

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物科

030305

倒地鈴由綠變紅的秘密

學校名稱：高雄縣立旗山國民中學

作者： 國三 朱育葶 國三 陳宥任 國三 李勝騰 國三 王思源	指導老師： 吳盈螢 蘇銘言
---	-----------------------------

關鍵詞：倒地鈴、酸鹼值、光照

摘要

本研究以常出現在田野的倒地鈴為觀察對象，主要針對其形態與構造、莖與果實顏色變化的原因、果實與種子顏色變化之關係，及倒地鈴與動物的關係進行實驗觀察。

觀察探討後發現，倒地鈴開花的分枝上具對稱捲曲的細莖，能捲附在其他物體上，讓植物體能往高處攀爬生長。成熟果實果皮的綠色部分會轉變為黃綠色或黃色。果實顏色經實驗證實是酸鹼值改變造成的。顯微鏡觀察果皮得知，呈紅色的細胞愈多則果皮愈顯深紅。此外，莖及果實的顏色與光照有關。光照實驗也證實，綠色莖和果實進行遮光試驗，遮光部位因缺光照而無法轉變為紅色。

研究過程中，與倒地鈴關係最為密切的動物是小紅姬緣椿象，其以倒地鈴為食，並在此交配繁殖。

壹、 研究動機

倒地鈴 (*Cardiospermum halicabum* Linn) 的別名：假苦瓜、鬼燈籠、風船葛、風鈴草、三角泡、三角燈籠等，屬於無患子科(Sapindaceae)，因像倒於地面的風鈴，所以被稱為倒地鈴。

在路邊常看到倒地鈴，摘下果實，將它捏破，發現裡面除種子外都是氣體，且有透明薄膜隔開種子。倒地鈴是先開小白花再結小果實，果實再慢慢膨大，愈大的果實裡就有愈多的氣體，就像氣球般，且果實的顏色有綠也有紅，為何有不同的顏色？這問題令我們感到十分好奇，所以我們以倒地鈴為研究主題，蒐集相關文獻，仔細地觀察並設計實驗嘗試找出問題的解答，希望能更加了解倒地鈴。

貳、 研究目的

- 一、觀察倒地鈴的形態與構造
- 二、探討倒地鈴的莖與果實顏色變化的原因
- 三、探討倒地鈴果實及種子顏色變化之關係

參、 研究設備及器材

複式顯微鏡 解剖顯微鏡 剪刀 燒杯 水 倒地鈴 數位相機 氫氧化鈉 碳酸鈉 鹽酸 小刀 蓋玻片 載玻片 試管 試管架 濾紙 pH 緩衝液 吹風機 黑色膠布 透明膠布 剪刀 酒精燈 筆記型電腦 植物圖鑑 昆蟲圖鑑 量筒 pH 計

肆、 研究過程

一、倒地鈴的形態與構造觀察

- (一) 繪圖與拍照：野外實地觀察及採集倒地鈴，分別觀察莖、葉、花、果實、種子的外部形態，繪圖與拍照記錄之並描述其各器官之外觀及型態。
- (二) 顯微鏡的觀察：利用複式顯微鏡觀察果皮與莖表皮的細部構造，利用解剖顯微鏡觀察花的構造。

二、果實顏色的變化

(一) 田野實地觀察

為了解果實顏色呈現紅色是否與光照有關，我們實地到野外觀察，選擇一較開闊處及另一光線較受遮蔽處，紀錄紅、綠果實的數量，及莖和果實呈現紅色與綠色的部位，並同時依現況是否受到遮蔽判斷受光面與顏色的關係。此外，我們也設計了以下的實驗，以驗證我們的觀察結果。

(二) 光照實驗

1. 果實

- (1) 取倒地鈴的紅色果實 20 顆，等分為二組，分別在兩組果皮外面的紅色部分貼上黑色膠布(彩圖 1)及透明膠布(彩圖 2)，一週後觀察其倒地鈴果實顏色之變化。
- (2) 取倒地鈴果實整顆都是綠色的 20 顆，等分為二組，重複上述步驟 (1)。

2. 莖

- (1) 取倒地鈴的莖呈紅色的部分 30 處，等分為二組，分別貼上黑色膠布(彩圖 3)及透明膠布(彩圖 4)，一週後觀察其顏色之變化。
- (2) 取倒地鈴的莖呈綠色的部分 30 處，等分為二組，重複上述步驟 (1)。



