

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生物科

第二名

最佳團隊合作獎

030313

時勢「鎖」迫—圓葉鴨跖草的閉鎖花

學校名稱：新北市立義學國民中學

作者： 國二 劉宇鵬 國二 應奇穎 國二 蕭詠太	指導老師： 陳又君 陳俊仁
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：圓葉鴨跖草、閉鎖花、閉鎖種子

時勢「鎖」迫—圓葉鴨跖草的閉鎖花

摘要：



圓葉鴨跖草植株有三種枝條，著生不同的花：直立莖的開放花、匍匐莖和地下莖的藍色、白色閉鎖花。開放花有雄性及兩性花，雌雄蕊位置分離，有利異花授粉；先開地上閉鎖花，最後開地下閉鎖花，花比較小，花粉可孕比例低，影響種子數目，但種子較大，尤以地下閉鎖果為最且萌發率最高，是以質取代量的生存策略；故推測其具有資源分配(resource allocation)的能力，植株小時以地上閉鎖花快速繁衍；產生開放花，以增加基因歧異度；最後有充足的能量產生地下閉鎖果，加上原本母株的合適環境，可確保子代的繁衍。溼度高、植株遭破壞、黑暗有助於閉鎖花的產生，土壤密度高、生長空間小則不利，推測植株能因應環境，調整不同花朵之間的比例，利用吸收的養分有效率地繁衍後代。

壹、研究動機



學校生態園中種有落花生，看到它在花瓣落下後會往土裡鑽並結果的現象，覺得很神奇，有一次老師提到一種植物—圓葉鴨跖草，不只會在地面開花，還會直接長出枝條鑽到土裡開花結果，更覺特別，我們找到它的種子種看看，想了解這種花與地面上的花在外觀上有什麼不同，以及環境中的哪些條件會影響這種花的出現。

貳、研究目的



- 一、找出閉鎖花與開放花在形態上的差異
- 二、找出閉鎖花與開放花在發育過程上的差異
- 三、找出誘發閉鎖花的環境因子

參、研究設備及器材



一、族群來源

表一、族群及其來源

族群	A	B	C	D
採集地	嘉義	屏東涼山	屏東笠頂山	曾文水庫

二、使用器具

表二、實驗相關器具及說明

照片					
物品	有機培養土 陽明山土	植盆	鐵架	銅線	複式顯微鏡 解剖顯微鏡
說明	用於種植植物		擺放植盆	支撐植物	觀察植物

照片					
物品	壓克力裝置	遠紅光裝置	紙箱	70%酒精	游標尺
說明	觀察閉鎖花			固定花朵	測量大小

肆、研究過程與方法



一、型態基本觀察

(一) 花朵種類

區分開花、地上閉鎖花、地下閉鎖花

(二) 胚珠數目

解剖開放花、地上閉鎖花、地下閉鎖花之子房，並觀察胚珠數

(三) 果實及種子型態

區分果實腹室、果實背室、背室種子、腹室種子

二、開放花、地上閉鎖花及地下閉鎖花的發育與比較

(一) 開放花

1. 區分雄性花及兩性花

2. 花蕊位置移動

(1) 對兩性花進行全天攝影，觀察雌蕊、雄蕊的位置變化

(2) 觀察雌蕊、雄蕊在凋謝的過程會不會自花授粉

3. 開放花連續觀察

(1) 對開放苞片進行連續記錄

(2) 觀察苞片內花朵之開花狀況

(二) 地上閉鎖花

1. 破壞地上閉鎖花且連續觀察

(1) 對閉鎖花進行全天攝影

(2) 觀察地上閉鎖花是否有綻放之狀況產生

(三) 地下閉鎖花

1. 以壓克力裝置種植，並在遠紅光環境下觀察

2. 挖出不同大小植株的地下莖觀察

(四) 開放花、地上閉鎖花、地下閉鎖花各花部大小

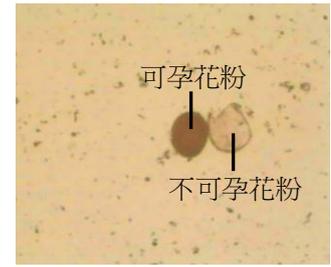
1. 成熟的開放花、地上閉鎖花、地下閉鎖花測量各 5~10 朵

2. 測量花瓣、子房、花藥、苞片

3. 用游標尺測量大小並記錄

(五) 開放花、地上閉鎖花、地下閉鎖花花粉可孕比例

1. 醋酸洋紅染色法的染色原理是靠花粉中的過氧化氫酶而染色。當花粉失去活力時，該酶的活性仍然存在，所以此方法的測定結果偏高。但是因為我們需要的只是相對的數據，故依然可以使用此法
2. 可孕之花粉染成飽滿紅色，不可孕則為中空透明不染色(圖一)
3. 開放花、地上閉鎖花、地下閉鎖花之各花藥統計各 5~10 朵



圖一、花粉染色示意圖

(六) 開放花、地上閉鎖花、地下閉鎖花花苞發育時間

1. 從花苞自生長點長出開始觀察，連續觀察至成熟結子為止
2. 開放花、地上閉鎖花、地下閉鎖花觀察各 5~10 朵

(七) 開放花、地上閉鎖花、地下閉鎖花枝條產生的先後與比例

1. 枝條產生順序
2. 比較不同時期開放苞片、地上閉鎖苞片、地下閉鎖苞片之比例

三、開放花、地上閉鎖花及地下閉鎖花種子的發育與比較

(一) 型態比較

1. 成熟的開放種子、地上閉鎖種子、地下閉鎖種子測量各 5~10 顆
2. 測量背室種子、腹室種子
3. 用游標尺測量大小並記錄

(二) 數目比較

1. 開放果實、地上閉鎖果實、地下閉鎖果實之內含種子數計算各 5~10 個

(三) 種子萌發率

1. 將綿花鋪於培養皿內，置入 10 顆種子並加入適當水量(圖二)
2. 萌發開放花、地上閉鎖花、地下閉鎖花之背室、腹室種子



圖二、種子萌發裝置

(四) 種子生長

1. 種植腹室、背室種子各 3 盆
2. 連續觀察其生長，並計算開放苞片、地上閉鎖苞片、地下閉鎖苞片的比例

四、找出誘發閉鎖花產生的環境因子

- (一) ~ (三) 環境變因之實驗組與對照組各培育同一種族三盆，並以直徑 13.5 cm、高 13 cm 的盆子種植，三個月後拔起，計算葉片數、開放苞片與閉鎖苞片的比例

(一) 水分

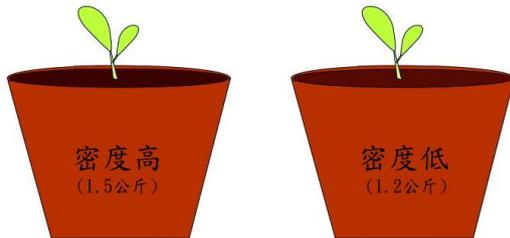
1. 分為盆底有積水以及盆底無積水



圖三、探討濕度是否誘導閉鎖花的形成

(二) 土壤密度

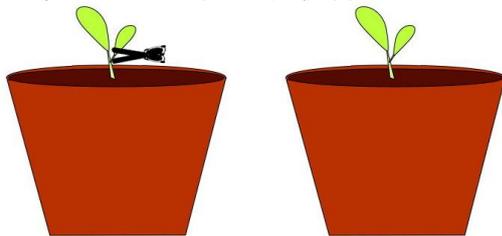
- 1.以等大的盆子內裝不等量的土壤
- 2.分為密度高（1.5 公斤）以及密度低（1.2 公斤）



