

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生物（生命科學）科

佳作

040706

有其母不有其子—探討虎尾蘭彩斑遺傳

學校名稱：雲林縣私立正心高級中學

作者： 高一 胡柏頤 高一 王崇豪 高一 楊曜禎	指導老師： 夏姿婷
---	------------------

關鍵詞：虎尾蘭、無性繁殖、斑葉

摘要

無性繁殖在農業和園藝上廣泛使用，因此繁殖法可以大量繁殖且保留母株的性狀。在本次研究中，我們以常見的觀葉植物-金邊虎尾蘭(*Sansevieria trifasciata var. laurentii*)為實驗材料，並以其常用的無性繁殖法(地下莖繁殖、葉插繁殖以及組織培養)進行繁殖，結果顯示當以葉插為實驗組時，子株性狀竟與母株不同，不帶有金邊的性狀(如圖四)。另外也發現，由芽點處長出的子株(定芽)會與母株性狀完全相同。而進行葉錠浮沉實驗、葉肉組織切片觀察以及光合色素色層析實驗之後，我們推論，金邊葉肉組織因為不具有葉綠素，故養分供給不足，再生能力差，而造成葉插繁殖時，金邊斑葉性狀消失的情形。

壹、研究動機

根據國、高中生物課本所述，「無性生殖是植物體本身的細胞組織經特化和分工，產生與親代遺傳物質完全相同的子代」，故而一直以來我們都認為，經由無性生殖後的子株性狀表現會與母株完全相同。

某次在家中整理金邊虎尾蘭的花盆時，赫然發現有一株高約 10 公分的全綠色虎尾蘭苗，與旁邊帶有金邊性狀的金邊虎尾蘭有極大的差異，同時也發現這株苗的基部是從一片斷裂且掉到土面上的金邊虎尾蘭葉片長出的不定芽，這徹底的顛覆了我們對植物無性繁殖的認知，也激起我們的好奇心，因而讓我們想去瞭解其中的原因，所以設計了不同實驗以及查找文獻和蒐集資料，開始了追尋答案的旅程。

在此研究中，最主要的目的是探討無性生殖時，性狀是否一定會完全遺傳給後代，因此我們透過幾種虎尾蘭的無性繁殖方式，如：地下莖繁殖、葉插繁殖以及組織培養等來探討，另外也利用幾種實驗，如：葉錠浮沉實驗、葉肉組織切片顯微鏡觀察以及光合色素色層分析實驗等，去對照、比對及歸納，推論出其繁殖後子株金邊性狀消失的原因。

貳、研究目的

- 一、將金邊虎尾蘭以無性繁殖處理後，觀察子株金邊性狀的遺傳差異
 - (一) 地下莖繁殖。
 - (二) 葉插繁殖。
 - (三) 組織培養繁殖(金邊葉肉組織、綠色葉肉組織和頂芽)。
- 二、探討金邊虎尾蘭綠色組織與金邊組織之差異，並推論此差異對金邊性狀遺傳的影響
 - (一) 葉錠浮沉實驗。
 - (二) 綠色與金邊葉肉組織切片顯微鏡觀察。
 - (三) 光合色素色層分析實驗。

參、研究設備與器材

- 一、實驗物種：金邊虎尾蘭(*Sansevieria trifasciata var. laurentii*)

虎尾蘭屬多年生常綠肉質草本植物，具有匍匐橫展、呈褐色、半木質化的根狀地下莖，因其生性強健、耐乾旱、容易種植且具有極佳的空氣淨化能力，可以吸附在空氣中的甲醛、苯…等有害物質，故為十分常見的觀葉植物。

虎尾蘭在分類上屬於被子植物門(*Magnoliophyta*)，單子葉植物綱(*Liliopsida*)，天門冬目(*Asparagales*)，龍舌蘭科(*Agavaceae*)，虎尾蘭屬(*Sansevieria*)，金邊虎尾蘭(*Sansevieria trifasciata var. laurentii*)。虎尾蘭約有 60 多種不同變異的種類，且外觀差異甚大(如圖一~二)，例如：葉片呈現棒狀的石筆虎尾蘭(*Sansevieria stuckyi*)、整片呈現銀綠色的銀后虎尾蘭(*Sansevieria hyacinthoides Silver Queen*)…等。

而我們這次使用的物種為金邊的虎尾蘭(*Sansevieria trifasciata var. laurentii*)，其葉緣鑲有金色的斑紋，稱之「金邊」(如圖三)，葉片高度約 20~30 公分，寬 3~8 公分，為絕大多數市面與戶外見到的品種。



▲圖一、石筆虎尾蘭(圖片來源：取自網路)



▲圖二、銀后虎尾蘭(圖片來源：取自網路)



▲圖三、金邊虎尾蘭



▲圖四、無金邊的虎尾蘭

(圖三~四 圖片來源：自行拍攝)

二、 實驗設備及器材

(一) 組織培養：

電子分量分注器、微波爐、高壓滅菌釜、無菌操作臺、超音波震盪器、磁石攪拌器、pH儀、日光燈具、2L量杯、直行瓶、石蠟條、血清瓶、秤量紙、奇異筆、10ml量筒、微量滴管、滴管、電子天平、鑷子、解剖刀、酒精燈

(二) 光合色素色層分析：

榨汁機、離心機、200ml量筒、10ml量筒、長條濾紙、剪刀、鋁箔紙、解剖刀、100ml燒杯、滴管、培養皿、毛細管

(三) 葉肉組織切片，顯微鏡觀察：

顯微鏡、雙面刀片

(四) 葉插繁殖實驗：

解剖刀、培養土、花盆

(五) 地下莖繁殖實驗：

培養土、花盆

(六) 葉錠浮沉實驗：

針筒、圓形打洞器、500ml燒杯

三、 實驗藥品

(一) 組織培養：(詳細比例參見附錄一)

6-BA…10000倍濃縮液20ml

NAA…1000倍濃縮液0.1ml

KOH…1N

HCl…1N

Agar…8g

蔗糖…30g

MS濃縮液(MS micro + MSF + MSG + MS1 + MS2)