彩圖 1. 果實貼上黑色膠布



彩圖 2. 果實貼上透明膠布



彩圖 3. 莖貼上黑色膠布



彩圖 4. 莖貼上透明膠布

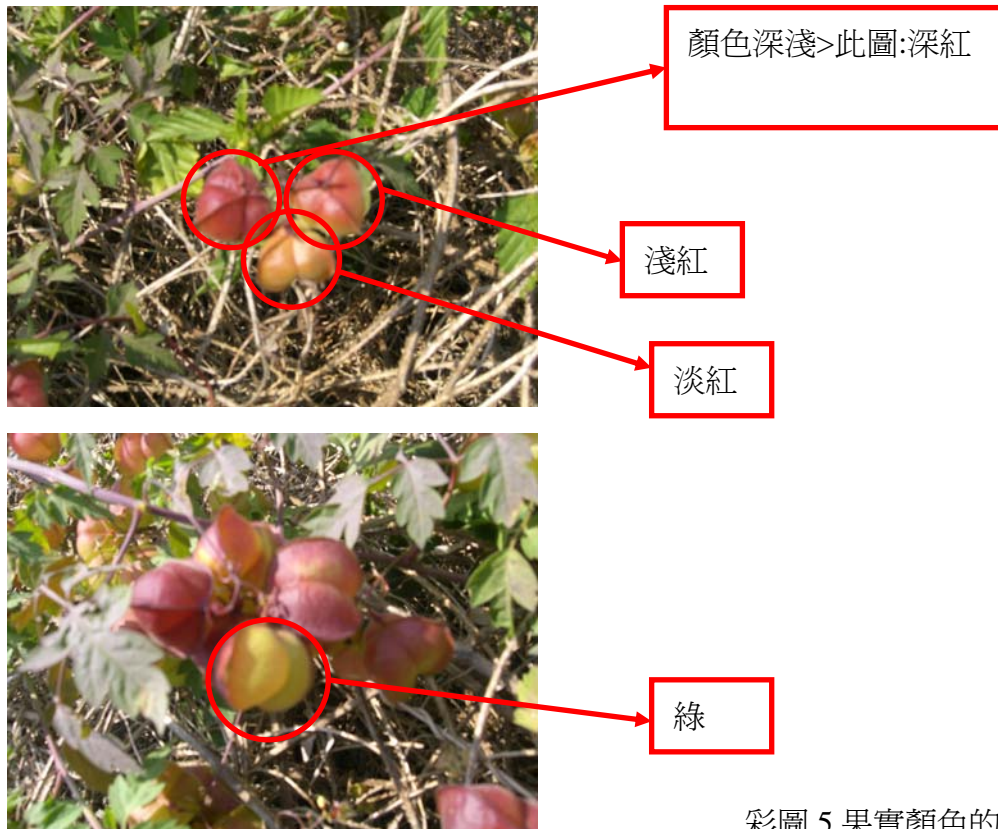
(三) 酸鹼實驗

根據資料(蔡尚恬及蔡振章, 民 93 年)提到, 花青素會隨酸鹼值改變顏色。為測試倒地鈴果實顏色呈現紅色是否為花青素顏色改變造成的, 我們進行以下的實驗。

- 1、將紅色果皮撕碎泡進熱水中, 待熱水呈現顏色後再將濾紙浸泡在水中, 取出濾紙並用吹風機吹乾, 再把 pH 值為 4、7、10 的酸鹼緩衝液滴在濾紙上, 觀察其顏色變化。
- 2、配置 pH 值為 11 的碳酸鈉溶液、pH 值為 12 的氫氧化鈉溶液及 pH 值為 2 的鹽酸溶液, 分別裝在滴定瓶中, 滴在步驟(1)製作好的濾紙上, 觀察其顏色變化。
- 3、將紅色果皮溶液 3ml 分別裝在五個試管中, 並依序加入 1、2、3、4、0 ml 的 pH 2 鹽酸溶液, 再加入 3、2、1、0、4 ml 的水, 此時試管中溶液體積皆為 7 ml, 並測其 pH 值。
- 4、將步驟 3 中 pH 2 的鹽酸溶液換成 pH 12 的氫氧化鈉溶液, 測其 pH 值。
- 5、先將果皮撕下一小片做成水埋玻片標本, 從玻片的一邊滴入 pH 值為 12 氫氧化鈉溶液, 再從另一邊用一片濾紙將溶液吸過來, 再用顯微鏡觀察其顏色變化, 再做另一片水埋玻片標本, 將氫氧化鈉溶液改成 18% 的稀鹽酸溶液, 並重複以上步驟。
- 6、分別將紅色莖、綠色莖、紅色果皮、綠色果皮撕碎泡入熱水中, 待熱水呈現顏色後放涼, 每種液體各取 5 ml 三組, 分別少量加入 pH 2 鹽酸溶液、pH 12 氫氧化鈉溶液, 一組加水為對照組, 加入後搖勻直到觀察出顏色變化, 並測量其 pH 值。

三、種子顏色的變化與果實顏色變化之關係

- (一) 撿掉落地上的倒地鈴果實 98 顆，觀察果皮的顏色，並搖晃果實聽一聽是否有種子滾動的聲音，最後捏破果實，觀察種子的顏色等，記錄上述結果，並統計分析。
- (二) 搖晃掛在植物體上的倒地鈴大果實，看是否掉落並紀錄之。不論果實經搖晃是否會掉落，取植物體上的倒地鈴果實 93 顆，重複步驟（一）之紀錄與分析。
- (三) 紅色果實顏色有深紅、淺紅、淡紅之差別，記錄時的判斷標準如彩圖所示（彩圖 5）。