圖四、探討土壤密度是否誘導閉鎖花的形成

(三) 破壞植株

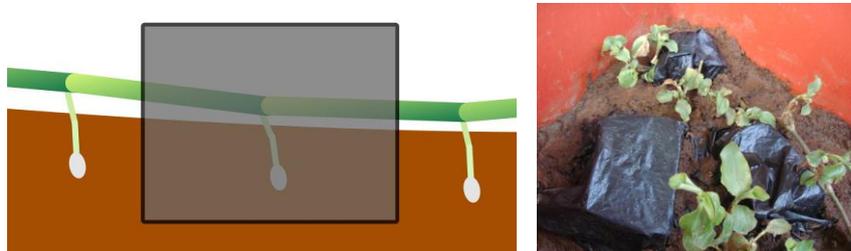
- 1.分為有剪頂端以及不剪頂端
- 2.每 1~2 星期剪一次枝條頂端



圖五、探討頂端破壞是否誘導閉鎖花的形成

(四) 光線

- 1.分為有遮光枝條以及不遮光枝條
- 2.以黑色塑膠袋罩住枝條節點進行遮光



圖六、探討遮光是否誘導閉鎖花的形成

(五) 空間

- 1.分為空間大以及空間小
- 2.以長 62 cm、寬 36 cm、高 24 cm 以及直徑 13.5 cm、高 13 cm 的盆子種植



圖七、探討空間是否誘導閉鎖花的形成

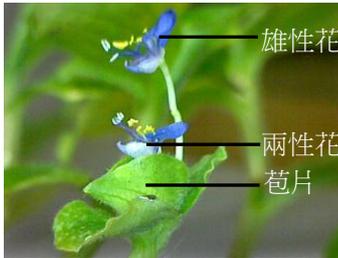
伍、研究結果



一、型態基本觀察

(一) 花朵種類

1. 分成開放花(圖八)、地上閉鎖苞片及花(圖九)、地下閉鎖苞片(圖十)
2. 開放苞片內有四朵花，一朵雄性花及三朵兩性花
3. 地上閉鎖苞片和地下閉鎖苞片內只有一朵兩性花



圖八、開放花



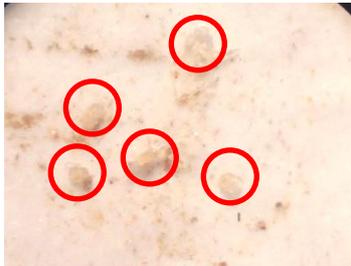
花變色表示當日授粉

圖九、地上閉鎖花



圖十、地下閉鎖花

(二) 胚珠數目



圖十一、開放花之胚珠



圖十二、地上閉鎖花之胚珠



圖十三、地下閉鎖花之胚珠

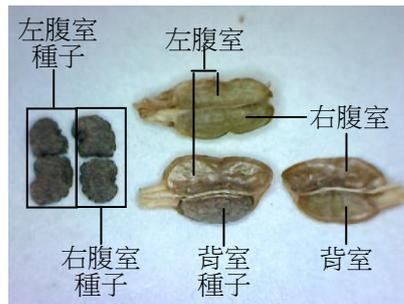
分析：開放花(圖十一)、地上閉鎖花(圖十二)、地下閉鎖花(圖十三)之胚珠皆為五顆

(三) 果實及種子型態

1. 區分左腹室、右腹室、背室及種子



圖十四、果實位置



圖十五、種子位置

二、開放花、地上閉鎖花及地下閉鎖花的發育與比較

(一) 開放花

1. 分成雄性花(圖十六)及兩性花(圖十七)