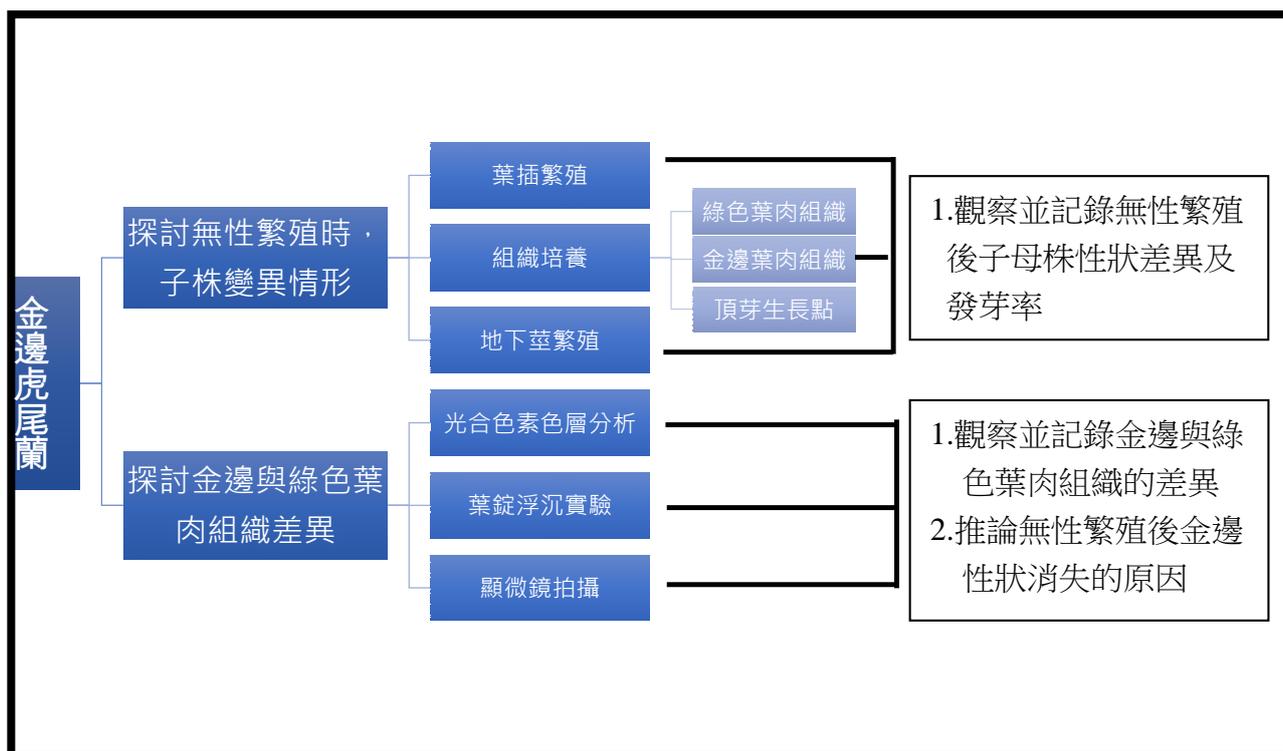
次氯酸鈉…20%

界面活性劑 (Tween20)

(二) 光合色素色層分析：

丙酮、石油醚

肆、 研究過程或方法



▲表一、研究過程概念圖

一、金邊虎尾蘭(*Sansevieria trifasciata var. laurentii*)生活史之觀察

(一) 種植與觀察金邊虎尾蘭生活史

1. 觀察金邊虎尾蘭野外自然的無性及有性繁殖方式，記錄自母株到下一代長大各階段所需要的時間或季節。
2. 觀察並拍照及畫下各階段的情形。

二、名詞解釋

(一) 頂芽：指金邊虎尾蘭生長點處。

(二) 側芽：指金邊虎尾蘭由地下莖芽點產生的芽。

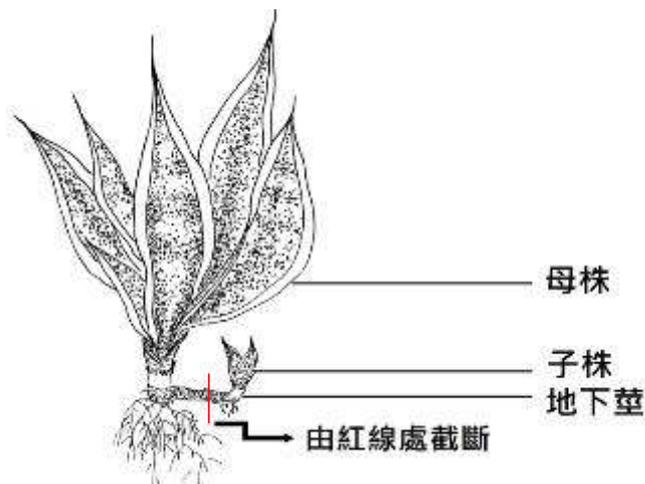
(三) 定芽：指植物芽出現的地方固定，如：生長在枝條頂端生長點、葉腋芽點、地下莖芽點…等，虎尾蘭的頂芽與地下莖側芽屬之。

(四) 不定芽：與定芽不同，此種芽只要某組織條件符合即可以出現其組織上，例如：根、葉、莖的節間，甚至組織培養的癒傷組織上。虎尾蘭葉插繁殖與葉肉組織的組織培養屬之。

三、實驗一：將金邊虎尾蘭以地下莖的繁殖方式進行處理，以觀察子株金邊性狀的差異

(一) 實驗步驟：

1. 2013 年 11 月種下 5 株金邊虎尾蘭於普通培養土中，給予充足日照以及適量水分。
2. 每個月從土壤中連根挖出，以照相機記錄下來。完成後立即種回土壤並等待下個月，待芽長成完整個體後，觀察子株金邊性狀的遺傳，並計算性狀相同率。

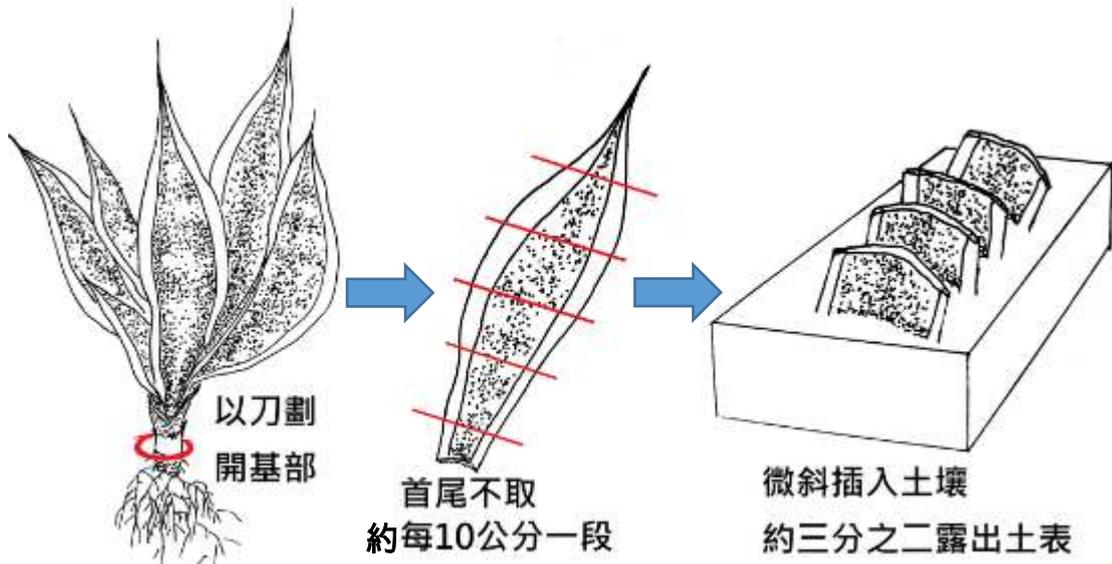


▲圖五、觀察經地下莖繁殖後子母株金邊性狀有否差異(圖片來源：自行繪製)

