

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生物科

(鄉土)教材獎

030311

逆境中的繁「跖」—探討圓葉鴨跖草的繁殖策略及苞片泌汁之功用

學校名稱：新北市立義學國民中學

作者： 國二 顏豪德 國二 程琮傑 國二 張禕庭	指導老師： 洪寬亮
---	------------------

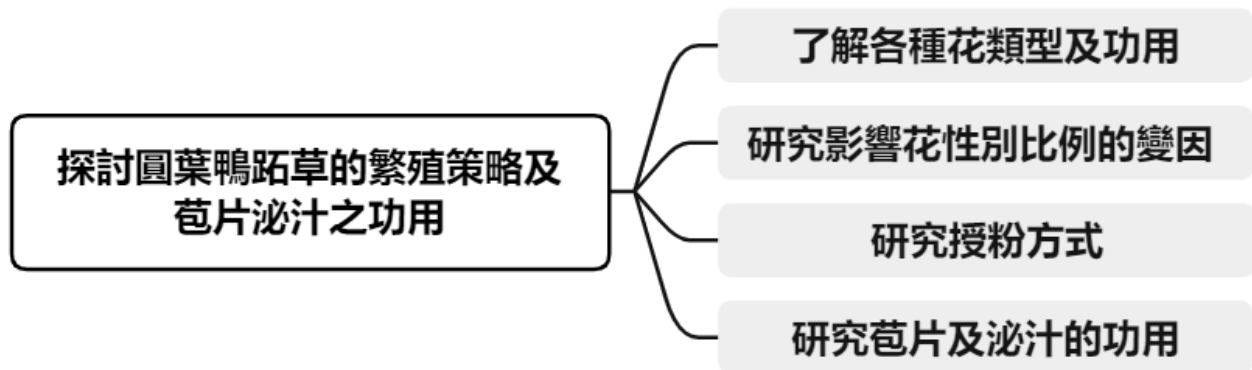
關鍵詞：圓葉鴨跖草、花性別、苞片泌汁

摘要

本研究將圓葉鴨跖草的花類型分為雄花、大苞片兩性花、不孕兩性花、地下閉鎖花及直立莖、短匍莖小苞片兩性花。研究影響花性別比例的變因實驗中採用每天紀錄花朵的方式進行，在前兩個生長階段花比例沒有顯著改變，第三階段則因為植物大量換葉因此著重於開所需養分較少的兩性花。在環境極好及極壞的情況下繁殖方式會偏向自花授粉。從照度變因實驗中，得出日照是此植物的重要開花因素。圓葉鴨跖草自花授粉與異花授粉的結實及結種率沒有顯著差異，因此此植物不需考慮到自花授粉及異花授粉繁衍後代的成功機率，此植物較難以風傳播花粉，因此推論其為蟲媒花。推論苞片的功用是保護花苞及果實不被雨水等因素破壞，泌汁則是提供養分給果實吸收成長。

壹、前言

本研究的動機起於以前教過植物的性別一共分為八種，而老師的上課內容提到圓葉鴨跖草是「雄花兩性花同株」植物，會開雄花和兩性花，但在觀察時卻發現雌蕊比較短的不孕兩性花，而且雄花、兩性花及不孕兩性花出現的比例也不同，因此我們想了解各種類型的花對圓葉鴨跖草的意義，因為在 Veenu Kaul *et al.* (2002)的研究中認為圓葉鴨跖草具有三種枝條，花類型在功能上分為雄花、兩性花、閉鎖性兩性花和地下閉鎖花，地下閉鎖花所需養分資源最少，短匍莖上的兩性花其次。圓葉鴨跖草播種後 3-5 天出現第一片葉子。有 8-10 片葉子時，就會形成一個小的地下枝條，地下閉鎖花開始長出。葉子數量增加到 17-19 片時，直立莖上的兩性花開始長出。而 Veenu Kaul *et al.* (2000)的研究中也提到圓葉鴨跖草發育早期會先生長地下閉鎖花，以幫助植物先取得優勢。且以上研究皆無提到不孕兩性花。另外本研究也想了解在不同環境下花性別比是否會改變，進一步去了解其繁殖策略，在李文立(2010)的研究中提到番木瓜的性別會因外界環境條件如水分、營養、CO₂、溫度、溼度、光照時間和植物激素等因素的變化而受影響。番木瓜會因外在因素而影響其性別，因此我們也想看看鴨跖草是否也會因外在因素而改變花性別。因鴨跖草是雜草，本身所需養分不多，且其為雜草有可能會因除草等因素破壞，另外也可能因生長環境而導致接收到的日照多寡不同，綜合上述原因，本研究以肥料、破壞植株及日照等變因，看其花比例及繁殖策略是否會因此而改變。另外也發現花苞外有苞片及泌汁，因為不曾在其他植物上看過，經查詢後發現，在杜鵑花的構造中也有類似苞片及黏液的構造，龔詩歆 *et al.*(2012)的研究中提到杜鵑花苞片及黏液最大的功用是保護花苞正常生長及黏住昆蟲防止花苞被啃食。但圓葉鴨跖草和杜鵑花的苞片型態不同，杜鵑花的苞片在花苞開花後從保護的功能改為支撐花朵的功能，而鴨跖草的花開花後會跑出苞片外，但在花凋謝後又會縮回到苞片內結果，因此鴨跖草的花比起杜鵑花有更長的時間受到苞片保護，因此本研究想了解如果鴨跖草的花苞沒了苞片及泌汁會不會對花的生長有影響並深入探討其功用。



貳、研究設備及器材

一、設備及器材

表一、設備及器材

				
珠寶放大鏡 Magnifier LED Double-Multiple Jewelry Identifying Type	Lutron 照度計 LX-101	dino-capture (Dino-Lite) AM7025X	解剖顯微鏡 HamletMSH665-T	三位數電子天秤 vibrant AJ-220E
				
複式顯微鏡 hamlat	手持式顯微鏡 (DinoLite)Basic AM2111	DLAB 微量吸 管 SPACF0527- 100SEA	紫外-可見光 分光光度計 i3	風速計

二、藥劑及物品

昆蟲針、本氏液、雙縮脲試劑、吹風機、培養皿、鐵架、鋁線、廣用試劑、必達通用肥(以 1:1000 調配)、精密鑷子、T 型管、碘液、乙醚、塑膠袋

三、軟體

Microsoft Excel、imageJ、DinoCapture 2.0

參、研究過程與方法

一、觀察花的性別

(一) 觀察類型

1. 觀察花的性別

觀察圓葉鴨跖草所開的花的類型有幾種

2. 觀察花苞的開花順序及間格天數

(1) 觀察花序

① 尋找多個還沒開花的苞片

② 將整個苞片(含花苞)剪下

③ 去掉苞片，留下花苞，將花苞拿至解剖顯微鏡下解剖，觀察花的數量及種類

(2) 觀察不同花序花苞開花的順序及間隔天數

① 觀察 3 個不同花序，苞片用線綁著並貼防水標籤，標籤上寫編號做標記

② 記錄花類型、開花的順序及間隔天數

(3)了解同一苞片內花開的大小是否相同

- ① 觀察 3 個花苞
- ② 花苞開花時，剪下其中一個藍色花瓣
- ③ 將花瓣攤平在白紙上，用 Image J 計算花瓣面積
- ④ 比較各花苞的花瓣面積

(二) 觀察花隨時間的變化

1. 觀察花蕊隨時間的位置變化（樣品數：各 3 組）

拍攝各種開放花其雌雄蕊從花的綻放至凋謝的位置變化，從花瓣完全展開拍攝至花瓣閉合，每隔 20 分鐘拍一次

2. 觀察不同變因的開花時間是否有差異（樣品數：各 1 組）

拍攝各種花類型在不同的變因下開花、凋謝的時間點

(1)日照照度：以當天最高的日照照度為當天的照度

(2)溫度：以當天最高的溫度為當天的照度

(3)有無下雨

3. 觀察不同變因的異花授粉時間是否有差異（樣品數：各 1 組）

本研究想了解日照照度、溫度、有無下雨時異花授粉的時間占開花總時間的多少百分比，因此觀察花瓣完全打開至雌蕊碰到雄蕊的時間及謝的時間點，計算方法是

$$\frac{\text{雌蕊碰到雄蕊的時間點}-\text{開花時間點}}{\text{花閉合時間點}-\text{開花時間點}}$$

二、 研究影響花性別比例的變因

統計方法：

1. 平均與標準差：

x 軸為花類型，y 軸為花比例或花數量，生長組以不同階段的四組，變因組別則為實驗組和對照組，每組的花類型都有三盆植物數據進行標準差及平均。

2. 檢查有無顯著差異 ANOVA 檢定：

(1)各生長階段組依不同花類型進行，用每組的花類型的三組數據檢定

(2)使用 Excel 中的單因子變異數分析檢定：輸入範圍為各階段的三組數據， $\alpha < 0.05$ 為有顯著差異

(3)檢定後的結果以 P-值來進行判斷有無顯著差異

(4)若有顯著差異再進一步使用 T-test 檢查兩兩之間的差異

3. 檢查有無顯著差異 T-test：

(1)生長組為不同階段的三組，變因組為實驗組和對照組依不同花類型進行，用每組的花類型的三組數據檢定

(2)使用 Excel 中的 t 檢定：兩個母體平均數差的檢定，假設變異數相等進行檢定，變數一範圍為實驗組的三組數據，變數二範圍為對照組的三組數據， $\alpha < 0.05$ 為有顯著差異

(3)檢定後的結果以雙尾來進行判斷有無顯著差異

(一) 研究不同生長階段對花性別比例的影響（樣品數：12 組）

1. 種植 12 株圓葉鴨跖草進行觀察編號 A1、A2、A3~D1、D2、D3(見圖 3)

2. 每天觀察花的性別種類及數量並記錄

3. 每 3 個月挖起來觀察其中 3 株的地下閉鎖花數量

4. 每 3 個月計算一次性別比例（計算方法： $\frac{\text{當階段某性別花數}}{\text{當階段總花數}} \times 100$ ）

5. 持續 12 個月結束並製作比例和數量的標準差及 T-test 檢定，分累加性的統計和非累加性的

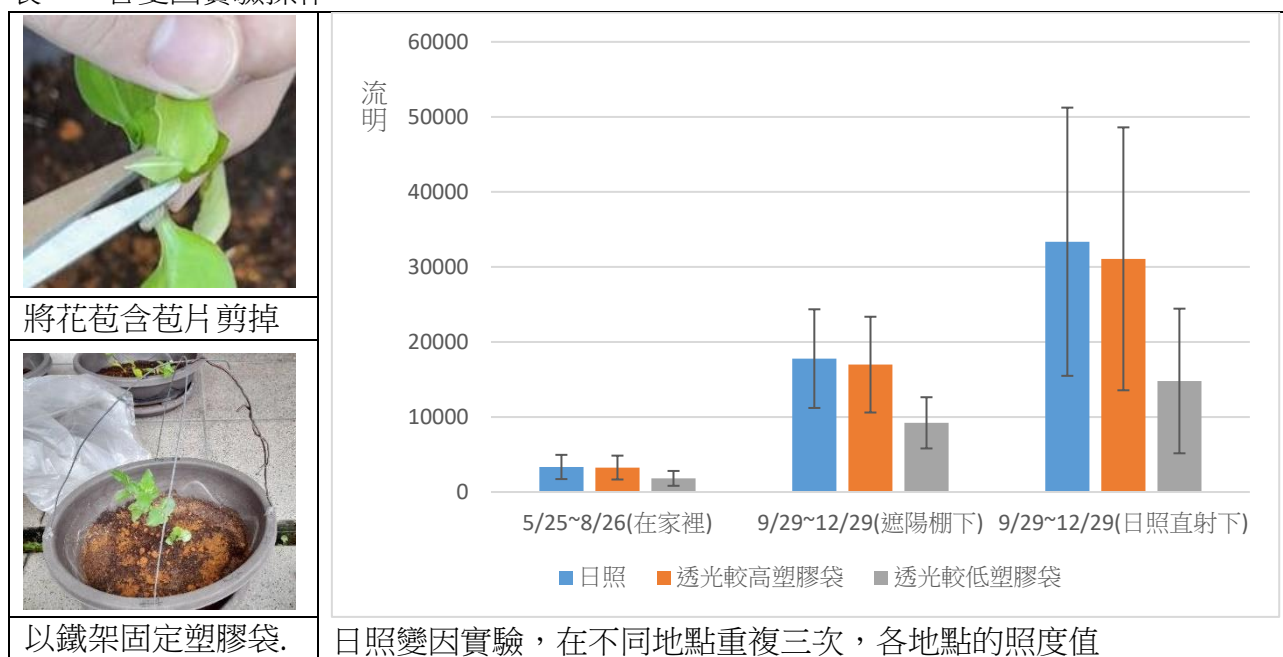
(二) 研究不同環境變因對花性別比例的影響（樣品數：環境變因實驗、對照各 3 組）

1. 種植 18 株圓葉鴨跖草進行研究，肥料變因和破壞植株變因各 3 盆實驗組及 3 盆對照組，日照變因分為透光度較低 3 盆及透光度較高 3 盆
2. 肥料變因：實驗組編號 E1~E3，對照組編號 E4~E6，準備通用肥，將通用肥對實驗組 (E1~E3)一個禮拜施肥一次，每次量約為 200ml，肥料與水以 1:1000 調配
3. 破壞植株變因：實驗組編號 F1~F3，對照組編號 F4~F6 當實驗組開始長花苞時，把 F1~F3 每個新生花苞 (含苞片) 剪掉，持續剪一個月，一個月後開始記錄
4. 日照變因：編號 G1~G6 準備兩種塑膠袋各 3 個，用光度計測量兩種塑膠帶在早、中、晚的透光度。將塑膠帶套在盆栽上，並以鐵架固定。
5. 每天觀察花的性別種類及數量並記錄
6. 開花後持續 3 個月結束並製作比例和數量的標準差及 T-test 檢定
7. 重複三次實驗



圖 3：生長階段組 (由左至右直排，分別為第一、第二、第三、第四階段)

表二、各變因實驗操作



(3)檢定後的結果以雙尾來進行判斷有無顯著差異

(一) 研究不同生長階段對花性別比例的影響 (樣品數：12 組)

1. 種植 12 株圓葉鴨跖草進行觀察編號 A1、A2、A3~D1、D2、D3(見圖 3)
2. 每天觀察花的性別種類及數量並記錄
3. 每 3 個月挖起來觀察其中 3 株的地下閉鎖花數量
4. 每 3 個月計算一次性別比例 (計算方法： $\frac{\text{當階段某性別花數}}{\text{當階段總花數}} \times 100$)
5. 持續 12 個月結束並製作比例和數量的標準差及 T-test 檢定，分累加性的統計和非累加性的

(二) 研究不同環境變因對花性別比例的影響 (樣品數：環境變因實驗、對照各 3 組)

1. 種植 18 株圓葉鴨跖草進行研究，肥料變因和破壞植株變因各 3 盆實驗組及 3 盆對照組，日照變因分為透光度較低 3 盆及透光度較高 3 盆
2. 肥料變因：實驗組編號 E1~E3，對照組編號 E4~E6，準備通用肥，將通用肥對實驗組(E1~E3)一個禮拜施肥一次，每次量約為 200ml，肥料與水以 1:1000 調配
3. 破壞植株變因：實驗組編號 F1~F3，對照組編號 F4~F6 當實驗組開始長花苞時，把 F1~F3 每個新生花苞（含苞片）剪掉，持續剪一個月，一個月後開始記錄
4. 日照變因：編號 G1~G6 準備兩種塑膠袋各 3 個，用光度計測量兩種塑膠帶在早、中、晚的透光度。將塑膠帶套在盆栽上，並以鐵架固定。
5. 每天觀察花的性別種類及數量並記錄
6. 開花後持續 3 個月結束並製作比例和數量的標準差及 T-test 檢定
7. 重複三次實驗

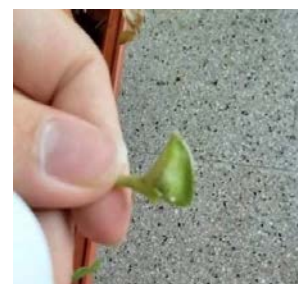
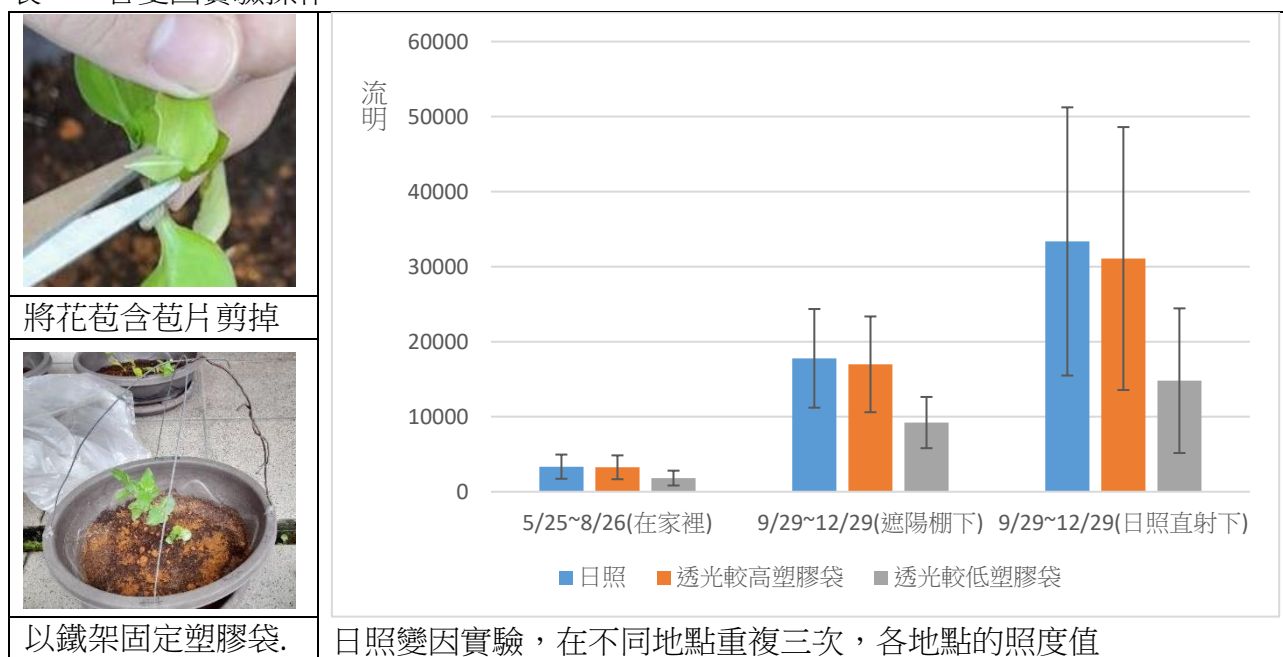