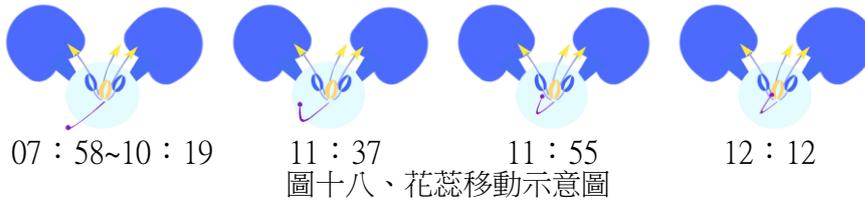


圖十六、兩性花



圖十七、雄性花

2.花蕊位置移動



雌蕊的柱頭在中午 12 點左右會碰到可孕的黃色雄蕊

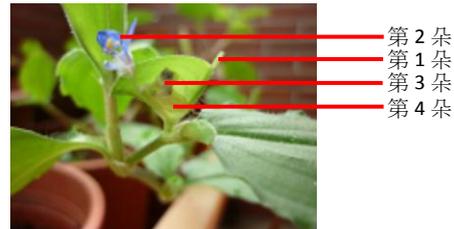
圖十九、兩性花的自花授粉

分析：開放花剛開時，雌雄蕊位置分離，顯示以異花授粉為主，可增加基因多樣性，最後雌蕊回彎接觸到自己的雄蕊，開放花會利用自花授粉以確保結實

3.開放花連續觀察



圖二十、開放花第三朵花綻放



圖二十一、開放花第四朵花綻放

分析：得知開放苞片內四朵花皆會綻放，1、2 朵先開，2 天後第 3 朵花開，再過 2 天，第 4 朵花開

(二) 地上閉鎖花

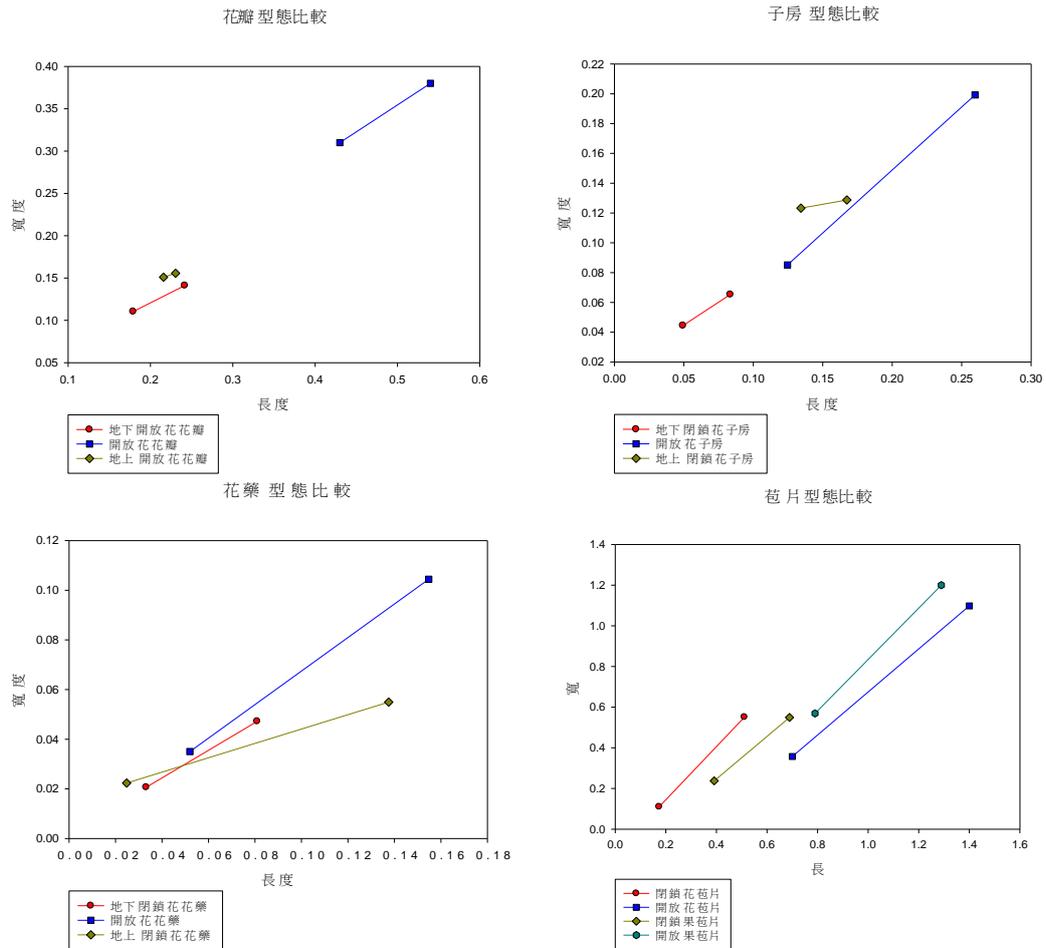
1.破壞地上閉鎖花且連續觀察



圖二十二、地上閉鎖花連續觀察

分析：得知即使破壞地上閉鎖花也不會綻放

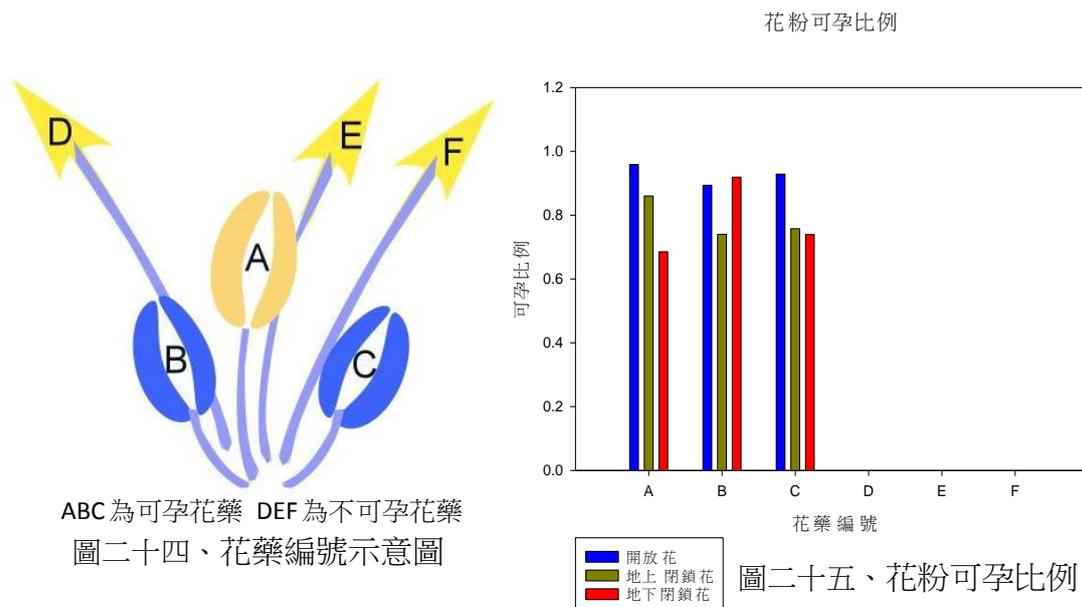
(三) 開放花、地上閉鎖花、地下閉鎖花各花部大小比較



圖二十三、花部大小比較

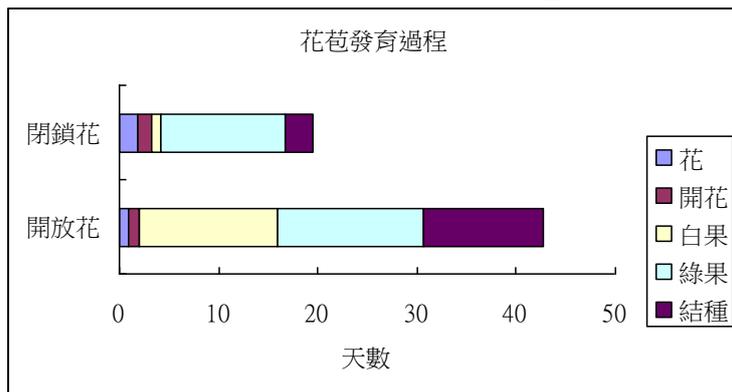
分析：開放花花部構造 > 地上閉鎖花花部構造 > 地下閉鎖花花部構造

(四) 開放花、地上閉鎖花、地下閉鎖花花粉可孕比例比較



分析：開放花粉可孕比例 > 地上閉鎖花粉可孕比例 > 地下閉鎖花粉可孕比例

(五) 開放花、地上閉鎖花、地下閉鎖花花苞發育時間比較

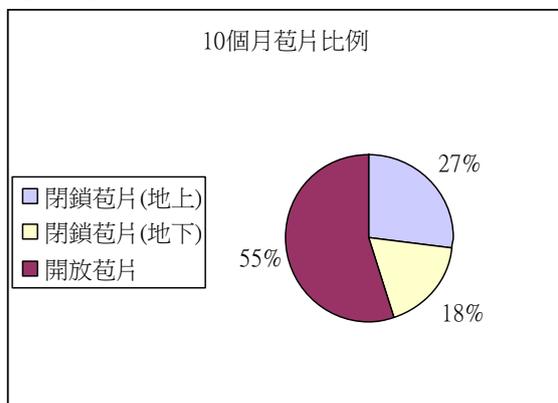


圖二十六、花苞發育天數

分析：閉鎖花苞的生長天數短於開放花苞，主要差別在果實成熟前的階段。

(六) 開放花、地上閉鎖花、地下閉鎖花枝條產生的先後與比例

1. 地上閉鎖花最先出現，再來是開放花，最後才是地下閉鎖花
2. 花苞比例



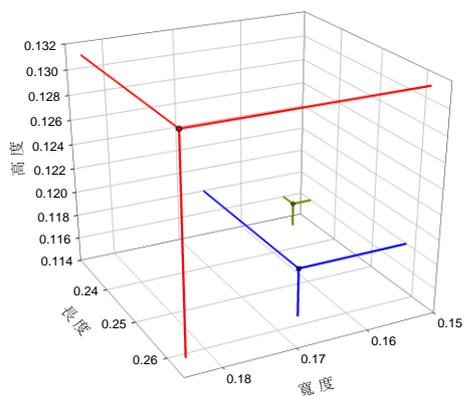
圖二十七、苞片比例

分析：植株雖然先長出閉鎖花，但到後期開放苞片較多。

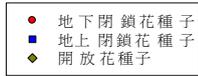
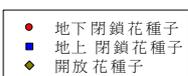
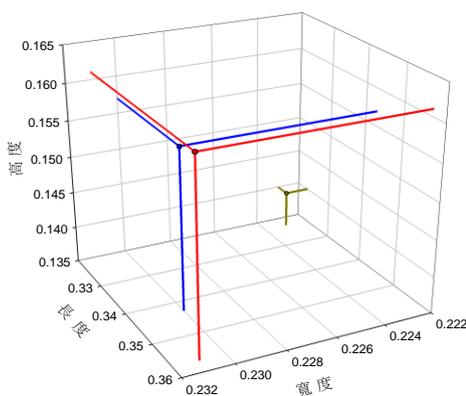
三、開放花、地上閉鎖花及地下閉鎖花種子的發育與比較