四、**實驗二**：將具金邊的虎尾蘭以葉插的繁殖方式進行處理，以觀察子株金邊性狀的差異。

(一) 實驗步驟：

1. 由於金邊虎尾蘭單一葉片過長，約 30 公分左右，因此採用虎尾蘭葉插繁殖最常用的裂葉插法，也就是將金邊虎尾蘭的葉片約每 5~10 公分切成一段，一片葉子約可切成 2~4 片左右。
2. 於 2013 年 9 月將 15 片的一段段葉片插於普通培養土中(如圖六)，給予充足日照以及適量水分。
3. 每個月從土壤中連根挖出，以照相機記錄下來。完成後立即種回土壤並等待下個月。待切口處不定芽生成且長至一定大小足以辨識性狀後，觀察子株金邊性狀的遺傳差異，並計算性狀相同率及發芽率。



▲圖六、金邊虎尾蘭葉插繁殖流程示意圖(圖片來源：自行繪製)



▲圖七、金邊虎尾蘭葉插繁殖實驗狀況一隅(圖片來源：自行拍攝)

五、**實驗三**：將金邊虎尾蘭以組織培養的繁殖方式進行處理，以觀察不同葉肉組織所產生的子株金邊性狀的遺傳

(一) 實驗步驟：

1. 虎尾蘭組織培養培養基配製。(如表二)
2. 虎尾蘭外植體消毒。(如表三)
3. 虎尾蘭外植體接種。(如表四)

1.計算所需藥劑的濃度與所需的量。	2.取大量杯裝入適量水，放入磁石置於磁石攪拌器上，開始攪拌。	3.以 10ml 的量筒量取 MS、6-BA 所需量，並倒入大量杯。	4.NAA 所需之量極少，使用微量滴管，並滴入大量杯。
			
5.於電子天平上量取 8g 糖倒入大量杯，之後加水定量至 1 公升。	6.將 pH 檢測儀置入大量杯，用 1N 的 KOH 及 HCL 調整酸鹼至 pH 值為 5.8。	7.完成後加入 agar，完成配藥。	8.將配藥完成之培養基置於微波爐中煮沸溶解。
			
9.將煮好之培養基分注至直行試管，並蓋上蓋子。	10.置於滅菌釜中。在 120°C 1.5atm 滅菌 15 分鐘。	11.取出後，靜置於試管架至凝固，即完成。	
			

▲表二、金邊虎尾蘭組織培養培養基配製與滅菌步驟(圖片來源：自行拍攝)

- 1.將虎尾蘭基部切開，取適當葉片清洗後擦乾，切成適當大小置於血清瓶中。
- 2.取 RO 水及次氯酸鈉以 4：1 配製後，倒入血清瓶中消毒。
- 3.滴入數滴 Tween20(介面活性劑)，助於消毒完全。
- 4.置於超音波器中震動消毒 15 分鐘，使消毒更完全。



▲表三、金邊虎尾蘭組織培養外植體消毒步驟(圖片來源：自行拍攝)

- 1.完成表三、表四之步驟後，即可取出至無塵室內，物品外圍噴灑酒精後置入無菌操作臺。
- 2.消毒鑷子及刀子時，先過 75%酒精消毒，再過 95%酒精並在酒精燈上烤至用具上殘留的酒精燒完。
- 3.將消毒完的外植體瓶內的消毒水倒出，用無菌水反覆沖洗至沒有泡沫出現。
- 4.取一滅菌紙張，將葉片夾至上頭，並將被消毒水破壞的外圍變白的組織切除。



- 5.將葉片切成每塊約 1x2 公分，切塊時須注意葉片方向，接種時顛倒不易發芽。
- 6.將其以鑷子種入直行瓶中。直行瓶打開和蓋起時，瓶口需過火。
- 7.完成後，在瓶口封上石蠟條。
- 8.寫上組別、日期，即可送到燈光區內培養。



▲表四、金邊虎尾蘭組織培養外植體接種步驟(圖片來源：自行拍攝)

	金邊葉肉組	綠色葉肉組	頂芽組
實驗組數	34	58	0
1 個月後未發霉組數	5	13	0

▲表五、金邊虎尾蘭組織培養數量數據

六、實驗四：葉錠浮沉實驗

(二) 實驗目的：探討金邊虎尾蘭綠色組織與金邊組織之差異，並推論此差異對金邊性狀遺傳的影響。

(三) 實驗原理：

1. 利用針筒後抽時造成針筒內的低壓，將葉肉組織的中氣體吸出後，水會填補進入，使葉錠可以沉入水中。
2. 葉片若含葉綠素，則照光即可行光合作用產生氧氣。而氣體產生觀察不易，因此置入水中觀察是否產生氣泡而浮起。
3. 虎尾蘭屬於景天酸代謝(CAM)植物，因此晚上以蘋果酸形式將大量 CO_2 儲存於液胞中，因此置於水中時也不會缺乏 CO_2 。

(四) 實驗步驟：

1. 取 2 個 500ml 的燒杯裝水約 300ml 備用。
2. 將虎尾蘭金邊及綠色葉肉組織分別用打洞機打出 3 個圓片，稱之「葉錠」，置於加水 10ml 及幾滴界面活性劑於針筒中，堵住針頭，用力將活塞向後抽，使葉肉組織的空隙中氣體被吸出，而水則填補進入，葉錠沉入水中。
3. 將葉錠分別置入兩燒杯，置陽光下 15 分鐘以上，實驗時間在有陽光的早晨為佳。