彩圖 5.果實顏色的判斷標準

伍、 研究結果

一、倒地鈴器官外觀及型態描述：

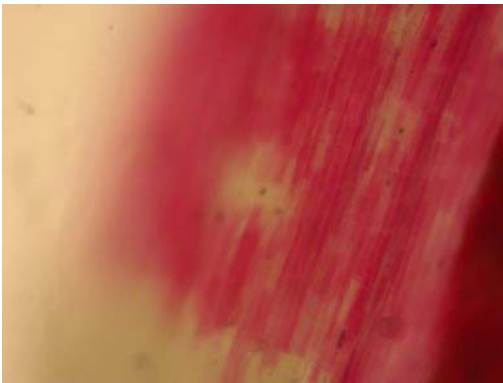
- (一) 莖：莖上有五個凹溝，橫切面為星形且中空(彩圖 6)，莖上有許多細小的絨毛。莖的顏色有綠色、紅色，紅色的莖不一定會整支都變紅，有些只有部分變紅（彩圖 7）。在顯微鏡下，紅色莖的表皮可見大部分的細胞為紅色（彩圖 8），呈長方形。莖的每個節上會有兩枝分枝，一枝長葉子，另一枝開花，莖越靠根部的地方，分枝會越長，開花也從較靠根部的分支開始開，通常一分枝上還會有三個小分枝，長葉的那個分枝都會長葉，開花的那個分枝除中間那一分枝會長出三個花苞，左右會有一對對稱捲曲的細莖（彩圖 9），在野外這一對細莖會捲附在其他植物（彩圖 10）或物體(如鐵絲網)上。隨著莖的頂端愈長愈長，就有新的花苞產生。



彩圖 6. 莖橫切面為星形，中空



彩圖 7. 莖的一側變紅，另一側保持綠色



彩圖 8. 莖的表皮細胞



彩圖 9. 對稱且捲曲的細莖



彩圖 10. 莖捲附在其他植物上(箭頭指示處)

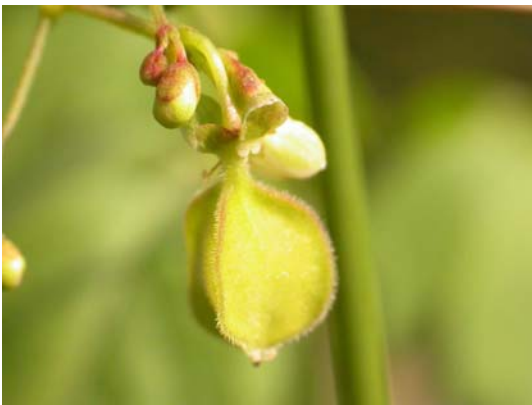
(二) 花：花色為白色，中央的花蕊為黃色（彩圖 11），有四片花瓣(大小不一)和四片綠色的花萼（其中兩片較小且相互對稱），且在小分枝上的三個花苞（彩圖 12）並不會同時綻放，故同一分枝上的果實大小不會相同（彩圖 13）。



彩圖 11. 倒地鈴的花



彩圖 12. 花苞



彩圖 13. 花苞依序綻放，果實表面有細毛

- (三) 果實：果實外形呈三稜角狀(彩圖 14)，內部充滿氣體並有三片半透明薄膜，果實內就像有三個房間，一顆種子分別住一間(彩圖 15)，薄膜和中央及果皮內部連接，與果皮連接處就是果皮的中央，薄膜觸感較果皮光滑，也比果皮薄。果實上方會與花萼連接(彩圖 16)，果實外部會覆蓋細小絨毛(彩圖 13)，無論是枯萎或新鮮，將它放在水中會漂浮(彩圖 17)。小的果實呈現綠色，隨著果實逐漸長大，顏色有綠也有紅(彩圖 18、19)，紅色的果實不一定整顆果實都變紅，有時只有部分變紅，紅色也有深紅、淺紅、淡紅之差別。果皮外有網狀紋路(彩圖 20)，在顯微鏡下，綠色果皮的最外面有環狀排列的細胞且為綠色(彩圖 21)；淺紅、淡紅色果皮的最外面也有環狀排列的細胞但為紅色(彩圖 21)，深紅色果皮則可見大部分的細胞為紅色(彩圖 21)。用手撕裂果皮，可發現果皮最內側有一層白色薄膜(彩圖 22)，在顯微鏡下是由一些不規則緊密排列在一起的透明細胞組成的(彩圖 23)。



