讓植物不致於因缺水而關閉氣孔，導致無法進行光合作用，如此可增強植物適應乾旱環境的能力。



## 壹、研究動機

我在台南的野外看見有些秋海棠的枝葉會下垂，有些卻不會，立刻聯想到含羞草的觸發運動。好奇的我利用媽媽的透明指甲油拓印秋海棠的葉下表皮，回到實驗室利用顯微鏡觀察後，居然發現下垂的葉片有不均勻的氣孔分布！經過文獻的查閱，發現這種氣孔聚集成簇的現象稱為「氣孔簇」。

我想到氣孔和植物的蒸散作用有關，所以我提出一個假設：「氣孔簇的出現是否與植物體內的水分有關？」因此我回到原來的 2 個採樣地點測量土壤濕度，2 個環境的土壤濕度確實不同，證實了我的推論。接著我又設計了一連串的實驗，以驗證我的假說。

## 文獻探討

氣孔是植物葉片和外界環境進行氣體交換與蒸散作用的重要通道。氣孔由一對保衛細胞構成，當偵測到外界環境因子改變，可以利用保衛細胞內膨壓的改變，快速地調節與維持植物體內水分的恆定（施河等人，2010）。大部分高等植物氣孔的分佈格局是相鄰氣孔之間被一至多個表皮細胞所間隔。而在有限分佈的幾個科屬的植物種中發現氣孔成簇分佈的現象，即由 2 至多個緊密相鄰的氣孔器組成相對獨立的單元，稱為氣孔簇。

目前在 60 多種陸生植物上已有氣孔簇的發現（Yi GAN et.al., 2010）。根據它們的形態特徵和分佈格局，又可劃分為兩種不同的氣孔簇類型：“接觸型氣孔簇”和“非接觸型氣孔簇”並且分別討論了它們的形成機理和潛在的生態意義。文獻中推測氣孔簇是部分植物陸生適應的標誌，前人實驗也曾概略討論過氣孔簇對於植物的生物意義，但為了驗證我提出的假設，我設計了以下實驗，希望可以進一步確認植物形成氣孔簇特徵是否確實增進其環境適應能力。

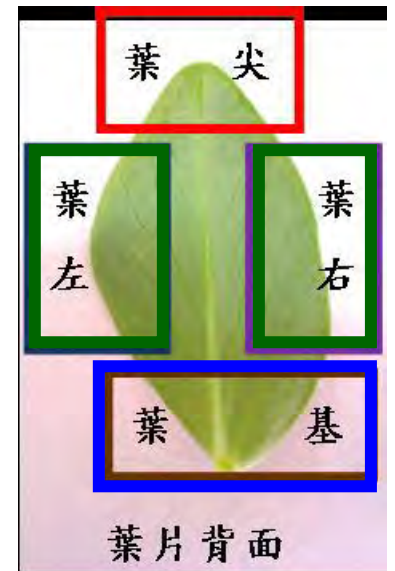
## 貳、研究目的

一、探討秋海棠在不同環境的適應方式。



二、探討氣孔簇在植物葉片分布情形。

三、探討植物葉片氣孔簇與環境的關係。



四、探討水分、光照和氣孔簇三者的關係

## 參、研究設備及器材

### 一、 生物材料:

1. 豆科：蠶豆 *V. faba*
2. 秋海棠科：秋海棠 *B. grandis*

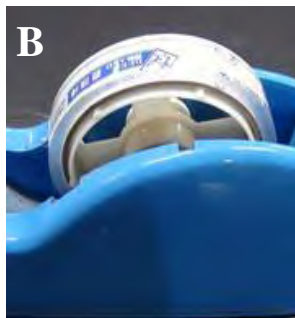
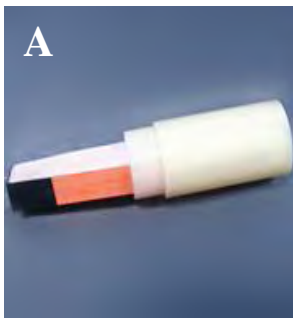


### 二、 儀器設備:

1. Motic 數位光學顯微照相機（附軟體可做顯微測量）（型號 DMB1-233），
2. Nikon 雙眼複試顯微鏡（型號 ECLIPSE-E100）
3. 桌上型電腦（K40IJ）

### 三、 其他器材及藥品:

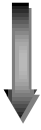
- |           |         |                       |          |
|-----------|---------|-----------------------|----------|
| A. 氯化亞鈷試紙 | B. 透明膠帶 | C. 載玻片                | D. 透明指甲油 |
| E. 電子磅秤   | F. 計數器  | G. 土壤濕度、pH 值、照度三合一測定計 |          |



## 肆、研究過程與方法

觀察

不同環境的秋海棠氣孔簇



問題

為什麼植物會出現氣孔簇？

每片葉子的氣孔簇數量和分布都相同嗎？



假說

環境不同時氣孔簇的數量也會不同嗎？

氣孔簇是植物適應環境的現象

乾旱、光照強的環境會誘發氣孔簇的現象

老葉較嫩葉多

葉基較葉尖多

長葉較短葉多



實驗

同一葉片不同部位

同一葉片不同時間取樣

同一株不同葉片長度

同一株不同葉片年齡

不同澆水量

不同土壤溼度

不同光照

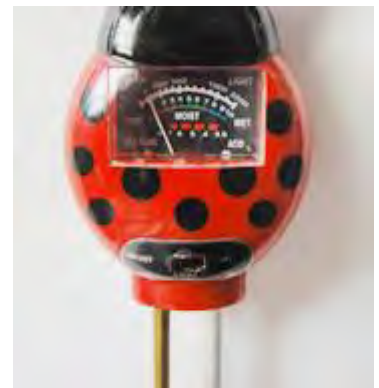
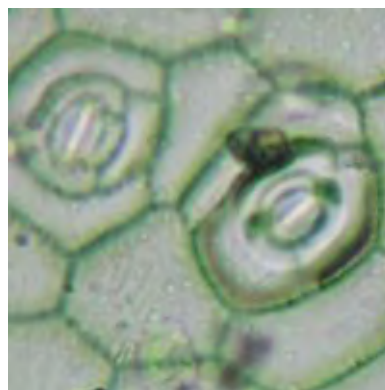
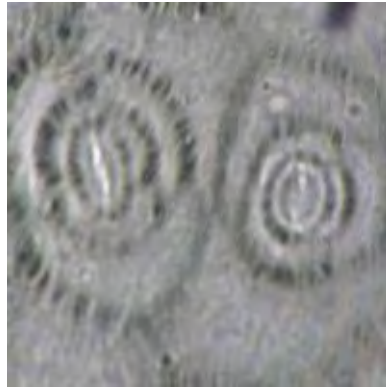
## 一、探討秋海棠在不同環境的適應方式。

### (一) 利用指甲油印模法拓印植物的葉下表皮

在植物的葉下表皮塗一層指甲油，於指甲油風乾後，用透明膠帶撕下含有氣孔的指甲油拓印並把膠帶黏在玻片上，用顯微鏡直接觀察。

### (二) 在台南市尋找野生的秋海棠，固定在中午12：00取樣，並測量不同環境的土壤濕度、溫度及照度。

### (三) 將秋海棠盆栽馴養1週，期間以正常日照處理，每天於固定時間澆水30mL，在中午 12：00取樣，並測量土壤濕度。



## 二、探討氣孔簇在植物葉片分布情形

本實驗經過以下的**基本處理**後，搭配**實驗變因**做以下探討：

**基本處理1**：將秋海棠盆栽馴養一週以上，期間以正常日照處理，每天於固定時間澆水30mL，平均溫度約29.8℃。

**基本處理2**：蠶豆的種子泡水7天後，轉種於含培養土80.0g的3吋盆中馴養一週以上，期間以正常日照處理，每天於固定時間澆水30mL，室外溫度約29.8度。

### (一) 氣孔簇在植物同一葉片不同部位的分布情形

1.自蠶豆及秋海棠各3株，摘取從莖頂下數的第5片葉子，拓印葉下表皮分隔葉基部、葉兩側、葉尖端四個部位，並計算其SD、SI和CI。

(1)  $SD$  (氣孔密度) =  $2Ns / 0.04$  (每平方公釐的氣孔數目)

(2)  $SI$  (氣孔係數) =  $2Ns / (2Ns + Ne)$   $Ns$ ：氣孔數目  $Ne$ ：表皮細胞數目

(3)  $CI$  (氣孔簇發生率) = 氣孔簇出現的數目 / 隨機選取的視野數目

2.用透明膠帶將藍色氯化亞鈷試紙黏於秋海棠和蠶豆的葉基部、葉兩側、葉尖端四個部位，計算氯化亞鈷試紙完全變為粉紅色的時間。

### (二) 氣孔簇在植物同一葉片不同時間的分布情形

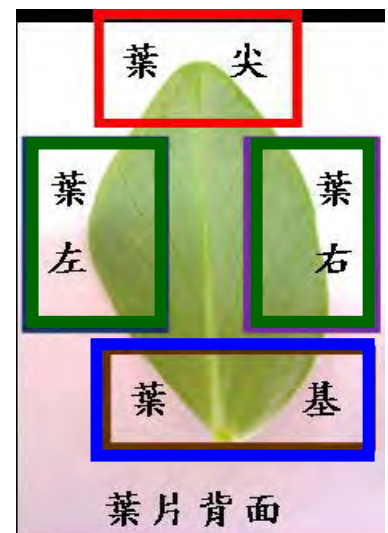
在早上8點、中午12點、下午4點和晚上8點各取蠶豆及秋海棠3片葉子，固定取樣從莖頂數下第5片葉子。

### (三) 探討植物葉片長度與氣孔簇的關係

取樣同一株秋海棠與蠶豆5片長度不同的葉子，並選取另外2株長度相同的葉片，並找出其SD、SI和CI。

### (四) 探討蠶豆及秋海棠葉片年齡與氣孔簇的關係

取樣同一株秋海棠與蠶豆自莖頂數下第1、3、5、7、9片葉子，並找出其SD、SI和CI。





### 三、探討植物葉片氣孔簇與環境的關係

本實驗繼續以上的 **2 種基本處理**

#### (一) 探討植物氣孔簇在不同澆水量下的變化

- 1.將蠶豆與秋海棠的3吋盆分別以2.5mL、5mL、7.5mL、10mL、15mL、30mL澆水一週，從3株不同的蠶豆及秋海棠中摘取自莖頂數下第5片葉子，計算每天CI的差異。
- 2.拍下20個視野並利用軟體計算不同澆水量下的一般氣孔的開閉、氣孔簇的氣孔開閉。
- 3.利用透明膠帶將藍色氯化亞鈷試紙黏於葉片下表皮，計算氯化亞鈷試紙完全變為粉紅色的時間。

