

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生物科

030321

一"葉"之間

-石蓮花葉片年紀對再生芽發育的影響

學校名稱：屏東縣立恆春國民中學

作者： 國一 劉以寧 國一 陳子涵 國一 洪瑞伶 國一 王玉萱	指導老師： 傅士峰
-------------------------------------------------------------	------------------

關鍵詞：石蓮花、年紀、造型園藝

作品名稱：一"葉"之間---石蓮花葉片年紀對再生芽發育的影響

摘要

石蓮花的葉片，在自然的狀況下能夠經由無性生殖，在掉落葉片的基部，自然地長出再生芽和再生根，本實驗想要探討：葉片的成熟度與年輕的葉片產生再生芽和再生根的能力是否相同呢？我們首先發現植株下方為較成熟的葉片，上方為年輕的葉片，結果顯示成熟的葉片具有較佳的再生芽分生能力，有趣的是，再生芽的分生能力，在年輕的葉片則隨之遞減，即使如此，年輕的葉片仍然具有產生再生根的能力。更發現，石蓮花葉片置於完全乾燥的培養皿上，產生再生芽和再生根的能力遠勝過於加水的濕潤培養皿。本研究也觀察到石蓮花葉片能進行稼接並自然癒合的科學現象，並提出此原理能作為多肉植物造型園藝上的應用與開發。

壹、研究動機

在動物的世界中，不同年齡的個體或組織（如：成熟及年輕的細胞），具有不同的細胞分裂能力或分化成各種器官的能力或生殖潛能，例如：幹細胞。幹細胞是一種具有增殖、自我修復、大量製造及分化後代能力的細胞。這項能力被科學家認為，在未來的日子裡，可望被應用於治療癌症、帕金森氏症、中風、心臟病等多項疾病以及組織器官再生上，所以在目前的生物醫學界上，已經引起多方的注意與討論。在各種形式的幹細胞中，最多才多藝的就屬「胚胎幹細胞」，而最早的胚胎幹細胞是在 20 多年前從小鼠的胚胎中分離出來的。由於胚胎幹細胞保有製造體內任何類型細胞的潛在能力，因此它們是多能性的 (Lanza, 2004)。

在植物界中，成熟與年輕的植株或器官也具有不同的發育潛能及逆境抵抗能力，例如；當植物成熟時才具有開花與結果的生殖能力。而裸子植物紅杉木的年輕的莖，經由組織培養的方式，具有形成根的能力，而較老的莖則失去了長根的能力 (Huang et al., 1992)。此外更有研究指出成熟的阿拉伯芥植株具有較佳的對抗細菌能力 (Rusterucci et al., 2005)。在植物器官再生能力的研究中，大部分是利用激素或生長素來誘導形成癒傷組織、再生根或再生芽 (Sugiyama, 1999)，很少植物器官再生能力的研究是利用植株的葉片在自然的情況下，而且未經任何激素處理來進行器

官再生能力的探討(胡思元等, 1998)。

石蓮花的葉片和落地生根的葉片，具有很強韌明顯的自然再生能力，能分裂產生再生芽，與再生根，非常適合作為器官再生能力探討實驗的材料。國中一年級自然與生活科技課本第二冊，第一章生殖，也因此利用落地生根和石蓮花做為植物無性繁殖的材料與例子，石蓮花為景天科多肉植物，除觀賞外，石蓮花的葉片還可作為生機飲食的食材，再生芽，或再生根可由葉片基部產生，進而產生一株完整的植株，而落地生根則由葉緣缺刻處長出新的再生根與再生芽，進而產生一株小苗。落地生根與石蓮花產生再生根與再生芽的過程是相當快速的，約 10 天，且易觀察，於是我們想要了解成熟與年輕的石蓮花葉片是否具有不同的再生能力？成熟與年輕的葉片他們產生再生根與再生芽的能力是如何呢？在黑暗與乾燥的環境他們是否還具有產生再生根與再生芽的能力呢？藉由本實驗來了解成熟及年輕的葉子他們所具有的再生能力。

貳、研究目的

本實驗主要想要利用取得容易，且具有再生能力的植物材料，石蓮花與落地生根植株的葉片，來瞭解植物是否也與動物一樣？組織細胞的年紀能影響器官再生的能力。想要探討的問題與研究目的如下所列：

- 一、如何定義石蓮花植株成熟葉片與年輕的葉片？
- 二、探討成熟的石蓮花葉片產生再生芽與再生根的能力？
- 三、探討年輕的石蓮花葉片產生再生芽與再生根的能力？
- 四、乾燥培養的石蓮花葉片是否能形成再生芽與再生根？
- 五、環境因子對石蓮花葉片再生能力的影響？
- 六、探討成熟與年輕的落地生根葉片的再生能力？
- 七、探討成熟與年輕的石蓮花葉片稼接並自然癒合的能力與應用？

參、研究設備及器材

一、石蓮花材料：

石蓮花(*Graptopelalum paraguayense*)材料由一年級同學 1 年 4，7，10，11 班同學提供，其中有一位同學（1 年 7 班）從家中帶來一株具有許多分株的石蓮花葉片，由於材料均一，每株石蓮花植株具有幾乎相同的葉片數量，而且發育時期也一致，因此適合作為實驗材料，依此植株來進行實驗。

二、落地生根材料：

落地生根(*Bryophyllum pinnatum*)植株(植株高度 20~30 cm)也由國中 1 年 7 班同學所提供,此落地生根植株具有對生葉片,因此有助於一次採集與培養二片相同發育時期的葉片。

三、石蓮花植物型態彩繪：

石蓮花植株約有 17~24 片葉子(8~10 cm)、水彩筆與顏料、畫紙、黑色簽字筆、鉛筆。

四、石蓮花葉片培養：

塑膠盒(45 cm×25 cm)、圓型培養皿(直徑 9 cm)、方型木盒(黑暗處理用)、紗布、抽取式衛生紙、鈍頭與尖頭鑷子。

五、攝影觀察：

數位相機具有微距色影模式(SONY Super SteadyShot DSC-T100)、黑色布料作為照相佈景用、30 公分直尺於照相時作為比例尺用。

肆、研究過程或方法

一、石蓮花葉片的培養：

將石蓮花葉片由成熟(下方葉片)到年輕(上方葉片)依葉序編號,並依序摘下(1→n 代表成熟→年輕),先將培養皿鋪上一層濕潤的衛生紙,或塑膠盒鋪上四層濕潤紗布,再將石蓮花葉片培養於衛生紙或紗布上方,在乾燥培養處理的實驗上,則將葉片鋪排於乾燥的衛生紙上面,黑暗處裡實驗則將放有葉片的培養皿,置於黑暗的木箱中,所有的葉片培養實驗均在室內自然光的環境中進行,溫度約為 27°C。