圖 4：不去苞片



圖 5：去苞片，留下內部花苞

表二、各變因實驗操作



三、研究苞片及泌汁的功用

(一) 研究苞片、泌汁及介殼蟲對花苞及果實的生長影響

1. 研究有無苞片對花苞的生長影響（樣品數：5 組）
 - (1) 選取兩個花序一樣的新生苞片，一為對照組，不做任何動作，一為實驗組，用鑷子將苞片拆掉留下內部花苞，分別以紫線及白線並貼上防水標籤編號（見圖 4、5）
 - (2) 觀察實驗組去掉苞片後，花苞的生長、開花、結果是否與對照組一樣
 - (3) 重複三組實驗
2. 研究有無泌汁對花苞的生長影響（樣品數：5 組）
 - (1) 選取兩個花序一樣的新生苞片，一為對照組，不做任何動作，一為實驗組，將泌汁以衛生紙取出持續至實驗結束(見圖 6、7、8)
 - (2) 觀察實驗組取出泌汁後，花苞的生長、開花、結果是否與對照組一樣
 - (3) 重複三組實驗

3. 研究介殼蟲對果實的生長影響（樣品數：2 組）

- (1) 選取一個新生苞片，抓一隻成蟲期的介殼蟲放入苞片，綁上橘線並貼上防水標籤編號
- (2) 待其結果後，測量其果實大小
- (3) 重複三組實驗



圖 6：泌汁示意照

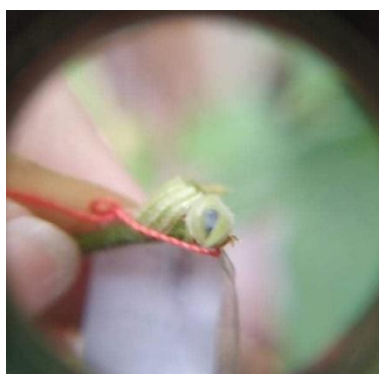


圖 7：不吸泌汁



圖 8：以衛生紙取出泌汁

4. 研究泌汁量與苞片大小的關係（樣品數：組）

- (1) 先將 $\frac{1}{4}$ 衛生紙與培養皿以電子秤秤重
- (2) 用衛生紙將泌汁取出，與培養皿一起以電子秤秤重，和（1）值相減，測出分泌量
- (3) 用描圖紙描出苞片大小，使用 ImageJ 測量出苞片的面積
- (4) 苞片面積與泌液量的關係
- (5) 進行多個不同大小的苞片

表三、研究泌汁量與苞片大小的關係實驗操作

<p>$\frac{1}{4}$衛生紙與培養皿</p>	<p>用衛生紙將泌汁取出</p>	<p>用描圖紙描出苞片大小</p>	<p>用 ImageJ 測量出苞片的面積</p>

(二) 研究鴨跖草泌汁的功用（樣品數：各 3 組）

1. 檢測泌汁化學成分

- (1) 用定量滴管將泌汁取出
- (2) 分別進行含醣類、蛋白質、酸鹼性以及澱粉的檢測
 - ① 含醣類：
 - I 將泌汁放入錶玻璃，並加入等量的本氏液
 - II 加熱，觀察本氏液有無變色
 - ② 蛋白質：
 - I 將 0.6ml 的雙縮脲試劑與 50 μ l 的水放入石英比色管作為對照組，以及 0.6ml 的雙縮脲試劑與 50 μ l 的泌汁放入另一石英比色管作為實驗組，再準備一比色管內裝水

II 將對照組及實驗組放入分光光度計，使用波長 550 的光測量，將對照組歸零作為 blank，測量實驗組的吸光值

③ 澱粉：

- I 將泌汁放入錶玻璃，並加入等量的碘液
- II 觀察碘液有無變色

④ 酸鹼值：

- I 將泌汁 1ml 加 95%酒精稀釋至 10ml
- II 利用 pH meter 檢測 pH 值

2. 研究泌汁和介殼蟲的關係（樣品數：各 5 組）

- (1) 用定量滴管取出泌汁
- (2) 用吸管製作 T 型管，直管底端製作一個可開放的小蓋子（見圖 9）
- (3) 將 30 μ l 泌汁及 30 μ l 水各放在 T 型管兩端
- (4) 抓一隻成蟲期的介殼蟲，放入短管裡，再將小蓋子封好（見圖 10）
- (5) 觀察介殼蟲會從哪一個斜管走出 T 型管
- (6) 抓 10 隻介殼蟲測試

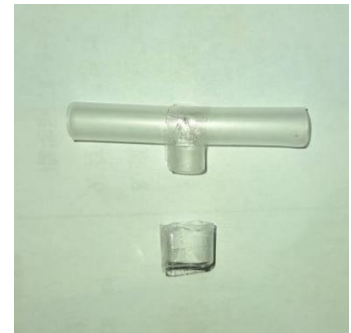


圖 9：T 型管和小蓋子



圖 10：放置介殼蟲，泌汁及水

(三) 研究有無苞片對種子播種範圍之影響

1. 研究有無苞片對種子播種範圍之影響

- (1) 選取兩個已結種的種子，連同外部苞片剪下
- (2) 一個種子不做任何動作；另一個將苞片拆掉只留下內部的種子
- (3) 將有苞片的及無苞片的放於地面及同一葉片，模擬已掉落地面以及從結果的地方掉下來
- (4) 利用吹風機以相等距離及風速吹向有苞片的及無苞片的
- (5) 記錄有苞片的及無苞片的風播種距離有無差異

四、研究授粉方式

(一) 研究自花與異花授粉的結實率

1. 自花授粉（樣品數：10 組）

- (1) 剪裁符合花苞大小的空茶包（圖一）
- (2) 選擇 10 朵花藥尚未裂開、還沒開過的兩性花套上空茶包並用繩子標記並寫上標籤
- (3) 剪下該朵花中已裂開的花藥並放在柱頭上
- (4) 待中午花枯萎後拿下袋子
- (5) 成功率等於將成功結果、苞片變成咖啡色的兩性花除以實驗樣本數

2. 異花授粉（樣品數：10 組）

- (1) 在花藥未裂時剪掉可孕性雄蕊的花藥
- (2) 放入其他花中的花藥
- (3) 成功率等於將成功結果、苞片變成咖啡色的兩性花除以實驗樣本數

(二) 研究傳粉媒介

1. 是否能以風傳播花粉（樣品數：各 3 組）

- (1) 挑選一個花藥已裂開的兩性花
- (2) 以夾子夾住昆蟲針並將昆蟲針刺在花梗部分以固定花朵（見圖 11）
- (3) 架設鐵架及手持顯微鏡觀察花藥及花蕊部分
- (4) 架設風速計並平行放置於花朵旁
- (5) 用吹風機從各個方向往雄蕊花藥吹
- (6) 實驗過程持續使用 dinocapture 錄製手持顯微鏡下的花蕊及花藥

- (7)使用手機錄製風速計之數據
- (8)同步風速計及 dinocapture 的影像並整理出花粉掉下時的風速
- (9)觀察花粉是否會掉到柱頭上

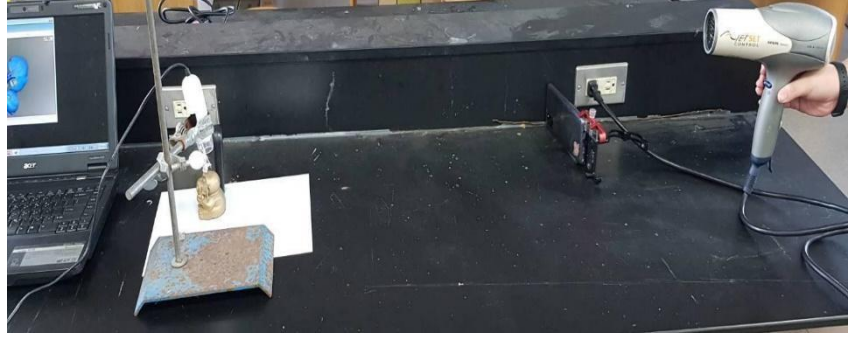


圖 11：實驗中花朵的固定 圖 12：風傳播實驗裝置

3. 研究是否能以雨水傳播花粉

- (1)挑選一個花藥已裂開的兩性花
- (2)將花柄調整至垂直於地面
- (3)分別在花朵正上方 5、10、15cm 處，用滴管滴落十滴水
- (4)用手持顯微鏡觀察雌蕊柱頭是否沾有花粉

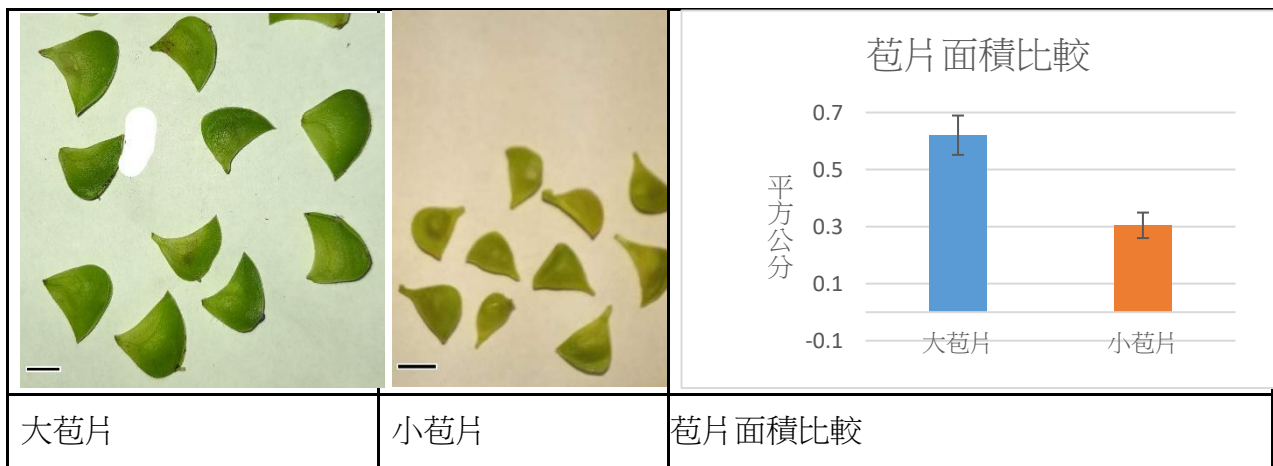
肆、研究結果

一、觀察花的性別

(一) 觀察類型

苞片大小可分為兩類，大苞片及小苞片，大苞片約為小苞片面積的兩倍。大苞片內含有 1 至 4 個花苞，苞片面積約為 0.625 平方公分；小苞片內僅含有 1 個花苞，苞片面積約為 0.304 平方公分。各種花類型都有六個雄蕊：兩個藍色可孕雄蕊、一個黃色可孕雄蕊及三個黃色不孕雄蕊。



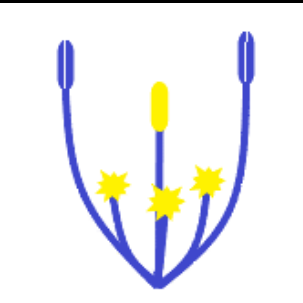
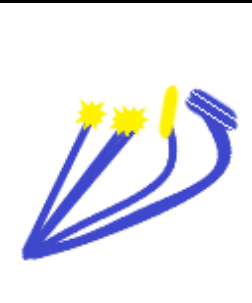


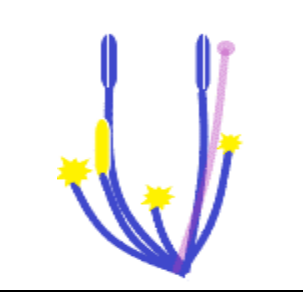



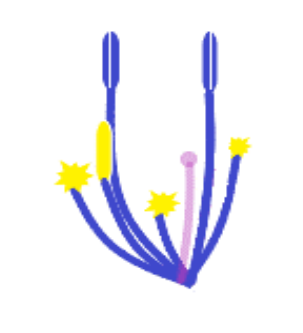

表四、苞片面積 (比例尺：線段代表 0.5cm)



- (1)雄花(MALE FLOWER，簡稱 M)長在大苞片內，不具雌蕊，以黃色可孕雄蕊為對稱軸，左右兩邊的雄蕊位置對稱。
- (2)大苞片兩性花(BIG BRACT FERTILE BISEXIAL FLOWER，簡稱 FB)雄蕊成對稱排具雌蕊，雌蕊(與藍色雄蕊等長)有偏左及偏右的
- (3)大苞片不孕兩性花(BIG BRACT UNFERTILE BISEXIAL FLOWER，簡稱 UB)與開放兩性花類似，不同的是雌蕊較短(與黃色不孕雄蕊等長)且偏右。

表六、大苞片的花類型 比例尺：線段代表 0.5cm

示意圖：藍色橢圓形代表藍色可孕雄蕊、黃色橢圓形代表黃色可孕雄蕊、黃色星形代表黃色不孕雄蕊、紫色線條代表雌蕊


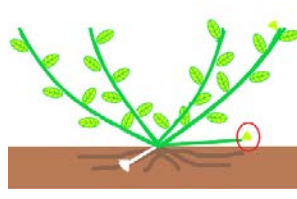


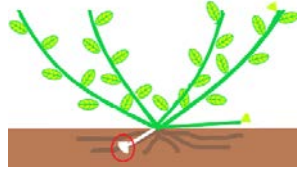
花類型	正面照	側面照	示意圖(俯視圖)	示意圖(側視圖)
M				
FB				
UB				

(4)直立莖小苞片兩性花(ERECT SHOOT SMALL BRACT BISEXIAL FLOWER，簡稱 ESB)
長在直立花莖葉腋處的小苞片內，它的花瓣有時會全開或只有雌蕊會露出花瓣，雄蕊都在花瓣內。

(5)短匍莖小苞片兩性花(SHORT PROSTRATE SHOOT SMALL BRACT BISEXIAL FLOWER，簡稱 PSB)苞片是長在短匍莖上，與開放小苞片兩性花類似，不同的是花瓣不會全開只有雌蕊會露出花瓣。

(6)地下閉鎖花(CLEISTOGAMOUS BISEXIAL FLOWER，簡稱 CB)苞片是長在地下莖上，枝條及苞片呈現綠色或白色，果實呈現白色，依花藥是否裂開判斷花成熟。

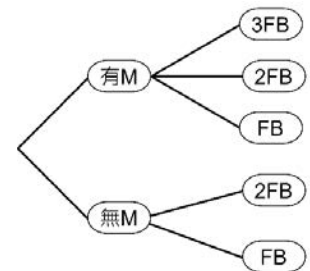
表七、小苞片的花類型

花類型	側面照	正面照	苞片位置	備註
ESB				長在直立花莖葉腋處的小苞片內，它的花瓣有時會全開或只有雌蕊會露出花瓣，雄蕊都在花內。
PSB				苞片是長在短匍莖上，花瓣不會全開只有雌蕊會露出花瓣。
CB				苞片是長在地下莖上，枝條及苞片呈現綠色或白色，果實呈現白色，依花藥是否裂開判斷花成熟。

2. 觀察花苞的開花順序及間格天數

(1) 觀察花序

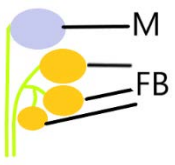
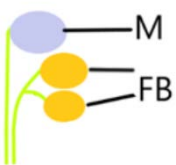
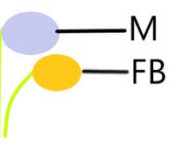
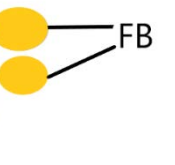
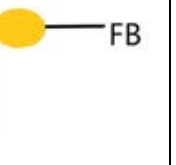
花序共有五種類型(見圖 13)，先分為有雄花和無雄花，有雄花的有三種，有三個兩性花、兩個兩性花及一個兩性花，無雄花的有兩種，有兩個兩性花及一個兩性花



表八、各花序圖片

(備註：M：雄花、FB：大苞片兩性花)

圖 13：五種花序

花苞					
	有四個花苞，一個 M，三個 FB。	有三個花苞，一個 M，兩個 FB。	有兩個花苞，一個 M，一個 FB。	有兩個花苞，都是 FB。	有一個花苞，是 FB。

(2) 觀察不同花序花苞開花的順序及間隔天數

表九、開花順序間隔示意圖

①表示第一天開、②表示第二天開，以此類推
(備註：M：雄花、FB：大苞片兩性花)

<p>第一天開一朵 M 和 FB，第三天開一朵 FB，第五天開一朵 FB。</p>	<p>第一天開一朵 M，第二天開一朵 FB，第三天開一朵 FB，第五天開一朵 FB。</p>	<p>第一天開一朵 M 和 FB，第二天開一朵 FB。</p>
<p>第一天開一朵 M，第二天開一朵 FB，第三天開一朵 FB。</p>	<p>第一天開一朵 M，第二天開一朵 FB。</p>	<p>第一天開一朵 FB，第二天開一朵 FB。</p>

(3)了解同一苞片內花開的大小是否相同

開花的順序越後面，花瓣面積越小，推論因為越後面開的花生長空間越小，因此花苞生長較小，花瓣也較小。花苞的數量越多時，花瓣面積也會越小。推論因為需要將養分分給多個花苞，因此每個花苞得到的養分會變少，花苞生長較小，花瓣也較小。

表十、同一苞片內花開的大小是否相同
(備註：M：雄花、FB：大苞片兩性花)

<p>開花順序：M->FB1->FB2->FB3。</p>	<p>開花順序：M->FB1->FB2。</p>	<p>開花順序：M->FB1->FB2。</p>	<p>開花順序：M->FB1。</p>