#### (二) 缺水逆境解除後植物氣孔簇數量的變化

將蠶豆與秋海棠的3吋盆分別以2.5mL、5mL、7.5mL、10mL、15mL澆水一週，再將澆水量回歸為30mL/天，從3株不同的蠶豆中摘取自莖頂數下第5片葉子，計算每天CI的差異。

#### (三) 逆境條件前處理對植物氣孔簇數量的影響

把蠶豆和秋海棠的3吋盆分別以5mL、7.5mL、10mL、15mL、30mL澆水一週，全部再以2.5mL澆水7天。從3株不同的蠶豆中摘取自莖頂數下第5片葉子，計算每天CI的差異。

#### (四) 探討植物氣孔簇在不同土壤濕度下的變化

把蠶豆與秋海棠移植到野外4個不同土壤濕度的環境，不給予人為控制，種植一週後從3株不同的蠶豆及秋海棠中摘取自莖頂數下第5片葉子，計算不同土壤濕度環境下CI的差異。

#### (五) 探討植物氣孔簇在不同照度下的變化

把植物以每天2.5mL的澆水量種植，期間3株蠶豆與秋海棠放置於室內不給予光照，其餘3株蠶豆與秋海棠則以正常日照處理，一週後摘取自莖頂數下第5片葉子，計算不同光照環境下CI的差異。

### 四、探討水分、光照和氣孔簇三者的關係

## 伍、研究結果

### 一、探討秋海棠在不同環境的適應方式。

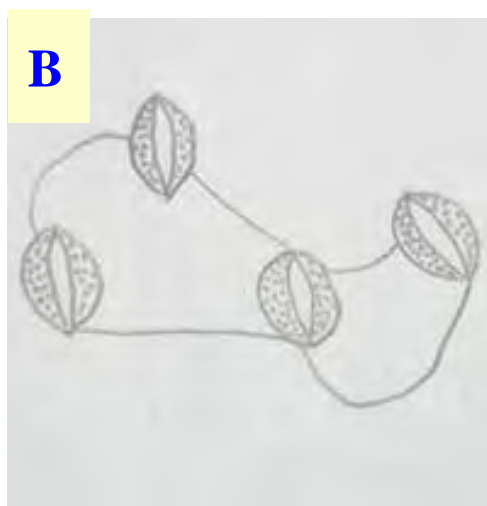
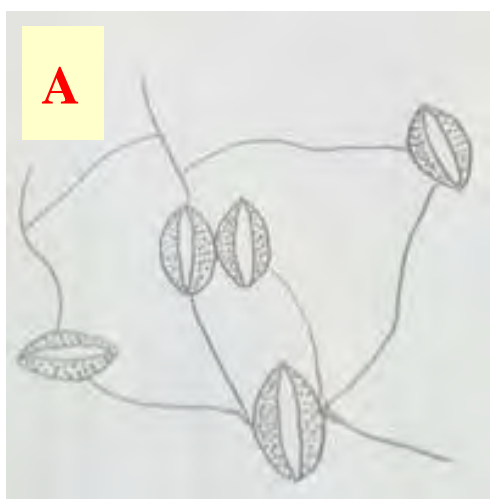
#### (一) 觀察各種環境的秋海棠

表 (一) 不同環境的秋海棠比較表

地點	土壤濕度	枝葉下垂	外觀	氣孔簇	氣孔
公園	5.3	有		有	
菜園	5.5	有		有	
校園	6.6	無		無	
花園	7.2	無		無	

(二) 從文獻中得知，氣孔簇分為「接觸型」與「非接觸型」兩種型態

秋海棠 屬於 非接觸型，筆者另從文獻中提到的 60 多種植物，  
提出屬於 接觸型 的 蠶豆 在接下來的實驗與秋海棠做為比較。



A 接觸型

B 非接觸型



C 蠶豆氣孔簇



D 秋海棠氣孔簇

秋海棠 與 蠶豆 在生物學的分類地位與特性如下：

### 1.秋海棠

分類：被子植物門 Magnoliophyta，雙子葉植物綱 Magnoliopsida，葫蘆目 Cucurbitales，  
秋海棠科 Begoniaceae，秋海棠屬 Begonia

學名：*Begonia grandis*

分布：原生於印度、爪哇、馬來西亞、日本和中國等地，海拔 100~1100 米、山谷潮濕石壁、  
溪旁密林石、山溝邊岩石上和山谷灌叢中

葉形態：葉呈斜卵形，長 8~20 公分，寬 6~18 公分，葉尖尖頭形，葉基歪心形，邊緣呈尖銳  
的波浪狀細鋸齒；表面是有光澤的綠色，背面為紫色，帶有毛茸；葉柄長 5~15 公分，  
紅色，葉腋常長出小球根或小鱗莖。



A 秋海棠



B 蠶豆

### 2.蠶豆

分類：被子植物門 Magnoliophyta，雙子葉植物綱 Magnoliopsida，豆目 Fabales，豆  
科 Fabaceae，蠶豆屬 *Vicia*

學名：*Vicia faba*

## 二、探討氣孔簇在植物葉片分布情形。

### (一) 氣孔簇在植物同一葉片不同部位的分布情形

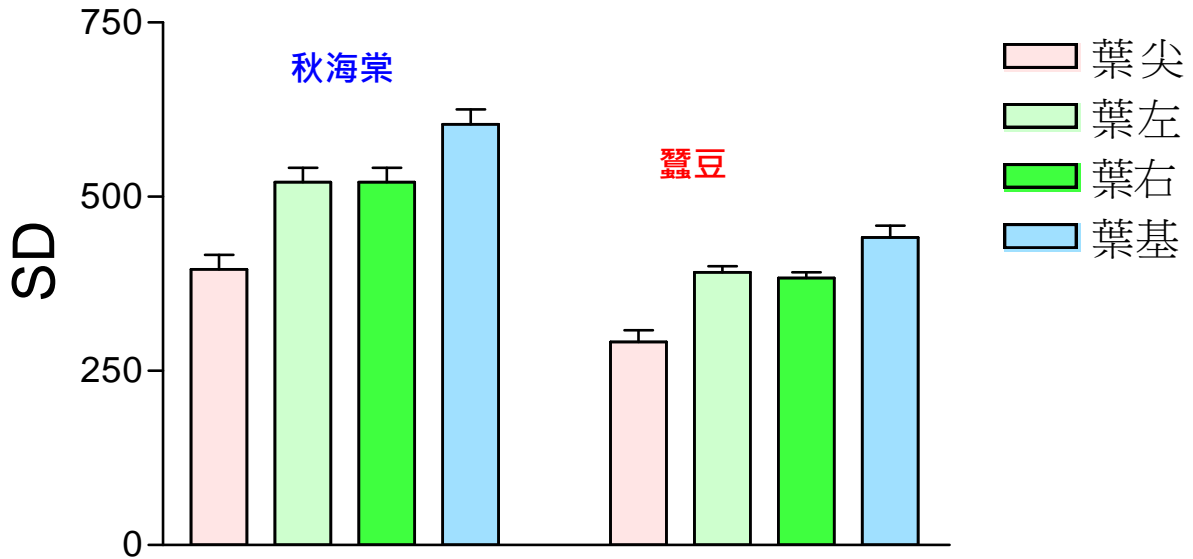


圖 (一) 秋海棠與蠶豆於葉片不同部位的氣孔密度 (SD)

●秋海棠和蠶豆的SD為葉基最大，葉尖最小，葉左近似於葉右，兩种植物的SD大小關係相同。

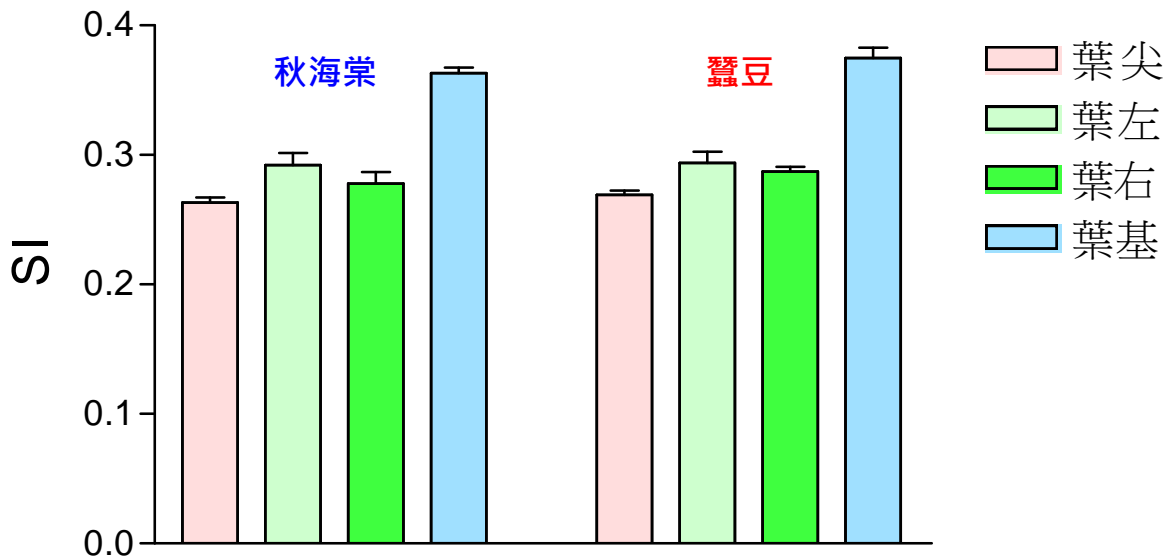


圖 (二) 秋海棠與蠶豆於葉片不同部位的氣孔係數 (SI)