二、石蓮花葉片再生芽與再生根生長速率及能力測量：

再生芽生長速率則以尺測量再生芽生長的長度,從芽的基部測量起至芽的幼葉頂端,此外,也將再生芽剪下,利用電子天平(精確度至 0.1g),測量再生芽的鮮重,至少選取 3 個標本來平均的測量值做為數值的平均。

三、再生根的生長能力：

再生根的生長能力,則以單一葉片產生再生根的數目為比較的基準,至少選取 3 個標本的測量值,做為數值的平均。

伍、研究結果

一、定義石蓮花植株下方為成熟葉片，上方為年輕的葉片(圖一)：

為定義並找尋石蓮花成熟與年輕的葉片，我們將數顆石蓮花植株先做植物型態觀察與描繪(圖一)，我們觀察到石蓮花的葉片為環狀排列於植株莖上，下方的葉片為較早發育，比較成熟的葉片，上方則為較晚發育，比較年輕的葉片，依此原則我們將石蓮花葉片依序編號(圖一)，下方的最成熟葉片編號為 1，依此類推，編號 n 則為最年輕的葉片，以圖一為例：葉片編號 1 為最成熟，葉片編號 17 則為最年輕的葉片。

二、成熟的石蓮花葉片具有較佳產生再生芽與再生根的能力(圖二)：

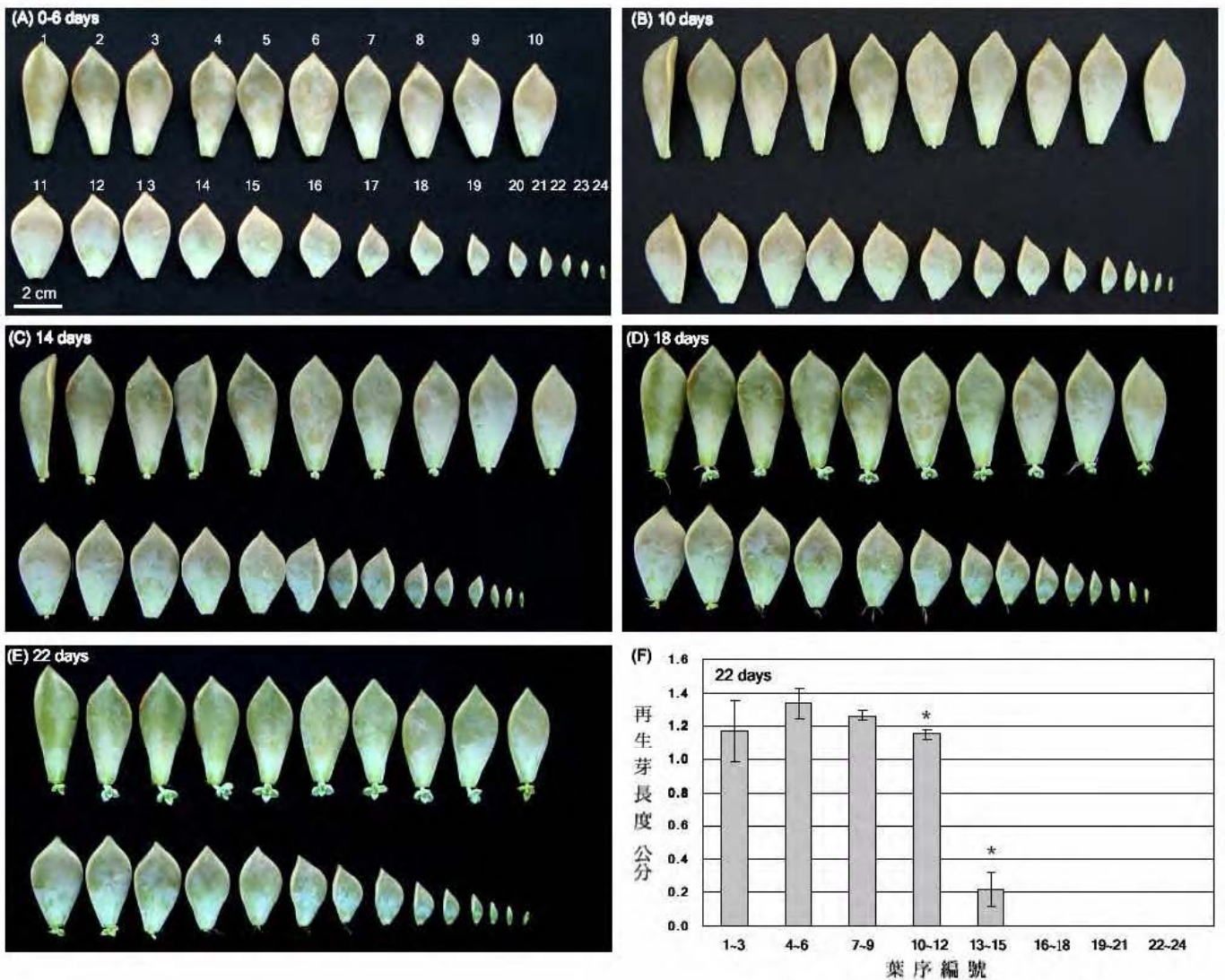
接著我們想要瞭解，成熟與年輕的葉片是否具有不同的再生能力，將一整株石蓮花葉片，共 24 片葉片，葉序編號為 1 到 24，葉片編號 1 為最成熟，葉片編號 17 則為最年輕的葉片(圖二)，成熟及年輕的葉片在 6 天培養後(圖二 A)，成熟與年輕的葉片基部仍然不變，尚未觀察到再生芽與再生根的發育。有趣的是，到了第 10 天(圖二 B)，較成熟葉片(葉序編號 1~8)首先開始產生約 1~2mm 的芽點。到了第 14 天(圖二 C)，次成熟的葉片(葉序編號 9~12)也已開始產生再生芽點，年輕葉片(葉序編號 13~24)基部仍然不變，尚未觀察到再生芽與再生根的發育。到了第 18 天(圖二 D)，成熟葉片(葉序編號 1~12)已產生旺盛的再生芽和再生根，並以分化為幼葉，年輕的葉片則往往只有產生再生根(葉序編號 13~20)的能力，而最年輕的葉片(葉序編號 20~24)仍然尚未產生任何再生芽與再生根，觀察持續到第 22 天(圖二 E)，並以再生芽的長度，來衡量產生再生芽的能力(圖二 F)，結果顯示：再生芽分生的能力以最成熟的葉片(葉序編號 1-12)為最佳，接著次成熟葉片(葉序編號 13-20)產生再生芽的能力則遞減，或甚至不具有產生再生芽的能力，年輕的葉片(葉序編號 14-20)只能形成再生根，最年輕葉片(葉序編號 20-24)則不具有任何再生能力。