彩圖 14. 果實外形呈三稜角狀



彩圖 15. 果實內有薄膜隔間



彩圖 16. 果實上方連接花萼



彩圖 17. 果實會漂浮於水面上



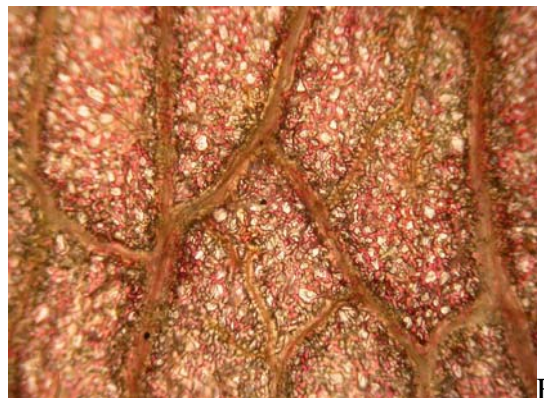
彩圖 18. 綠色果實



彩圖 19. 紅色果實

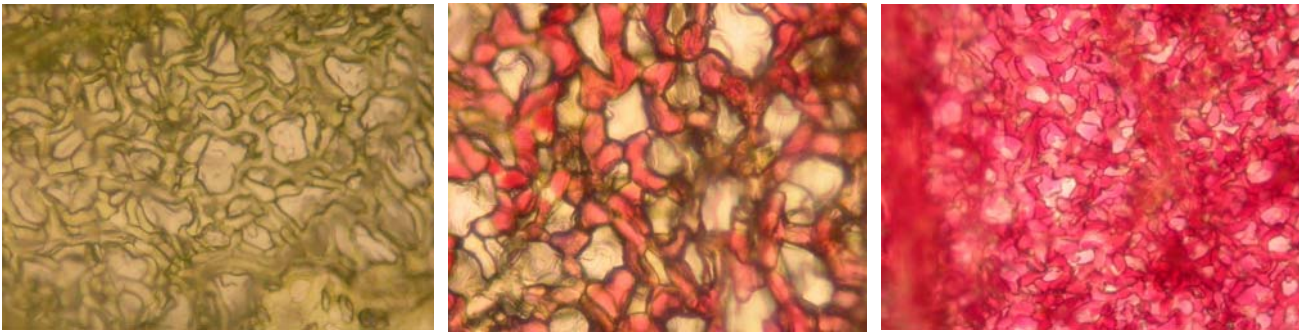


A.



B.

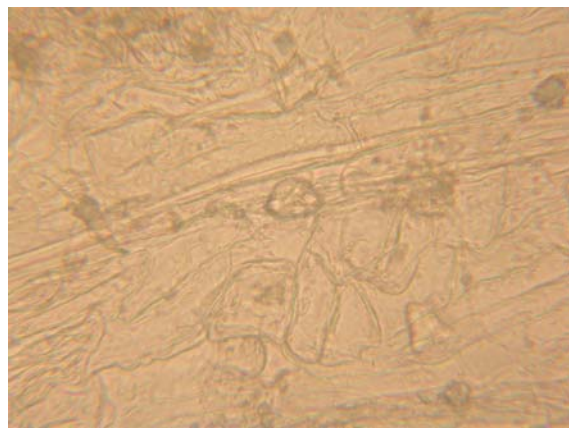
彩圖 20. 果皮外有網狀紋路 A.近拍 B.顯微鏡拍攝



A B C
彩圖 21. 果皮最外層 A 綠色細胞 B 淡紅色果皮 C 深紅色果皮



彩圖 22. 果皮最內側有一層白色薄膜



彩圖 23. 構成白色薄膜的透明細胞

(四) 種子：形態呈圓珠狀，未成熟時為綠色（彩圖 24），接近成熟時為深綠色，成熟時為黑色（彩圖 25），和中央連接處呈白色心型，成熟時容易從連接處拔除，且連接處會變成褐色，但未成熟時會與連接處一同拔下，此時連接處為白色，且成熟種子觸感較未成熟種子粗糙也較硬，未成熟的綠色種子外表會較光滑。切開後的種仁顏色，成熟種子較未成熟種子黃。