●秋海棠和蠶豆的SI為葉基最大，葉尖最小，葉左近似於葉右，兩种植物SI大小關係相同。

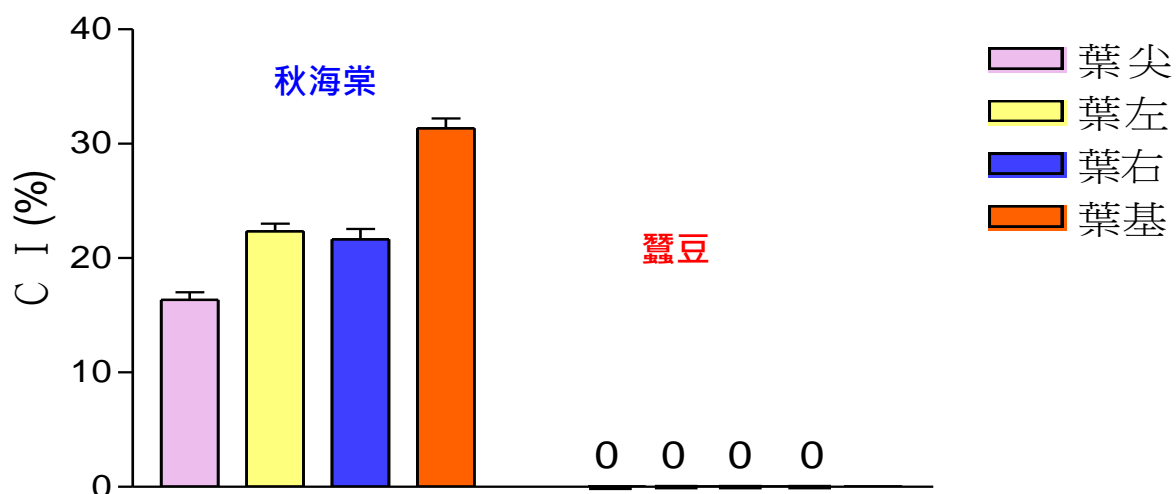


圖 (三) 秋海棠與蠶豆於葉片不同部位的氣孔簇發生率 (CI)

- 秋海棠的 CI 以葉基為最大，葉尖為最少，蠶豆沒有氣孔簇的出現，CI 值為 0。

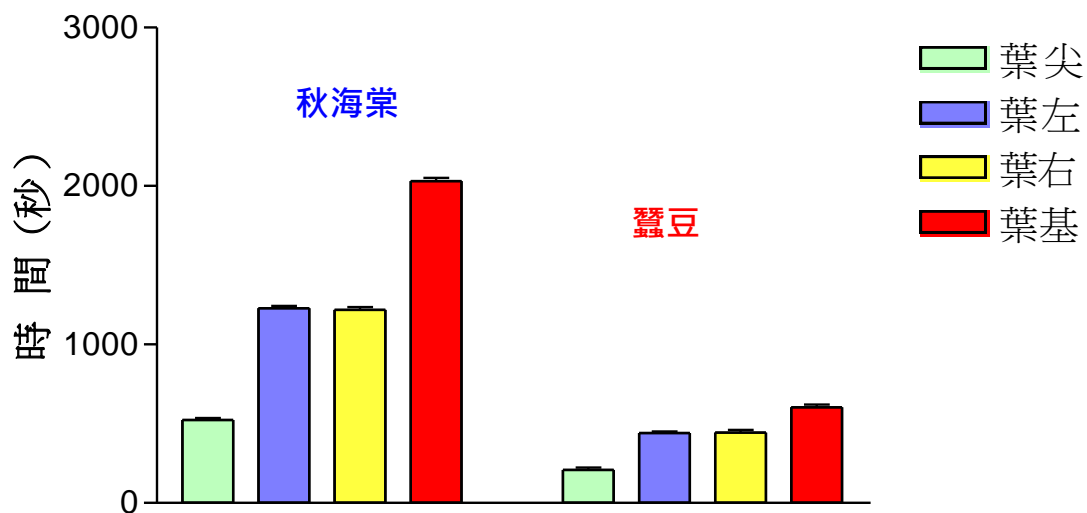


圖 (四) 秋海棠與蠶豆於葉片不同部位的氣孔簇發生率 (CI)

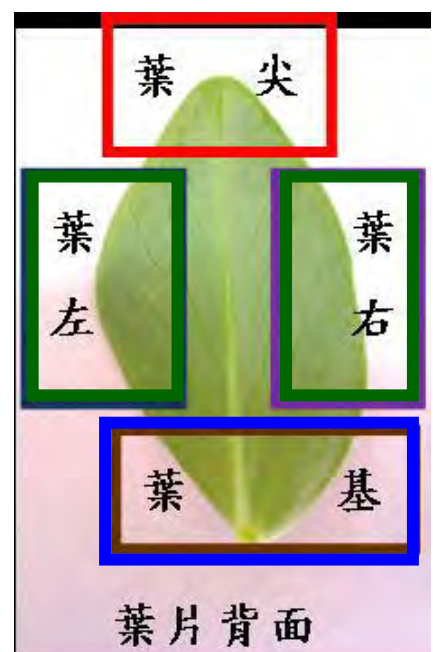
- 秋海棠與蠶豆皆以葉基蒸散時間最長，葉尖蒸散時間最短，葉左和葉右相近。

表 (二) 秋海棠與蠶豆葉片各部位 SD、SI、CI、蒸散時間及單位時間蒸散量比較

	秋海棠	蠶豆
SD	葉基 > 葉左 ≡ 葉右 > 葉尖	葉基 > 葉左 ≡ 葉右 > 葉尖
SI	葉基 > 葉左 ≡ 葉右 > 葉尖	葉基 > 葉左 ≡ 葉右 > 葉尖
CI	葉基 > 葉左 ≡ 葉右 > 葉尖	各部位皆為 0
蒸散時間	葉基 > 葉左 ≡ 葉右 > 葉尖	葉基 > 葉左 ≡ 葉右 > 葉尖
蒸散量/秒	葉尖 > 葉左 ≡ 葉右 > 葉基	葉尖 > 葉左 ≡ 葉右 > 葉基

秋海棠與蠶豆的氣孔皆在葉基分布最多、葉尖的氣孔最少，因此葉基的蒸散量理應為最多，

但氯化亞鈷試紙變色時間葉基最長、葉尖最短，亦即單位時間的蒸散量以葉基為最小，葉尖為最大。



## (二) 氣孔簇在植物同一葉片不同時間的分布情形

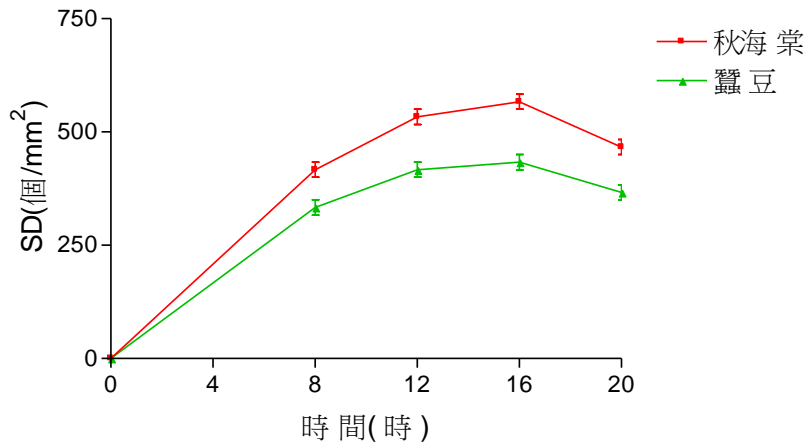


圖 (五) 秋海棠與蠶豆葉片不同時間的氣孔密度 (SD)

- 秋海棠與蠶豆的葉片SD在16:00達到最高，16:00後開始減少。

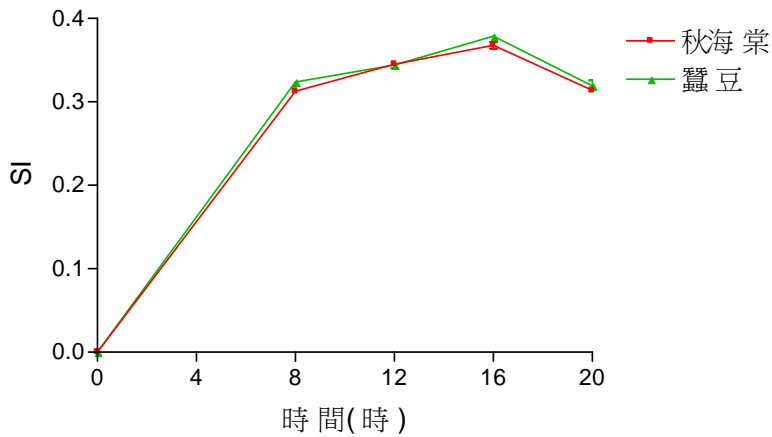


圖 (六) 秋海棠與蠶豆葉片不同時間的氣孔係數 (SI)

- 秋海棠與蠶豆的葉片SI值相近，最高點皆在16:00。

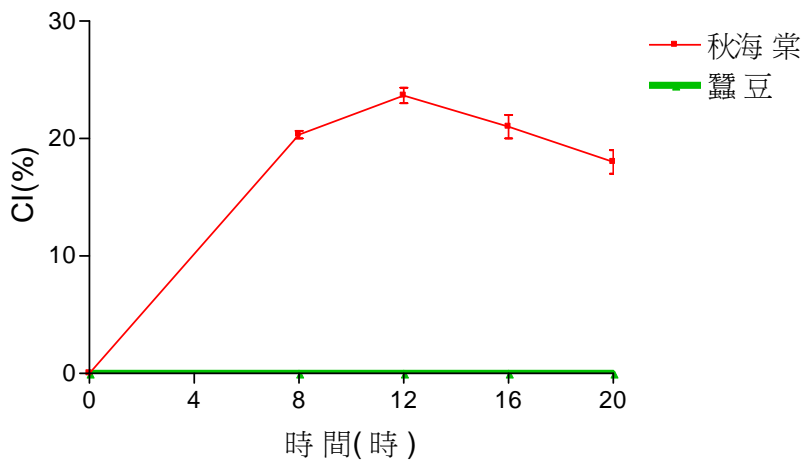


圖 (七) 秋海棠與蠶豆葉片不同時間的氣孔簇發生率 (CI)