(一) 型態比較

腹室種子比較



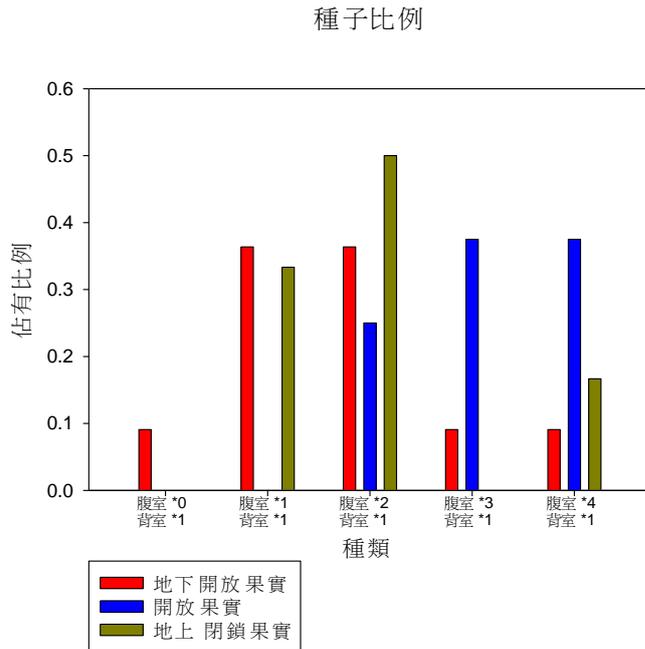
背室種子比較



圖二十八、背腹室種子大小比較

分析：在種子的大小方面不論背室、腹室，地下閉鎖種子 > 地上閉鎖種子 > 開放種子

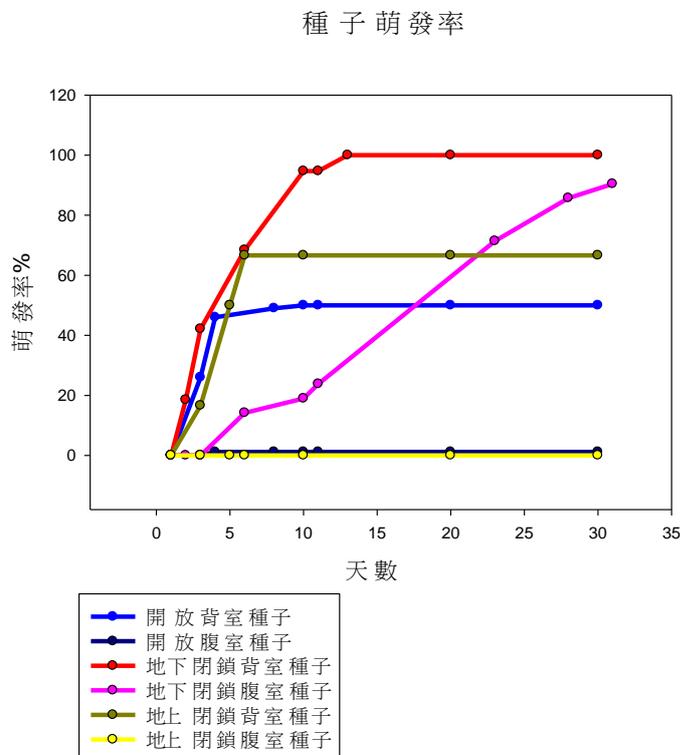
(二) 數目比較



圖二十九、果實內含種子數

分析：閉鎖果及開放果背室種子皆只有 1 顆，地下閉鎖果腹室種子多為 1、2 顆，平均一果實產生 2.7 顆種子；開放果腹室種子多為 3、4 顆，平均一果實產生 4 顆種子；地上閉鎖果腹室種子多為 1、2 顆，平均一果實產生 3 顆種子