彩圖 24. 未成熟的綠色種子



彩圖 25. 成熟的黑色種子

(五) 葉：有柄，互生，二回三出複葉（彩圖 26），小葉具有銳鋸齒，葉上有細小絨毛。

(六) 根：為軸根，不匍匐在較靠土壤表面處，而是深入土壤中（彩圖 27）。



彩圖 26. 倒地鈴的葉



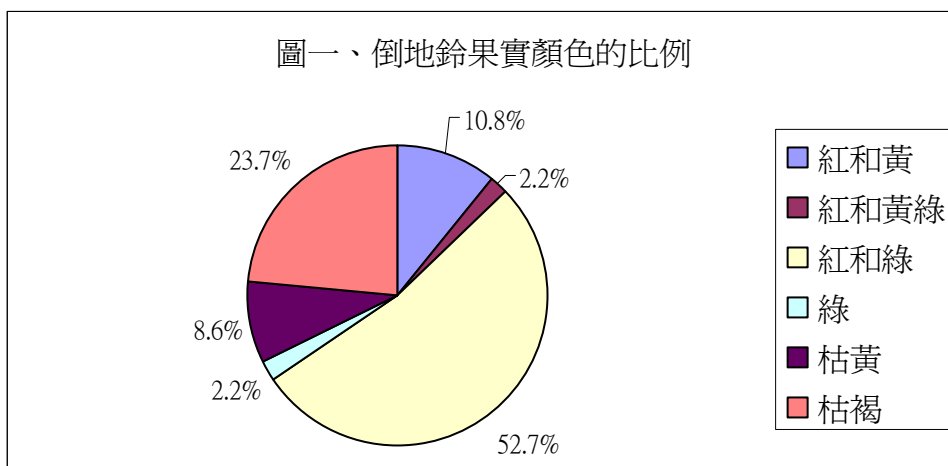
彩圖 27. 倒地鈴的根

二、莖與果實顏色的變化

(一) 田野實地觀察

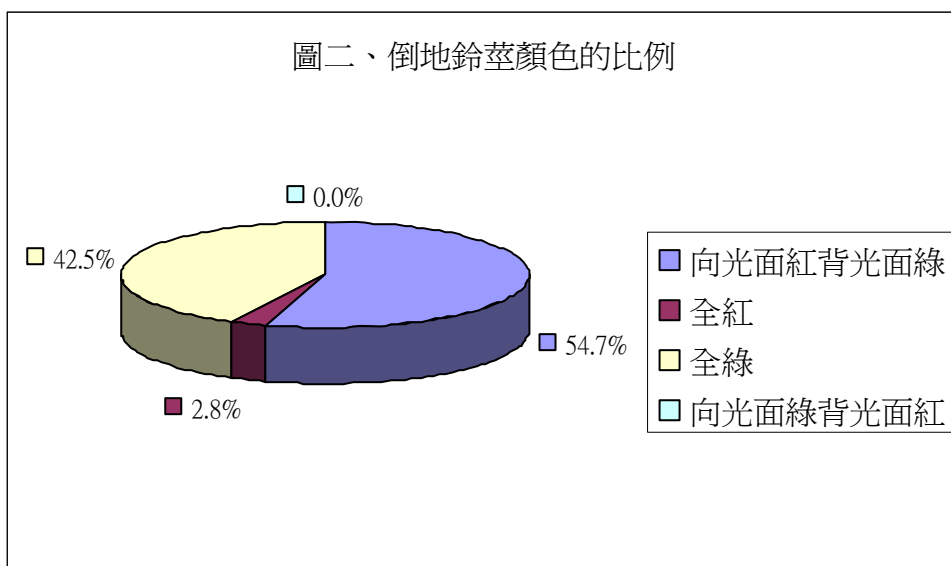
1. 果實顏色的比例

觀察記錄植物體上的倒地鈴大果實 93 顆，統計的結果如圖一，約半數(52.7%)的果實顏色部分紅部分綠，整顆全綠者最少(2.2%)。此外，有 23.7%的果實已枯且變褐色及 8.6%的果實已枯且變黃色，這些果實仍掛在植物體上而未掉落。



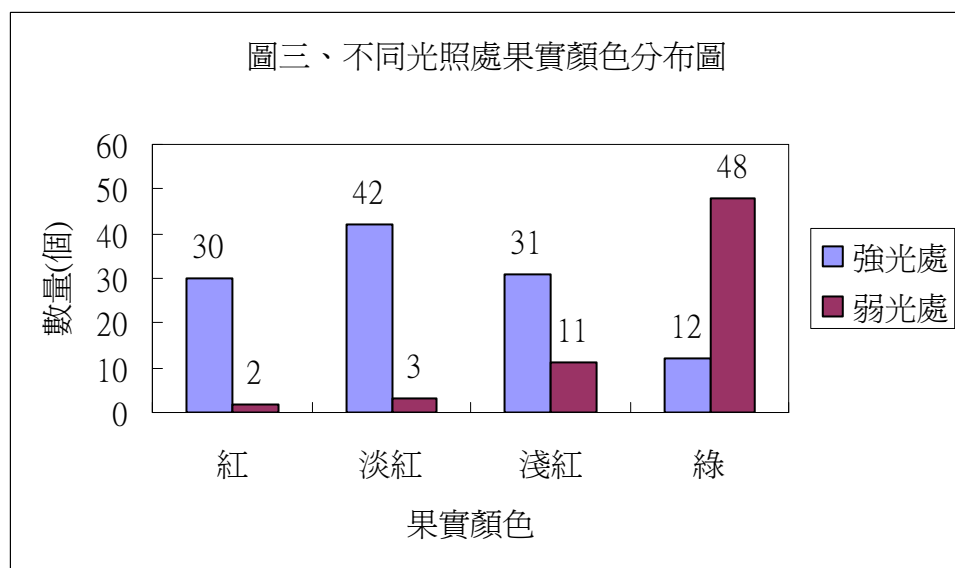
2. 莖顏色的比例

我們一共觀察了 106 段莖的顏色，42.45%是綠色的，但這些都是新的分枝上細小的嫩莖，其餘的莖 57.55%都有呈現紅色，莖整圈全是紅的只占 2.8%，且都是位在莖的最基部，54.7%的莖是紅色占大部分，只有背光側呈現綠色(圖二)。