- 12:00秋海棠的氣孔簇數量最多，蠶豆沒有氣孔簇的出現，CI值皆為0。



### (三) 探討植物葉片長度與氣孔簇的關係

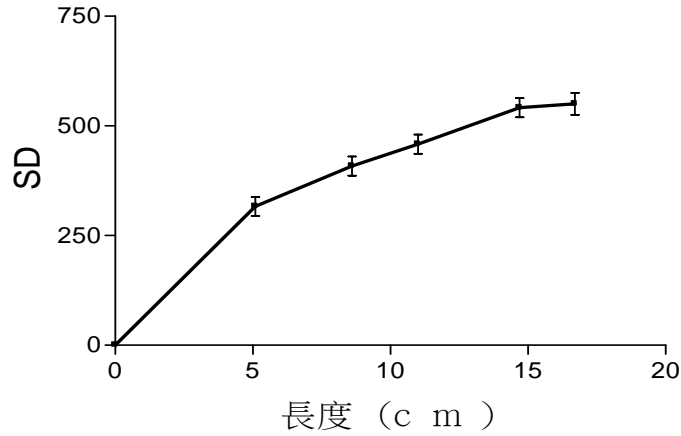


圖 (八) 長度不同的秋海棠葉片的氣孔密度 (SD)

- 秋海棠葉片的 SD 隨長度增長而增加，14.70cm 後就達到飽和。

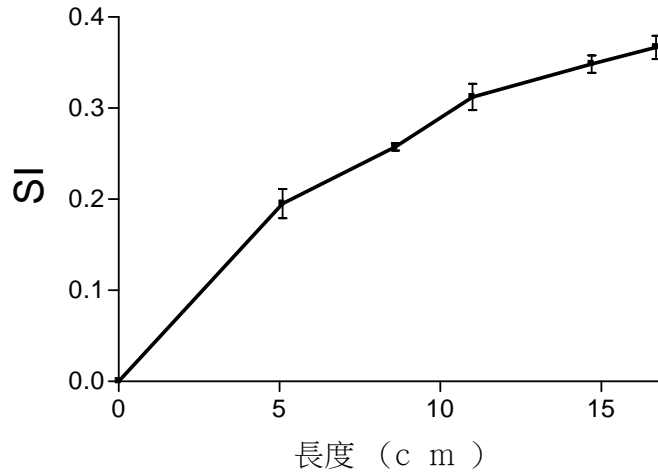


圖 (九) 長度不同的秋海棠葉片的氣孔係數 (SI)

- 秋海棠的長度增長而 SI 值增加，15cm 後增加幅度趨緩。

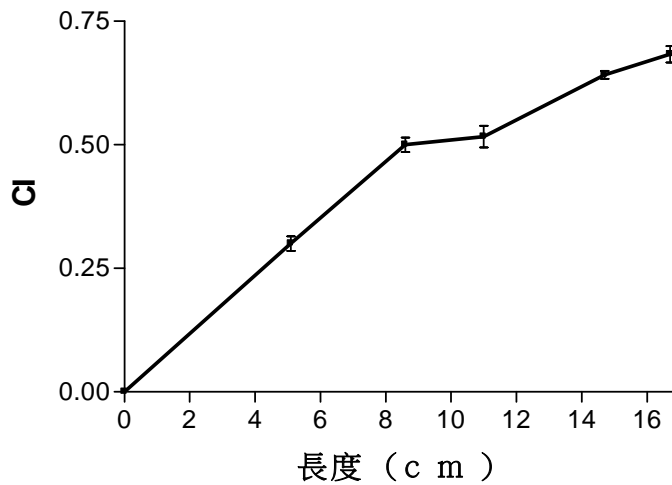


圖 (十) 長度不同的秋海棠葉片的氣孔簇發生率 (CI)

- 秋海棠的葉片越長，氣孔簇越多，15cm 後增加幅度趨緩。

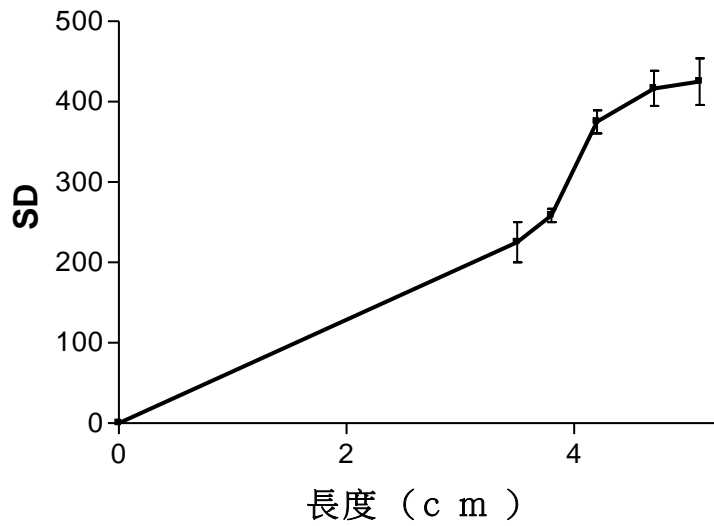


圖 (十一) 長度不同的蠶豆葉片的氣孔密度 (SD)

- 蠶豆的 SD 隨長度增長而增加，4.70cm 後趨近飽和。

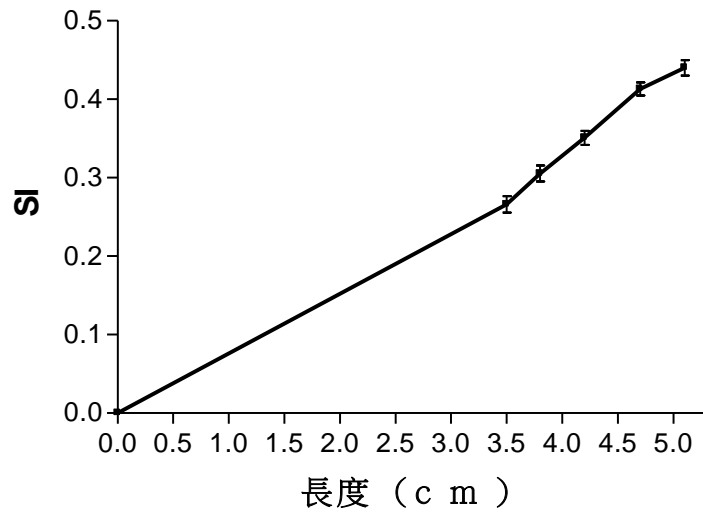


圖 (十二) 長度不同的蠶豆葉片的氣孔係數 (SI)

- 蠶豆的長度增長而 SI 值隨之增加。

※ 蠶豆的 CI：各部位皆為 0

(四) 探討蠶豆及秋海棠葉片年齡與氣孔簇的關係

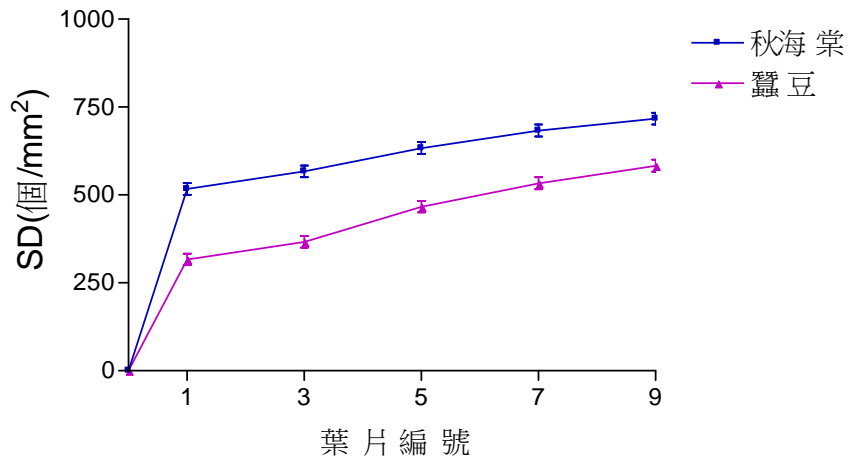


圖 (十三) 不同年齡的蠶豆與秋海棠葉片的氣孔密度 (SD)

● 葉片年齡越大，SD越大；葉片年齡越小，SD越小。

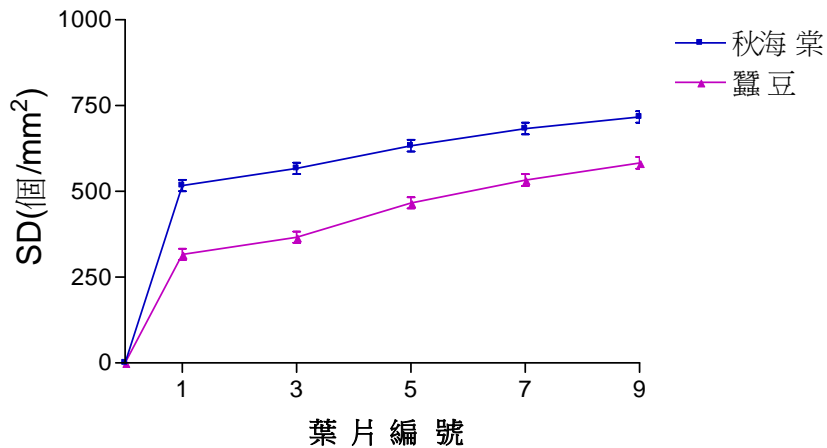


圖 (十四) 不同年齡的蠶豆與秋海棠葉片的氣孔係數 (SI)

● 葉片年齡越大，SI 越大；葉片年齡越小，SI 越小。

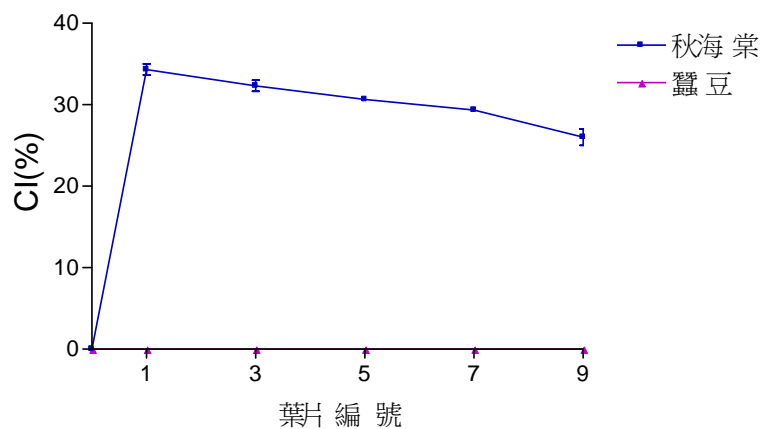


圖 (十五) 不同年齡的蠶豆與秋海棠葉片的氣孔簇發生率 (CI)