三、年輕的石蓮花葉片僅具有產生再生根的能力(圖三)：

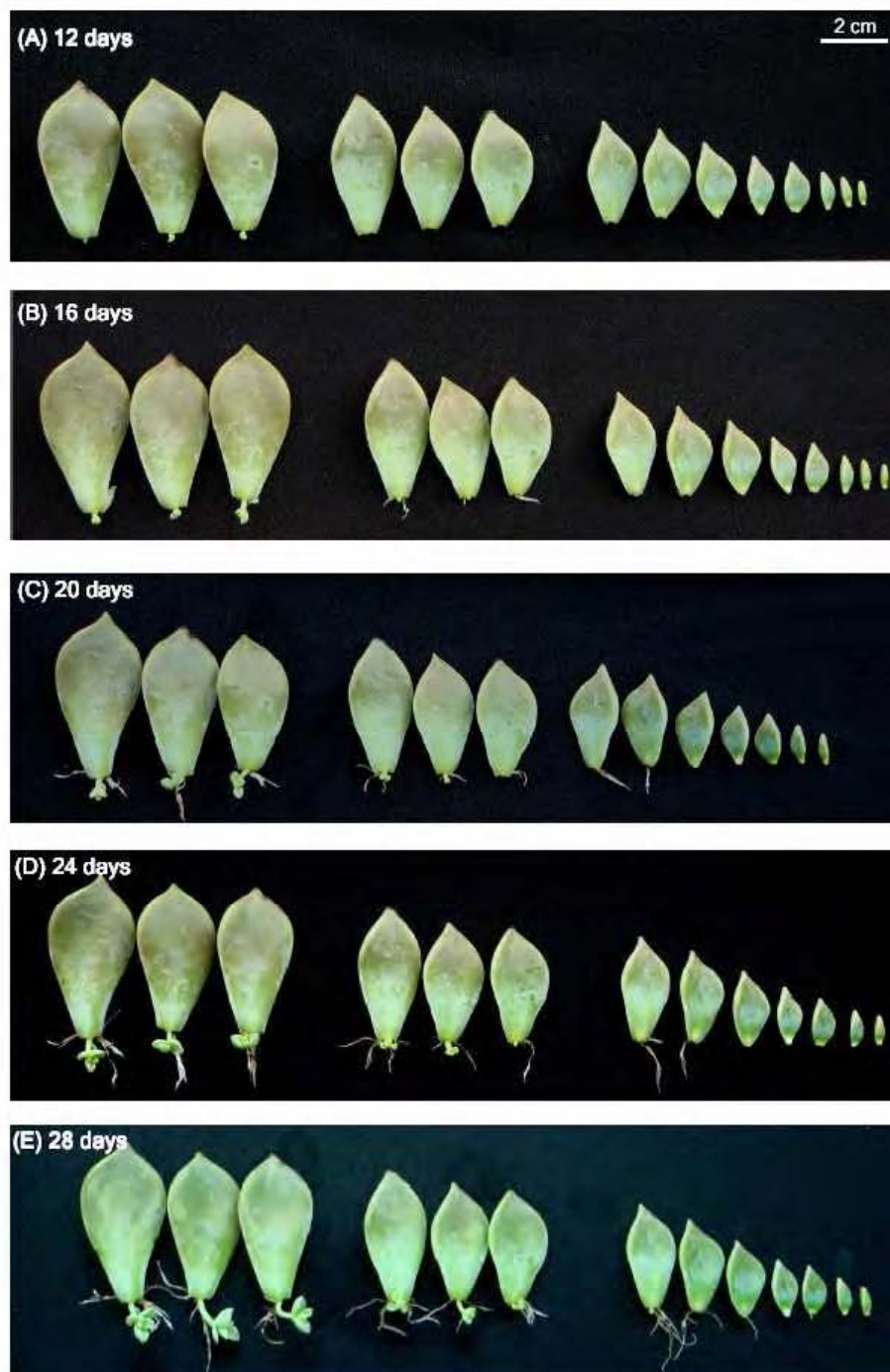
接著我們欲瞭解年輕的石蓮花葉片是否還具有任何的再生能力？於是將另一組石蓮花植株的葉片增加培養的時間，並每間隔 4 天觀察並照相紀錄，一直培養到第 28 天(圖三)，我們發現：形成再生芽的能力由成熟到年輕葉片逐一遞減，最成熟的葉片在第 12~16 天，最早發育出再生芽(圖三 A 與 B 左側)。次成熟的葉片在第 20~24 天，也開始發育出再生芽(圖三 C 與 D 中間)。最年輕葉片在第 28 天，只形成再生根，且大都尚未形成再生芽(圖三 E 右方)。多次獨立的實驗都顯示相同的結果，於是我們結論：石蓮花的葉片形成再生芽的能力由成熟到年輕葉片逐一遞減。年輕葉片，形成再生芽的能力較差，有些則失去形成再生芽的能力，但仍然能形成再生根。