▲圖八、葉錠實驗步驟 2 狀況



▲圖九、葉錠實驗步驟 2 狀況

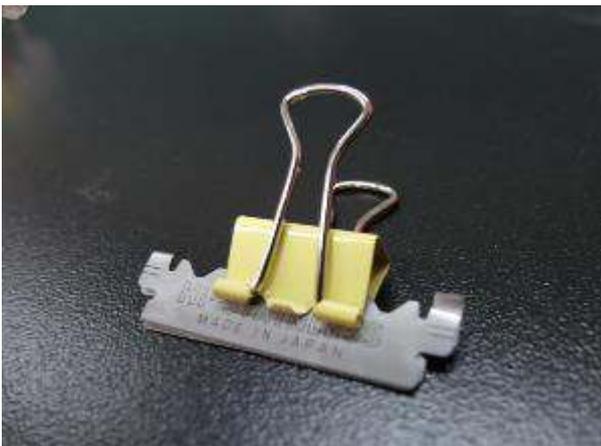
(圖八~九 圖片來源：自行拍攝)

七、實驗五：切片顯微鏡觀察攝影實驗

(一) 實驗目的：探討金邊虎尾蘭綠色組織與金邊組織之差異，並推論此差異對金邊性狀遺傳的影響。

(二) 實驗步驟：

1. 先利用解剖刀切塊，再以雙面刀片削出切片。
2. 挑選最合適的切片組織置於在載玻片上，滴水後蓋上蓋玻片，以光學顯微鏡進行觀測，並以相機記錄。



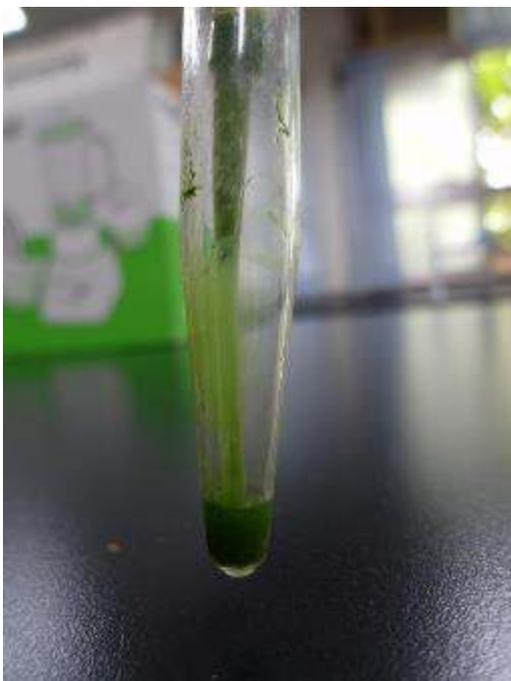
▲ 圖十、雙面刀片



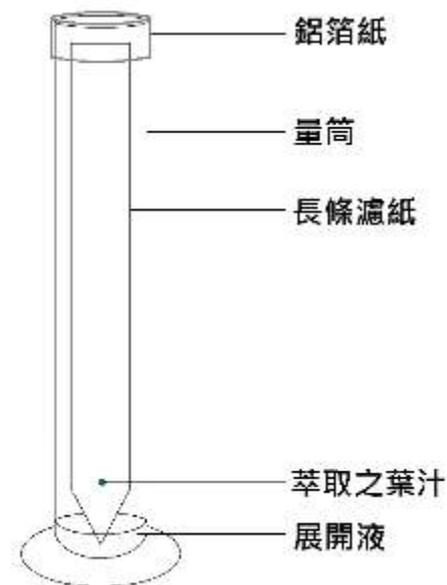
▲ 圖十一、切片組織
(圖十~十一 圖片來源：自行拍攝)

八、實驗六：光合色素濾紙色層分析

- (一) 實驗目的：探討金邊虎尾蘭綠色組織與金邊組織之色素含量之差異，並推論此差異對金邊性狀遺傳的影響。
- (二) 實驗原理：利用光合色素的化學性質差異，其隨展開液移動速度快慢的不同而將色素分子分離，因為色素的分子量和極性不同所導致。
- (三) 實驗步驟：
1. 由於虎尾蘭葉厚多汁又多纖維，不易烘乾磨碎，因此我們使用榨汁機榨汁，接著將榨出的葉汁在離心數小時後，吸出下層含光合色素之濃縮葉汁置於培養皿上備用。
 2. 配置展開液，4.5ml石油醚和0.5ml丙酮（石油醚：丙酮=9：1），置於100ml量筒中，量筒口以鋁箔紙密封後備用。
 3. 取一長條濾紙，將前端剪成尖形，用毛細管吸取萃取後的葉汁，點一滴在離尖端3公分處，重複幾次並盡量讓點的面積越小越好。
 4. 將濾紙放入含有展開液的量筒，然後用鋁箔紙封口。
 5. 約過20分鐘後，觀察並拍照記錄。



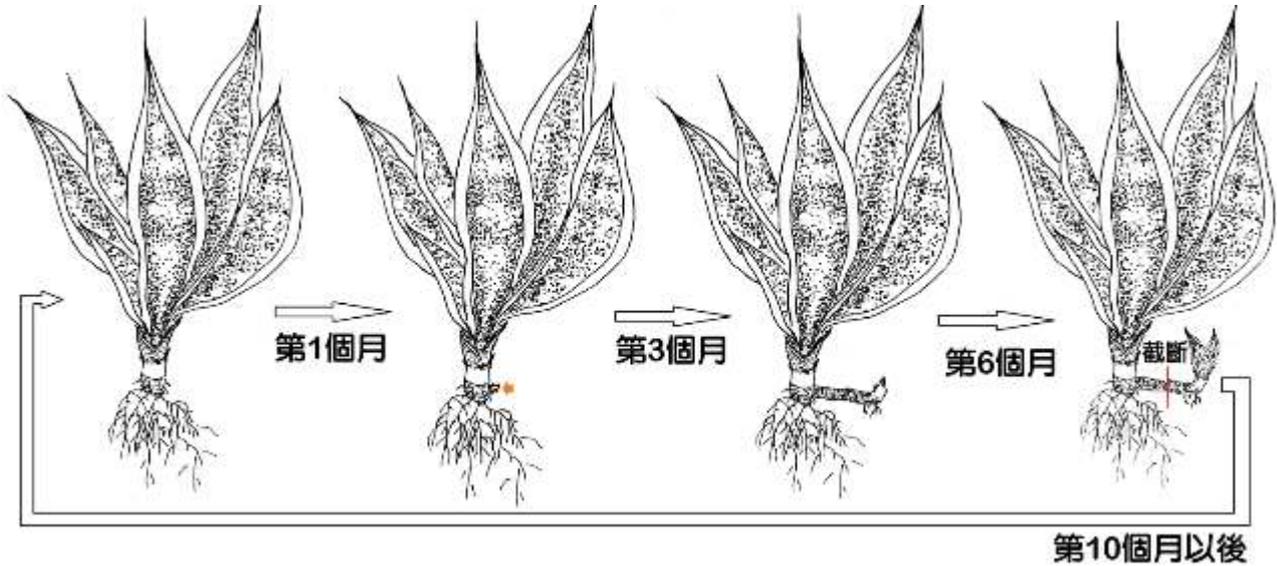
▲圖十二、含光合色素之濃縮葉汁
(圖片來源：自行拍攝)