● 葉片年齡越大，CI 越小；葉片年齡越小，CI 越大。 蠶豆的 CI：各部位皆為 0

### 三、探討植物葉片氣孔簇與環境的關係

#### (一) 探討植物氣孔簇在不同澆水量下的變化。

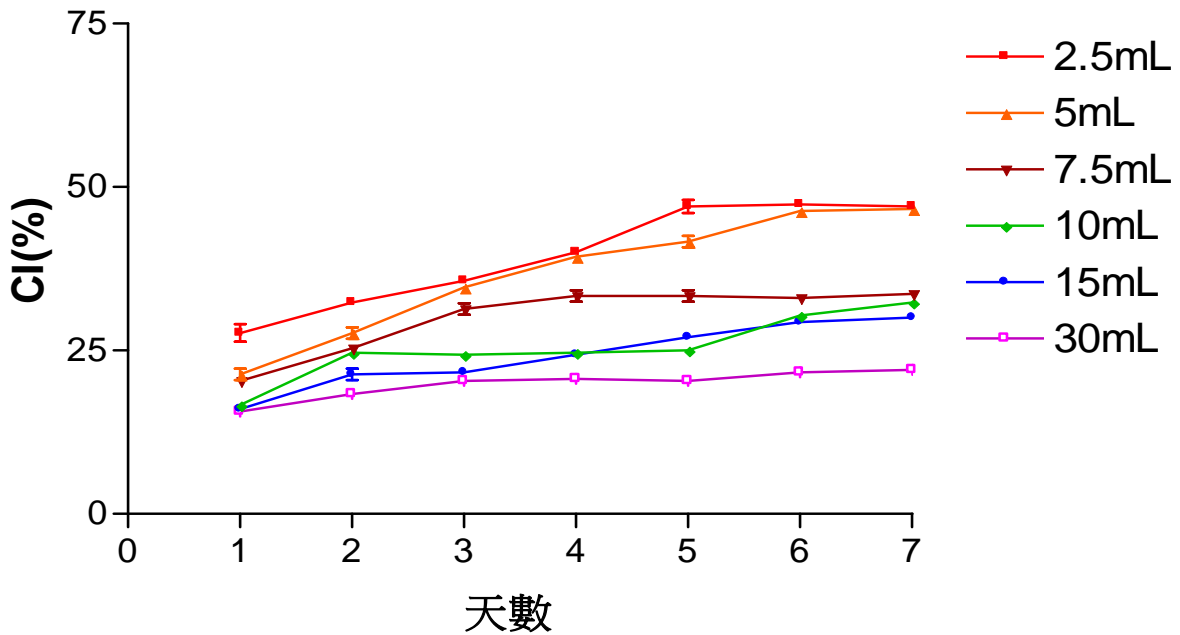


圖 (十六) 不同澆水量的秋海棠 7 天中的氣孔簇發生率 (CI) 變化

● 隨著天數增加，產生越多氣孔簇，到達第 6 天後，CI 值變動極小。

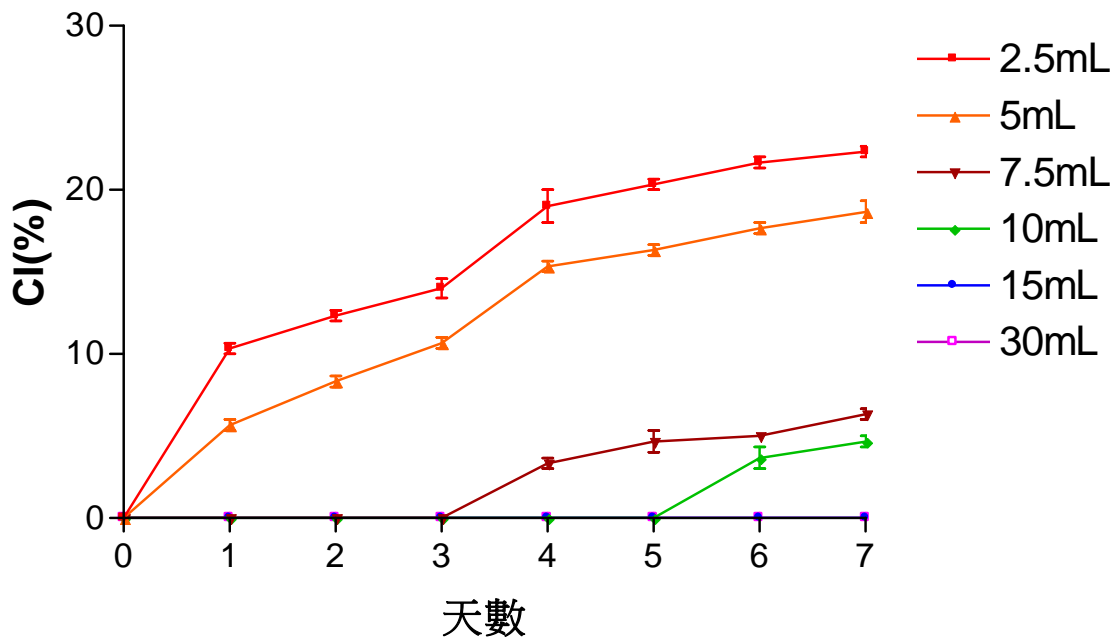


圖 (十七) 不同澆水量的蠶豆 7 天中的氣孔簇發生率 (CI) 變化

● 10mL 以下的澆水量才能誘發蠶豆的氣孔簇。澆水量越少，產生越多氣孔簇。

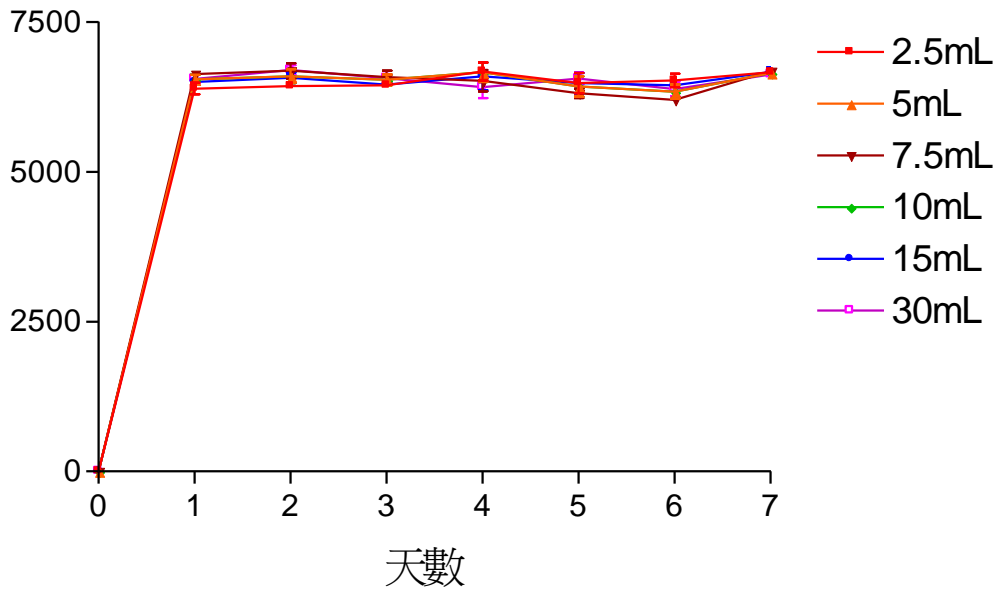


圖 (十八) 不同澆水量的秋海棠 7 天中的一般氣孔開閉面積變化

● 在一週中，不同澆水量下的秋海棠葉片一般氣孔開閉大小沒有明顯差異。

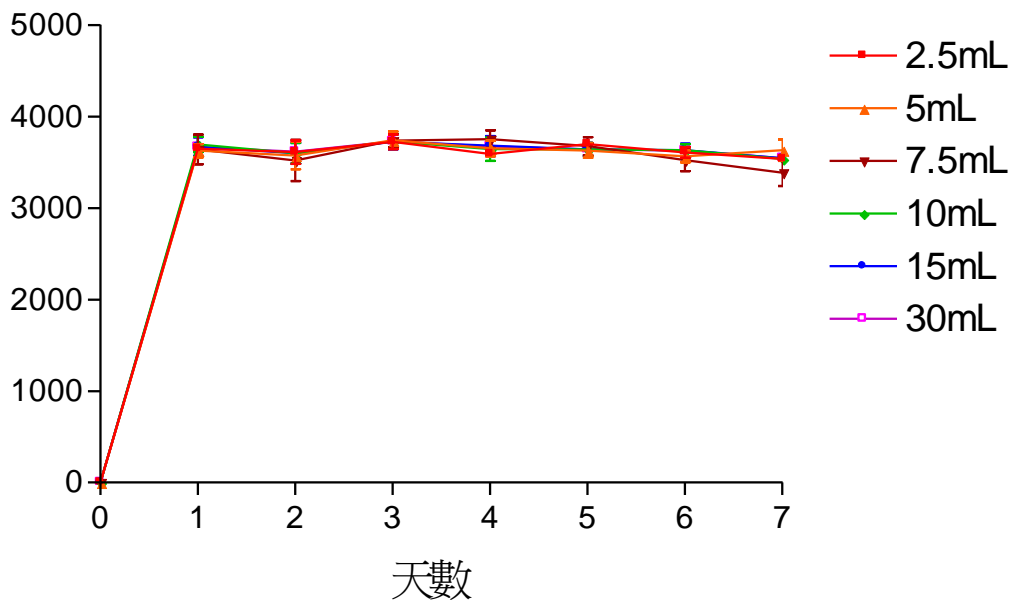


圖 (十九) 不同澆水量的蠶豆 7 天中的一般氣孔開閉面積變化

● 在一週中，不同澆水量下的蠶豆葉片一般氣孔開閉大小沒有明顯差異。

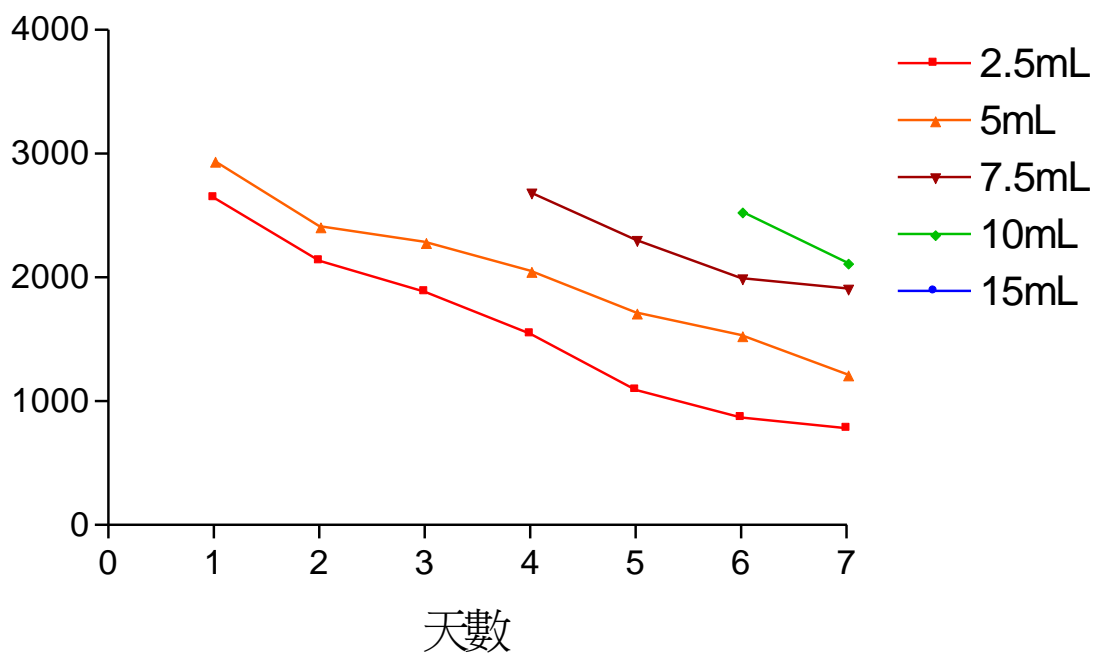
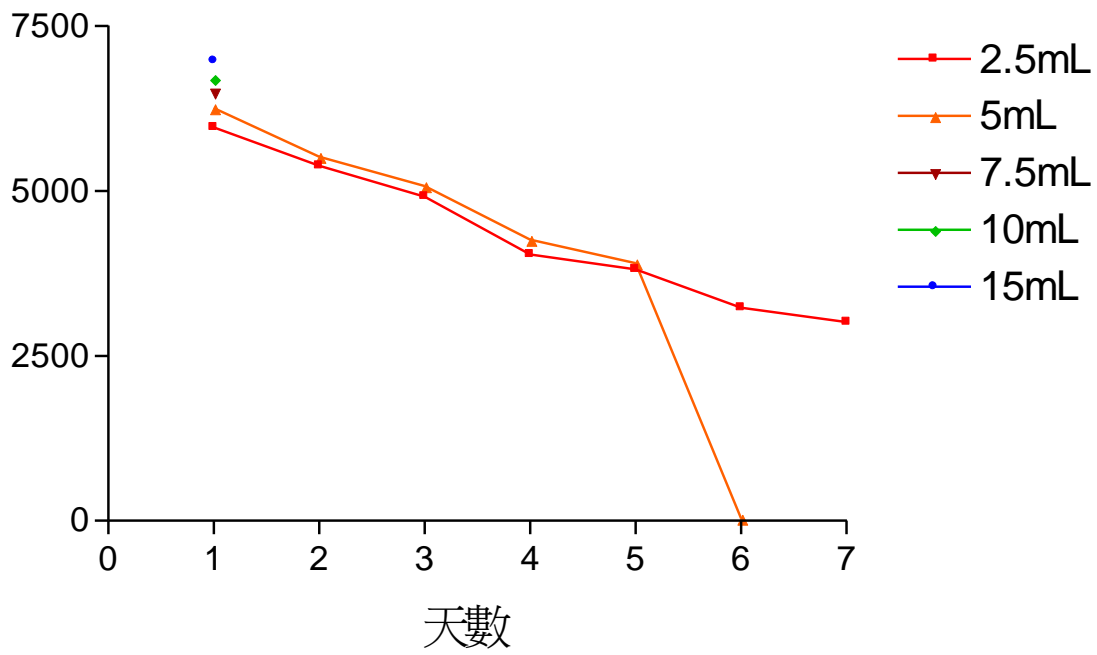