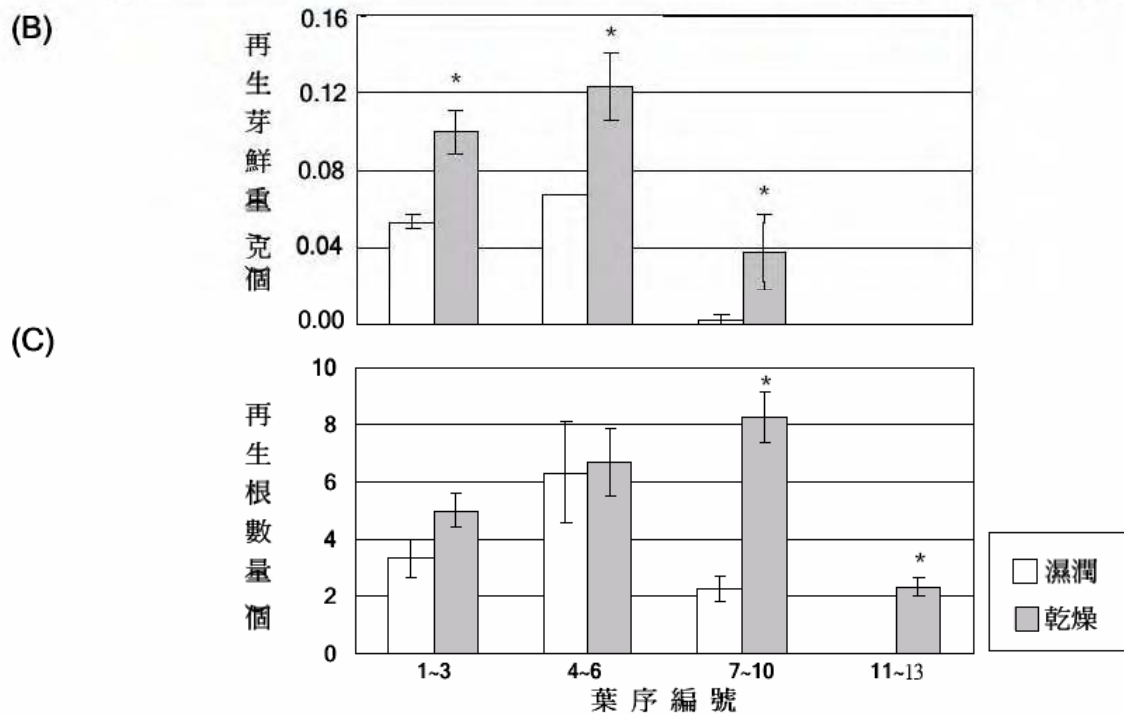
圖一: 石蓮花(*Graptopelalum paraguayense*)植株葉子發育手繪示意圖: 由植株外圍成熟葉子, 到中間年輕的幼葉。成熟的石蓮花葉片排列在植株外圍;而年輕的幼葉則排列於中央, 實驗取材時, 將葉子由成熟到年輕依序編號, 以本石蓮花植株為例, 葉序1號為最成熟的葉片, 依順時鐘方向, 以此類推, 葉序17號為最年輕的葉片, 本研究其它石蓮花植株實驗, 成熟與年輕的葉片選取, 則依此葉序原則為依據。



圖二: 發育成熟的石蓮花(*Graptopelaum paraguayense*)葉片具有較佳與快速的器官再生能力。將一株石蓮花的葉片依序摘下, 每一個葉片代表不同發育時期的石蓮花葉片, 植株下方葉片, 為成熟的葉片; 而上方為年輕的葉片, 將摘下的葉片由左方到右方依序排列, 代表著由成熟到年輕的葉片, 將葉片, 培養在 4 層溼潤的紗布上面, 於室溫 (27°C), 室內自然光下培養, 並拍照追蹤石蓮花葉片器官再生, 發育成再生芽及再生根的能力 (A) 6 天, (B) 10 天, (C) 14 天, (D) 18 天, (E) 22 天, (F) 培養 22 天後 (如 E 圖所示), 成熟與年輕石蓮花葉片(葉序編號 1~24), 再生芽長度柱形圖。比例尺如圖(A)所示, 星號表示統計數值有顯著差異, 三次獨立的重複實驗都獲得相同的結果。



圖三: 成熟和年輕的石蓮花(*Graptopelaum paraguayense*)葉片器官再生能力比較, 與近照。將一株石蓮花的葉片依序摘下, 每一個葉片代表不同發育時期的石蓮花葉片, 植株下方葉片, 為成熟的葉片;而上方為年輕的葉片, 將摘下的葉片由左方到右方依序排列, 代表著由成熟到年輕的葉片, 將葉片, 培養在 4 層溼潤的紗布上面, 於室溫 (28°C), 室內自然光下培養, 並拍照追蹤石蓮花葉片器官再生, 發育成再生芽及再生根的能力 (A) 12 天, (B) 16 天, (C) 20 天, (D) 24 天, (E) 28 天。比例尺如圖 (A) 所示, 三次獨立的重複實驗都獲得相同的結果。



圖四: 濕潤與乾燥培養的石蓮花(*Graptopelalum paraguayense*)葉片: 石蓮花葉片在乾燥的培養環境中, 所有成熟與年輕的葉片具有較佳的器官再生能力, 展現出發達的再生芽與再生根 (A)。將一株石蓮花的葉片依序摘下, 每一個葉片代表不同發育時期的石蓮花葉片, 植株下方葉片, 為成熟的葉片; 而上方為年輕的葉片, 將摘下的葉片由左方到右方依序排列(葉序 1-13), 代表著由成熟到年輕的葉片, 將葉片培養在培養皿中, 分別置於潮濕(圖 A 上方)或乾燥衛生紙(圖 A 下方), 接著於室溫 (28°C), 室內自然光下培養 21 天, 並拍照追蹤石蓮花葉片器官再生, 發育成再生芽及再生根的能力, 黃色葉序與箭頭特別表示: 乾燥的培養環境中, 能促使年輕的葉片展現發達的再生芽與再生根, 比例尺如圖所示。下方柱形圖為發育成再生芽及再生根的能力, 並以再生芽鮮重(B)與再生根數量(C)表示, 星號表示統計數值有顯著差異。