(二) 觀察花隨時間的變化



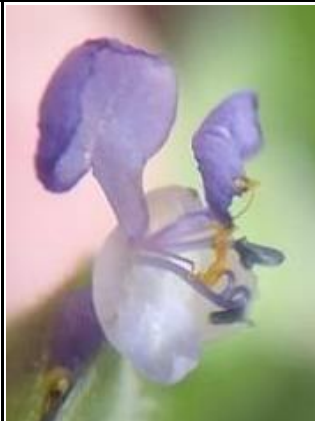

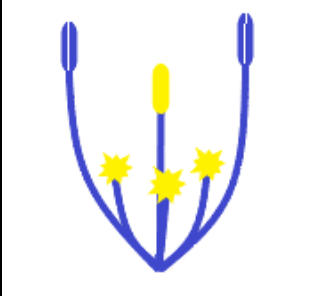



1. 觀察花蕊隨時間的位置變化

(1) 雄花花蕊位置變化圖 有觀察到上下雄蕊

一共觀察三次，第一次是 110/9/19，第二次 110/9/20，第三次是 110/9/21

雄花開花時，花蕊空間分布為黃色不孕雄蕊在後，黃色可孕雄蕊及藍色可孕雄蕊在前，兩個藍色可孕雄蕊在 08：20 至 09：40 之間開始慢慢向內彎曲，從 09：20 黃色可孕雄蕊開始向內彎曲，在 10：00 左右藍色可孕雄蕊會碰到黃色不孕雄蕊或黃色可孕雄蕊，10：00 到 10：20 的期間藍色可孕雄蕊及黃色可孕雄蕊更加彎曲並與其他雄蕊纏繞在一起，且花瓣開始閉合。

表十一、花蕊的變化位置圖-雄花照片、示意圖 110/9/21

			
			
08：20(起始)	09：20(黃色可孕雄蕊開始彎曲)	09：40(藍色可孕雄蕊已彎曲一圈，黃色可孕雄蕊彎曲半圈)	10：20(所有雄蕊纏繞在一起)

(2) 開放兩性花花蕊位置變化圖

一共觀察三次，第一次是 110/8/24，第二次 110/9/20，第三次是 110/9/21

兩性花開花時，花蕊空間分布為六個雄蕊在上，雌蕊在下，雄蕊及雌蕊距離很遠。兩個藍色可孕雄蕊約十點時開始向內彎曲，兩個藍色可孕雄蕊約十一點時碰到黃色不孕雄蕊。雌蕊約八點時會慢慢往雄蕊靠近，約九點時會非常靠近雄蕊，而到大概快要十點時，就會碰到黃色可孕雄蕊或藍色可孕雄蕊，此時雌蕊的柱頭上必定會有花粉，但有時也有可能因昆蟲或風等媒介，讓花粉在雌蕊碰到雄蕊前就碰到柱頭，但雌蕊不會因柱頭上已經有花粉就停止靠近雄蕊，依然會在十點左右碰到雄蕊

表十二、花蕊的變化位置圖-開放兩性花照片、示意圖 110/8/24

			
			
08:30(無明顯變化)	09:30(雌蕊繼續往上靠)	10:30(雌蕊未碰到雄蕊但柱頭上有花粉)	10:50(雌蕊碰到黃色雄蕊有花粉)

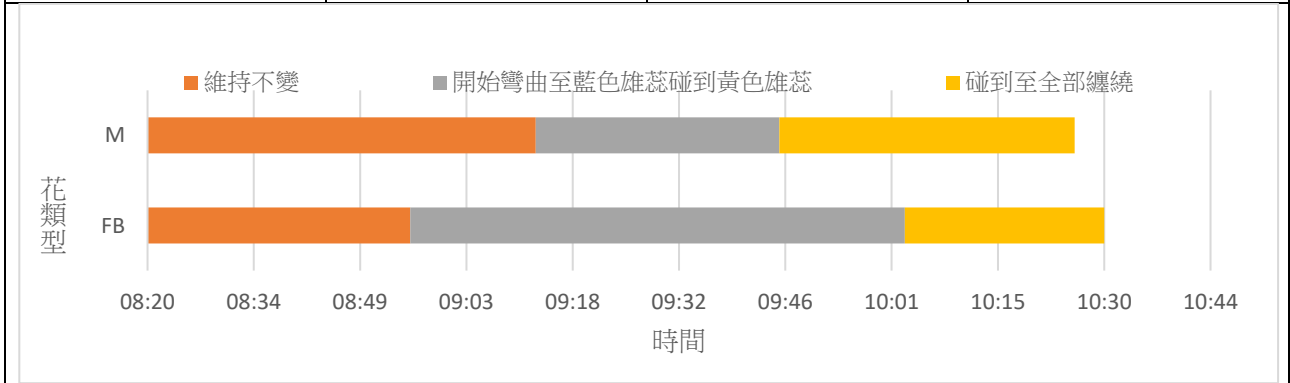
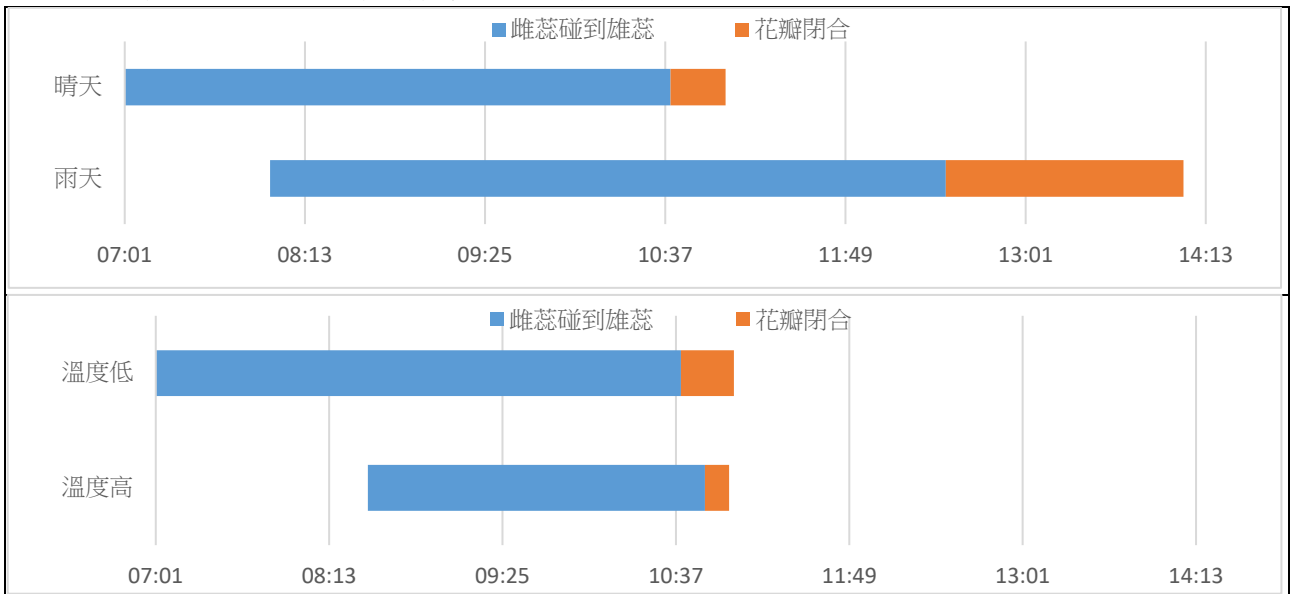


圖 14：比較雄花及兩性花的雄蕊位置變化

2. 觀察不同變因的開花時間是否有差異



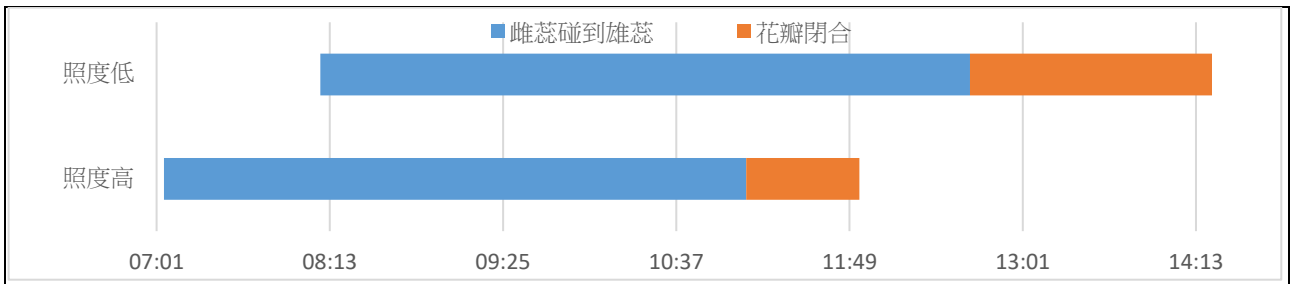


圖 15：日照強弱、溫度高低、有無下雨的變化

3. 觀察不同變因的異花授粉時間是否有差異

(1)溫度

溫度高(溫度 32 度)8：30 開花、10：50 雌蕊碰到雄蕊、11：00 花瓣閉合，異花授粉時間是 2 小時 20 分鐘。溫度低(溫度 21 度)7：01 開花、10：40 雌蕊碰到雄蕊、11：02 花瓣閉合，異花授粉時間是 3 小時 39 分鐘。

(2)有無下雨

下雨天平均 8：00 開花、12：30 雌蕊碰到雄蕊、14：05 花瓣閉合，異花授粉時間是 4 小時 30 分鐘。晴天 7：01 開花、10：40 雌蕊碰到雄蕊、11：02 花瓣閉合，異花授粉時間是 3 小時 39 分鐘。

(3)照度

照度高 7：05 開花、11：07 雌蕊碰到雄蕊、11：51 花瓣閉合，異花授粉時間是 4 小時 02 分鐘。照度低 8：10 開花、12：40 雌蕊碰到雄蕊、14：15 花瓣閉合，異花授粉時間是 4 小時 30 分鐘。

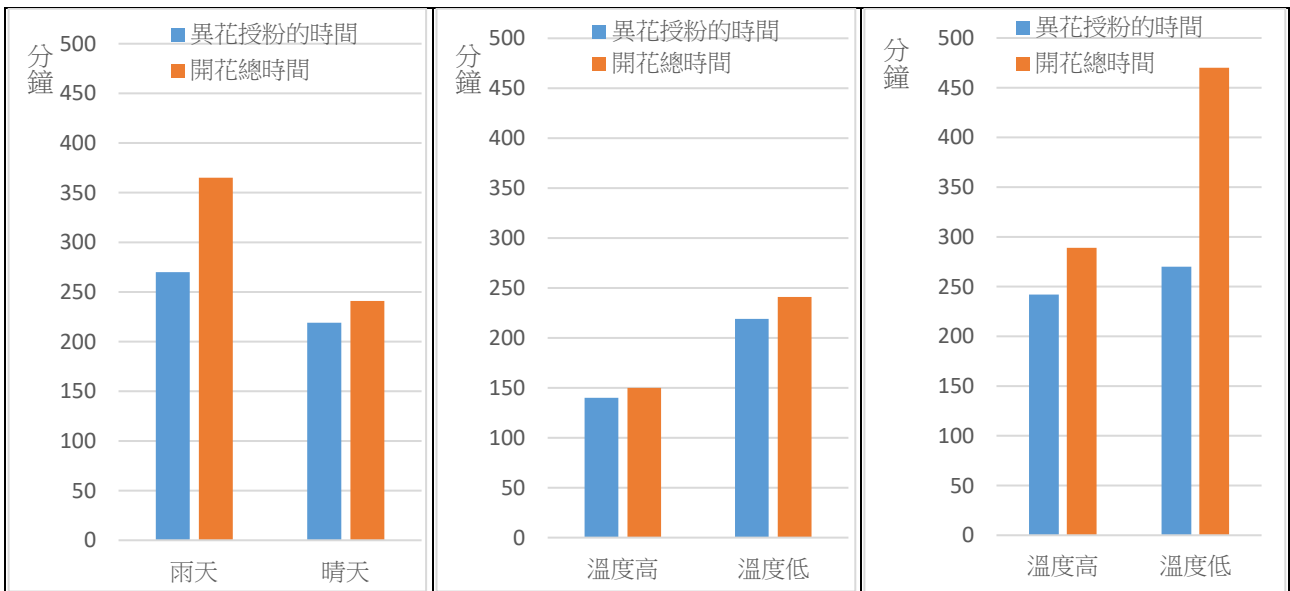


圖 16：比較日照強弱、溫度高低、有無下雨的開花總時間及異花授粉時間

二、研究影響花性別比例的變因

(一) 研究不同生長階段對花性別比例的影響

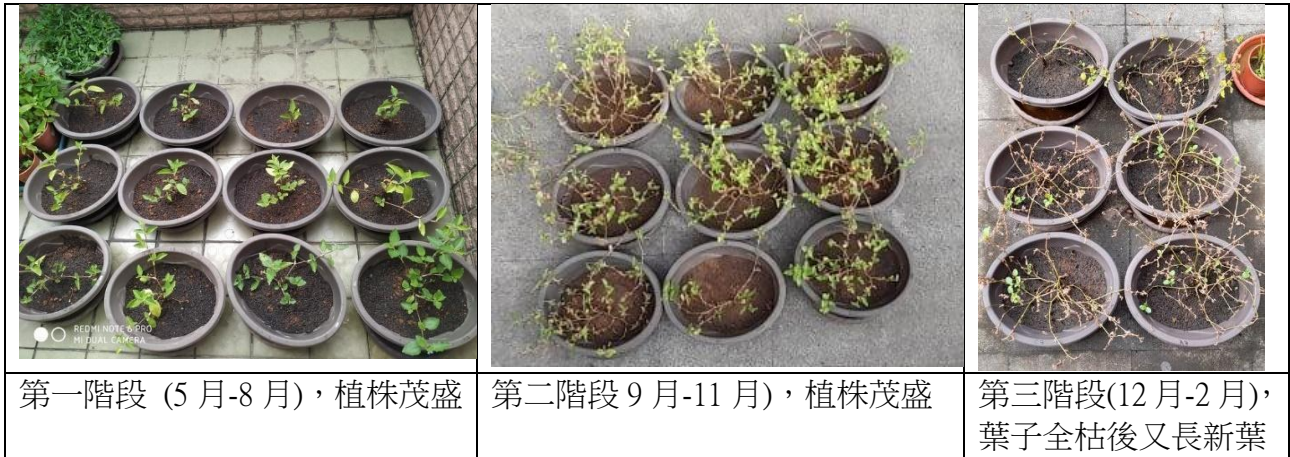
開始計算時間：5/17

第一階段結束時間：8/17 (共 92 天)

第二階段結束時間：11/12 (共 85 天)

從目前的結果來看，第一階段與第二階段的花比例與數量皆無顯著差異，但第三階段雄花的累加比例、不累加比例與不累加數量皆顯著少於一、二階段。

表十三、生長階段組生長狀況



第一階段 (5月-8月)，植株茂盛
 第二階段 9月-11月)，植株茂盛
 第三階段(12月-2月)，葉子全枯後又長新葉
 (備註：M：雄花、FB：大苞片兩性花、UB：大苞片不孕兩性花、PSB：直立莖小苞片兩性花、ESB：短匍莖小苞片兩性花、CB：地下閉鎖花)

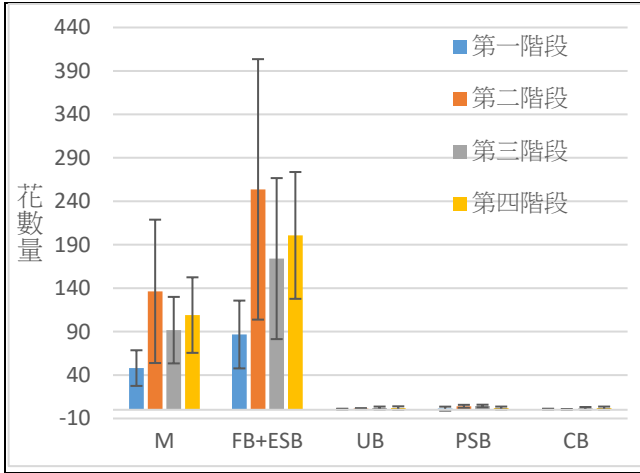


圖 17：各階段花數量比較(累加)

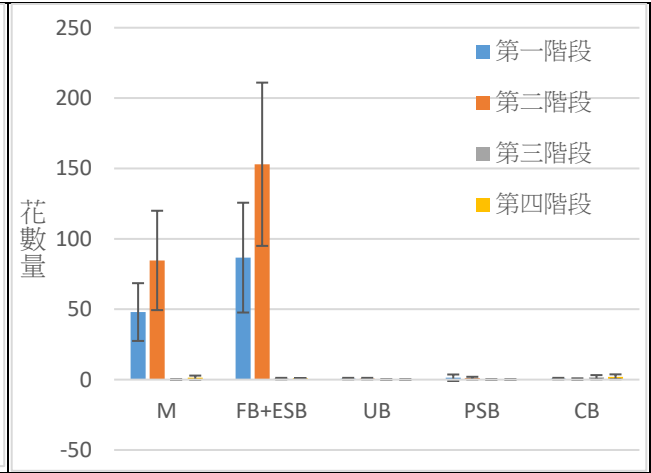


圖 18：各階段花數量比較(不累加)

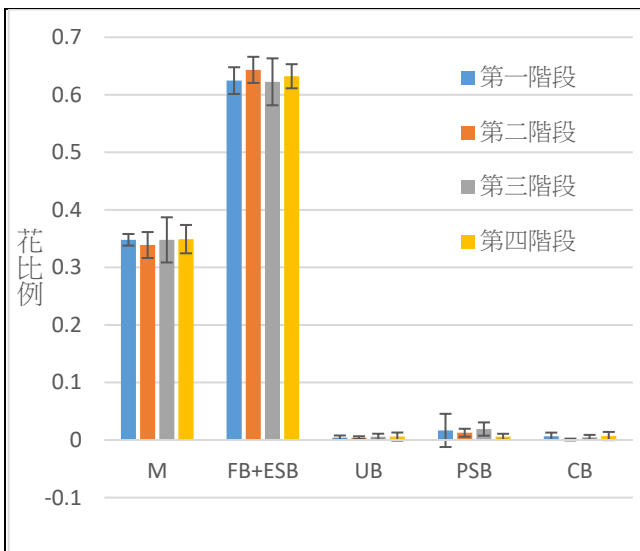


圖 19：各階段花比例比較(累加)