圖 (二十) 不同澆水量的蠶豆 7 天中氣孔簇的氣孔開閉面積變化

● 在一週中，不同澆水量下的蠶豆葉片一般氣孔開閉大小沒有明顯差異。

(二) 缺水逆境解除後植物氣孔簇數量的變化

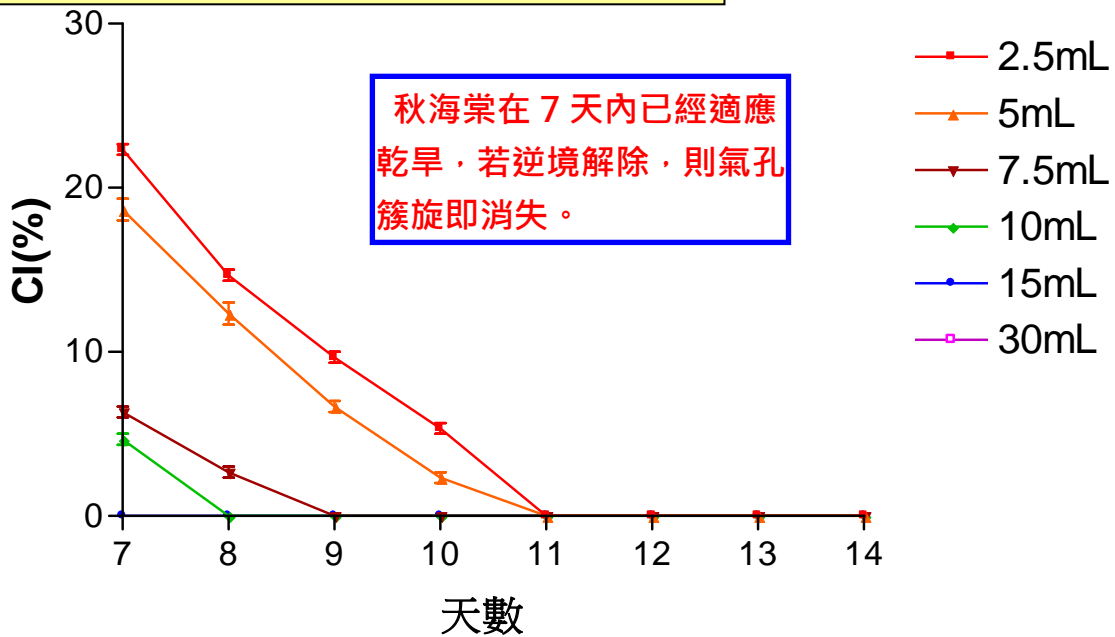


圖 (二十二) 缺水逆境解除後蠶豆氣孔簇數量的變化

- 缺水逆境解除後，氣孔簇數量逐漸減少，第11天，所有氣孔簇消失。

(三) 逆境條件前處理對植物氣孔簇數量的影響

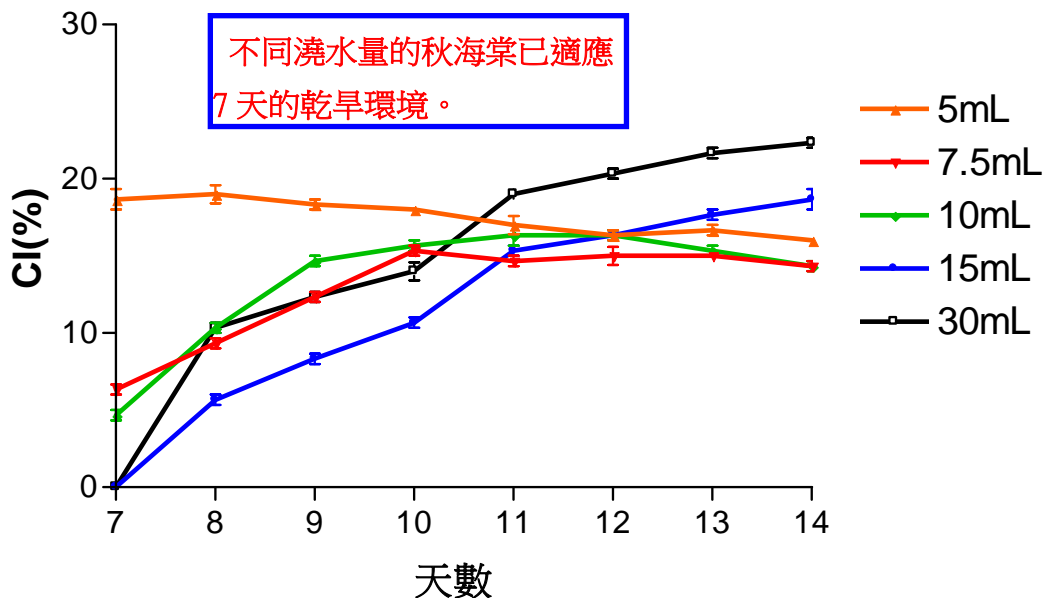


圖 (二十三) 逆境條件前處理對蠶豆氣孔簇數量的影響

- 5mL下的蠶豆氣孔簇數量變化量極小，10mL及7.5mL在第11天後即保持定值。

(四) 探討植物氣孔簇在不同土壤濕度下的變化

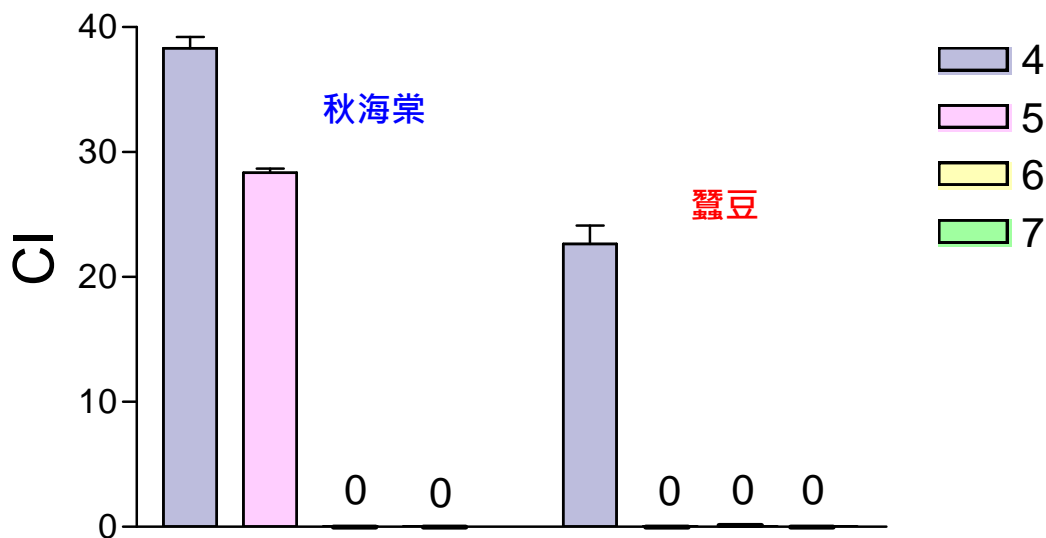


圖 (二十四) 秋海棠與蠶豆在不同土壤濕度下的氣孔簇變化

土壤溼度=4 時，秋海棠出現比蠶豆多的氣孔簇；土壤溼度=5 時，只有秋海棠形成氣孔簇。

(五) 探討植物氣孔簇在不同照度下的變化

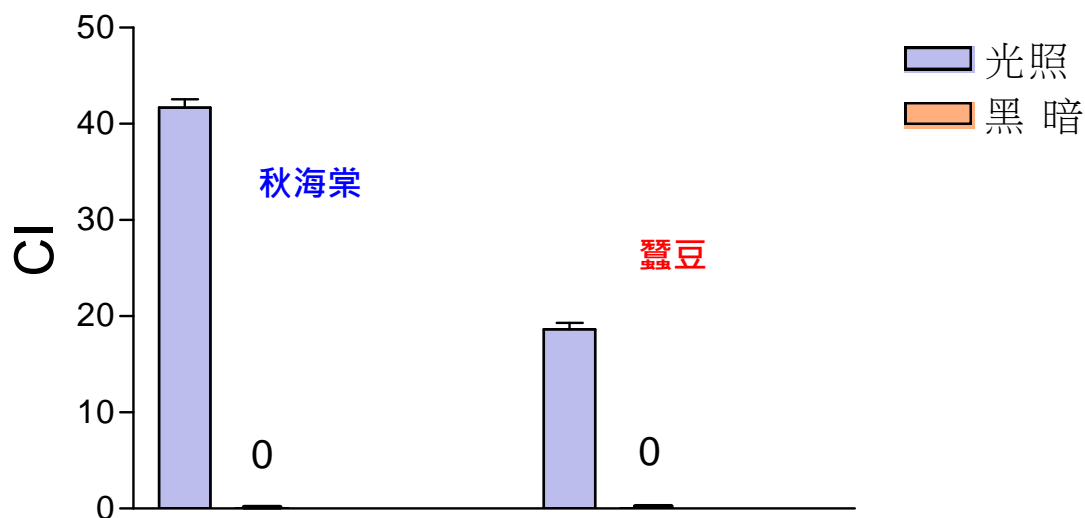


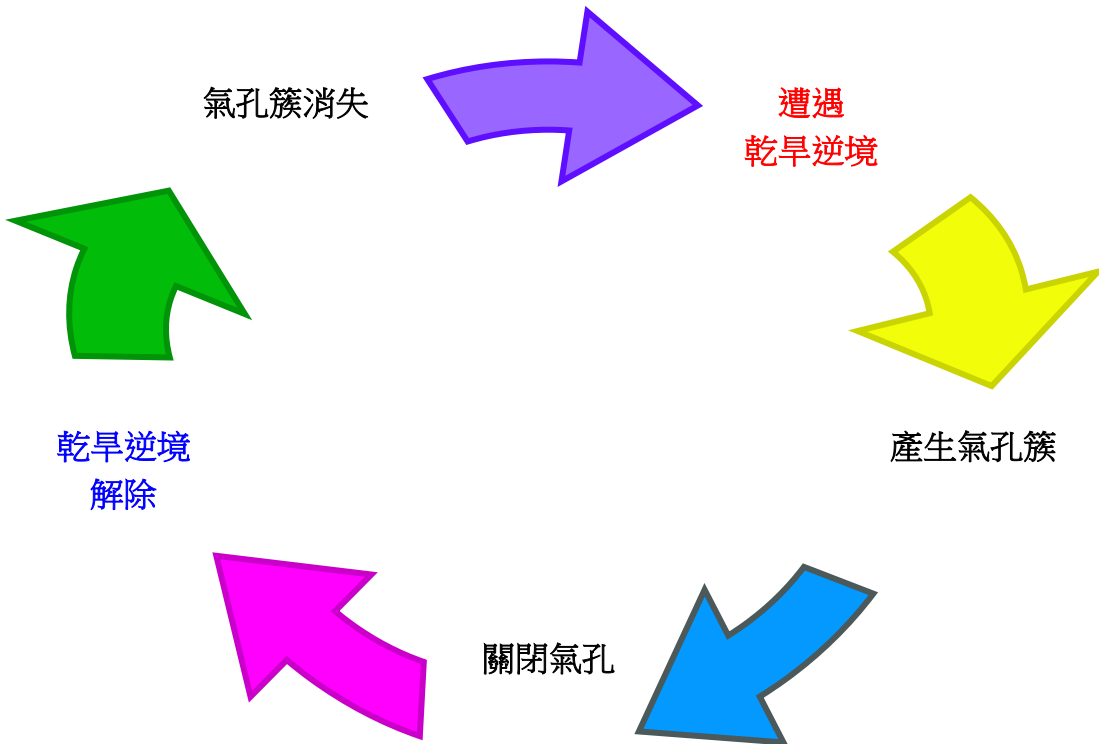
圖 (二十五) 秋海棠與蠶豆在不同照度下的氣孔簇變化

秋海棠與蠶豆兩者都要在光照下才會出現氣孔簇。

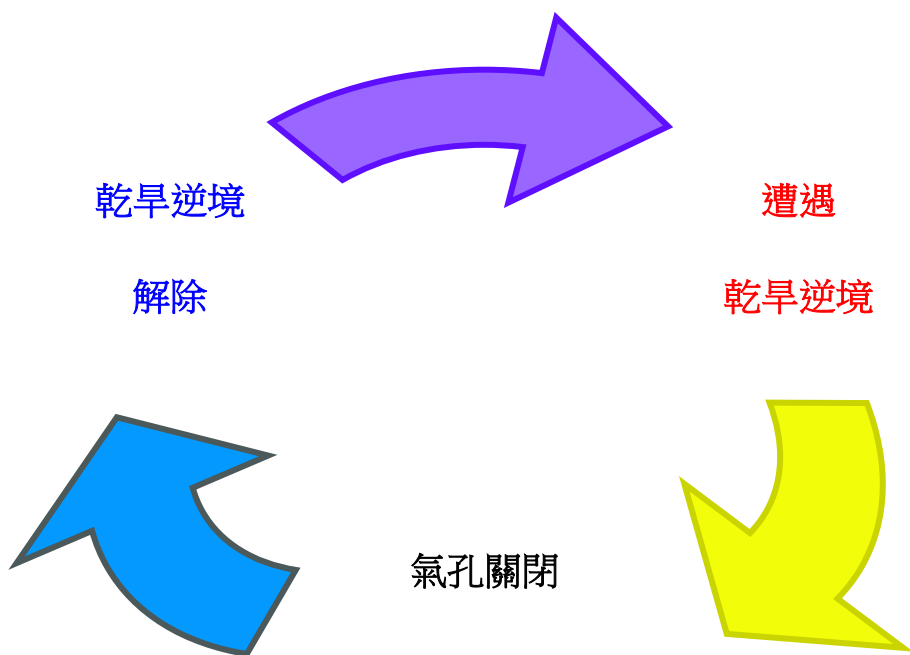


#### 四、探討水分、光照和氣孔簇三者的關係

##### (一) 在光照環境下遭遇乾旱



##### (二) 在黑暗環境下遭遇乾旱



## 陸、討論

### 一、探討秋海棠在不同環境的適應方式。

#### (一) 在土壤溼度較高 (> 6) 的環境下，秋海棠沒有氣孔簇的出現；

在土壤溼度較低 (< 6) 的環境下，秋海棠出現氣孔簇的型態(參照第 8 頁)，亦即在乾旱的環境下才會有氣孔簇的特徵。