四、乾燥培養的石蓮花葉片展現出發達的再生芽與再生根(圖四)：

我們也想知道石蓮花的葉片在完全乾燥培養的環境中，是否也具有再生能力？於是將另一株石蓮花的葉片依序摘下，將摘下的葉片由左方到右方依序排列(葉序 1~13)，代表著由成熟到年輕的葉片，將葉片培養在培養皿中，分別置於潮濕(圖四 A 上方)或乾燥衛生紙(圖四 A 下方)，接著於室溫 (28°C)，室內自然光下培養 21 天，並拍照追蹤石蓮花葉片器官再生，發育成再生芽及再生根的能力，非常有趣的是：乾燥的培養環境中，能促使葉片形成發達的再生芽與再生根。此實驗也比較乾燥與濕潤培養環境中，發育成再生芽及再生根的能力，並以再生芽鮮重(圖四 B)與再生根數量(圖四 C)來作為衡量的標準，結果也顯示：在乾燥的培養環境中培養的石蓮花的葉片，再生芽鮮重(圖四 B)與再生根數量(圖四 C)，遠大於濕潤培養環境中培養的葉片。於是我們結論：乾燥環境培養能刺激石蓮花葉片形成再生芽與再生根的能力。

五、環境因子對石蓮花葉片再生能力的影響(圖五)：

接著我們繼續探討環境因子對石蓮花葉片再生能力的影響？將石蓮花葉片分別培養於光照、黑暗、濕潤、乾燥的環境中，並觀察四種環境因子的交互作用(光照+濕潤、光照+乾燥、黑暗+濕潤、黑暗+乾燥)對再生芽及再生根的影響，將不同環境因子處理的石蓮花葉片置於室溫 (28°C)，室內自然光下培養 21 天，並拍照追蹤石蓮花葉片器官再生，發育成再生芽及再生根的能力(圖五)，結果顯示，光照+濕潤處理：展現綠色的再生芽與白色的再生根。光照+乾燥處理：展現綠色較厚實的再生芽與白色的再生根。黑暗+濕潤處理：只發育出白色的再生根。黑暗+乾燥處理：發育出白化延長的再生芽與白色再生根。在這個實驗中 (表一)，我們特別發現，黑暗+濕潤處理的成熟葉片失去了形成再生芽的能力，只能發育出白色的再生根。

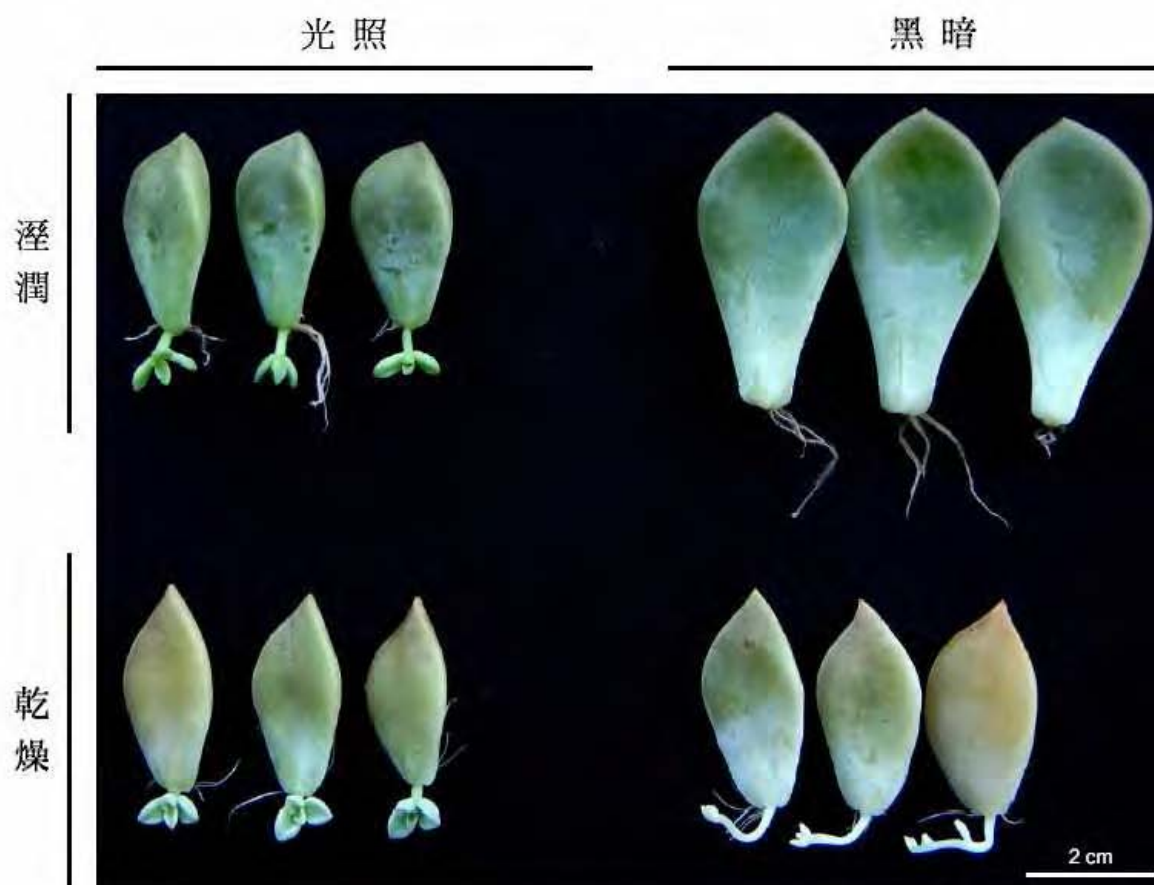
六、成熟的落地生根(*Bryophyllum pinnatum*)葉片，也具有較佳的再生能力(圖六)：

最後我們想要進一步驗證我們的假說：成熟的葉片具有較佳形成再生芽與再生根的能力，本實驗也採用了落地生根的葉片(圖六)，將一株落地生根的葉片依序摘下，每一個葉片代表不同發育時期的落地生根葉片，植株下方葉片，為成熟的葉片；而上方為年輕的葉片，將摘下的葉片由左方到右方依序排列，代表著由成熟(葉序 1)到年輕(葉序 4)的葉片，如圖六 A 右方落地生根植株葉片發育模式圖所示，將葉片培養在 4 層溼潤的紗布上面，於室溫 (27°C)，室內自然光下培養，並拍照追蹤落地生根葉片器官再生，發育成再生芽及再生根的能力，結果也顯示，將落地生根葉片培養 18 天後，成熟的落地生根葉片具有較佳的再生芽發育能力。