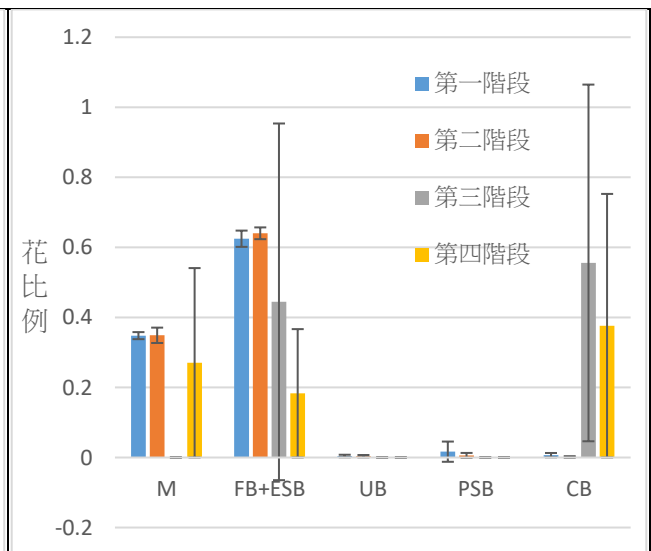


圖 20：各階段花比例比較(不累加)

ANOVA 檢定(P 值)，若有差異則再用 T-test 檢定：
 (備註：M：雄花、FB：大苞片兩性花、UB：大苞片不孕兩性花、PSB：直立莖小苞片兩性花、ESB：短匍莖小苞片兩性花、CB：地下閉鎖花)

	M	FB+ESB	UB	CB	PSB	說明
比例(累加)	0.959	0.800	0.939	0.505	0.758	
數量(累加)	0.274	0.277	0.612	0.352	0.206	
比例(不累加)	0.037	0.411	0.149	0.150	0.510	M: 第一、二、四階段與三階段有顯著差異
數量(不累加)	0.003	0.002	0.119	0.352	0.485	M:第一、二階段與三、四階段有顯著差異 FB+ESB:第一、二階段與三、四階段有顯著差異

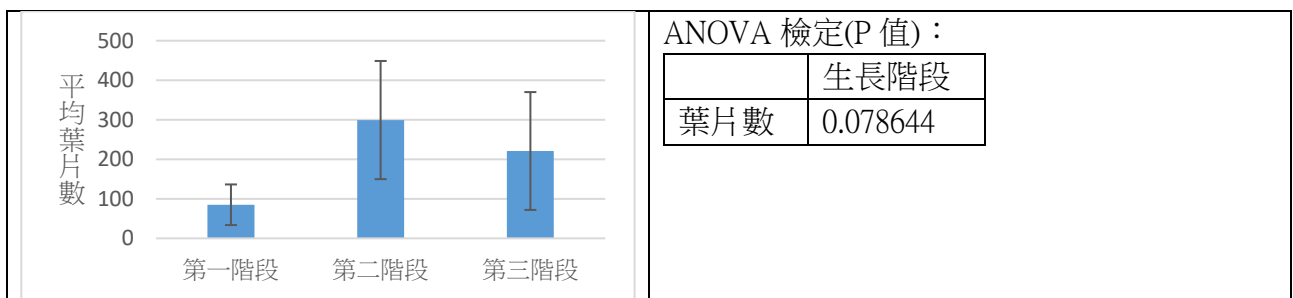


圖 21：各階段葉片數比較

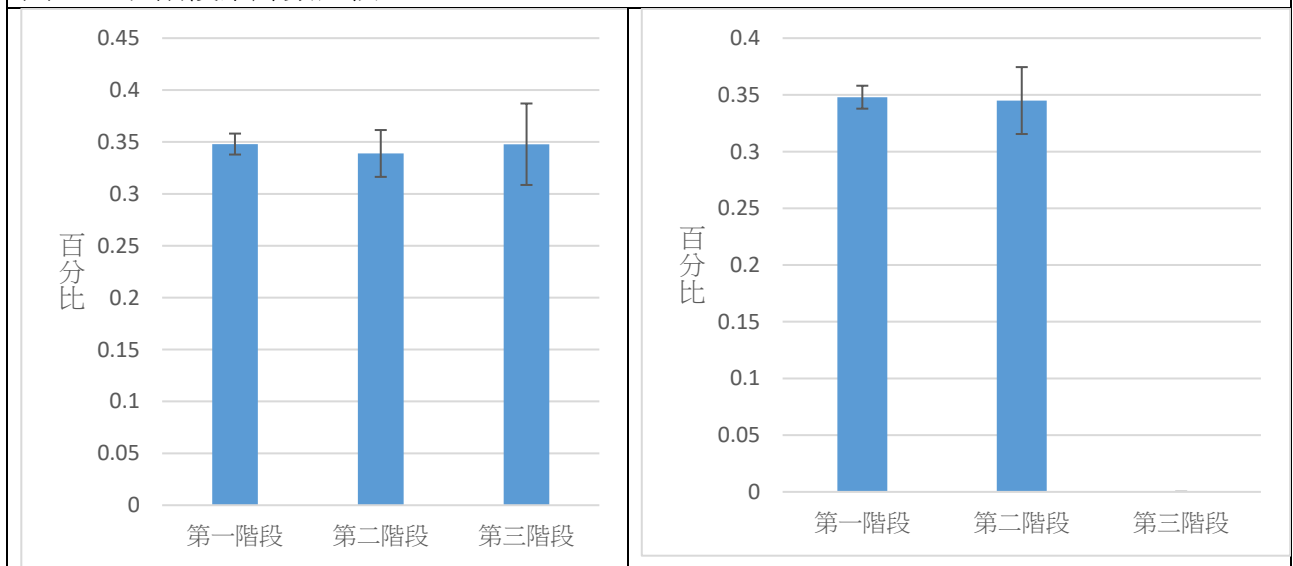


圖 22：各階段雄花兩性花比例比較(累加)

圖 23：各階段雄花兩性花比例比較(不累加)

ANOVA 檢定(P 值) ，若有差異則再用 T-test 檢定：

	生長階段	說明
雄花占比(累加)	0.895602	
雄花占比(不累加)	1.55E-06	一二階段無顯著差異，第三階段與一二階段有顯著差異

(二) 研究不同環境變因對花性別比例的影響

各變因第一次實驗皆從種子種起，第二、三次實驗為插枝移植。

T-test P 值數據皆在附錄。

1. 研究肥料變因對花性別比例的影響

(1)第一次實驗結果：

有施肥下，雄花、開放兩性花及短匍莖小苞片兩性花數量都明顯大於不施肥的，比例上有施肥的雄花及開放兩性花低於不施肥的，短匍莖小苞片兩性花的比例則較

高。

(2)第二次實驗結果：

以花數量比較，第一次實驗和第二次實驗生長狀態看起來是差不多的，雖然雄花及大苞片兩性花的比例變為無明顯差異，但其他部分並沒有太大差異。

(3)第三次實驗結果：

第三次實驗可能因為生長狀況不佳，第三次實驗花數太少，標準差又大，所以無法採用。

表十四、肥料變因的花比例及花數量

(備註：M：雄花、FB：大苞片兩性花、UB：大苞片不孕兩性花、PSB：直立莖小苞片兩性花、ESB：短匍莖小苞片兩性花、CB：地下閉鎖花)

	各種花比例	各種花數量
第一次實驗 71天	<p>顯著差異處： 1. M、FB+ESB：無肥料>有肥料 2. PSB：有肥料>無肥料</p>	<p>顯著差異處： M、FB+ESB、PSB：有肥料>無肥料</p>
第二次實驗 38天	<p>顯著差異處： PSB：有肥料>無肥料 大部分與第一次實驗相同，但 M、FB 變為無顯著差異</p>	<p>顯著差異處： 與第一次實驗相同</p>
第三次實驗 38天	<p>無顯著差異處</p>	<p>無顯著差異處</p>

表十五、肥料變因雄花占比及 CB 占比
(備註：M：雄花、CB：地下閉鎖花)

	雄花占比	CB 占比
第一次實驗 71 天	<p>有顯著差異，無肥料較多</p>	<p>無顯著差異</p>
第二次實驗 36 天	<p>無顯著差異</p>	<p>無顯著差異</p>
第三次實驗 22 天	<p>無顯著差異</p>	沒有開地下閉鎖花

2. 研究破壞植株變因對花性別比例的影響

(1)第一次實驗結果分析：

破壞植株變因的對照組與肥料組的對照組共用。短匍莖小苞片兩性花在比例及數量上有剪花苞比沒剪花苞的多，在比例上則是雄花及開放兩性花較沒剪花苞的少。

(2)第二次實驗結果分析：

以花比例來講，第二次與第一次的實驗相同，花數量上則是多了剪花苞的 CB 比不剪花苞的多

(3)第三次實驗結果分析：

以花比例來講，第三次與第二次的實驗相同，花數量上則是只有剪花苞的 PSB 比不剪花苞的多

表十六、破壞植株變因的花比例及花數量

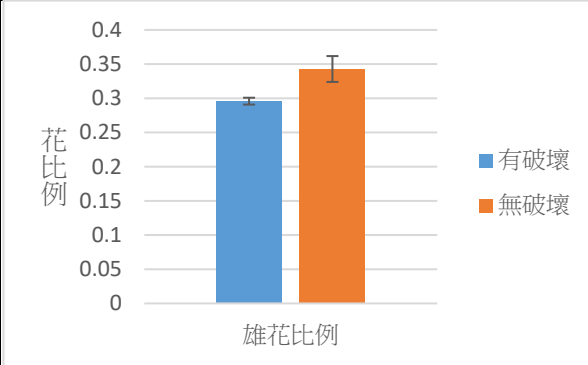
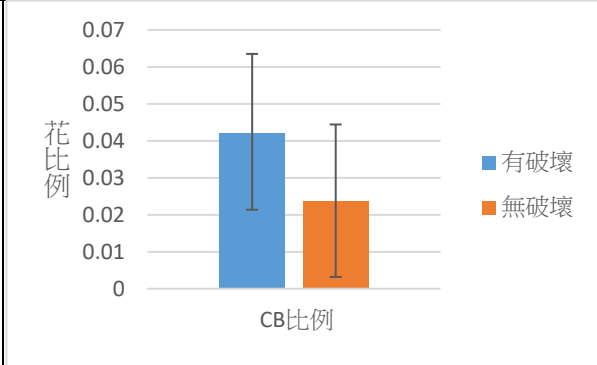
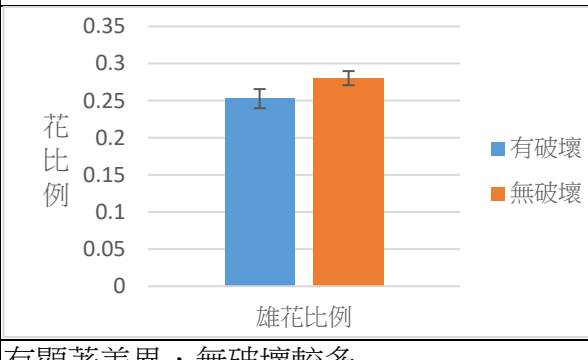
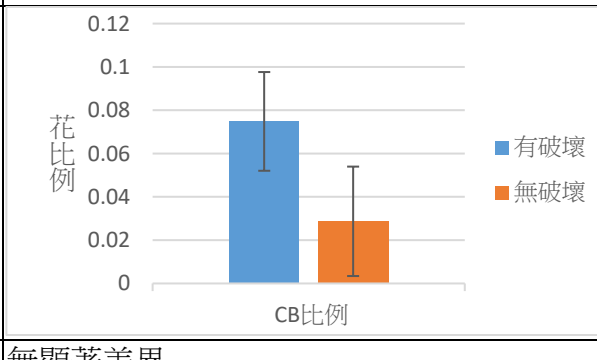
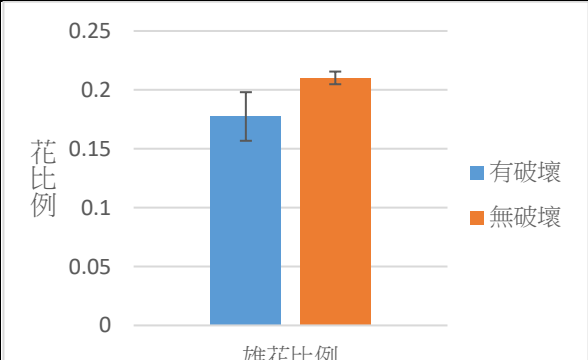
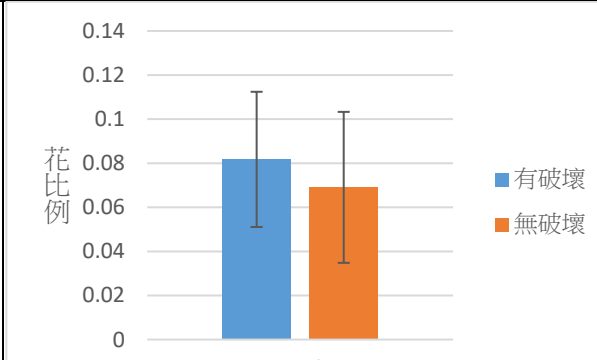
(備註：M：雄花、FB：大苞片兩性花、UB：大苞片不孕兩性花、PSB：直立莖小苞片兩性花、ESB：短匍莖小苞片兩性花、CB：地下閉鎖花)

	各種花比例	各種花數量
第一次實驗 98天	<p>顯著差異處： M、FB+ESB：不剪花苞>剪花苞 PSB：剪花苞>不剪花苞</p>	<p>顯著差異處： PSB：剪花苞>不剪花苞</p>
第二次實驗 92天	<p>顯著差異處： M、FB：不剪花苞>剪花苞 PSB：剪花苞>不剪花苞</p>	<p>顯著差異處： PSB、CB：剪花苞>不剪花苞</p>
第三次實驗	<p>顯著差異處： M、FB：不剪花苞>剪花苞 PSB：剪花苞>不剪花苞</p>	<p>顯著差異處： PSB：剪花苞>不剪花苞</p>

表十七、破壞植株變因雄花占比及 CB 占比

(備註：M：雄花、CB：地下閉鎖花)

	雄花占比	CB 占比
--	------	-------

第一次實驗 98天		
	有顯著差異，無破壞較多	無顯著差異
第二次實驗 92天		
	有顯著差異，無破壞較多	無顯著差異
第三次實驗		
	有顯著差異，無破壞較多	無顯著差異

3. 研究日照變因對花性別比例的影響

(1)第一次實驗結果：

兩種不同透光度的植株，各種花所佔的比例都很相似。

(2)第二次實驗結果：

以花比例來講，第一次與第二次的實驗相同，而花數量的部分則是第一次實驗的CB有顯著差異，而第二次變為沒有，但這依然與第一次實驗結果相符，因此目前第一輪及第二輪的實驗結果大致相同。

(3)第三次實驗結果：

第三次實驗可能因為生長狀況不佳，第三次實驗花數太少，標準差又大，所以無法採用。

表十八、日照變因的花比例及花數量

(備註：M：雄花、FB：大苞片兩性花、UB：大苞片不孕兩性花、PSB：直立莖小苞片兩性花、ESB：短匍莖小苞片兩性花、CB：地下閉鎖花)

	各種花比例	各種花數量
第一次實驗 94天	<p>無顯著差異處</p>	<p>顯著差異處： M、FB+ESB、CB：照度高>照度低</p>
第二次實驗 67天	<p>無顯著差異處</p>	<p>顯著差異處： M、FB：照度高>照度低</p>
第三次實驗	<p>無顯著差異處</p>	<p>無顯著差異處</p>

表十九、日照變因雄花占比及CB占比
(備註：M：雄花、CB：地下閉鎖花)

	雄花兩性花占比	CB占比
第一次實驗 94天	<p>無顯著差異</p>	<p>無顯著差異</p>

第二次實驗 67天		
	無顯著差異	無顯著差異
第三次實驗		沒有開地下閉鎖花
	無顯著差異	

三、研究苞片及泌汁的功用

(一) 研究苞片、泌汁及介殼蟲對花苞及果實的生長影響

1. 研究有無苞片對花苞的生長影響

(1) 從實驗結果發現在沒有剪苞片的情況下，若有下雨花苞和果實就有可能被雨水打掉，三次剪苞片的觀察有兩次花被打落，一次花苞枯萎。對照組三組中有兩組也有花苞枯萎而也有正常生長的，但沒有花苞被雨水打落。