1. 因此筆者認為氣孔簇是一種環境適應現象，缺水逆境能夠誘發氣孔簇的產生。
2. 當氣孔互相靠近，聚集形成氣孔簇時，會擠壓到彼此的保衛細胞，減少保衛細胞外壁的膨脹率，減小氣孔的開閉，亦即減少水分的蒸散。

#### (二) 查閱文獻得知氣孔簇分為接觸型及非接觸型，

因此選擇接觸型氣孔簇的蠶豆和 非接觸型氣孔簇的秋海棠做為比較 ( 參照第 9 頁 )。

1. 每天澆水量 30mL 的環境下，秋海棠出現了氣孔簇的特徵，蠶豆卻沒有(參照第 18 頁)
2. 處在土壤溼度相同的環境下，秋海棠比蠶豆出現了更多的氣孔簇。
3. 筆者認為接觸型可比非接觸型氣孔簇更有效的減少水分蒸散，非接觸型氣孔簇的氣孔之間仍間隔 1 個表皮細胞，因而減少了擠壓的力量，無法直接抑制氣孔的開閉。
4. 接觸型氣孔簇的多個氣孔不間隔表皮細胞直接相鄰，能夠大幅降低水分蒸散。
5. 非接觸型的植物因此需要比接觸型更多的氣孔簇才能達到相同適應環境的效果。

( 參照第 18 頁 )

## 二、探討氣孔簇在植物葉片分布情形。

### (一) 氣孔簇在植物同一葉片不同部位的分布情形 ( 參照 第 11 至 13 頁 )

1. 秋海棠與蠶豆的氣孔皆在葉基分布最多、葉尖的氣孔最少，因此葉基的蒸散量理應為最多，但氯化亞鈷試紙變色時間葉基最長、葉尖最短，亦即單位時間的蒸散量以葉基為最小，葉尖為最大。
2. 筆者認為葉基的氣孔簇能夠減少植物的蒸散量，水分經由葉基輸送至葉尖，因此在葉基抑制蒸散以提供葉尖水分。葉基是整片葉子中生長時間最長的部位，光合作用最旺盛，因此氣孔數量最多，出現氣孔簇的特徵能夠節省水分蒸散且進行光合作用。
3. 只有秋海棠出現氣孔簇的特徵，其原因與澆水量有關。每天 30mL 的澆水量對於蠶豆並非乾旱，因此不需出現氣孔簇來適應環境。