▲圖十三、色層分析裝置
(圖片來源：自行繪製)

伍、研究結果

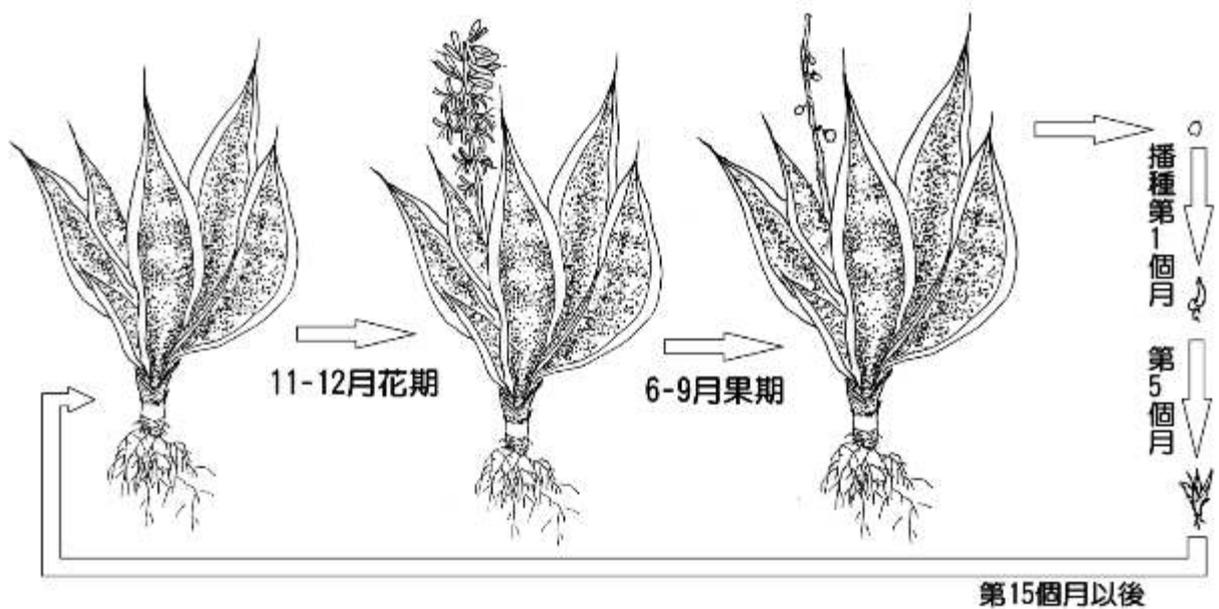
一、 金邊虎尾蘭無性繁殖(地下莖繁殖)生活史觀察：



▲圖十四、虎尾蘭地下莖繁殖生活史(圖片來源：自行繪製)

二、 金邊虎尾蘭有性繁殖生活史觀察：

花為綠白色，3~8 朵簇生，在花序軸上排列成總狀花序，花期約 11~12 月，果實為球形橘色小漿果。



▲圖十五、虎尾蘭有性繁殖生活史(圖片來源：自行繪製)

三、 實驗一：將金邊虎尾蘭以地下莖的繁殖方式處理，以觀察子株金邊性狀的差異

(一) 實驗結果

1. 第一個月，發現有白色芽點自土內的地下莖側邊冒出。
2. 第三個月，約長 3 公分，可看到未出土的芽點持續伸長，地下莖長到一定長度後便向上生長，並且有葉片分出的跡象。
3. 第八個月，可看出成熟且完整的子株，約高 15 公分，且性狀與母株完全相同，帶有金邊。



第一個月，地下莖長出的芽點 (2013.12)

第三個月，芽點的成長情形 (2014.02)

第八個月，芽點長成成熟的植株(左) (2014.07)

▲圖十六、地下莖繁殖後，子代生長情形 (圖片來源：自行拍攝)

(二) 實驗分析

- 1.子株由側芽長出，與母株遺傳性狀完全相同，性狀相同率為 100%。
- 2.分株(地下莖)繁殖方式，是野外繁殖金邊虎尾蘭最常見的方式，也是繁殖或販賣虎尾蘭的商人最常用的方式，因為性狀可穩定遺傳。

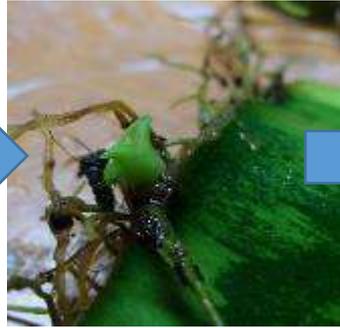
四、 實驗二：將具金邊的虎尾蘭以葉插的繁殖方式進行處理，以觀察子株金邊性狀的差異

(一) 實驗結果

- 1.三個月後，即可看到切面處長出許多的不定根，但可以發現不定根都長於綠色部分葉片的切面處，金邊的切面處則不發根。
- 2.五個月後，即可看到有不定芽自切面長出，約長 0.5~1 公分，每段母葉約能長出 1~2 個芽。而在我們的實驗中，全部的芽皆發自綠色部分葉片的切面。
- 3.八個月後，埋於土中的芽持續伸長且長大，拉出一小截的地下莖後便向上生長，破出土壤，並且長至約 5 公分的全株綠色無金邊的虎尾蘭苗。而自八個月起，原母株的葉片開始逐漸腐爛，最後與子株脫離，如圖十七~圖十八。



三個月後，長出不定根
(2013.12)



五個月後，長出不定芽
(2014.05)



八個月後，子株已大略成熟，
母葉也漸漸腐爛(2014.08)

▲圖十七、葉插繁殖後，子株生長情形 (圖片來源：自行拍攝)



▲圖十八、多株葉插實驗情形細拍 (圖片來源：自行拍攝)

(二) 實驗分析

1. 子株由葉片下方切口處長出，屬於不定芽，且與母株遺傳性狀不同，金邊的性狀消失，子株性狀與母株相同率 0%，子株與發芽處組織顏色相同率 100%，而葉插發芽率約 46.7%。

五、 **實驗三**：將金邊虎尾蘭的不同組織分開後，分別以組織培養的繁殖方式進行處理，以觀察子株金邊性狀的差異

(一) 實驗結果：

1. 綠色組：如圖十九 組織培養五個月後 (2013.09)，子株為全綠色。
2. 金邊組：如圖二十 組織培養五個月後 (2013.09)，子株為全金色。



▲圖十九、綠色葉肉組織經組織培養 5 個月後 (圖片來源：自行拍攝)