3. 果實顏色與受光面的關係

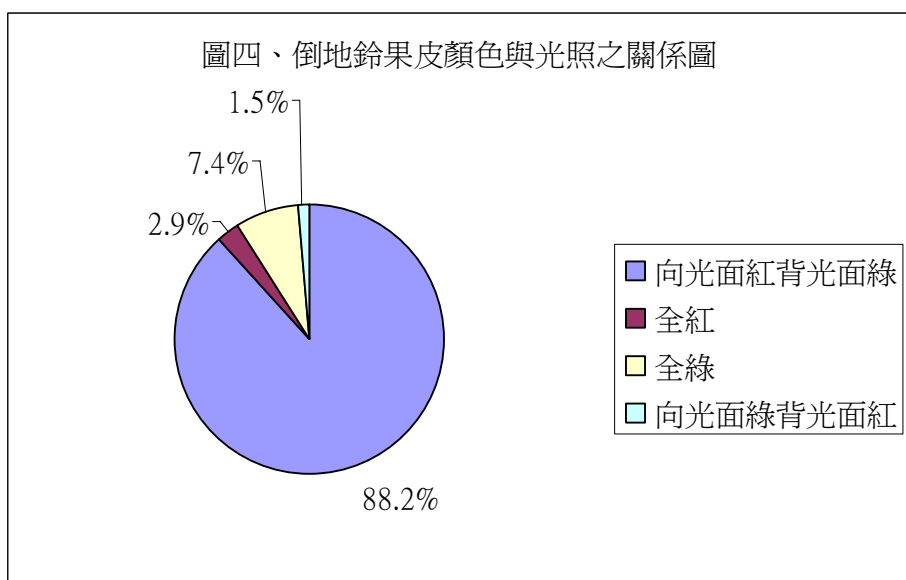
- (1) 較開闊處(強光照)觀察的 115 個果實中，紅色者占 89.57%，綠色者占 10.43%；光線較受遮蔽(弱光照)處觀察的 64 個果實中，紅色果實占 25.0%，綠色果實占 75.0%。因此，開闊處紅色果實所占的比例較遮蔽處高；遮蔽處綠色果實所占的比例較開闊處高(圖三)。



- (2) 若翻面觀察果實互相相對的那一側(即受光較少的背光面)與向光面的顏色作比較，觀察的 68 個果實中，有 88.2%的果皮顏色呈現向光面紅背光面綠(彩圖 28 及 29)，兩面都是綠的占 7.4%，兩面都是紅的占 2.9%，向光面綠背光面紅者只占 1.5%(圖四)。

4. 莖顏色與受光面的關係

除上述新分枝上細小幼嫩的莖仍保持綠色外，其餘的莖都有呈現紅色，其中 95.08%是照光面呈現紅色，背光面呈現綠色，只有 4.92%的莖在背光面亦呈現紅色，但這些都是位在莖的最基部，背光面紅色照光面綠色者則沒有發現。



(二) 光照實驗

1. 果實顏色與光照

(1) 紅色果實：貼黑膠布及貼透明膠布各 10 個部位都未改變顏色，仍保持紅色。

(2) 綠色果實：10 個貼黑膠布的果實中，除了 3 個變枯黃，其餘 7 個在貼黑膠布的部位並沒有改變顏色，仍保持綠色（彩圖 30），旁邊則已變為紅色；10 個貼透明膠布的果實中，除了 3 個變枯黃，其餘 8 個貼透明膠布的部位與旁邊一樣皆變為紅色(表一)。

表一、綠色果實貼黑膠布及透明膠布實驗，光照 2 週後果皮變紅，貼膠布區顏色統計表

果實顏色 \ 處理	貼黑膠布區	貼透明膠布區
紅色	0	8
綠色	7	0
枯黃	3	2

2. 莖顏色與光照

(1) 紅色莖：貼黑膠布及貼透明膠布各 15 個部位都未改變顏色，仍保持紅色（彩圖 31）。

表二、綠色莖貼黑膠布及透明膠布實驗，光照 2 週後莖變紅，貼膠布區顏色統計表

莖顏色 \ 處理	貼黑膠布區	貼透明膠布區
紅色	0	15
綠色	15	0

(2) 綠色莖：15 個貼黑膠布的部位並未改變顏色，仍保持綠色（彩圖 31），旁邊則已變為紅色；15 個貼透明膠布的部位與旁邊一樣皆變為紅色(表二)。



彩圖 28. 果實受光面呈紅色



彩圖 29. 翻轉果實可見其背光面為綠色



A.



B.

彩圖 30. 綠色果實包黑膠布 2 週 A.未包的部位變紅 B.包黑膠布的部位仍保持綠色



A.



B.

彩圖 31. 莖包黑膠布 A.紅色莖包黑膠布 2 週後 B.綠色莖包黑膠布 2 週後

(三) 酸鹼實驗

1. 花青素酸鹼試紙實驗：

(1) 在 pH 10 的酸鹼緩衝液中，濾紙呈淺綠色 (彩圖 32-1)。



(彩圖 32-1)

(2) 在 pH 7 的酸鹼緩衝液中，濾紙不變色 (彩圖 32-2)。



(彩圖 32-2)

(3) 在 pH 4 的酸鹼緩衝液中，濾紙不變色 (彩圖 32-3)。



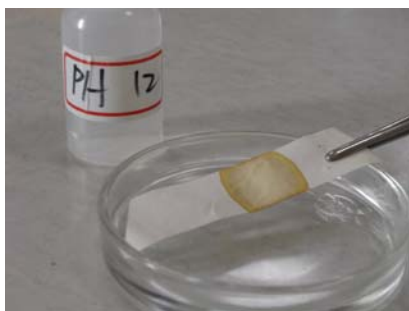
(彩圖 32-3)

(4) 在 pH 11 的碳酸鈉溶液中，濾紙呈綠色 (彩圖 33-1)。



(彩圖 33-1)