### (二) 氣孔簇在植物同一葉片不同時間的分布情形 ( 參照第 14 頁 )

1. 蠶豆和秋海棠固定在早上 10：00 澆水，所以 08：00 的葉片在 4 項樣本中水分最少，總氣孔數最少。16：00 時，陽光較 12：00 小，且水分充足，總氣孔數最多。
2. 秋海棠的氣孔簇在 12：00 時為最多，12：00 為整日光照最強時，因此產生氣孔簇，抑制氣孔開閉，能夠進行光合作用，也同時避免水分在強烈光照下嚴重散失。蠶豆因為澆水量 30mL 過多因而沒有出現氣孔簇。

### (三) 探討植物葉片長度與氣孔簇的關係 ( 參照 15 至 16 頁 )

1. 秋海棠與蠶豆的葉片越長，氣孔的數目就會跟著增加，增加幅度漸漸趨緩。秋海棠約超過 15cm 後就會達到飽和，筆者認為秋海棠盆栽樣本中的最大長度約為 15~16cm，因此氣孔總數在此範圍中不再增加。
2. 而蠶豆的盆栽樣本最大長度接近 6cm，在 5~6 的範圍中，氣孔數目相近。
3. 秋海棠的葉片越長，代表主葉脈越長，亦即水分輸送路程越長。因此長度越長的秋海棠葉片需要更多氣孔簇出現在葉基減少水分的蒸散，以供葉尖的水分使用。
4. 蠶豆處在每天 30mL 的澆水量下不至乾旱，因此沒有出現氣孔簇的特徵適應環境。

### (四) 探討蠶豆及秋海棠葉片年齡與氣孔簇的關係 ( 參照 p )

1. 距離莖頂越近的葉片，年齡越小，稱為嫩葉；距離莖頂越遠的葉片，年齡越大，稱為老葉。
2. 從莖頂數下第 1 片葉子，氣孔數目最少，氣孔簇數目最多；從莖頂數下第 9 片葉子，氣孔數目最多，氣孔簇數目最少。
3. 筆者認為嫩葉生長時間較短，因此需要旺盛光合作用為葉片製造養分提供成長，但其位於莖的頂端，受光面積最大，為避免光照造成水分過度流失，同時有效率的利用水分進行光合作用，因此嫩葉有較多的氣孔簇。

### 三、探討植物葉片氣孔簇與環境的關係。

#### (一) 探討植物氣孔簇在不同澆水量下的變化

##### 1. 探討植物氣孔簇在不同澆水量下的數目變化

- (1) 每天澆水量 30mL 以下的環境即會誘發秋海棠形成氣孔簇，2.5mL 和 5mL、7.5mL 和 10mL 各別在第 6、7 天即達到近似的數據，筆者推測秋海棠在第 6 天後已適應其澆水量下的乾旱環境，因此秋海棠以 5mL 為一範圍，範圍內氣孔簇的數目達到定值。
- (2) 6 種不同澆水量下的秋海棠達到第 6 至 7 天時，氣孔簇數目即不再有明顯的變動，因此推論秋海棠在短時間內處於乾旱卻不至死亡的環境下，會先衍生出氣孔簇的構造，尋求適應環境的方法。習慣乾旱環境後，即不再聚集氣孔，維持一定的氣孔簇數目。
- (3) 蠶豆在每天 10mL 以下的澆水量中，才出現氣孔簇降低蒸散量，可解釋研究結果二中，蠶豆在各項變因搭配 30mL/天的澆水量皆無氣孔簇的出現。2.5mL 和 5mL 的氣孔簇除了在第 4 天急遽上升，其餘皆保持相近的增加幅度，筆者認為每 4 天即為蠶豆氣孔簇大量變化的時間點，在逆境條件前處理的實驗中，第 4 天同樣有大幅的增加趨勢(參照第 21 頁)，因此驗證了筆者的推論。
- (4) 經過 6 天後，秋海棠已逐漸適應環境，氣孔簇數目變動趨近於 0。蠶豆依然保持不斷上升的趨勢，因此推論在 7 天內蠶豆尚未適應其乾旱環境。

##### 2. 探討植物氣孔及氣孔簇在不同澆水量下的開閉面積變化

- (1) 不同澆水量下的秋海棠與蠶豆葉片一般氣孔開閉沒有明顯差異 ( 參照第 19 頁 )，
- (2) 但是兩者氣孔簇的氣孔面積皆大幅的減小 ( 參照第 20 頁 )。
- (3) 筆者推測植物處於乾旱但有陽光的環境中，初期會先顯現氣孔簇的特徵嘗試適應環境，減少氣孔的開啟面積，一般氣孔的面積仍沒有關閉的趨勢。在這段期間中，氣孔簇能夠讓植物體的光合作用持續進行，同時有效的減少水份散失。

## (二) 缺水逆境解除後植物氣孔簇數量的變化

1. 秋海棠能夠在 7 天內適應乾旱環境，但蠶豆的氣孔簇仍持續增加，所以單獨解除蠶豆的逆境，其氣孔簇在第 4 天即完全消失，與蠶豆在遭遇逆境時第 4 天即大量增加氣孔簇不謀而合。
2. 筆者就此推論**每 4 天**蠶豆便決定趨勢的走向。**4 天中澆水量皆足夠**，則氣孔簇消失；**若 4 天的澆水量皆不足**，則顯現大量氣孔簇以適應環境。

## (三) 逆境條件前處理對植物氣孔簇數量的影響

1. 給予蠶豆逆境前處理，檢視其對於環境的適應現象。其中每天 5mL 的澆水量下，氣孔簇變動不明顯，顯示澆水量從 5mL 減少至 2.5mL 時，蠶豆已利用氣孔簇減少水分使用並適應環境。30mL 減至 5mL 的氣孔簇增加幅度極大，澆水量差距過大，蠶豆需增加氣孔簇直至適應環境為止。
2. 每天 10mL 及 7.5mL 澆水量的蠶豆在**第 4 天**快速適應環境，可見蠶豆以**兩個階段遞減澆水量**，能夠**增加蠶豆抵抗逆境的壓力**，以及增加其適應環境的速度。

## (四) 探討植物氣孔簇在不同土壤濕度下的變化

1. 土壤溼度大於 5 時，兩種植物都沒有氣孔簇的出現。當土壤溼度等於 5 時，環境誘發秋海棠形成氣孔簇，蠶豆卻沒有此現象，可見蠶豆之抗旱能力較秋海棠要強。
2. **當土壤溼度等於 4 時**，蠶豆與秋海棠皆出現了氣孔簇的構造，但**秋海棠的數目多於蠶豆**，可見**接觸型的氣孔簇**能夠有效率的**減少水分的蒸散**，
3. 筆者推論**接觸型氣孔簇的氣孔**不間隔表皮細胞相鄰，直接擠壓到彼此的保衛細胞，降低氣孔的開閉面積，因此**較非接觸型氣孔簇**更能夠有效率的**減少水分蒸散**。

## (五) 探討植物氣孔簇在不同照度下的變化

1. 蠶豆及秋海棠的氣孔簇都出現在**給予光照的環境**，若在**黑暗的環境**下遭遇乾旱，植物選擇**關閉氣孔**減少蒸散以適應環境。可知植物利用氣孔簇同時進行光合作用以及減少水分蒸散的工作，從實驗中得知，水分為影響氣孔簇變化的主要因素，影響氣孔簇變化的次要因素則是光照

## 柒、結論

一、秋海棠在土壤溼度小於 6 的環境下才出現氣孔簇，筆者推論氣孔簇是植物適應乾旱逆境的現象，水分多寡是影響氣孔簇變化的主要因素。形成氣孔簇時，氣孔聚集、互相靠近擠壓到保衛細胞，因此氣孔簇會減少水分蒸散。

### 二、比較氣孔簇在植物中的分布情形

- (一) 同一片葉子中的葉基氣孔簇比葉尖多，因為水份是由葉基輸送到葉尖，氣孔簇能夠減少葉基蒸散以供葉尖的用水。且葉基是光合作用最旺盛的部位中，需水量大，利用氣孔簇提高用水效率。
- (二) 12：00 時光照最強，出現氣孔簇的構造抑制水份的散失。20：00 時沒有光照，不需氣孔簇兼顧節省水份與進行光合作用，因此氣孔簇數量最少。
- (三) 葉片的長度越長，主葉脈的長度越長，輸送水分的過程也越長，需以氣孔簇節省路程中的水分散失，以供全葉的水分使用。
- (四) 同一株植物中，嫩葉位於距離莖的頂端，距離陽光較近，受光面積較大，旺盛的光合作用製造生長所需養分，所以利用氣孔簇避免強烈光照蒸散過多水份，同時進行光合作用。

### 三、比較不同環境對於氣孔簇的影響

- (一) 秋海棠在每天 30mL 的澆水量下就有氣孔簇，蠶豆的澆水量需減至 10mL 才會誘發氣孔簇的出現，且土壤濕度為 4 時，秋海棠的氣孔簇數目較蠶豆多，可知接觸型氣孔簇較非接觸型更能有效的減少水分的蒸散。
- (二) 秋海棠的氣孔簇到達定值後即不再變動，表示已利用氣孔簇適應乾旱環境。但蠶豆呈現持續增加的趨勢，7 天內蠶豆仍無法適應乾旱環境，若經過逆境前處理，蠶豆再遇到旱境時，在第 11 天後就能夠適應環境。

### 四、氣孔簇即為植物為了適應澆水量少、土壤溼度低且有光照的環境而出現的現象。

## 捌、參考文獻

- 一、施河(2010)。高中基礎生物上。台南市：南一書局
- 二、Yi GAN, Lei ZHOU, Zhong-Ji SHEN, Zhu-Xia SHEN, Yi-Qiong ZHANG, & Gen-Xuan WANG(2010) .Stomatal clustering, a new marker for environmental perception and adaptation in terrestrial plants, Botanical Studies, 51, 325-336.

## 【評語】 030310

優點：

氣孔簇相關題目有反應生物適應變化的正當性且探討論文較少有新穎性。

缺點：

1. 文獻上有「家齊女中」團隊研究「探討秋海棠形成氣孔簇的生物意義」論文，作者應探討論本作品與該論文相同及差異處，才能建立氣孔簇的知識。
2. 氣孔簇與保衛細胞的關係，要應用更精準及現代技術來確認假說及外形觀察。
3. 氣孔簇的定義、實驗設計應更精準，例如：2個、3個及多個氣孔，應有更清楚的定義。