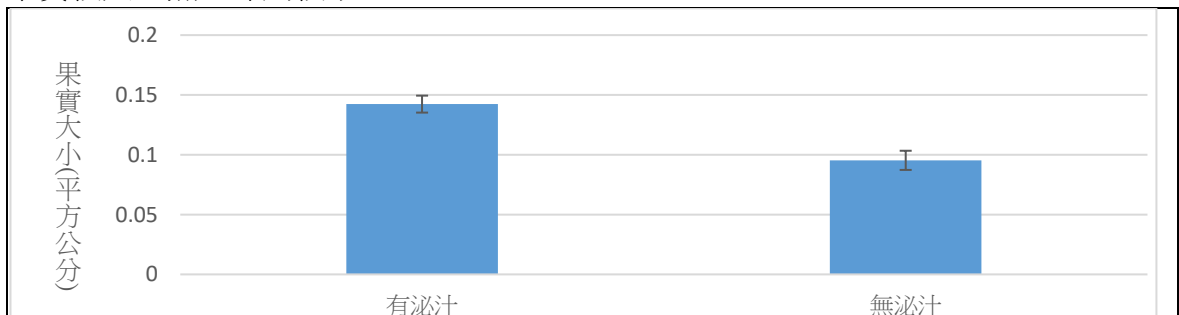
圖 23：
花苞被昨晚雨水打落



圖 24：
花苞枯萎縮小

2. 研究有無泌汁對花苞的生長影響

(1) 從實驗結果中，有吸泌汁的和沒吸泌汁的在花苞發育上都相當類似，但有泌汁的結果果實較大，無泌汁則較小。

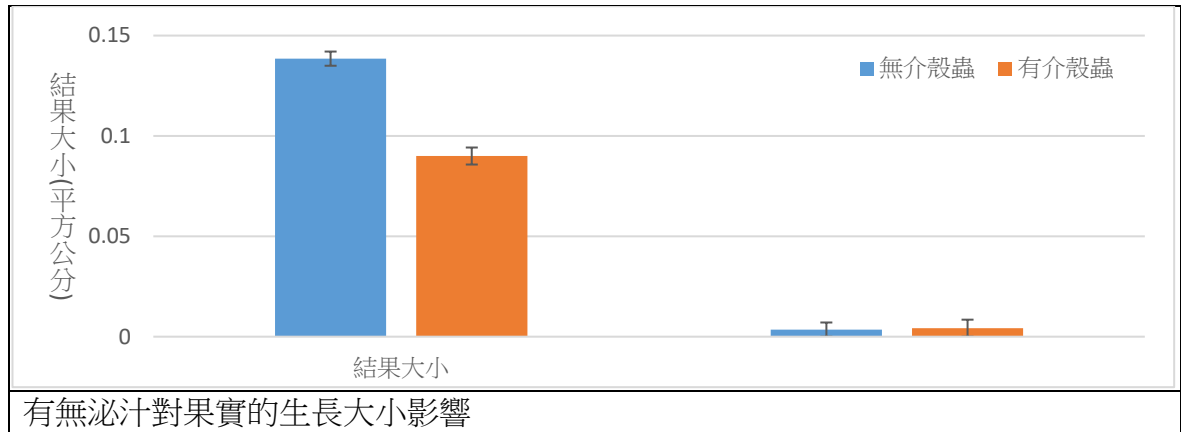


有無泌汁對果實的生長大小影響

3. 研究介殼蟲對果實的生長影響

(1) 從實驗結果中，有無介殼蟲在花苞發育上都相當類似，但有介殼蟲的結果果實較無

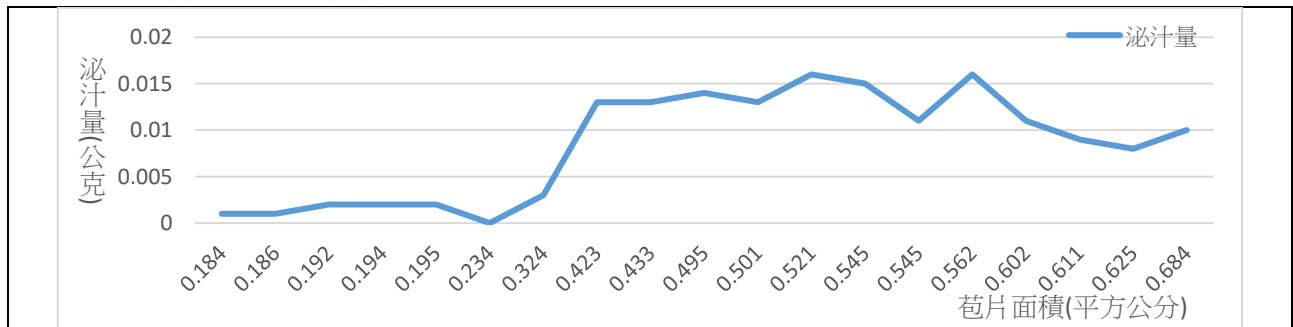
介殼蟲的小。



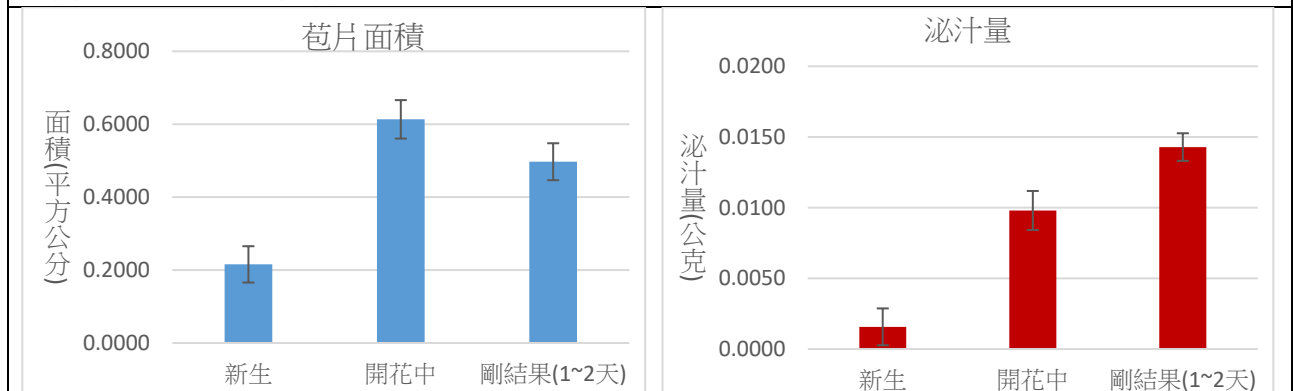
4. 研究泌汁量與苞片大小的關係

- (1)從(表二)苞片大小與泌汁量關係圖可得知，苞片大小與泌汁量無正比關係，且泌汁在苞片新生時就開始分泌，並在開花時激增，在結果 1~2 天時最多。
- (2)從各時期苞片與泌汁量關係圖可得知，不同時期的苞片所含泌汁量不同，新生的苞片泌汁量最少，開花中的苞片其次，而剛結果的苞片則最多。

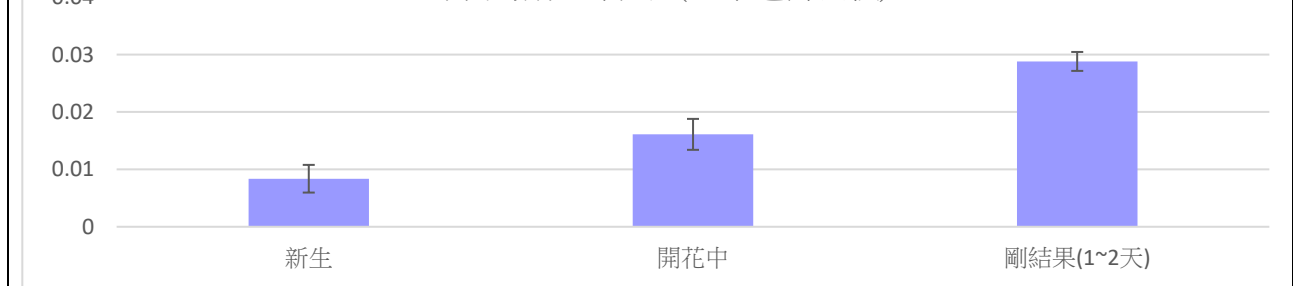
表二十、苞片與泌汁量關係圖



苞片大小與泌汁量關係圖



不同時期泌汁占比(泌汁/苞片面積)



各時期苞片與泌汁量關係圖

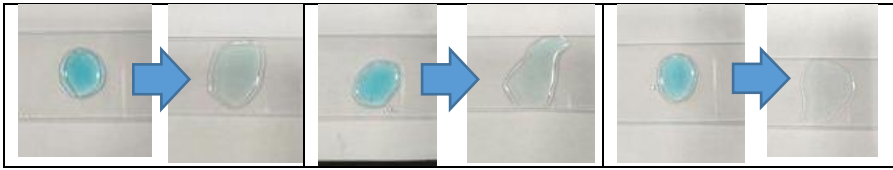
(二) 研究鴨跖草泌汁的功用

1. 檢測泌汁化學成分

(1) 含醣類：

三次實驗結果，鴨跖草泌汁不含有還原糖

表二十一、含醣類的實驗結果



(2) 蛋白質：

三次實驗結果，鴨跖草泌汁含有蛋白質

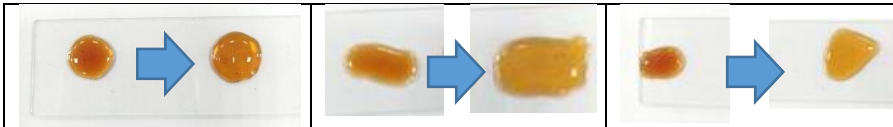
表二十二、蛋白質的實驗結果

測得光波長	第一次	第二次	第三次
對照組 (blank)	0.000	0.000	0.000
實驗組	0.031	0.038	0.033

(3) 澱粉：

三次實驗結果，鴨跖草泌汁不含有澱粉

表二十三、澱粉的實驗結果



(4) 酸鹼值：

三次實驗結果，鴨跖草泌汁的酸鹼值約介於 a ~ b 之間

表二十四、酸鹼值的實驗結果

	稀釋前[H ⁺]	稀釋後[H ⁺]	pH 值
第一次實驗	≐1.68241e-6	≐5.888e-8	7.23
第二次實驗	≐4.89778e-6	≐1.6982e-7	6.77

2. 研究泌汁與介殼蟲的關係

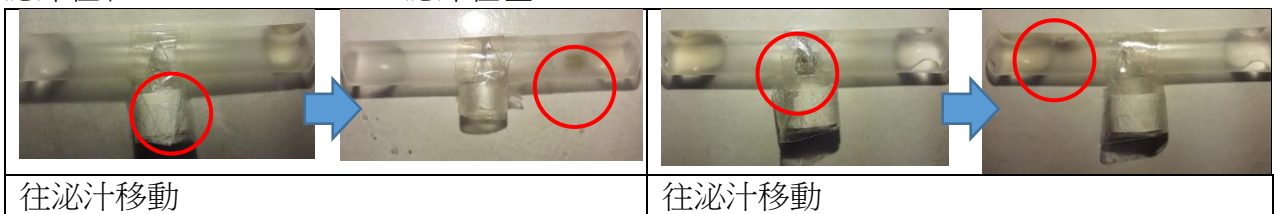
(1) 介殼蟲主要出現在頂端葉子、苞片上及還殘留泌汁的苞片內，通常會有好幾隻一起待在苞片內，因此設計此實驗觀察泌汁和介殼蟲的關係

(2) 從實驗結果來看介殼蟲有一半移動，百分之百往泌汁方向，而另外一半則是待在原地或是只移動一點點。

表二十五、泌汁與介殼蟲的實驗結果

泌汁在右：

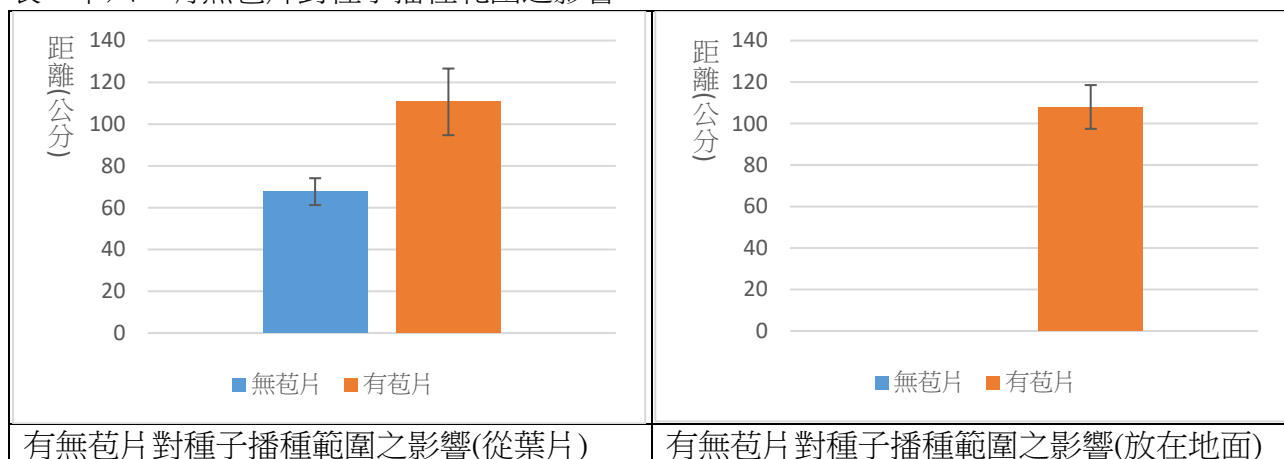
泌汁在左：



(三) 研究有無苞片對種子播種範圍之影響

1. 實驗結果顯示從葉片上被風吹落，具有苞片的種子吹到約 110 公分遠，不具有苞片的種子吹到約 70 公分遠。具有苞片的種子移動距離是不具有苞片的 1.6 倍，掉落地面後，具有苞片的種子還能夠受風吹到約 110 公分遠，不具有苞片的種子無法被風吹動。

表二十六、有無苞片對種子播種範圍之影響



四、研究授粉方式

(一) 研究自花與異花授粉的結實率。

1. 自花授粉

表二十七、自花授粉結果率與結實率

平均結果率	平均結種率
100%	50%

2. 異花授粉

表二十八、異花授粉結果率與結實率


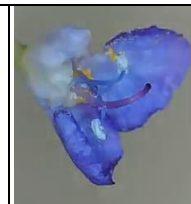




平均結果率	平均結種率
100%	40%

(二) 研究是否能以風傳播花粉 (紅圈表示花粉掉落處)

1. 兩性花

實驗後發現花藥中的花粉可以被風吹落，且從以下實驗結果可以看出風速大小並不會影響其掉落，應該是取決於風向及當時雄雌蕊的位置




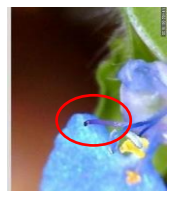


表二十九、兩性花是否能以風傳播花粉之實驗結果

					
最大風速 3.9m/s 並沒有花粉掉落	最大風速 2.6m/s 花粉有掉落但不在柱頭上	最大風速 2.6m/s 花粉有掉落但不在柱頭上	最大風速 4.6 m/s 花粉有掉落但不在柱頭上	最大風速 4.6 m/s 花粉有掉落但不在柱頭上	最大風速 4.6 m/s 花粉有掉落但不在柱頭上

2. 雄花在上，兩性花在下

實驗後發現花藥中的花粉可以被風吹落，下面三組實驗中，有一組成功掉落在柱頭上，一組而沒有在柱頭上，推論跟風向及風的角度有關，此實驗也證實這種開花型態比上組的開花型態讓花粉有更多的機率掉落在柱頭上，因為雄蕊數量為兩倍，且兩性花的雌蕊會剛好伸到雄蕊的正下方，故推論雄花的存在，對於自花及異花授粉都有幫助。

表三十、雄花在上，兩性花在下，是否能以風傳播花粉之實驗結果

					
最大風速 3.9m/s 並沒有花粉掉落		最大風速 6.8m/s 有白色花粉掉落在柱頭附近		最大風速 4.6 m/s 花粉有掉落但不在柱頭上	

伍、討論

一、觀察花的性別

(一) 觀察類型

1. 觀察花的性別

(備註：M：雄花、FB：大苞片兩性花、UB：大苞片不孕兩性花、PSB：直立莖小苞片兩性花、ESB：短匍莖小苞片兩性花、CB：地下閉鎖花)

我們觀察圓葉鴨跖草花種類分類為六種，分別為 M、FB、UB、ESB、PSB、CB，先分為生長在大苞片或小苞片，生長在大苞片的花分為是否具有雌蕊，具有雌蕊細分成是否可孕；生長在小苞片的花分為長在何種莖上。Veenu Kaul 等人(2009) 依照功能分為雄花、交合性兩性花、閉鎖性兩性花和地下閉鎖花，沒有提到不孕兩性花也沒有將小苞片兩性花細分。CB 是絕對自花授粉，M 及 UB 只會幫助授粉，FB、ESB、PSB 兩性花都有自花及異花授粉的機會。Veenu Kaul *et al.*(2002)觀察到種子大概萌發長了 8 到 10 片葉子的時候會先長出地下閉鎖花， Veenu Kaul *et al.*(2009)觀察到地下花朵在生命週期的早期分化，此時幼苗有 5-7 片葉子。而我們研究到的則是先長地上開放花，接著是地上閉鎖花，最後才是地下閉鎖花，他們的數據顯示地下閉鎖花的數量比地上閉鎖花多，與我們所觀察到的相反。推論因為大苞片兩性花的數量已經足夠確保繁衍後代，且地下生長空間較小，因此不需要開地下閉鎖花去確保繁衍後代。

2. 觀察花苞的開花順序及間格天數

花序共有五種類型，先分為有雄花和無雄花，有雄花的有三種，有三個兩性花、兩個兩性花及一個兩性花，無雄花的有兩種，有兩個兩性花及一個兩性花。在不同花序花苞開花的順序及間隔天數的觀察實驗中，我們發現同個苞片中的雄花與第一朵兩性花可能會在一天開或先開雄花隔天再開兩性花，以及同個苞片中的兩性花，一定在不同天開，前後相差一天或兩天。推論因為植物要增加子代的基因多樣性，因此傾向於異花授粉。

(二) 觀察花隨時間的變化

1. 觀察花蕊隨時間的位置變化

在花蕊位置變化的觀察實驗中，我們觀察到雄花的雄蕊從開始彎曲至藍色可孕雄蕊碰到黃色雄蕊約花了三十分鐘，從藍色可孕雄蕊碰到黃色雄蕊至全部纏繞花了四十分鐘。兩性花的雄蕊從開始彎曲至藍色可孕雄蕊碰到黃色雄蕊約花了六十分鐘，從藍色可孕雄蕊碰到黃色雄蕊至全部纏繞花了三十分鐘。兩性花的雄蕊從開始彎曲至藍色可孕雄蕊碰到黃色雄蕊所花的時間比雄花多出一倍。推論因為兩性花可進行異花授粉，為了提高異花授粉的機率，因此延長雄蕊往內彎曲的時間，避免過早碰到雌蕊。

2. 觀察不同變因的開花時間是否有差異

觀察結果中，日照高低的日照低較照度高開花總時間長，推論因為陽光較少，昆蟲出來的時間較晚也較短，因此增加開花的總時間去提高昆蟲幫助異花授粉的機率。有無下雨的雨天開花總時間較晴天長，推論因為雨天的陽光較少，昆蟲出來的

時間較晚也較短，因此增加開花的總時間去提高昆蟲幫助異花授粉的機率。溫度高低
的溫度低開花總時間較溫度高長，推論因為溫度低時的太陽出來的時間較晚且較
短，昆蟲出來的時間較晚也較短，因此增加開花的總時間去提高昆蟲幫助異花授粉的
機率。

二、研究影響花性別比例的變因

(一) 研究不同生長階段對花性別比例的影響

生長階段實驗設計四個階段是因為文獻指出圓葉鴨跖草為一年生植物，因此我們想
了解圓葉鴨跖草在不同生長階段的花比例是否會改變。在統計方面分為兩個，第一個是
累加前面階段的數據，另一個則是不累加前面階段的數據。