(5) 在 pH 12 的氫氧化鈉溶液中，濾紙呈黃褐色 (彩圖 33-2)。



(彩圖 33-2)

(6) 在 pH 2 的鹽酸溶液中，濾紙變粉紅色 (彩圖 33-3)。



(彩圖 33-3)

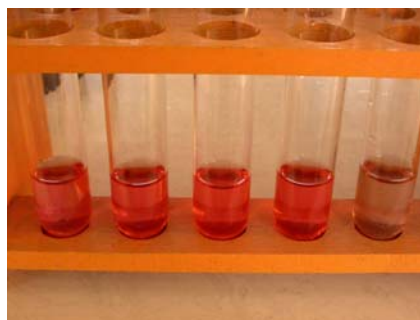
2. 試管實驗：

(1) 取紅色果皮 13 公克，加入 100 毫升水，配成果皮溶液，其 pH 值為 6.3(彩圖 34)。將 3ml 果皮溶液分別加入不同毫升的水和鹽酸溶液，混合後測量其酸鹼值。結果溶液變酸，顏色變更紅(彩圖 35)。

	果皮溶液	pH2 HCl 溶液	水	混和後 pH 值
左	3 ml	1 ml	3 ml	3.6
↓	3 ml	2 ml	2 ml	2.9
	3 ml	3 ml	1 ml	2.6
右	3 ml	4 ml	0 ml	2.5
	3 ml	0 ml	4 ml	6.5



彩圖 34.果皮泡成的液體



彩圖 35. 果皮浸液的酸鹼試驗

將 3ml 果皮溶液分別加入不同毫升的水和氫氧化鈉溶液，混合後測量其酸鹼值。結果顏色由淡紅色快速轉變為紫色再變綠色(彩圖 36a)，但靜置數分鐘後即變為黃褐色(彩圖 36b)。

	果皮溶液	pH12 NaOH 溶液	水	混和後 pH 值
左	3 ml	1 ml	3 ml	11.9
↓	3 ml	2 ml	2 ml	12.0
	3 ml	3 ml	1 ml	12.1
右	3 ml	4 ml	0 ml	12.2



彩圖 36a 果皮浸液的酸鹼試驗



彩圖 36b 果皮浸液的酸鹼試驗

(2)

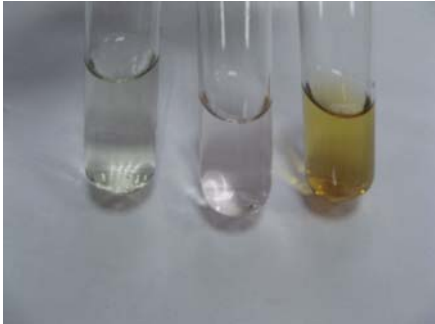
不同顏色果皮及莖表皮浸液之酸鹼實驗

溶液	原液 pH 值	取 5ml 原液加 pH2 HCl 溶液 ^註	對照組 (5ml 原液加水)	取 5ml 原液加 pH12 NaOH 溶液 ^註
紅色果皮	6.5	加 pH2 溶液至 5.4ml→變紅 (pH 5.1)	加水至 5.4ml→淡紅綠色(pH 7.3)	加一滴 pH12 溶液→變綠色(pH 9.2)
綠色果皮	6.9	加 pH2 溶液至 6.2ml→變透明 (pH 3.1)	加水至 6.2ml→淡綠(pH 7.4)	加 pH12 溶液一滴→亮綠色(pH 8.4)
紅色莖	6.9	加 pH2 溶液至 5.4ml→變紅色 (pH 4.3)	加水至 5.4ml→淡紅綠色(pH 7.3)	加一滴 pH12 溶液→變綠色(pH 9.2)
綠色莖	7.2	加 pH2 溶液至 6.2ml→變透明 (pH3.8)	加水至 6.2ml→淡綠(pH 7.4)	加 pH12 溶液至 5.2ml(兩滴) →變綠 (pH 9.5)

註：使原溶液變色的體積及當時的 pH 值。

不同顏色果皮及莖表皮浸液之酸鹼實驗結果如上表。溶液加了酸或鹼直到顏色改變當時，測定 pH 值後，再繼續加更多酸或鹼，觀察溶液顏色是否會再有改變？結果發

現綠色果皮溶液或綠色莖溶液加酸至 6.2ml 會變透明，再繼續加酸至 25ml 仍是透明，而紅色果皮溶液或紅色莖溶液加酸至 5.4ml 會變紅，再繼續加酸至 25ml，紅色稍微變深。而不管是綠色或紅色的果皮溶液或莖溶液，加鹼都會變綠色，且加越多鹼，綠色變深 (彩圖 36-1 ~ 36-5)。