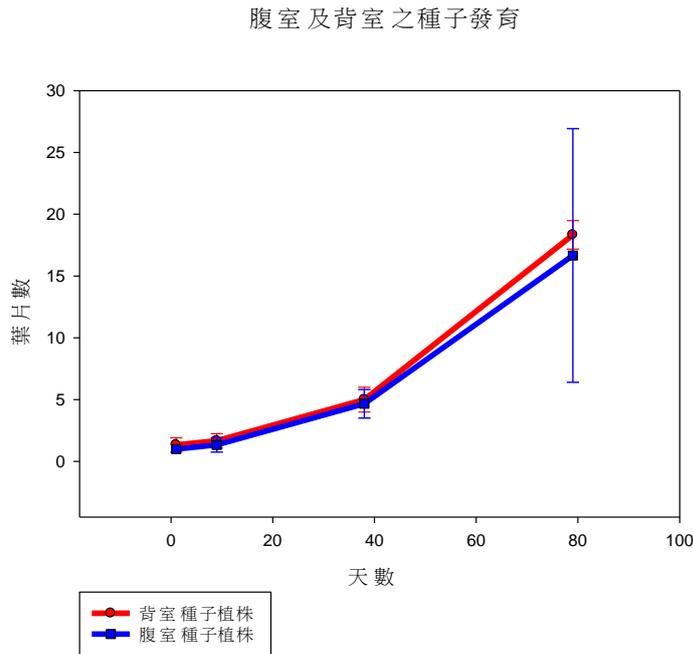
(三) 種子萌發率



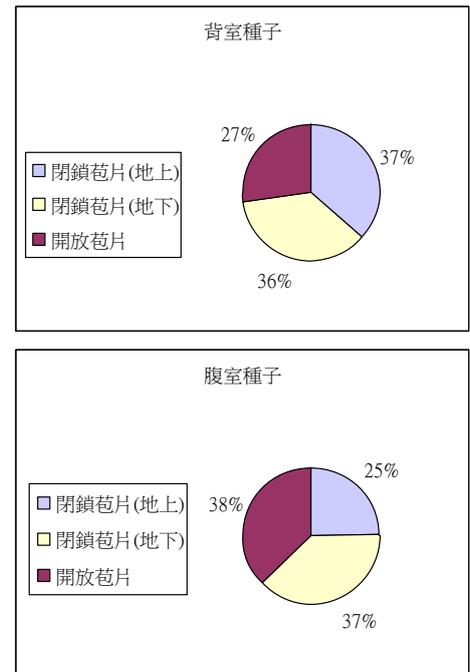
圖三十、種子萌發率

分析：地下閉鎖種子 > 地上閉鎖種子 > 開放種子，且背室種子 > 腹室種子，開放種子只萌發了約 50% 的種子，因此推測開放種子具有休眠性

(四) 種子生長



圖三十一、背腹室種子的生長



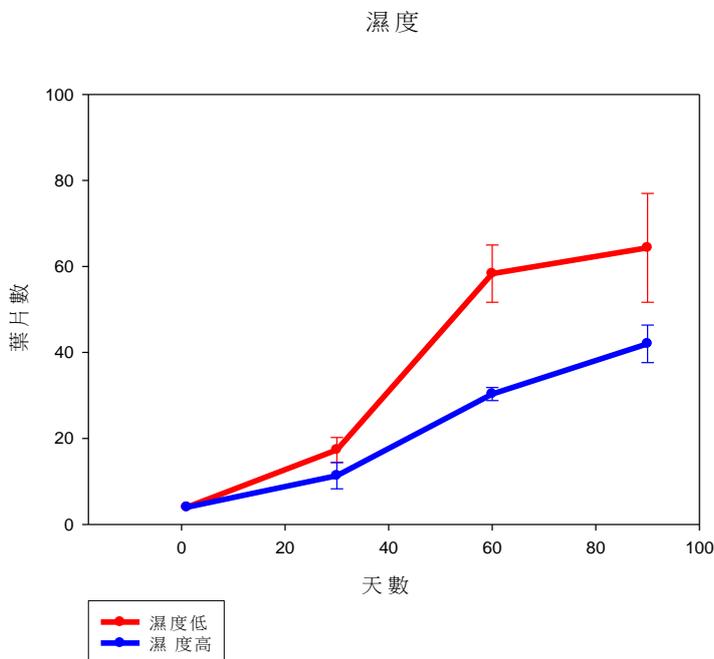
圖三十二、背腹室種子植株產生苞片之比例

分析：腹室種子及背室種子生長狀況近似，種子萌芽速率受種子養分的影響，但植株的生長在於本身光合作用速率。由背室種子發育出來的枝條有比較多地上閉鎖苞片，可能因為背室種子和腹室種子基因表現不同導致的差異。

四、找出誘發閉鎖花產生的環境因子

(一) 水分

1. 葉片數



圖三十三、溼度變因的生長

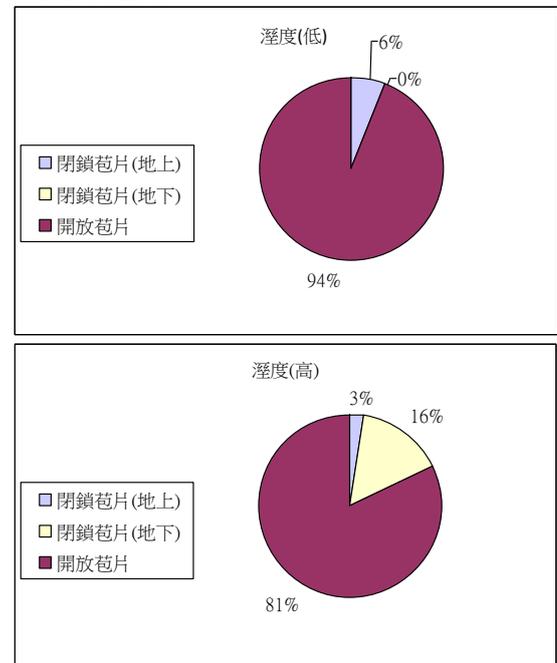
分析：

溼度低的植物生長佳於溼度高的植物

但溼度高的植物長出較溼度低的植物更多的閉鎖苞片

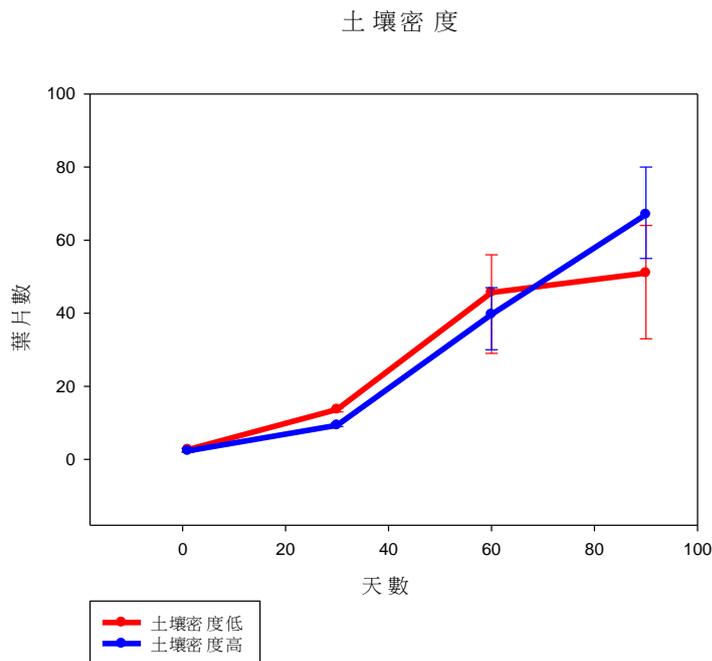
故推論濕度是誘發閉鎖苞片的因素之一

2. 苞片比例



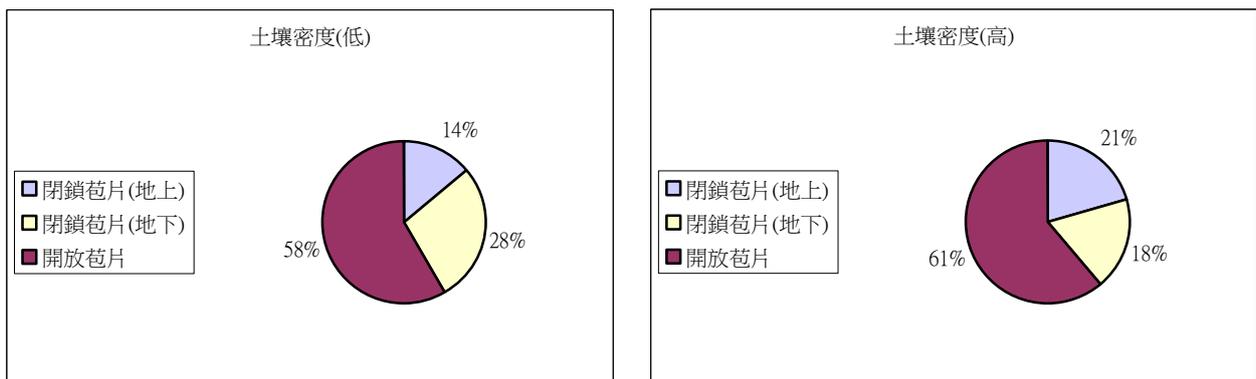
(二) 土壤密度

1. 葉片數



圖三十五、土壤密度變因的生長

2. 苞片比例



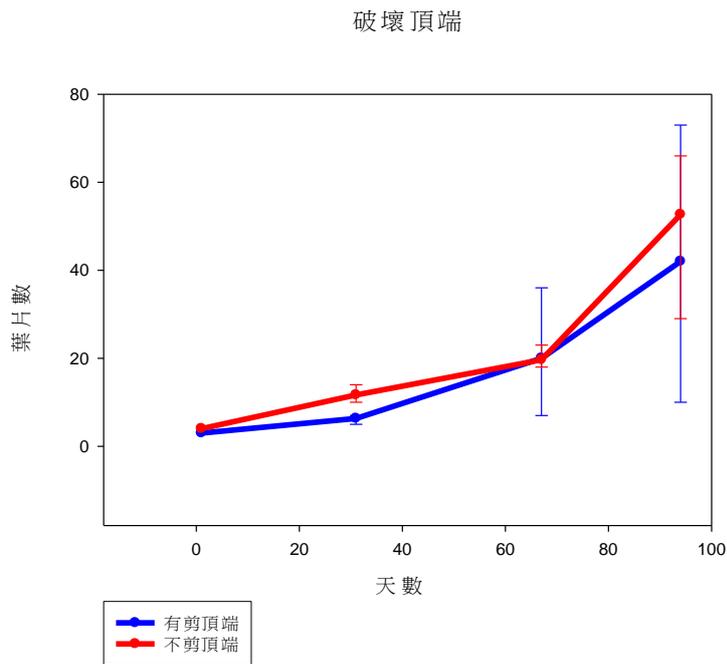
圖三十六、土壤密度變因產生苞片之比例

分析：

土壤密度高的植物與密度低的植物生長狀況相似，但閉鎖苞片比例有明顯的差異。雖然土壤密度高的植株地下閉鎖花比例較少，但是地上閉鎖花比例則較多，故推論土壤的密度影響誘發閉鎖苞片的因素之一