生長階段組每三個月為一階段結算一次，並且持續四個階段。

在沒有任何變因的情況下，前兩個階段及後兩個階段花類型的比例沒有任何的顯
著差異，推論圓葉鴨跖草只在夏季轉秋季會改變有固定的比例，但在第三階段雄花的
不累加比例與不累加數量皆顯著少於一、二階段，雄性花占比也顯著少於一、二階
段，推論因為第三階段時植株的葉子大量枯萎又重新長出新葉需要大量養分，因此在
開花的養分分配就大多分配給所需養分較少且可以確保自花授粉的兩性花，既可以浪
費較少的養分在繁殖上又可以達到重新生長新葉的效果；第四階段雄花的不累加數量
顯著少於一、二階段，推論因為第四階段時開始開雄花，因此代表此階段開始重新偏
向異花授粉。第一階段至第三階段的花數量及葉片數在圖表中都呈現倒V型，第二階
段最多，第三階段多於第一階段。因此我們定義第一到第四階段是一個循環，第一、
二階段是生長期，第三階段是衰落期，第四階段是更生期。

(二) 研究不同環境變因對花性別比例的影響

1. 研究方法的設計

在不同變因實驗中，我們分別做了有無肥料、有無破壞植株、照度高低的變因，
每個變因都做三次，有無肥料及有無破壞植株每次都有三個實驗組及三個對照組，照
度高低則是三組照度低三組照度高。

劉宇鵬 et al.(2011)的研究目的為了解誘發地下閉所花的變因，因次設計的變因實驗
有水分、土壤密度、空間，而本實驗的變因則是有光線、肥料及物理破壞的變因。
破壞植株部分的不同之處在於劉宇鵬 et al.(2011)是剪掉枝條的頂端，而本實驗是剪掉花
苞，這是因為劉宇鵬 et al.(2011)是想模擬割草機減去枝條頂端，而本實驗的方向在於觀
察花性別比及花比例，所以直接的剪去花苞。

劉宇鵬 et al.(2011) 為了探討遮光是否誘導閉鎖花的形成所以只罩住短匍莖的節
點，但本研究是觀探討是否誘導整株植物產生不同的花類型花所以是整株植物用不同
遮光率的塑膠袋罩住。

2. 肥料的影響

實驗結果中，肥料組第一次實驗在比例上無肥料的雄花及開放兩性花大於有肥料、
有肥料的短匍莖小苞片兩性花大於無肥料，數量上有肥料的雄花、開放兩性花及匍莖
小苞片兩性花大於無肥料。第二次實驗在比例上有肥料的短匍莖小苞片兩性花大於無
肥料，有澆肥料的因為養分多，在數量上則與第一次相同。有肥料的植株在兩次實驗
中都呈現大量開花且短匍莖小苞片兩性花增加，推論因為能確保生殖的成功且生存環
境好，就降低了開放花的比例，植物保留原樣的自花授粉就可以了，因此短匍莖小苞
片兩性花增加。雄性花的占比上，有肥料的較低、會偏向開兩性花，代表有肥料的植
株會多開兩性花能繁殖。

3. 破壞的影響

破壞植株組第一次實驗沒剪花苞的雄花及開放兩性花大於有剪花苞的、有剪花苞
的短匍莖小苞片兩性花大於沒剪花苞的，數量上有剪花苞的短匍莖小苞片兩性花大於

沒剪花苞的。有被破壞植株的因為花苞被破壞，推論因此導致養分分配給開花養分需
量較少的短匍莖小苞片兩性花，降低開花的成本。雄性花的占比上，有被破壞的較低、
會偏向開兩性花，推論因為植株被破壞所以多開兩性花確保繁殖下一代。

表三十一、有肥料及有破壞對繁殖策略之影響

(備註：M：雄花、FB：大苞片兩性花、PSB：直立莖小苞片兩性花)

	比例變化	開花數量變化	策略
有肥料	PSB 增加	M、FB、PSB 增加	確保生殖的成功且生存環境好，因此 PSB 增加，偏向自花授粉。
有破壞植株	PSB 增加	PSB 增加	因花苞被破壞，養分分配給開花養分需 量較少的 PSB 偏向自花授粉。

4. 推論短匍莖的功能及生長原因

從肥料組及破壞植株組變因實驗可以發現，短匍莖小苞片兩性花在有肥料及被破
壞時都會大量增加，推論研究過程中所選用的盆栽較淺，不利於生長地下莖，因此將
養分分配給短匍莖，Veenu Kaul *et al.* (2002)的研究中提到短匍莖上的兩性花所需養分為
第二少。劉宇鵬 *et al.* (2011)的作品中提到在植株頂端遭受破壞時或在資源有限的情況
下，植株會增加地上閉鎖花的數量。而我們定義的短匍莖小苞片兩性花便是他們的地
上閉鎖花，不過我們的實驗結果也發現短匍莖小苞片兩性花在養分充足的情況下也會
增加，因此我們認為短匍莖小苞片兩性花的功用在於幫助鴨跖草穩定繁衍後代並節省
養分的用量。

5. 照度的影響

日照組中，兩種不同透光度的植株，兩次實驗各種花所佔的比例都沒有顯著差異，
在雄性花的占比上，照度高低也沒有明顯差異。推論日照的強弱對鴨跖草的開花類型
比例沒有影響，但照度高的開花數明顯比照度低的還要多很多，表示陽光是造成這種
植物開花的重要因素，不過照度低的葉片及枝條數量卻明顯比照度高的多，推論照度
低的生長策略傾向無性生殖。

表三十二、日照高及日照低對繁殖策略之影響

(備註：M：雄花、FB：大苞片兩性花)

	比例比較	開花數量比較	策略
照度低	無顯著差異	M、FB 顯著增加 開花數量較多	有足夠的日照，因此正常開花，以 有性生殖的方式繁衍
照度高	無顯著差異	開花數量較少	沒有足夠日照，較不能觸發開花機 制，因此傾向無性生殖方式繁衍

三、研究苞片及泌汁的功用

(一) 研究苞片、泌汁及介殼蟲對花苞及果實的生長影響

1. 研究有無苞片對花苞的生長影響

實驗發現無苞片的花苞易因外在因素而掉落，因此推論苞片的功用是保護花苞。

2. 研究有無泌汁對花苞的生長影響

實驗發現無泌汁的果實生長會較小，因此推論泌汁的功能與果實生長養分有關。

3. 研究介殼蟲對果實的生長影響

實驗發現泌汁有介殼蟲的果實生長會較小，因此推論介殼蟲會影響果實生長。

4. 研究泌汁量與苞片大小的關係

實驗發現泌汁與苞片大小較無直接關係，但發現不同時期的苞片所含泌汁量不同，
新生的苞片泌汁量最少，開花中的苞片其次，而剛結果的苞片則最多，之後泌汁便消失，
推論泌汁的功用很有可能與果實有關。

(二) 研究鴨跖草泌汁的功用

1. 檢測泌汁化學成分

我們檢測醣類、蛋白質及澱粉是為了看泌汁是否含有營養成分，檢測酸鹼值則是為了看其是否具有毒性。經實驗檢測，鴨跖草泌汁含有蛋白質，但並不含澱粉及還原糖，且其酸鹼值介於弱酸性與弱鹼性之間，約落在 6.5~7.5 之間，推論和果實生長有關，因結果果實細胞分裂主要是原生質的增長過程，為蛋白質營養期，這時需要有氮、磷和碳水化合物的供應，而蛋白質中含有氮及磷，而不含醣類則推論是因為其所行光合作用便可形成葡萄糖。

2. 泌汁的功用

綜合泌汁相關實驗結果，在沒有泌汁的情況下果實生長會較小，泌汁於果實剛結果時大量分泌，且其含有的蛋白質成分來看，推論其功能就是提供果實生長的養分幫助果實成長。

3. 研究泌汁與介殼蟲的關係

在實驗一開始，我們所使用的管子是 Y 型狀的管子，但實驗時發現 Y 型管不僅不好製作膠帶黏得不好，介殼蟲在爬的時候也因為膠帶的突出而阻礙爬行，因此最後才改良成使用起點較短的 T 型管，不僅較好黏貼膠帶，清洗也較簡易，介殼蟲所爬的時間也會更快。在實驗時，為了確保實驗的準確性，5 次將泌汁放在右邊、水在左邊，5 次將泌汁放在左邊、水在右邊，每一次實驗結束都將 T 型管徹底洗淨、更換黏貼的膠帶，避免介殼蟲留下的氣味影響下次實驗的精準度。在實驗結果中，介殼蟲會被泌汁吸引並且在植株上時會待在分泌泌汁的苞片內，我們推論是因為泌汁含有蛋白質的營養成分，所以介殼蟲可能會吸食泌汁，而分泌泌汁的苞片不僅裡面有食物來源又是一個小的密閉空間，就意外成了介殼蟲繁殖的地點。



圖 25：原本的 Y 型管

(三) 研究有無苞片對種子播種範圍之影響

從實驗結果來看，在有苞片的情況下吹一次風，能播種的範圍比沒有苞片的還大 1.6 倍，若有風持續吹播種的範圍還能更大。但沒有苞片的情況下種子在吹下植株後便很難再被吹動，因此推論苞片有讓種子播種範圍更大的功能。

四、研究授粉方式

(一) 研究自花與異花授粉的結實率

為避免自花授粉的實驗受到其他株的花粉干擾，因此選用套袋的方式，將其隔開，而最一開始是選用夾鏈袋，但因不透氣，導致其不會開花，所以本實驗改用尼龍袋，但因沒有生長空間，所以最後選用了立體茶包，既透氣，又有開花的空間，成功進行實驗。在異花授粉部分，為避免花自身的花粉掉落在雌蕊上，所以利用精密鑷子及珠寶放大鏡在花藥裂開前拔除兩性花中的所有雄蕊，而自花與異花的結果率並無顯著差異。

(二) 研究是否能以風傳播花粉

本實驗的裝置分成兩個部分，利用風速計測量風速並用手機來拍攝及利用鐵架固定花並用手持式顯微鏡錄影。本實驗共分成兩組，一組為兩性花，共做了三次，成功吹落兩次，但都沒有掉在柱頭上，從實驗結果可看出風傳粉的成功與風速大小無關，另一組則是雄花在上，兩性花在下，也是做三次，吹落花粉兩次，其中一次發現花藥中的花粉可以被風吹落到柱頭附近，因花粉不易吹落於柱頭，推論其是蟲媒花。

陸、結論

鴨跖草的繁殖策略主要分為異花授粉及自花授粉，其中開雄花，不孕兩性花及將一個苞片內的花苞間隔不同天數開，皆為異花授粉的策略，其異花授粉的途徑因花粉不易吹落，為昆蟲傳粉，而自花授粉的策略則是開兩性花，自花授粉及異花授粉的結果率及結種率無顯著差異，因此推論授粉過程的成功率相同，不會因自花授粉及異花授粉改變。鴨跖草在養份有

限及植株被破壞的情況下，會增加短匍莖小苞片兩性花的比例，策略偏向自花授粉以確保繁衍，並藉由短匍莖的生長，轉換生長環境。並且在澆肥料的情況下，會偏向自花授粉以維持下一代的繁衍，而普通情況下則是偏向異花授粉，苞片的功用是保護花苞及果實不被雨水等因素破壞以及增加播種範圍，泌汁則是提供養分給果實吸收成長。綜合以上所述，異花授粉保留基因變異，自花授粉確保族群繁衍，利用短匍莖小苞片兩性花以比較小的能量讓族群大量繁衍，大量繁衍加上異花授粉，就能讓基因變異的數量增加，苞片幫助族群分布的範圍加廣並且外移避免原本的環境變異族群滅絕，這就是鴨跖草逆境繁殖的策略。

柒、參考資料及其他

- 一、龔詩歆、林鈺富、游芷瑜、黃郁珊、張恩格、官濬恩。(2012)。杜鵑的陷阱—探討藏伏杜鵑花苞片上的黏液。第 52 屆全國中小學科展作品。2021.05.19 取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/52/elementary03.htm><https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/52/elementary03.htm>
- 二、李文立。(2010)。生物技術在果樹品種選育之應用-番木瓜性別檢測。農業生技產業季刊，2010，21，23~27。2021.05.19 取自 <http://www.biotaiwan.org.tw/mag/default.aspx?YY=2010>。
- 三、劉宇鵬、應奇穎、蕭詠太(2011)時勢「鎖」迫—圓葉鴨跖草的閉鎖花。2021.05.19 取自 <https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=274&sid=8977>
- 四、Veenu Kaul, Namrata Sharma and A. K. Koul.(2002) Reproductive effort and sex allocation strategy in *Commelina benghalensis* L., a common monsoon weed. Department of Botany, University of Jammu, Jammu-180 006 (J & K), India. Retrieved. December 12, 2021, from <https://academic.oup.com/botlinnean/article/140/4/403/2433626>
- 五、Veenu Kaul, Awtar Kishen Koul.(2009) Sex expression and breeding strategy in *Commelina benghalensis* L. Department of Botany, University of Jammu, Jammu 180 006, India. Retrieved. December 12, 2021
- 六、Veenu Kaul, A. K. Koul and M. C. Sharma.(2000) The underground flower. *Current Science* Vol. 78, No. 1 (10 January 2000), pp. 39-44 (6 pages). Retrieved. December 12, 2021, from <https://www.jstor.org/stable/24103845>

【評語】 030311

1. 實驗整體內容

本研究作品為觀測圓葉探討圓葉鴨跖草授粉方式、苞片與泌汁等現象，也將日照因素加入，觀測其對於開花重要性，期間也觀測了自花授粉與異花授粉的結實及結種率，使研究方法與內容完整且詳盡，也獲得到許多的資訊。不過，整體偏重觀察，無歸納出基本上大致的規律或原則，也無法確定影響的因子為何，且較缺乏創新。此外，介殼蟲與植物泌汁的相關研究前提有誤，介殼蟲是刺吸式口器，是將口器插入維管束中取食植物汁液，不是直接吸取植物分泌出來的液體。

2. 實驗結果

- (1) 表二重複兩次。
- (2) 應標示出樣本數，如計算幾株花。
- (3) 討論與歸納統計部分宜加強。

作品簡報



逆境中的繁「跖」—

探討圓葉鴨跖草的繁殖策略及苞片泌汁之功用

組別：國中組
科別：生物科

研究動機及目的



圖1：不孕兩性花

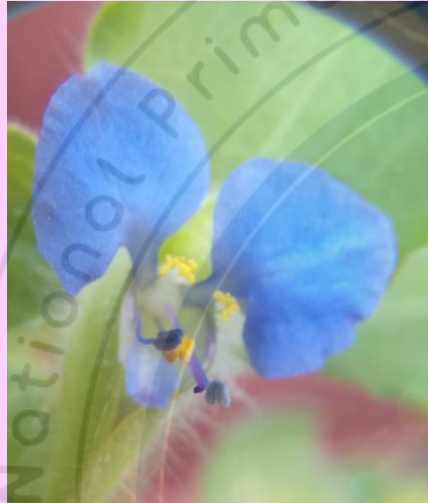


圖2：圓葉鴨跖草花



圖3：圓葉鴨跖草苞片



圖4：圓葉鴨跖草泌汁

花觀察

花性別比改變因素

傳播花粉


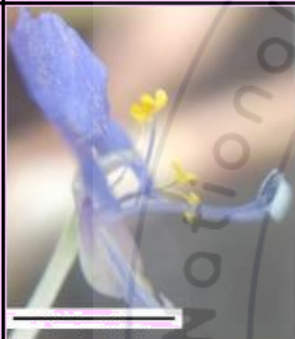
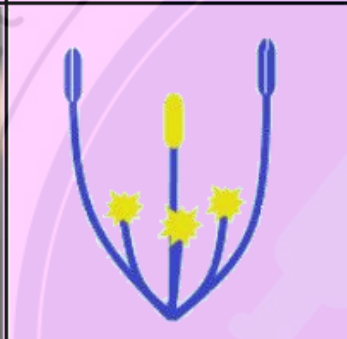
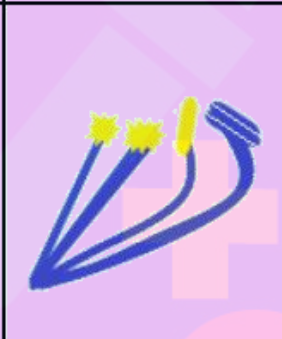


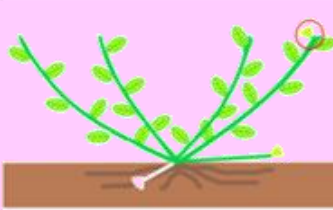


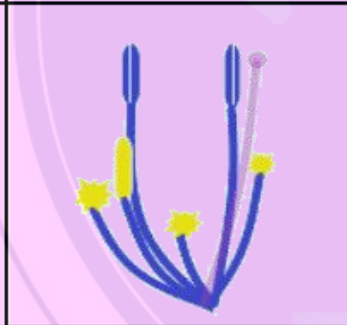
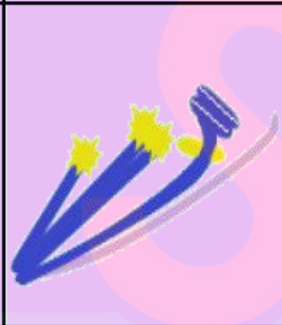


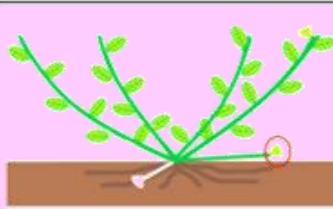


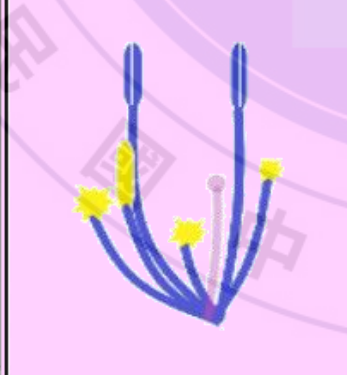



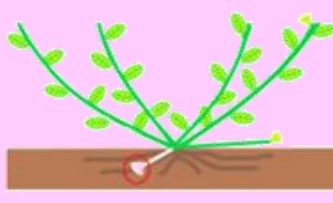
苞片泌汁

圖5：研究目的

花觀察—花類型

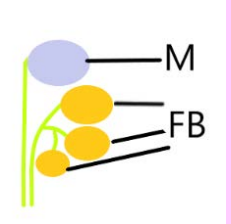
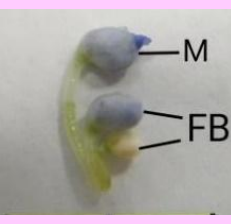
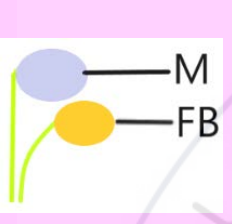
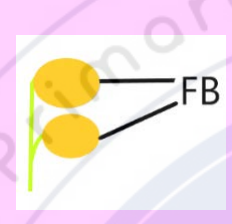
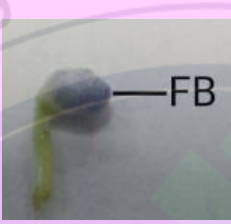
表一：大苞片花類型