▲圖二十、金邊葉肉組織經組織培養 5 個月後 (圖片來源：自行拍攝)

(二) 實驗分析：

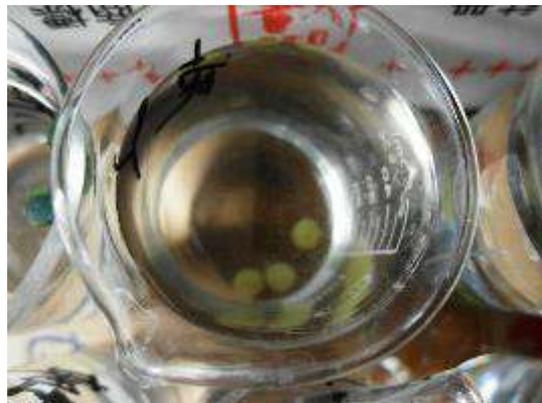
1. 綠色和金邊葉肉組織經組織培養後，子代皆由癒傷組織長出，屬於不定芽。頂芽組織培養後，為原本生長點繼續發展而成，屬於定芽。
2. 綠色葉肉組織長出皆為純綠色；而金邊葉肉組織長出皆為純金色。除了頂芽組織外，子株性狀與母株(帶金邊)相同率 0%，子株與發芽處組織顏色相同率 100%，而組織培養發芽率約 19.5% (因組織培養易發霉失敗，故發芽率偏低)。

六、 實驗四：葉錠浮沉實驗

(一) 實驗結果：



▲圖二十一、綠色葉肉組織組：葉錠浮出水面，並快速且持續的自葉肉間冒出細微氣泡



▲圖二十二、金邊葉肉組織組：葉錠仍沉於水中，完全無任何變化
(圖二十一~二十二圖片來源：自行拍攝)

(二) 實驗分析：

1. 金邊部分組織無葉綠素能夠行光合作用，因此無法冒泡而上浮。

七、 實驗五：徒手切片，顯微鏡觀察實驗

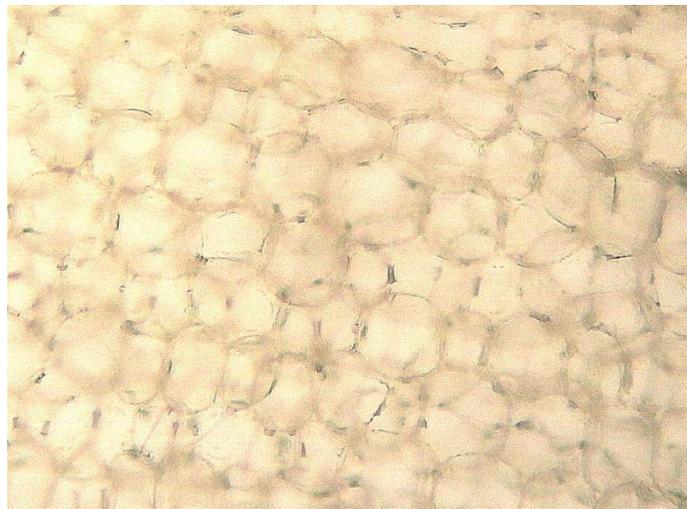
(一) 實驗結果：(圖片來源：自行拍攝)2014.01



▲圖二十三、金邊與綠色組織交接處顯微鏡觀測結果(放大倍率:100 x)



▲圖二十四、綠色葉肉組織顯微鏡觀測結果(放大倍率:400 x)



▲圖二十五、金邊部分葉肉組織微鏡觀測結果(放大倍率:400 x)

(圖二十三~二十五 圖片來源：自行拍攝)