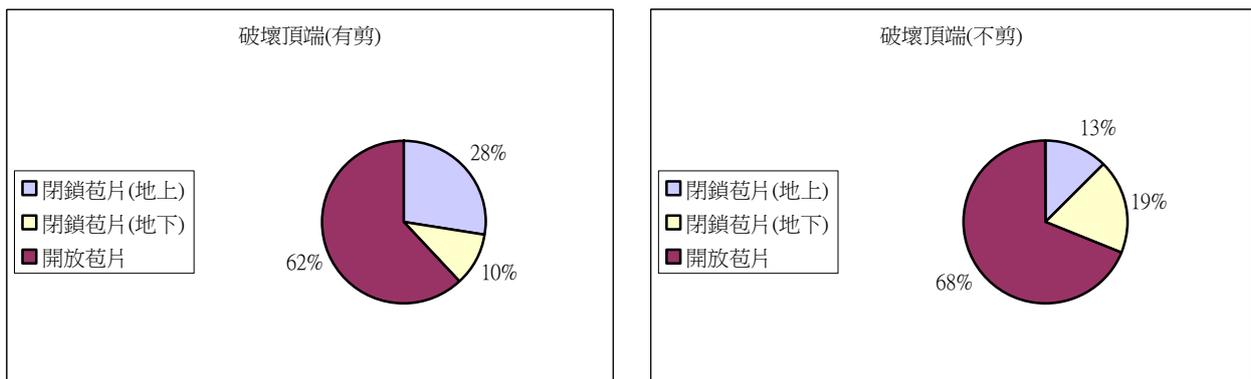
(三) 破壞植株

1. 葉片數



圖三十七、破壞植株變因的生長

2. 苞片比例



圖三十八、破壞植株變因產生苞片之比例

分析：

有破壞頂端的植物與不破壞頂端的植物生長狀況相似
但有破壞頂端植物的地上閉鎖花卻多於不破壞頂端的植物
故推論破壞頂端是誘發地上閉鎖苞片的因素之一

(四) 光線



圖三十九、遮光枝條長出地下閉鎖花

分析：原先被遮光的枝條並未長出任何旁枝，被遮光的枝條在地面上長出地下閉鎖花
確認其為地下閉鎖花之因：

- 1.大小為地下閉鎖苞片大小
- 2.苞片顏色為白色
- 3.苞片緊貼著果實
- 4.苞片無縫

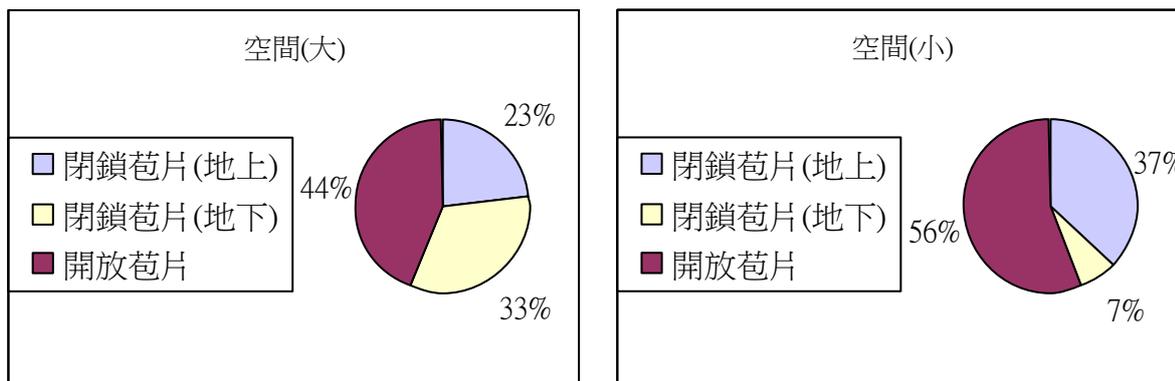
(五) 空間

1.生長狀況



圖三十九、空間變因的生長

2.苞片比例



圖四十、空間變因產生苞片之比例

分析：

空間小的植株之地下閉鎖花較少

另外用於觀察地下閉鎖花的壓克力裝置，也因種植空間過於狹窄，未有地下閉鎖花長出
故推論空間是誘發地上閉鎖苞片的因素之一

陸、討論



一、花

(一) 型態

圓葉鴨跖草有三種花，分別是開放花、地上閉鎖花、地下閉鎖花。

1. 開放花

(1) 開放花分四朵，一朵雄性花和三朵兩性花。

(2) 開放花剛綻放時雌雄蕊明顯分開，避免一開始就自花授粉，而且植株具有雄性花，在花開的時候有機會讓昆蟲來幫它異花授粉，因為異花授粉能增加它的基因多樣性，但是如果沒有異花授粉，它在中午花朵即將枯萎時雌蕊也會回彎接觸到自己的花藥自花授粉，植物藉由此機制來確保結實。

(3) Veenu Kual 等人(2000)的論文提到: "Flowers of aerial spathes are trimorphic; The oldest is male and chasmogamous, the second is hermaphrodite and chasmogamous and the youngest is hermaphrodite and cleistogamous."。他認為開放花有三朵花，最早開的是雄性開放花，第二開的是兩性開放花，第三朵是兩性閉鎖花。但是我們的開放苞片有4朵花，1朵雄性花及3朵兩性花，皆為開放花，這與我們的植株有明顯不同，也許族群之間已有差異，將與作者進一步進行聯絡確認。

2. 地上閉鎖花

(1) 地上閉鎖花生長在地面，但是其苞片不開，無法和其他花朵接觸，因此我們判斷其為自花授粉。

(2) 地上閉鎖花的花部構造大小皆介於開放花與地下閉鎖花之間，種子大小也介於開放種子與地下閉鎖種子之間，但是皆較接近地下閉鎖花。推論地上閉鎖花可能是植株由開放花演化到地下閉鎖花的一個證據。

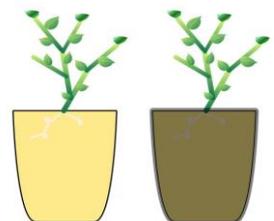
(3) Veenu Kual 等人(2000)提到: "Flowers of the diageotropic spathes are always chasmogamous, and those of the subterranean spathes are invariably cleistogamous."。他認為我們所謂的地上閉鎖花花朵是會開放的。但我們的地上閉鎖花經連續拍照，確認其花瓣不會綻放，也有待進一步和作者討論。

3. 地下閉鎖花

(1) 地下閉鎖花生長在地下，無法和其他花朵接觸，因此我們判斷其為自花授粉。

(2) 閉鎖花在型態上比開放花小，推論閉鎖花在地底下，不需要吸引傳粉者，故閉鎖花長得較小，也可節省植株花費能量在此。

(3) 地下閉鎖花觀察不易，不像開放花或地上閉鎖花一樣能逐日觀察，挖出來在暗箱中以遠紅光觀察不但不方便，也易傷害植株。我們也曾將植物種在壓克力板裡，再以黑布包覆壓克力板，想觀察閉鎖苞片的發育。但是因為壓克力板圍出的空間太小，由土壤密度的環境變因對閉鎖苞片的影響實驗中發現地下空間小的植株閉鎖花較少，而壓克力板圍成的地下空間很小，所以地下閉鎖苞片遲遲無法生長，無法進行觀測。