表二：小苞片花類型

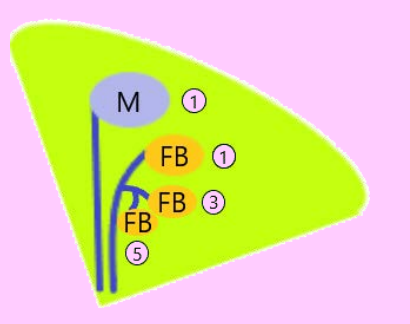
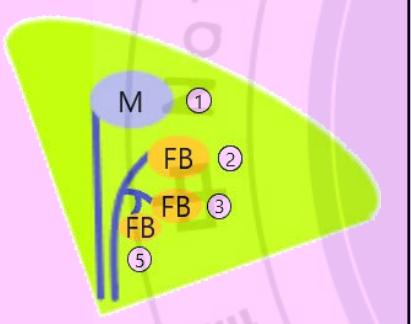
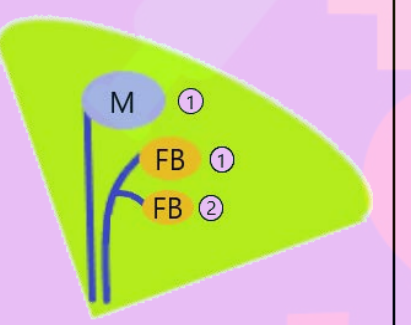
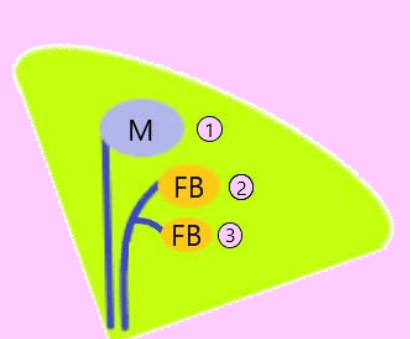
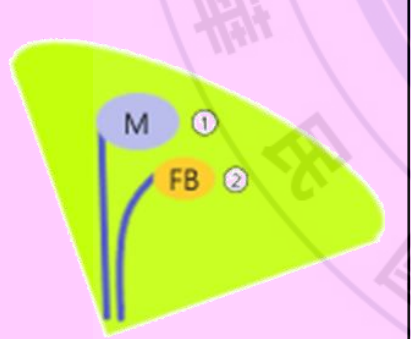
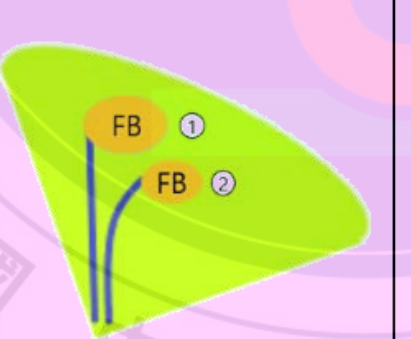
花類型	正面照	側面照	示意圖(俯視圖)	示意圖(側視圖)	花類型	側面照	正面照	苞片位置
雄花					直立莖 小苞片 兩性花			 直立莖葉端
兩性花					短匍莖 小苞片 兩性花			 短匍莖上
不孕兩性花					地下閉鎖花			 地下莖上

花觀察—花序




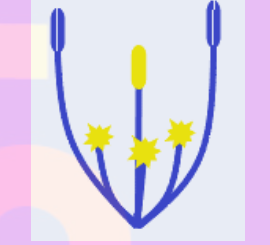





花觀察—花蕊位置移動

				
一個雄花 三個兩性花	一個雄花 兩個兩性花	一個雄花 一個兩性花	兩個兩性花	一個兩性花

表三：苞片內有不同的花序

表四：苞片內的花苞會不同天開
(數字為開花的第幾天，如①為第一天開)

表五：雄花(上)、開放兩性花(下)花蕊位置移動圖

花觀察一開花時間

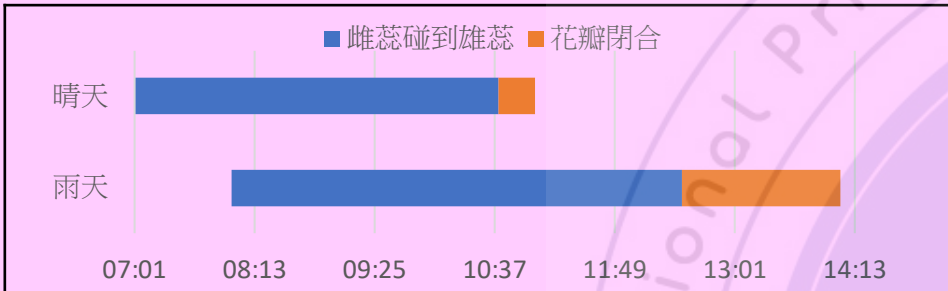


圖6：有無下雨對開花時間的影響

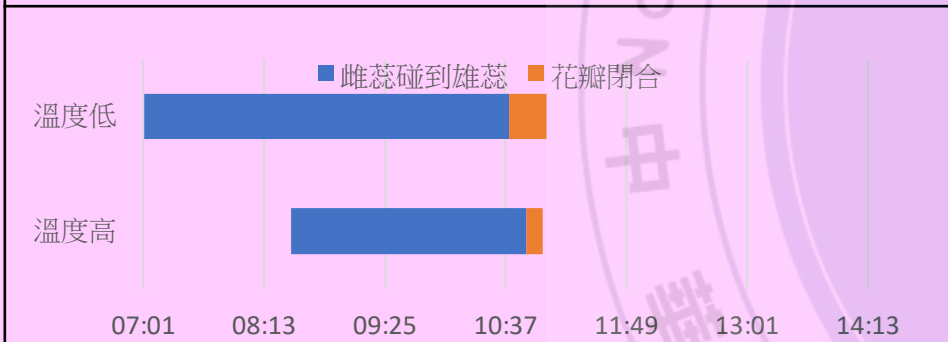


圖7：溫度高低對開花時間的影響

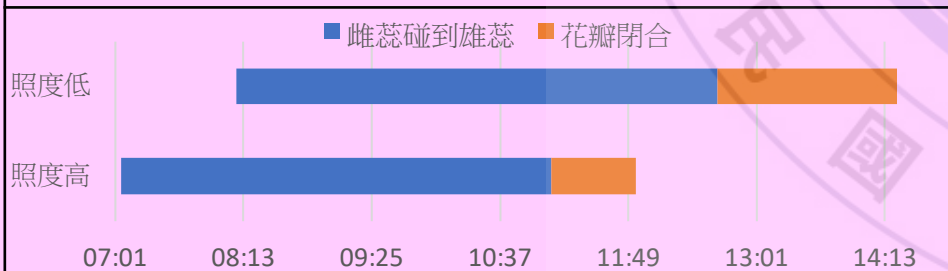


圖8：照度高低對開花時間的影響

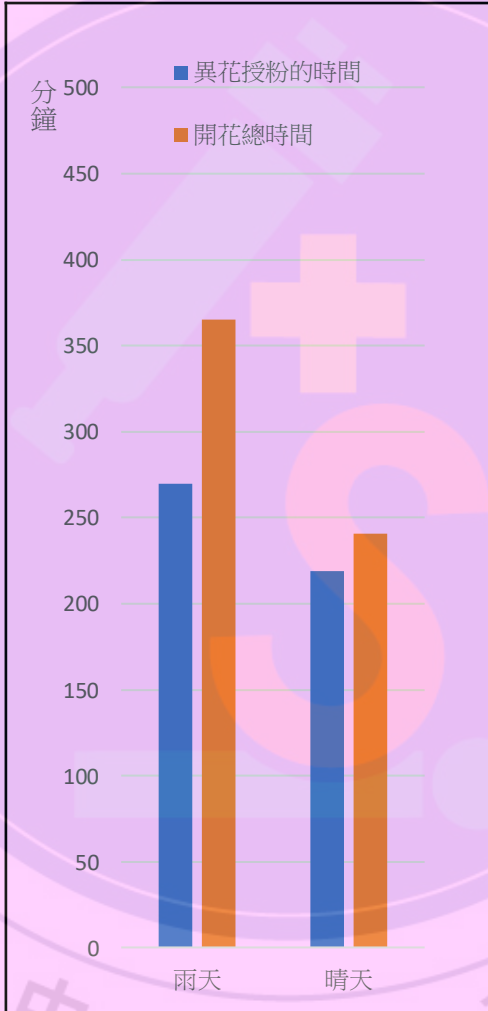


圖9：有無下雨對異花授粉時間的影響

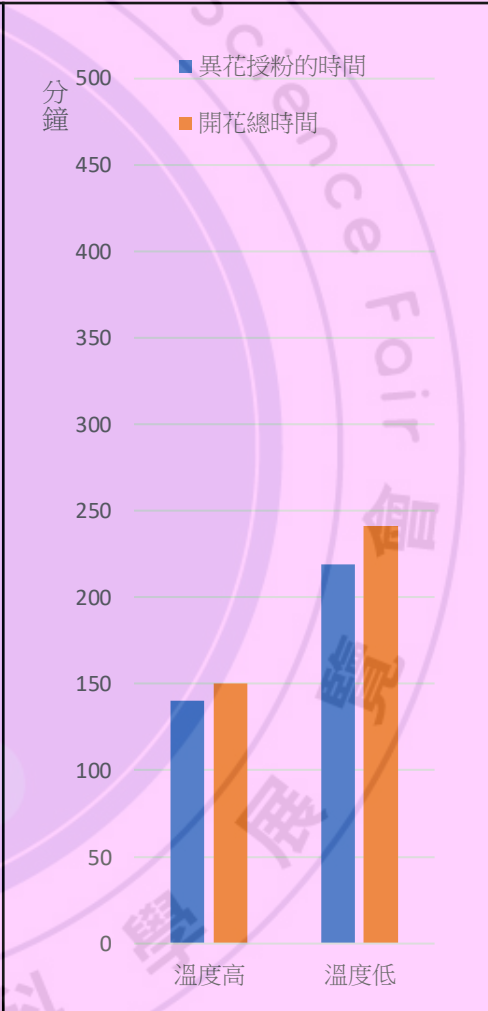


圖10：溫度高低對異花授粉時間的影響

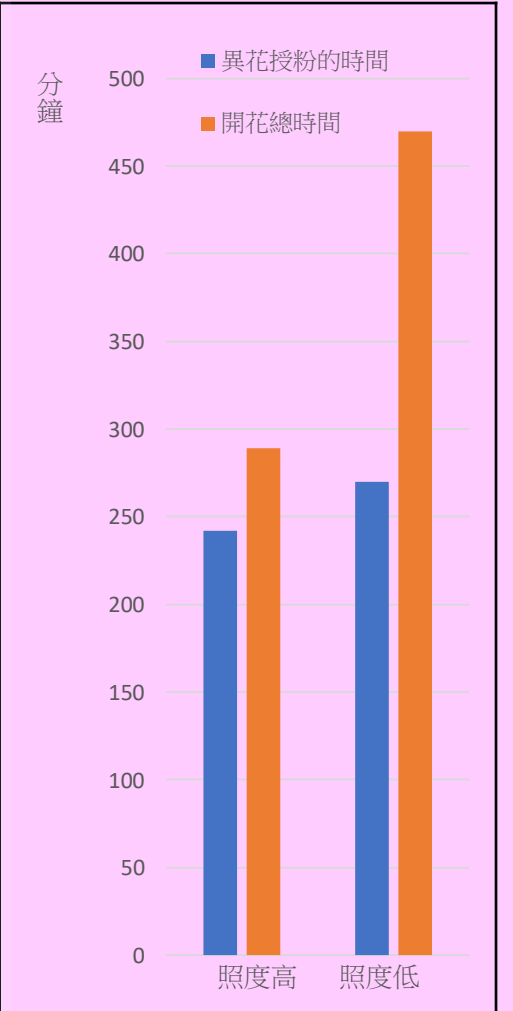


圖11：照度高低對異花授粉時間的影響

研究花性別比改變的因素—生長階段

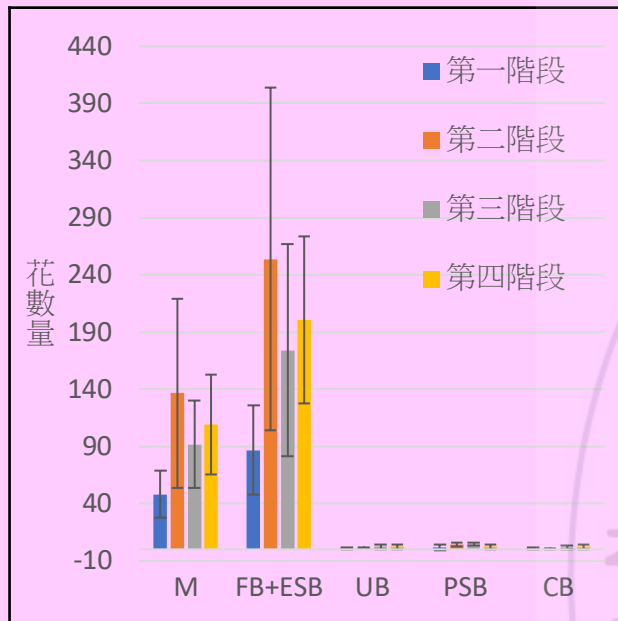


圖12: 各階段花數量比較(累加)

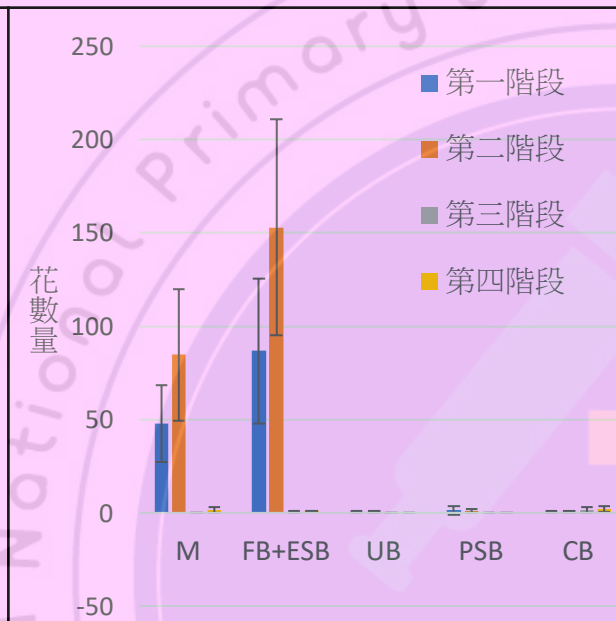


圖13: 各階段花數量比較(不累加)

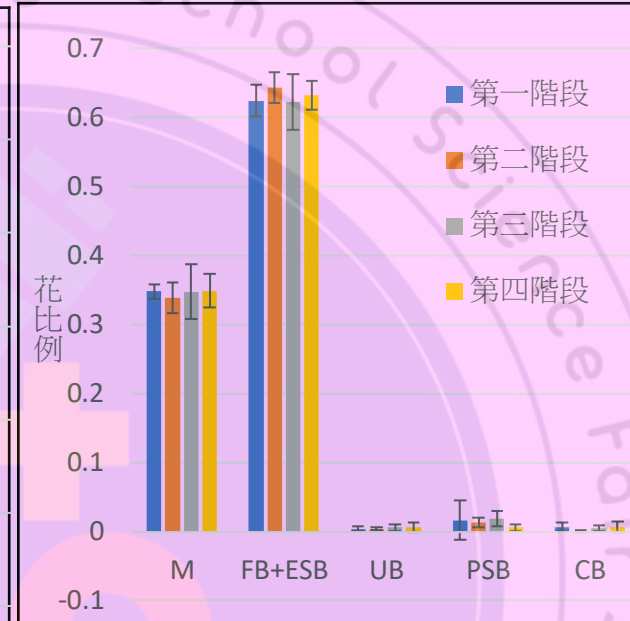


圖13: 各階段花比例比較(累加)

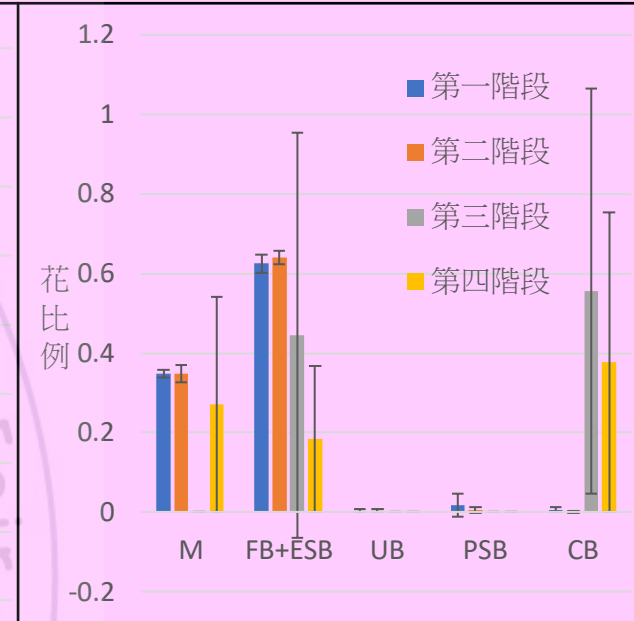


圖14: 各階段花比例比較(不累加)