七、石蓮花葉片稼接癒合能力在多肉植物造型園藝上的應用(圖七)：

將同一片石蓮花葉片切開後再進行稼接(圖七 A~B):將一株石蓮花的葉片依序摘下，每一個葉片代表不同發育時期，將摘下的葉片由左方到右方依序排列，代表著由成熟到年輕的葉片，將葉片培養在 4 層乾燥的紗布上面，於室溫 (27°C)，室內自然光下培養，將同一片葉片切開後再進行稼接，於 8 天後拍照追蹤石蓮花葉片的稼接癒合能力，結果顯示:二片年輕葉片具有較佳的稼接癒合能力(圖七 A 右方白色箭頭所示)。接著進行二片不同石蓮花葉片的稼接(圖七 B): 將成熟的石蓮花葉片稼接於年輕石蓮花葉片，16 天後稼接處已癒合，年輕石蓮花葉片癒合在成熟的石蓮花葉片。有趣的是我們也進一步探討與研發石蓮花葉片稼接癒合能力在多肉

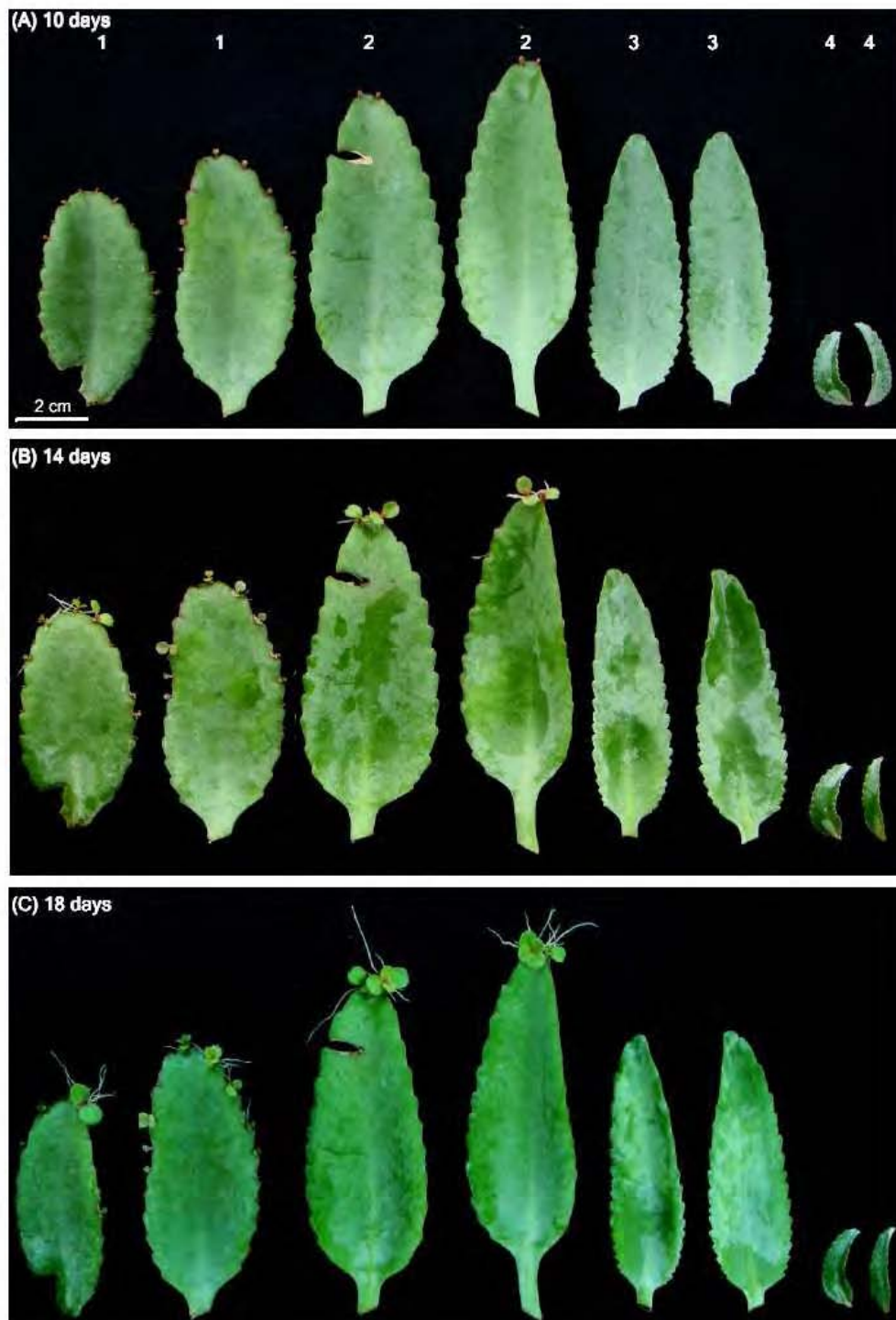
植物造型園藝上的應用(圖七 C~D)，利用多肉植物石蓮花與仙人掌組織含豐富水分的特性，將石蓮花葉片稼接於仙人掌植株上，二種多肉植物組織能自然癒合(圖七 C)，此科學原理能進行多肉植物造型園藝的應用與開發如(圖七 D)，白色箭頭為石蓮花與仙人掌稼接處，白色圓圈為仙人掌與仙人掌稼接處，()造型園藝設計卡通圖如圖七 D 右下方所示。所以本研究觀察到石蓮花葉片稼接並自然癒合的科學現象，並提出此原理能作為多肉植物造型園藝上的應用與開發。