圖四十一、觀察地下閉鎖花的裝置

(4)未來如果要仔細觀察地下閉鎖花的發育，我們將會把圓葉鴨跖草種子種在 MS 洋菜培養基中，用黑布包住它，觀察時再在暗箱中以遠紅光進行觀察，因洋菜是透明的，比較容易觀察，且 MS 洋菜培養基充滿了養分，植物不會養份不足而死亡，而我們也會將 MS 洋菜培養基做得夠大，以利地下閉鎖苞片生長。

4.型態特徵與生存意義

(1)有許多植物都有長出閉鎖花的現象，但是其閉鎖花各不相同，所以分類學家依它們的生長特性做出了下表：

表三、兩型結實與地下結實的分類和定義

類型	亞型	名詞定義
地下開花，地下結實		完全地下結實 (full geocarpy)
地上開花，地下結實	地上開花，鑽到土裡	主動地下結實 (active geocarpy)
	地上開花，由環境掩埋至土裡	被動地下結實 (passive geocarpy)
	地上開花但子房在土裡，常和地下營養器官有關	地下芽型地下結實 (geophytic geocarpy)
地表開花，地表結實		地表結實 (basicarpy)
兩種花果，地上為開花授粉，另一為閉花授粉，地表或地下結實	地上開花、結實	氣生兩型結實 (aerial amphicarpy)
	地上及地下開花、結實	兩型地下結實 (amphi-geocarpy)
	地上及地表開花、結實	兩型地表結實 (amphi-basicarpy)

(2)雖然 Nigel(2011)的論文將圓葉鴨跖草歸類為兩型地下結實，但據我們的觀察，圓葉鴨跖草應該是兩型地表結實。

(3)推測兩型結實採用兩頭下注的策略以提高個體適應能力和適合度。

(二) 花粉可孕比例

1.閉鎖花藥在型態上比開放花小，其中花粉可孕比例較開放花低了 16.7%，推論會影響閉鎖果實中的種子數量。

(三) 花苞片

1.前期閉鎖苞片所佔比例較多，後期開放苞片比例增加，推論植物初期能量不足，先生長能量消耗較少的閉鎖花，後期能量、空間都足夠，故開放花數量增加。

2.閉鎖花在花苞發育時間上比開放花短，推論為了要較快產生子代，故縮短果實發育所需時間。

二、果實及種子

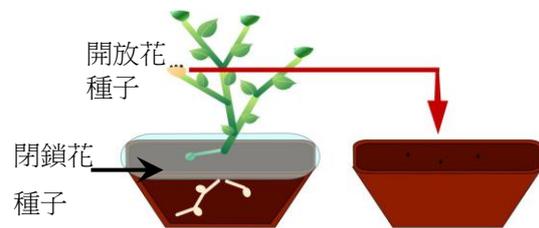
(一) 型態

- 1.果實分為三室:左腹室、右腹室、背室，左右腹室最多能各長兩顆種子，背室最多長一顆種子。
- 2.由於閉鎖花種子數量較少，多出來的養分與空間可讓授粉的胚珠有充足的空間、養分可以發育成種子，因此地下閉鎖種子在型態上比地上閉鎖種子大，地上閉鎖種子又比開放種子大。

(二) 種子的萌發速度、萌發率比較與意義

- 1.閉鎖種子在型態上比開放種子大，在萌發率上比開放種子高，萌發速度比開放花快，推論因閉鎖種子發育較佳，故萌發率較高、萌發所需時間較少。而地上種子則推測會休眠，故可錯開種子萌發時間，防止同胞在同一時間大量萌發。

- 2.未來若要驗此推測，我們會收集一植株的開放種子，並立即播種，與直接埋於土中的閉鎖種子比較，觀察種子的休眠性是否影響萌發率，並推論種子的休眠性對整體族群的助益何在。



圖四十二、開放花種子是否會休眠

(三) 閉鎖花與開放花結子率不同的探討

- 1.之前測量三種花的花粉可孕比例，發現閉鎖花的花粉可孕比例較低，推論閉鎖花花粉可孕比例較低會影響種子的數量，觀察果實及種子的發育，發現背室的種子都只有一顆，腹室的種子常常只有 2 顆，因此證實花粉可孕比例低會影響胚珠發育。
- 2.解剖閉鎖花的子房，發現有五顆胚珠，和開放花一樣。所以閉鎖花種子較少是與花粉可孕性有關，而非胚珠的數量。但是 Veenu Kual 等人(2002)的論文卻寫到: "The PG glowers have only three ovules per ovary: one per locule."。他認為閉鎖花是因為胚珠只有三顆，所以種子數目較少。和我們的觀察不同，也有待進一步和作者討論。

(四) 背室、腹室種子發育觀察及意義

- 1.背室種子起先生長較快，但到後期卻和腹室種子差不多，推論後期植物同時行光合作用獲得養分，起先的差距被縮小至無。
- 2.背室植株和腹室植株所產生的地下苞片數量差異不大，但是地上苞片是背室植株較多，推論是因為背室種子和腹室種子基因表現不同導致的差異。

(五) 不同果之種子的傳播策略

- 1.短距離擴散的地下果實和種子在母株位置萌發，長距離擴散的地上種子可以擴大分布範圍在遠離母株的適宜環境中建立種群。母株所處位置被認為是最好環境，可確保地下種子生長，應該把握住。外界的新環境有好有壞，高風險，開放種子可出去碰運氣。

(六) 型態特徵與生存意義

- 1.閉鎖花雖然能提供子代一個合適的環境，但是卻因為無法和其他植株交換基因，限制了種子基因的多樣性。
- 2.由閉鎖種子的大小及萌發率發現，植物以減少花粉可孕比例來降低胚珠發育數，使種子數量減少，藉此提升種子質量，這是閉鎖花以質取代量的策略。

三、找出誘發閉鎖花的環境因子

(一) 我們做這些實驗室為了找出閉鎖花在哪些環境下較容易誘發，並藉此找出閉鎖花的誘發機制，有別於前人只推測環境對閉鎖花的影響，而未確實設計變因研究為何會有這樣的影響。

(二) 溼度因子

- 1.從標本的採集記錄裡，發現圓葉鴨跖草的棲地有草地、乾溝、海邊、森林、路旁岩石地、稻田……。每個地區溼度不一，有的地方雨下得多，有的地方雨下得少，排水狀況也不一致，所以想了解土壤濕度是否影響閉鎖花的產生。
- 2.實驗結果顯示：濕度較低的植物生長狀況較佳。但地上閉鎖花所佔的比例卻明顯低於溼度高的植物，推論地下莖沒有葉子，耐濕，故植株在濕度高的狀況會有較多的地下閉鎖花。

(三) 土壤密度因子

- 1.由於長出閉鎖花的枝條會往土裡鑽，因此想了解植物是否能感測土壤的疏密程度，而影響閉鎖花的產生。
- 2.實驗結果顯示：土壤密度高的植物與土壤密度低的生長狀況相似，土壤密度高的植物地上閉鎖花所佔的比例高於土壤密度低的植物，但地下閉鎖花所佔比例卻顯示相反情況，推論較密的土壤不易於地下閉鎖花生長，但同時也會刺激地上閉鎖花的生長，使得閉鎖花數目維持在固定範圍內，故土壤密度為誘發因素之一。