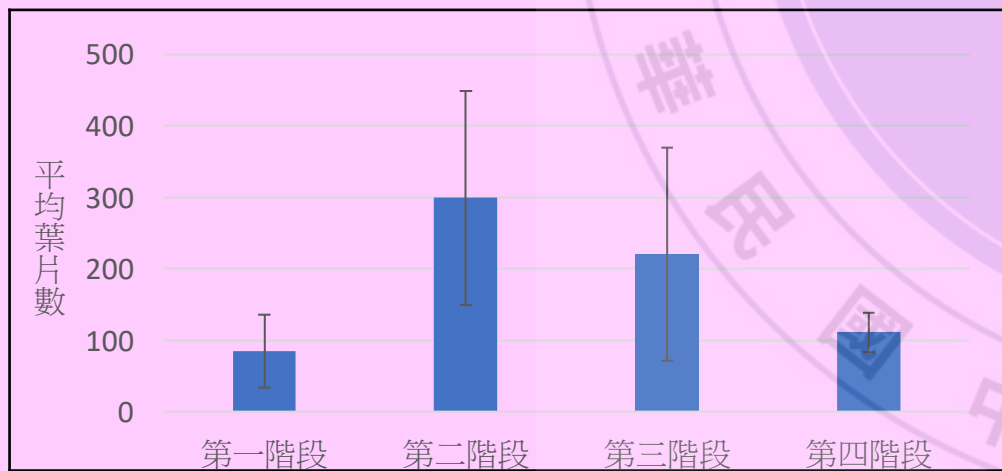


圖15: 各階段葉片數比較



圖16: 第一階段(5月-8月), 植株茂盛



圖17: 第二階段(9月-11月), 植株茂盛

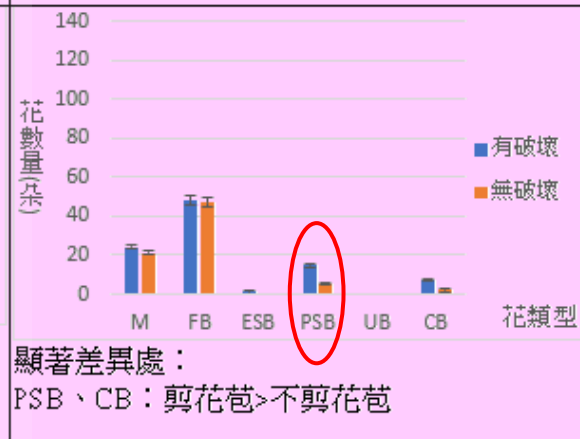
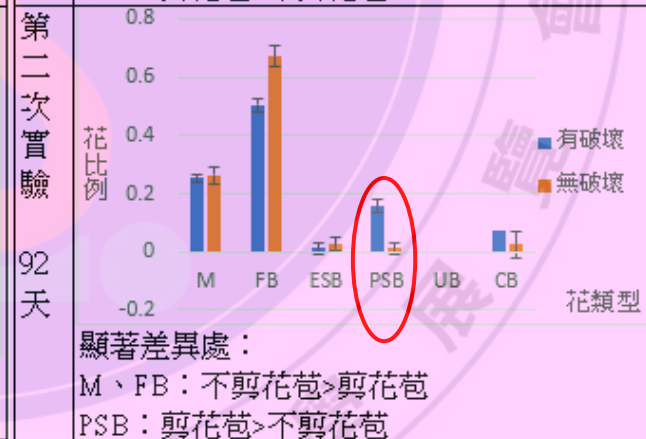
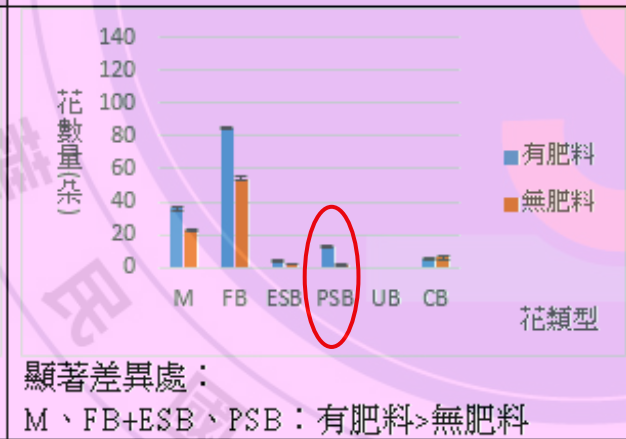
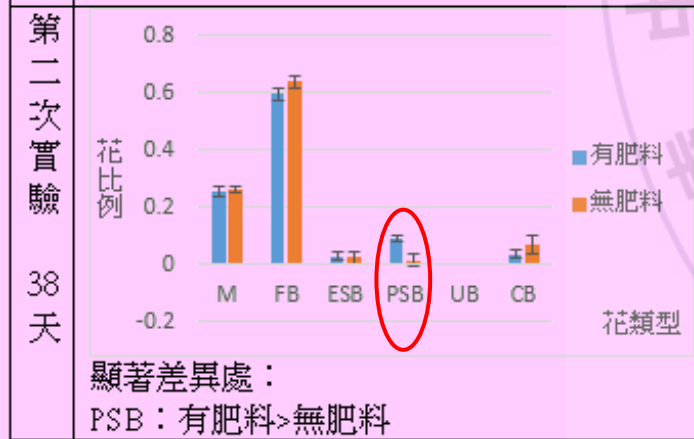
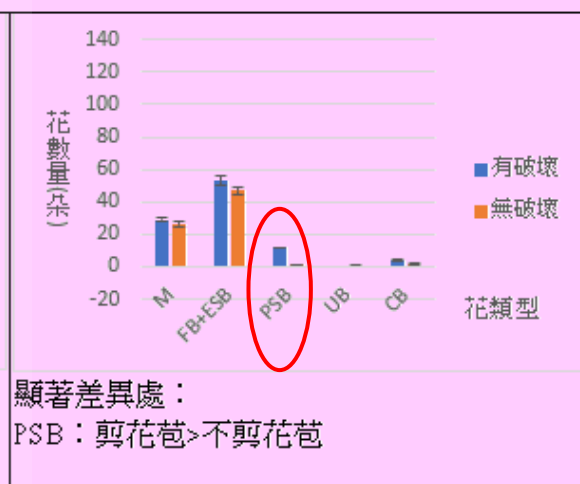
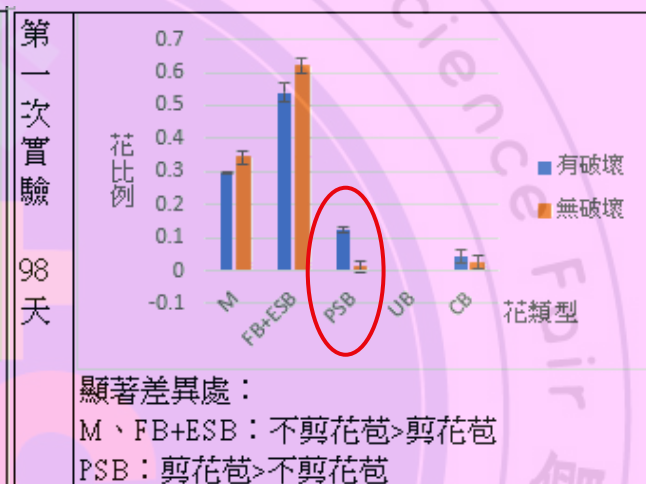
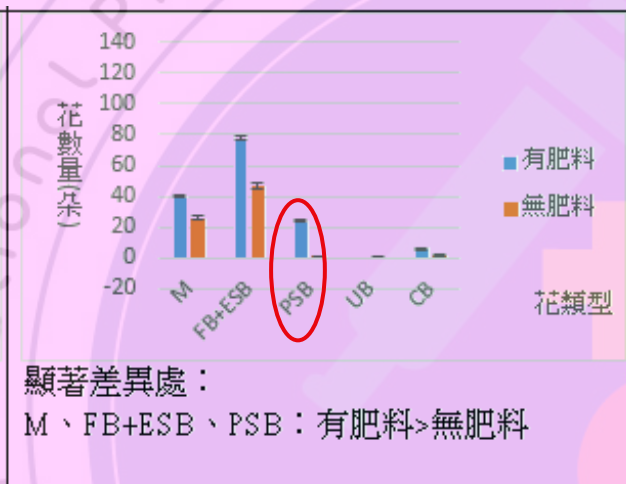
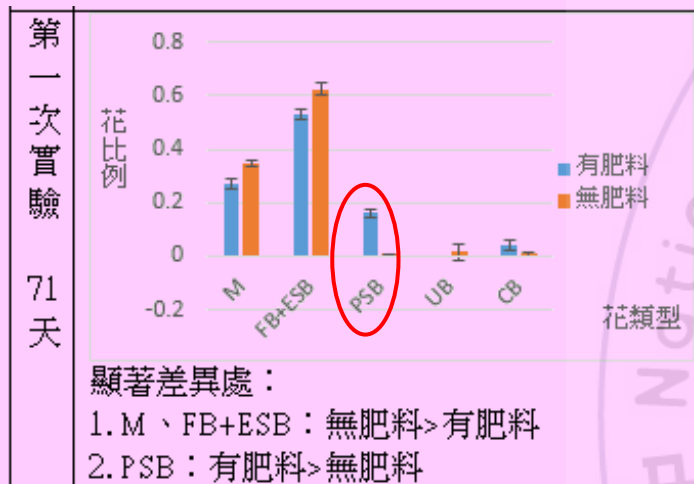


圖18: 第三階段(12月-2月), 葉子全枯掉後又長出新葉

研究花性別比改變的因素

一 肥料

一 破壞植株

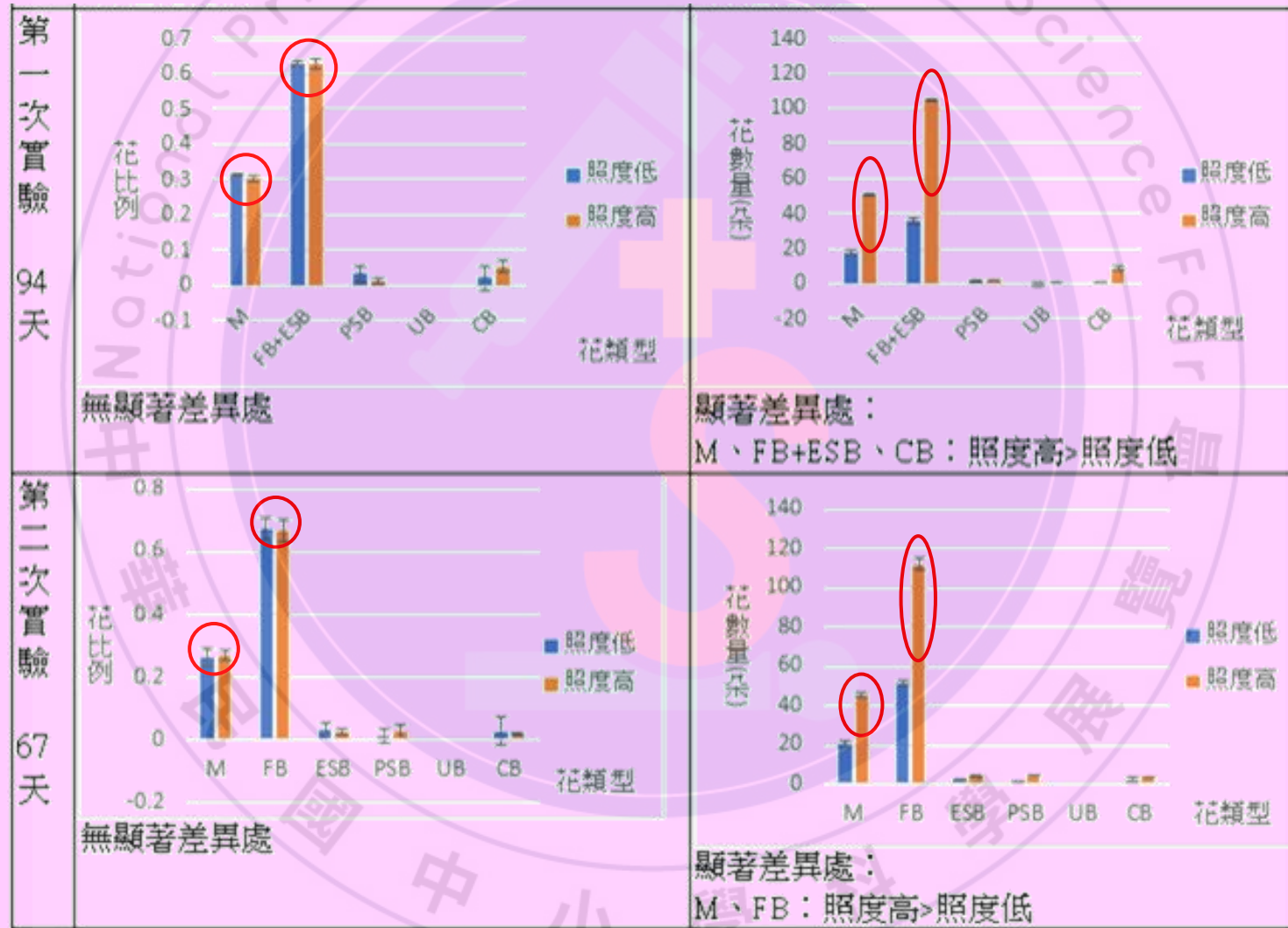


表六：肥料組的開花數據

表七：破壞植株組的開花數據

研究花性別比改變的因素

日照



表八：日照組的開花數據

傳播花粉

傳播花粉—風傳粉

一 自花授粉

套袋(花)	結果	結果	結種
			

平均結果率	平均結種率
100%	50%

表九(上)：自花授粉實驗圖

表十(左)：自花授粉的結果及結種率

一 異花授粉

套袋(花)	結果	結果	結種
			

平均結果率	平均結種率
100%	40%

表十一(上)：異花授粉實驗圖

表十二(左)：異花授粉的結果及結種率

			
最大風速 3.9m/s 並沒有花粉掉落		最大風速 2.6m/s 花粉有掉落但不在柱頭上	

	
最大風速 4.6 m/s 花粉有掉落但不在柱頭上	

表十三(上)：風傳粉實驗結果(兩性花)

表十四(下)：風傳粉實驗結果(雄花在上，兩性花在下)

			
最大風速 3.9m/s 並沒有花粉掉落		最大風速 6.8m/s 有白色花粉掉落在柱頭上	

	
最大風速 4.6 m/s 花粉有掉落但不在柱頭上	

苞片泌汁—苞片及泌汁功用

去除苞片 正常生長 被雨水打落

表十五：去除苞片之研究結果

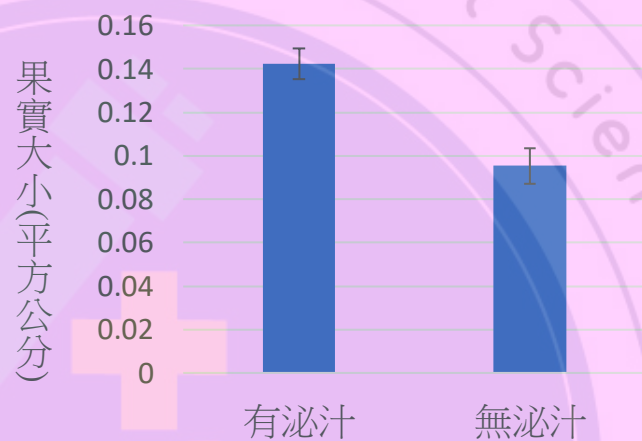


圖19：有無泌汁對果實的生長大小影響

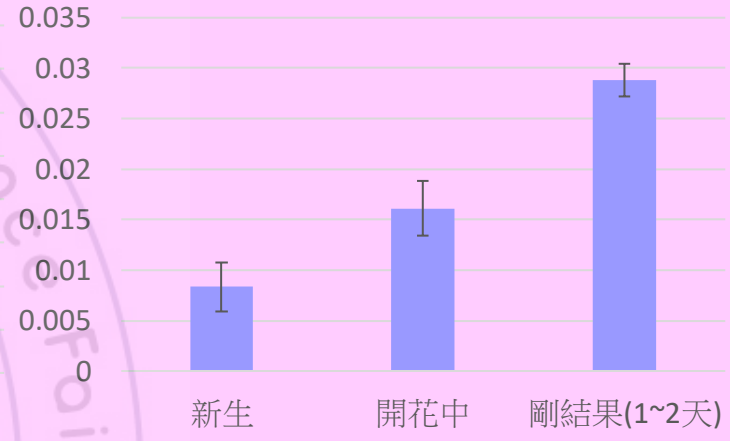


圖20：各時期苞片與泌汁關係圖

去除泌汁 開花 果實較小

表十六：去除泌汁之研究結果

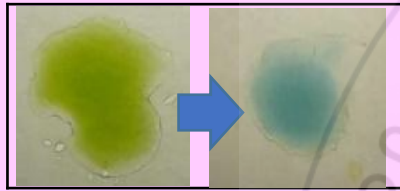


圖21：苞片大小與泌汁量關係圖

苞片泌汁

一泌汁與介殼蟲關係

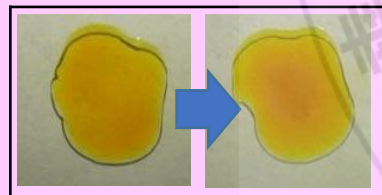
一苞片及泌汁功用



表十七：酸鹼值結果



表十八：醣類結果



表十九：澱粉結果

光波長550nm	第一次	第二次	第三次
吸光值	0.031	0.038	0.033

表二十：蛋白質結果

觀察臀紋粉介殼蟲



圖22：會出現在頂端葉片

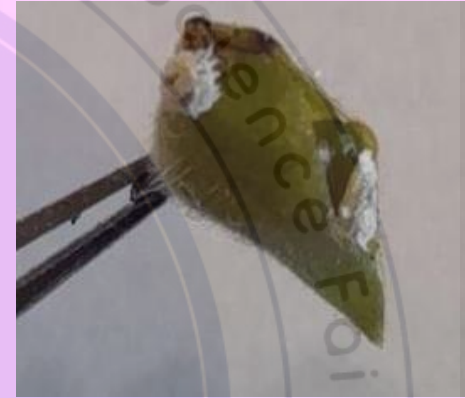


圖23：會進出苞片內外



圖24：會成群待在還殘留有泌汁的苞片內，有成蟲有幼蟲

泌汁與臀紋粉介殼蟲實驗

泌汁在右：



圖25：泌汁在右的實驗結果

泌汁在左：

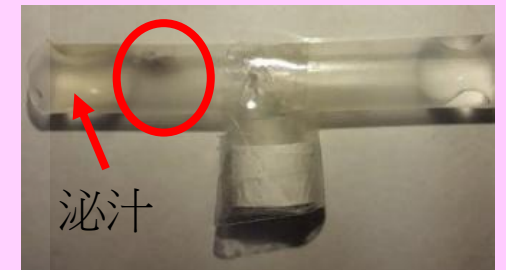


圖26：泌汁在左的實驗結果

結論