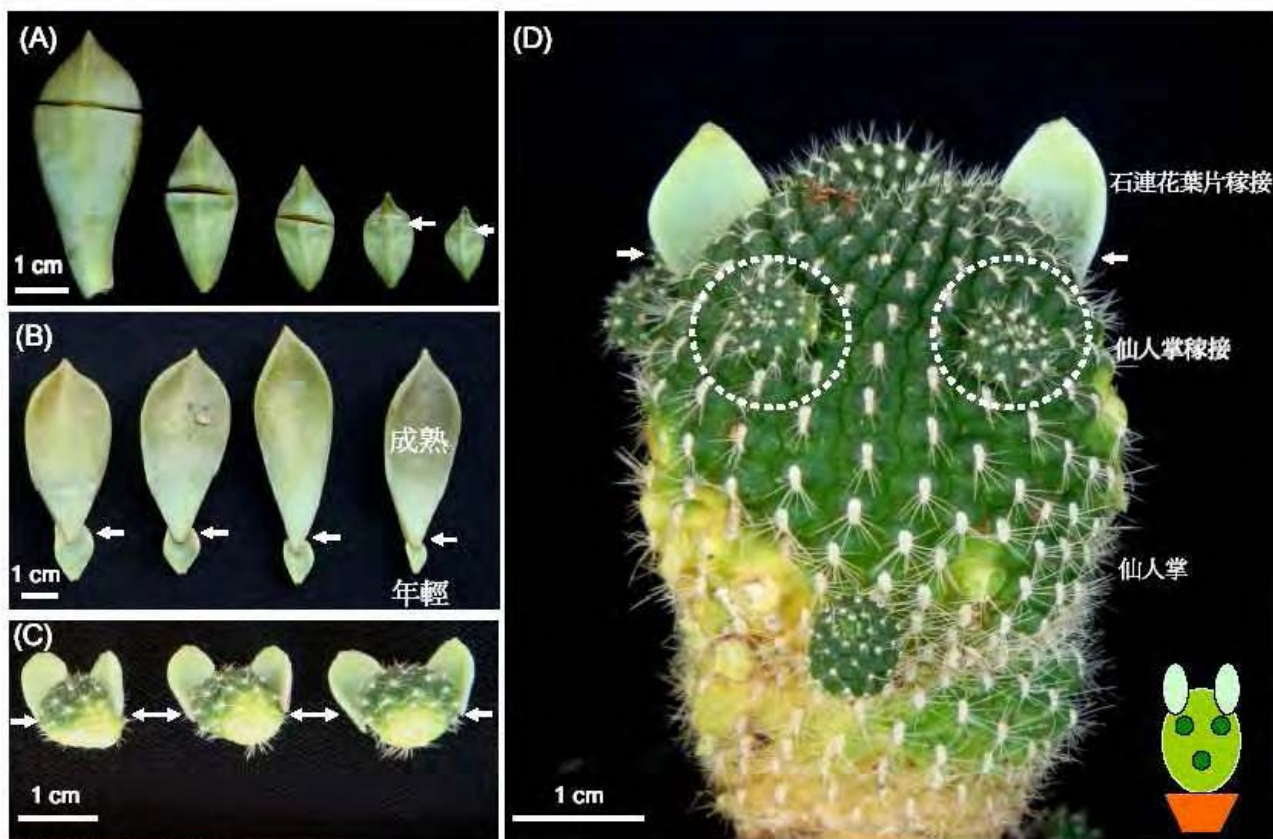
表一：環境因子對石蓮花葉片再生能力的影響

	光照	黑暗
濕潤	綠色再生芽 / 再生根	只發育再生根
乾燥	綠色厚實再生芽 / 再生根	白化延長再生芽 / 再生根

圖五：環境因子對石蓮花(*Graptopelaum paraguayense*)葉片再生能力的影響。將石蓮花葉片分別培養於光照、黑暗、濕潤、乾燥的環境中，並觀察四種環境因子的交互作用(光照+濕潤、光照+乾燥、黑暗+濕潤、黑暗+乾燥)對再生芽及再生根的影響，將不同環境因子處理的石蓮花葉片置於室溫 (28°C)，室內自然光下培養 21 天，並拍照追蹤石蓮花葉片器官再生，發育成再生芽及再生根的能力，1. 光照+濕潤處理：展現綠色的再生芽與白色的再生根。2. 光照+乾燥處理：展現綠色較厚實的再生芽與白色的再生根。3. 黑暗+濕潤處理：只發育出白色的再生根。4. 黑暗+乾燥處理：發育出白化延長的再生芽與白色再生根，比例尺如圖所示，三次獨立的重複實驗都獲得相同的結果。



圖六: 成熟和年輕的落地生根(*Bryophyllum pinnatum*)葉片，器官再生能力比較。將一株落地生根的葉片依序摘下，每一個葉片代表不同發育時期的落地生根葉片，植株下方葉片，為成熟的葉片;而上方為年輕的葉片，將摘下的葉片由左方到右方依序排列，代表著由成熟(葉序 1)到年輕(葉序 4)的葉片，如圖(A)右方落地生根植株葉片發育模式圖所示，將葉片，培養在 4 層溼潤的紗布上面，於室溫 (27°C)，室內自然光下培養，並拍照追蹤落地生根葉片器官再生，發育成再生芽及再生根的能力 (A) 10 天， (B) 14 天， (C) 18 天。比例尺如圖(A)所示，三次獨立的重複實驗都獲得相同的結果。



圖七: 成熟和年輕的石蓮花葉片，稼接癒合能力比較(A~B)與石蓮花葉片稼接癒合能力在多肉植物造型園藝上的應用(C~D)。(A)將同一片石蓮花葉片切開後再進行稼接: 將一株落地生根的葉片依序摘下，每一個葉片代表不同發育時期，將摘下的葉片由左方到右方依序排列，代表著由成熟到年輕的葉片，將葉片，培養在4層乾燥的紗布上面，於室溫(27°C)，室內自然光下培養，將同一片葉片切開後再進行稼接，於8天後拍照追蹤石蓮花葉片的稼接癒合能力，結果顯示右方二片年輕葉片具有較佳稼接癒合能力(白色箭頭所示)。(B)二片石蓮花葉片的稼接: 將成熟的石蓮花葉片稼接於年輕石蓮花葉片，16天後稼接處已癒合，年輕石蓮花葉片癒合在成熟的石蓮花葉片。(C~D)石蓮花葉片稼接癒合能力在多肉植物造型園藝上的應用: 利用多肉植物組織含水分的特性將石蓮花葉片稼接於仙人掌植株上，二種多肉植物組織能自然癒合(C)，此科學原理能進行多肉植物造型園藝的應用與開發如圖(D)，白色箭頭為石蓮花與仙人掌稼接處，白色圓圈為仙人掌與仙人掌稼接處，(D)圖右下方為造型園藝設計卡通圖。