(四) 破壞頂端因子

- 1.圓葉鴨跖草在原產地生長於稻田中，有時會被除草機去除一些枝葉，故設計此實驗，想了解植物被破壞是否會影響閉鎖花生長。
- 2.實驗結果顯示：有剪頂端的植物與不剪頂端的生長狀況相似，但閉鎖花比例卻高於不剪頂端的植物，尤其是地上閉鎖花，推論頂端被破壞，沒有頂芽優勢來抑制側枝生長，故破壞頂端為誘發因素之一。

(五) 枝條遮光因子

- 1.因地下閉鎖花長在土裡，沒有受到光照，故設計此實驗，想了解地面上的枝條在無光的情況下是否會誘發地下閉鎖花。
- 2.實驗結果顯示：有遮光的枝條會在地面上長出地下閉鎖花，推論植物未受光照，誤以為是在土裡，於是長出地下閉鎖花，故遮光為誘發因素之一。

(六) 空間大小因子

- 1.圓葉鴨跖草的棲地有的空間大，有的空間小，故設計此實驗，想了解空間大小是否影響閉鎖花的產生。
- 2.實驗結果顯示：生長空間較大的植物閉鎖花總比例較多，但是空間小的植株地上閉鎖花較多，推論：植株感測到地底空間不夠地下閉鎖花生長，於是減少地下枝條數量，並同時增加地上閉鎖花、地下閉鎖花和開放花的數量。

(七) 植株遮光因子

- 1.我們之前曾用黑布罩住圓葉鴨跖草，在暗箱用遠紅光觀察閉鎖枝條。但是圓葉鴨跖草被黑布罩住後，光合作用不足，所以植物不久後就奄奄一息，無法繼續實驗。
- 2.若有生長箱的話，可以控制不同光量，就可比較光量對閉鎖花產生的影響。

(八) 閉鎖花誘發策略

- 1.在資源有限的情況，植株會優先提供資源給閉鎖花。
- 2.在土壤貧瘠或乾旱等條件下，植株首先從早期即開始發育閉鎖花，以保證一部份種子成熟。等到環境允許時，地上部份會積累營養以確保種子的質量。

柒、結論



表四、圓葉鴨跖草以產生閉鎖花的方式提供另一種繁衍後代的過程

閉鎖花與開放花生殖構造的比較		生存策略
花	花部構造小於開放花	節省養分
	可孕比例低於開放花	節省養分、限制種子數目
花~果	生長所需時間較短	快速產生種子
種子	種子大於開放花	提升種子萌發率
	種子數量少於開放花	以量換質
	萌發率大於開放花	增加子代萌發數量
	萌發速度較開放花快	快速產生子代

表五、閉鎖花的誘發機制

環境	影響	推測原因
溼度高	誘發地下閉鎖花	地下莖較耐水
破壞頂端	誘發地上閉鎖花	無頂芽優勢
黑暗遮光	誘發地下閉鎖花	黑暗誘發地下閉鎖花
土壤密度高	不利產生地下閉鎖花	地下莖不易鑽入土裡
空間小	不利產生地下閉鎖花	地下莖無足夠空間生長

因此圓葉鴨跖草之所以演化出強韌生命力，是因：

1. 植株以少量能量產生閉鎖花，其中地上閉鎖花的產生可快速繁衍後代，地下閉鎖花的產生可確保種子的萌芽
2. 植株能因應環境的不同調控開放花及閉鎖花比例

捌、延伸探討



本研究在觀察圓葉鴨跖草的生長發育過程及比較不同環境下的生長狀況後，發現這種植物具有資源分配 (resource allocation) 的能力，至於植物調控的機制是什麼，還有待未來繼續研究，將未來的研究方面分兩項說明：

一、調控的物質是否藉由植物的輸導組織傳送

- (一) 我們看了大愛電視的「發現—等待花兒開了」，得知植物要開花，要透過開花機制所產生的 FT 蛋白及 FD 蛋白來誘導開花，但 FT 蛋白及 FD 蛋白要透過隱花色素感知光線明暗變化，建立生理時鐘，才得以產生，而植物的生理時鐘建立主要利用連續黑暗期，因此可以連續光照的方式，破壞連續黑暗期，使開花機制無法啟動，觀察是否有閉鎖花的產生，看閉鎖花的產生與開花機制有無關聯，來得知閉鎖花是否有另一套機制來控制。
- (二) FD 蛋白存在莖頂，FT 蛋白由葉片產生後，經維管束傳至莖頂與 FD 蛋白結合來誘導開花。可以利用不同枝條相互嫁接，來瞭解誘導閉鎖花的物質是否會透過維管束傳輸。

二、找出控制閉鎖花的基因

- (一) 查詢國外相關的論文，得知除了 *C.benghalensis* 之外，*C.forskalaiei* 也有閉鎖花。兩者相互比較，發現外型上兩者葉片皆為橢圓形；分布地上則有有多處同時分布的情況，特別在印度及美國，我們認為兩者在演化上有著密不可分的關係。利用基因轉譯技術，將鴨跖草屬各種植物的基因序列進行比較，可以得知不同種之間的親緣關係，同時找出只存在於 *C.benghalensis* 以及 *C.forskalaiei* 的閉鎖基因。
- (二) 閉鎖果體積較大，地上閉鎖果的發育又為最快，因此利用基因轉殖技術，也許可將閉鎖基因植入經濟作物物中，使其產生的果實較大，增加經濟效益。

玖、參考文獻及其他



- 一、左丹丹,明軍,劉春,王麗娜 (2007)。植物花粉生活力檢測技術進展。安徽農業科學 (2007年 16 期)。
- 二、譚敦炎,張揚,王愛波 (2009)。被子植物地下結實和地上/下兩型結實的生態適應意義。植物生態學報 34 期 (72-88)
- 三、Eric P. Prostko and A. Stanley Culpepper (2009). Tropical Spiderwort Identification and Control in Georgia Field Crops. http://www.caes.uga.edu/Publications/displayHTML.cfm?pk_id=7343
- 四、Nigel P. Barker (2011). A Review and Survery of Basicarpy, Geocarpy, and Amphicarpy in the African and Madagascan flora. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 92 (445-462)
- 五、Veenu Kual, A. K. Koul, and M. C. Sharma (2000). The underground flower. *GENERAL ARTICLES* vol. 78, NO. 1 (39-44)
- 六、Veenu Kual, and A. K. Koul (2009). Sex expression and breeding strategy in *Commelina benghalensis* L. *J. Biosci.* 34 (977-990)
- 七、Veenu Kual, Namrata Sharma, and A. K. Koul (2002). Reproductive effort and sex allocation strategy in *Commelina benghalensis* L., a common monsoon weed. *Botanical Journal of the Linnean Society* (403-413)
- 八、Yo-Jiun Chen (1998). A Taxonomic Study of *Commelinaceae* of Taiwan. Taiwan Normal University master thesis.

【評語】 030313

研究對象為生物課本中常提到的植物，經仔細觀察研究發現其有非常獨特三種花同在一株植物上並能進一步去追問“為什麼”，經簡單的解剖並計數種子數目及它們的大小再利用這些資料討論生物演化適應相關之問題，實為難得之作品。