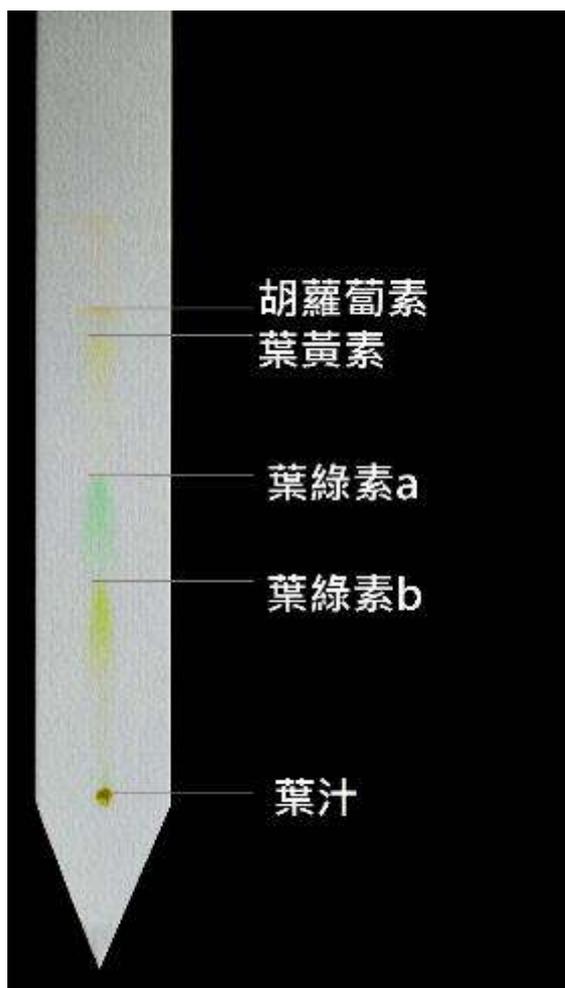
(二) 實驗分析：

1. 由綠色葉肉組織局部放大圖中可以觀察到明顯且多量的葉綠體分布於葉肉細胞中。
2. 而由金邊葉肉組織局部放大圖中則未發現葉綠體分布，葉肉組織僅呈現棕白色。

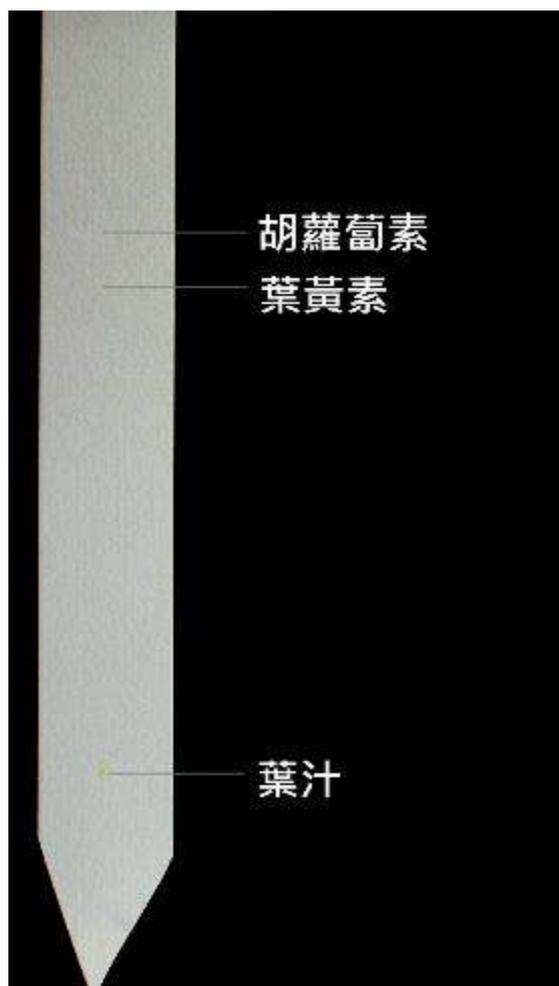
八、 實驗六：光合色素色層分析實驗

(一) 實驗結果：

1. 在綠色組的色層分析結果可以看出四種色素均十分明顯的被分離出來。
2. 金邊葉肉組織的色層分析結果中，葉綠素 a 和葉綠素 b 均觀察不到，但肉眼可以觀察到極淡的葉黃素與胡蘿蔔素，但兩者濃度均不足被相機呈現出來，甚至連葉汁都十分不明顯。



▲圖二十六、綠色組



▲圖二十七、金邊組

(圖二十六~二十七圖片來源：自行拍攝)

(二) 實驗分析

1. 從上述實驗結果可以看出，綠色葉肉組織中四種光合色素皆可以觀察到，但金邊葉肉組織中則無葉綠素，甚至葉黃素及胡蘿蔔素也極不明顯。此實驗結果再次印證金邊葉肉組織因缺乏光合作用所需色素，而無行光合作用產生氧氣和醣類。

陸、討論

一、 將三種無性繁殖方式(地下莖繁殖、葉插繁殖和組織培養)與結果整理如表六，可以發現使用不同的無性繁殖方式，子株性狀未必會與母株完全相同。

無性繁殖方式	發芽率	發芽位置	定芽與否	子株性狀
地下莖繁殖	100%	地下莖芽點	定芽	具金邊
葉插繁殖	約 46.7%	綠色組織	不定芽	全綠色
組織培養-金邊葉肉組	約 14.7%	金邊組織	不定芽	全金色
組織培養-綠色葉肉組	約 22.4%	綠色組織	不定芽	全綠色
組織培養-頂芽組	失敗	頂芽生長點	定芽	具金邊

【註】:地下莖繁殖時的發芽不定期，但最後都有長出側芽。

▲表六、三種無性繁殖方式的結果分析比較

- (一) 由上表可以看出，金邊虎尾蘭無性繁殖時，只要產生的芽屬於不定芽，子株性狀就會與發芽位置的組織性狀相同；而產生的芽若為定芽(來自芽點)時，子株性狀就會帶有金邊，也不會有全金色的情形，與母株完全相同。
- (二) 在葉插繁殖中，不定芽在金邊或綠色部分長出的機率理論上應差不多，但實驗結果發現，葉插實驗中時金邊葉肉組織發芽率為 0%，這可能是因為金邊組織與原本的綠色組織具有不同的遺傳和組織特性，致使金邊組織沒有能力發芽，因此利用葉錠實驗、光合色素色層分析與顯微鏡觀察實驗來探討何種原因導致葉插繁殖的此種結果。
- (三) 組織培養的實驗結果顯示：
1. 金邊葉肉組織並非完全無法發芽，而是因為無法行光合作用，沒有產生醣類養分的能力，若能以培養基提供足夠的養分及激素，則金邊葉肉組織亦可順利發芽成長。
 2. 組織培養的頂芽組由於消毒困難，處理困難，大量材料取得不易等等問題，因此並沒有成功，若能成功則可作為一對照組。模擬地下莖繁殖時的狀況(同屬於定芽)，應能長成具有金邊的虎尾蘭，如圖二十八 (陳俊仁,2002)。



▲圖二十八、頂芽組，理論上可長成帶有金邊的虎尾蘭(圖片來源：取自網路)

(四) 而在虎尾蘭無性繁殖(地下莖繁殖、葉插繁殖和組織培養)的實驗中，因為虎尾蘭生長速度在大多草本植物中算是緩慢的，因此難以二重複比較確認。

二、 金邊與綠色葉肉組織間差異

- (一) 從葉錠浮沉實驗結果中，可以得知綠色葉肉組織具有行光合作用並產生氧氣的能力，故可使葉錠浮起，而金邊組織無法行光合作用，無法產生氧氣，葉錠未能浮起。
- (二) 根據顯微鏡觀察金邊組織與綠色葉肉組織切片的實驗，可以發現綠色葉肉組織細胞內含有許多清晰可見的葉綠體，而金邊組織則沒有。故導致金邊部分組織無法行光合作用。此結論亦可印證葉錠浮沉實驗中，金邊組織的葉錠無法浮起的現象。
- (三) 光合色素色層分析結果發現綠色葉肉組織具有完整的光合色素，反之金邊組織，缺少葉綠素 a 及葉綠素 b，因此金邊組織無法行光合作用。

三、 由金邊與綠色葉肉組織間差異分析，推論葉插繁殖時金邊性狀消失的原因

- (一) 金邊處細胞由於缺乏葉綠素，使得逆分化、分化或分裂時速度極慢或不發生，也可能是因為缺乏養分及依賴供給的來源等因素，以致於葉插時金邊處細胞無法長出不定芽。但是組織培養的培養基可以供應所有養分及多種激素，才得以由金邊處長出不定芽，但是發育仍較為不佳，且自培養試管中移出至正常環境，會迅速枯萎死亡。
- (二) 葉插實驗中，子母株之性狀不同，其原因可能是因為金邊組織無葉綠素，無法行光合作用，也因此造成金邊組織的醣類養分必須依賴綠色組織，進而導致金邊組織本身的活性不佳，因此在正常情形下葉插不易長出不定芽。
- (三) 經查詢文獻後得知「金邊是由嵌合變異而來。變異後的斑紋處細胞已與原來綠色部分細胞具有不同的遺傳性質，因此，由綠色部分再生的小植株為全綠色。而帶斑紋的葉片扦插再生的小植株金邊消失，其根本原因就在於金邊部分的細胞不含葉綠素，進行光合作用自製養分的能力差，再生的能力遠遠低於綠色組織部分。」(謝桑煙,1998)