陸、討論

一、石蓮花葉片為探討植物的成熟度與生長發育理想的材料：

在模式植物阿拉伯芥(*Arabidopsis thaliana*)中已發現其葉片的位置和其生長發育與成熟度有密切的關係(Zentgraf et al., 2004)，本實驗利用石蓮花葉片，作為研究葉片年紀對植物器官再生能力的影響，結果顯示，葉片基部再生芽的生長能力由成熟的石蓮花葉片到年輕的葉片逐一遞減，而且呈現出非常均一的遞減梯度，所以我們認為石蓮花葉片也是用來探討植物的成熟度與生長發育理想的材料(圖一與二)，本實驗室探討年紀對植物器官再生能力的影響，或許不同成熟度的石蓮花葉片，也適合在國中同學用來探討葉片年紀對光合作用、逆境或抵抗病菌能力的探討。

二、成熟的石蓮花葉片有較佳的再生芽形成能力：

在動物細胞中胚胎幹細胞經由適當培養與刺激能具有分化為其他細胞組織的全能性(Lanza, 2004)，而紅杉木年輕的莖經由激素刺激後在組織培養的情況下具有較佳形成再生根的能力的(Huang et al., 1992)，本實驗發現較成熟的石蓮花葉片有較佳的再生芽形成能力(圖二與三)，所以很有可能在植物或動物的組織細胞中，成熟的細胞也有可能具有較佳的器官組織再生能力，在植物此種能力稱為植物細胞全能性(totipotency)，在動物稱為多能性的(pluripotent)，本實驗的結果顯示，或許在植物或動物的組織細胞中，有些較成熟的細胞或組織具有較佳的細胞全能性，能分化出不同的組織器官。

三、乾燥逆境處理的石蓮花葉片有較佳的再生芽形成能力：

再本實驗中，有趣的是，將石蓮花葉片置於完全乾燥的培養皿上，產生再生芽和再生根的能力遠勝過於加水的濕潤培養皿，石蓮花葉片於完全乾燥的培養皿中，以乾燥逆境來刺激，長出較厚實發達的再生芽與數量較多的再生根，這很有可能是乾燥逆境刺激石蓮花葉片產生較多的生長激素進而促使再生芽與再生根的生長，未來可以利用簡單的實驗(如：玉米牙鞘對激素的反應)(王月雲等 1987)來測定，驗證這個假說，來瞭解是否乾燥逆境刺激石蓮花葉片能產生較多的生長激素。

柒、結論

本實驗首先找出一株石蓮花中成熟與年輕的葉片，發現植株下方為較成熟的葉片，上方為年輕的葉片，並將葉片編號，葉序 1 號為最成熟的葉片，依此類推，葉序第 n 號則為年輕的葉片，結果顯示成熟的葉片具有較佳的再生芽分生能力，有趣的是，再生芽的分生能力，在年輕的葉片則隨之遞減，即使如此，年輕的葉片仍然具有產生再生根的能力。我們更發現，將石蓮花葉片置於完全乾燥的培養皿上，產生再生芽和再生根的能力遠勝過於加水的濕潤培養皿，石蓮花

葉片於完全乾燥的培養皿中，以乾燥逆境來刺激，長出較厚實發達的再生芽與數量較多的再生根。進一步將石蓮花葉片培養於不同的環境因子中，培養於黑暗潮濕的環境中，石蓮花葉片則失去產生再生芽的能力，只能分化出再生根。爲了更進一步驗證我們的假說:成熟的葉片具有較佳形成再生芽與再生根的能力，本實驗也採用了落地生根的葉片，結果也顯示，成熟的落地生根葉片具有較佳的再生芽發育能力，本研究以石蓮花和落地生根爲材料，證明了植物再生芽與再生根的再生能力會受到葉片成熟度、光線、水分的影響。本實驗提供了國中同學在學習一年級自然與生活科技課本第二冊，第一章生殖，石蓮花與落地生根無性生殖實驗內容中，更深入有趣的再生能力探討主題。有趣的是本研究更觀察到石蓮花葉片稼接並自然癒合的科學現象，並提出此原理現象能作爲多肉植物造型園藝上的應用與開發。

捌、參考資料及其他

Huang, L.C., Lius, S., Huang, B.L., Murashige, T., Mahdi, E.F.M. and Van Gundy, R. (1992). Rejuvenation of *Sequoia sempervirens* by repeated grafting of shoot tips onto juvenile rootstocks in vitro: A model for phase reversal of trees. *Plant Physiology*, 98: 166-173.

Rusterucci, C., Zhao, Z., Haines, K., Mellersh, D., Neumann, M. and Cameron, R.K. (2005) Age-related resistance to *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* is associated with the transition to flowering in *Arabidopsis* and is effective against *Peronospora parasitica*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 66: 222 - 231.

Sugiyama, M. (1999). Organogenesis *in vitro*. *Current Opinion in Plant Physiology*, 2: 61-64.

Zentgraf, U., Jobst, J., Kolb, D. and Rentsch, D. (2004). Senescence-related gene expression profiles of rosette leaves of *Arabidopsis thaliana*: leaf age versus plant age. *Plant Biology*, 6: 178-183.

Lanza, R.P. (2004) 幹細胞的挑戰。科學人雜誌網站，取自：
<http://sa.ylib.com/previous/previous.asp?YearMonth=200407>

胡思元、張亞如、徐啓麟、謝秀嬋 指導老師:吳榮二 (2005)。奇妙的落地生根。臺北市私立復興中學國中組生物科展，取自：<http://www.whchang.net/sujudy/judy/science/28-1.htm>

王月雲、陳是瑩、童武夫 (1987)。植物生理學實驗。臺北市：藝軒出版社。

【評語】 030321

實驗紀錄詳細完整，報告編排屬佳作，繪圖精美，惟內容略顯單薄，宜加強科學之原創性。對於嫁接癒合試驗可量力持續進行。