四、 斑葉植物

(一) 植物界中，也存在許多類似虎尾蘭具有金邊、白色條紋等的植物，這些植物稱為「斑葉植物」，常見的包括：斑葉秋海棠、斑葉榕、粗肋草、銀邊草、斑葉印度橡膠樹、斑葉九重葛、黃紋萬年麻.....等等非常多種。學者 Hara 是第一位從解剖結構來探討斑葉植物，認為斑葉的形成原因主要有下列機制：1.葉綠素類型、2.色素有無、3.細胞間隙類型，前兩類和色素有關而後者則與組織排列產生的間隙有關，例如：彩葉草(圖二十九)的斑葉成因即是和花青素有關，而本研究的金邊虎尾蘭的金邊斑葉性狀則與葉綠素有關；另外斑葉秋海棠(圖三十)的斑葉成因即是與細胞間隙有關(包尚弘,2012)。



▲圖二十九、彩葉草

(斑葉成因為細胞內色素含量多寡不同)



▲圖三十、斑葉秋海棠

(斑葉成因為細胞間隙排列不同所致)

(圖二十九~三十圖片來源：自行拍攝)

(二) 若斑葉的成因是因葉肉細胞間具有細胞間隙之存在，則植物淺色斑的部分內含空氣，造成光學反射問題，導致斑葉處肉眼看起來較淺，但其實細胞仍是同質的，只是排列不同，仍可行光合作用。但虎尾蘭的金邊則並非因金邊葉肉組織具有細胞間隙，此可由葉錠浮沉實驗以及金邊處組織切片確定。

(三) 既然斑葉處行光合作用的能力不佳，那麼何以植物要形成斑葉呢？有學者認為主要是因為斑葉可以讓掠食者產生視覺上的錯覺，植物葉片上的白色斑點猶如蟲卵，使得想產卵的昆蟲錯認葉片上已經有蟲卵，進而放棄在這片葉子上產卵，以免卵被更早孵化的幼蟲食取。研究者調查生長於北美自然環境中葉片具有白色斑點或不具斑點的維吉尼亞水葉草(*Hydrophyllum virginianum*)，發現沒有斑點的葉片被動物取食的機會是有斑點的兩倍。(秋海棠的光學魔術)

五、 未來展望

(一) 要探討金邊與綠色葉肉組織差異，最根本也是最完整的方法之一，便是探討兩部分基因體是否不同，也就是可以透過 DNA 電泳來實驗，但由於染色體過大、基因條帶過多判讀不易、設計引子困難、設備借取困難等，故未進行此實驗，但盼未來有機會能朝向此一方向進行研究。

柒、結論

一、金邊虎尾蘭無性繁殖(地下莖繁殖、葉插繁殖、組織培養)的實驗得知：

- (一) 進行無性繁殖時，子株性狀與母株未必相同，例如葉插繁殖時，子株的性狀與母株不同，不帶有金邊性狀，為全綠色植株。
- (二) 產生的芽若屬於不定芽，子株性狀就會與發芽位置的組織性狀相同；而產生的芽為定芽(來自芽點)時，子株性狀就會帶有金邊，與母株完全相同。
- (三) 具金邊的虎尾蘭因較有特色，銷路較佳，然而若使用葉插、組織培養等方式進行無性繁殖時，卻往往導致金邊遺傳性狀不穩定，而虎尾蘭的有性生殖亦不多見，開花結籽不易，故商人們偏好使用地下莖進行分株繁殖，使金邊性狀穩定的遺傳給子株，然而繁殖效率不高仍是最大問題。

二、分離金邊虎尾蘭金邊與綠色葉肉組織進行切片顯微鏡觀察、葉錠浮沉實驗以及光合色素色層分析實驗結果推論：

- (一) 金邊虎尾蘭金邊性狀的成因為此處缺乏葉綠素所致。
- (二) 分析比較金邊與綠色葉肉組織後發現綠色部位具有完整的葉綠體和光合作用的色素，且可在光照下進行光合作用，金邊處則否。
- (三) 葉插繁殖後，子株金邊消失的可能原因為金邊的葉肉組織因缺乏葉綠素，導致光合作用無法進行，缺乏醣類等養分而必須依賴綠色組織，故再生能力差，不易長出不定芽。因此只能從綠色葉肉處長出全綠色植株。

捌、參考資料及其他

- 一、陳俊仁、謝桑煙(2002)。原生切葉植物組織培養繁殖技術。臺南區農業專訊第 40 期，p1-5。
瀏覽日期 2015.2.11。
<http://book.tndais.gov.tw/Magazine/mag40-1.htm>
- 二、耿開友(2014)。保持金邊虎尾蘭金邊不消失的繁殖方法。安徽農學通報。瀏覽日期 2015.2.11。
<http://wenku.baidu.com/view/d194f2605a8102d277a22f40.html>
- 三、阿簡生物筆記：用浮沉葉錠測量光合作用和呼吸作用。瀏覽日期 2013.9.20。
http://a-chien.blogspot.tw/2011/10/blog-post_6314.html
- 四、包尚弘(2012)。秋海棠科植物葉片結構、斑葉機制與特殊葉綠體的探討。未出版。國立嘉義大學。
- 五、2014 科學人雜誌編輯推薦：秋海棠的光學魔術。瀏覽日期 2015.2.11。
<http://sa.ylib.com/MagCont.aspx?Unit=featurearticles&id=2364>
- 六、趙大衛等(2014)。基礎生物。臺南：翰林。
- 七、圖一，石筆虎尾蘭，照片來源。瀏覽日期 2015.2.9。
<http://pro.casa.abril.com.br/group/produtorescoleccionadoresdebromliaseorquideas/forum/topics/lanca-de-sao-jorge-sansevieria>
- 八、圖二，銀后虎尾蘭，照片來源。瀏覽日期 2015.2.9。
<http://blog.xuite.net/smile27/flower/206990696-%E9%8A%80%E5%90%8E%E8%99%8E%E5%B0%BE%E8%98%AD>
- 九、謝雄輝、溫清英(2011)。金邊虎尾蘭的組織培養和快速繁殖。瀏覽日期 2013.9.10。
<http://www.mznks.com/zx/2011/264.html>

附錄一

藥品名稱	濃縮液稀釋倍數	每公升所需濃縮液	實際培養基濃度
MS micro	1%	10ml	100ppm
MSF	0.5%	5ml	25ppm
MSG	0.5%	5ml	25ppm
MS1	2%	20ml	400ppm
MS2	0.5%	5ml	25ppm
6-BA	0.01%	20ml	2ppm
NAA	0.1%	0.1ml	0.1ppm
蔗糖		8g	0.8%
洋菜膠		30g	3%

▲表七、金邊虎尾蘭組織培養培養基配方

【評語】 040706

1. 非常有趣的作品。
2. 加強實驗紀錄的整理。
3. 如果在基因體變異的驗證上有確切的證據，將大幅提升作品的完整性。