彩圖 36-1. 紅色果皮:加水、加酸、加鹼



彩圖 36-2. 綠色果皮：加水、加酸、加鹼



彩圖 36-3. 紅色莖：加水、加酸、加鹼



彩圖 36-4. 綠色莖：加水、加酸、加鹼

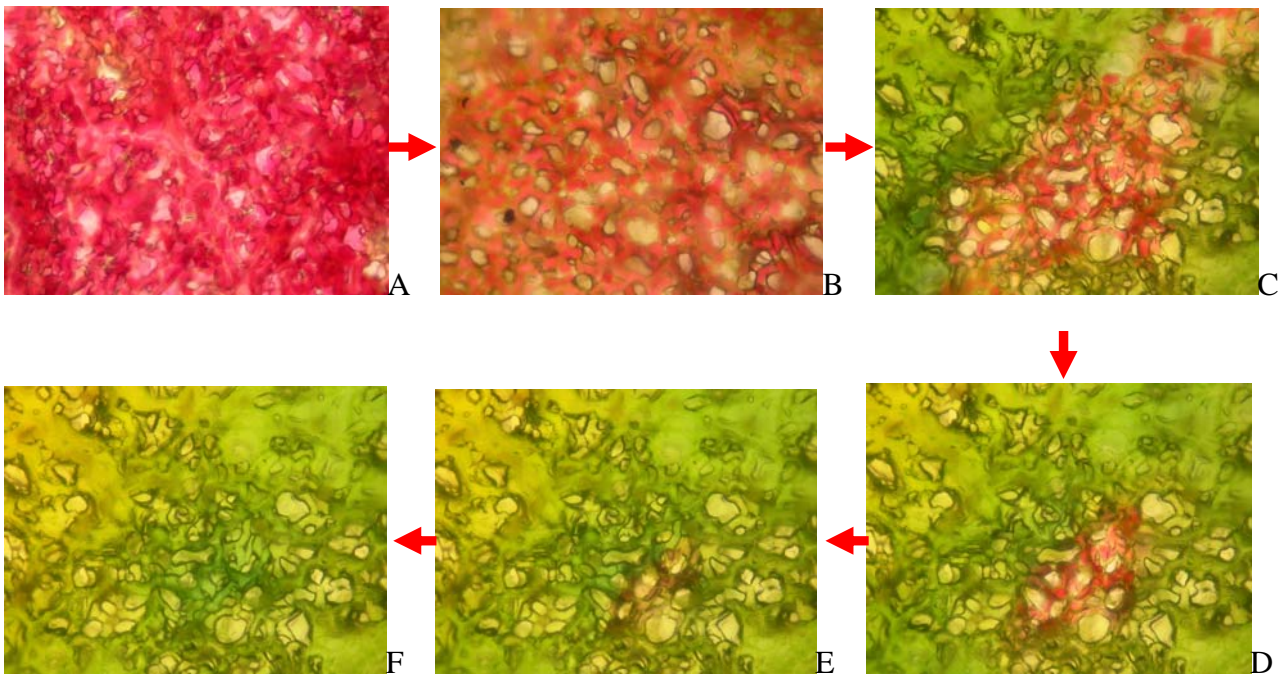


彩圖 36-5. 後來發現紅色果皮或紅色莖溶液加鹼會由綠轉褐色，放置愈久，顏色愈深。

左：剛加入 ； 右：放置一段時間

3. 顯微鏡視野中的實驗

由彩圖 37 的結果可見，顯微鏡視野中原為紅色的果皮細胞，經鹼性溶液(pH 12 氫氧化鈉溶液)處理後，由外而內顏色由紅變化為綠；經酸性溶液(18%稀鹽酸溶液)處理後，顏色則沒有明顯改變。

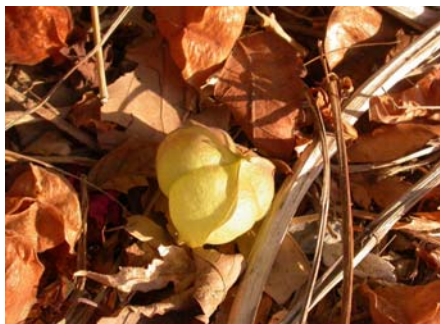


彩圖 37. 經鹼性溶液(pH 12)處理後，紅色的果皮細胞由外而內顏色由紅變化為綠(A→F)。

三、種子與果實顏色變化的關係

(一) 果實顏色由綠轉黃，乾枯時轉褐

我們共打開仍掛在植物體上的倒地鈴果實 93 顆，檢視其中的種子顏色並與果皮顏色作分析比較(表三)，並以種子變黑作為果實成熟的判斷依據，發現 47.96%的果實是部分紅部分綠占最多。此外，成熟時果皮的綠色部分會轉變為黃綠色或黃色，然後才掉落地面(彩圖 38)，因為具有這類顏色的果實受到輕微搖晃就容易掉落。但研究中也發現很多果實(42.3%，圖一)都已枯乾變為黃或褐色(彩圖 39)，仍掛在植物體而未掉落。倒地鈴的果皮變紅與果實成熟度相關性低，果皮變得愈紅不表示果實愈成熟，如表三中果皮帶有紅色的 60 個果實中只有 19 個(31.67%)有黑色種子，若只看部分紅部分綠的果實，則只有 14.9%的果實中有黑色種子。



彩圖 38. 成熟的落果，果皮為黃色



彩圖 39. 已枯乾變為褐色的果實

表三、掛在植物體上的倒地鈴果實顏色與種子顏色分析

種子顏色 \ 果實顏色	紅和黃	紅和黃綠	紅和綠	綠	枯黃	枯褐
黑	100%	66.7%	12.8%	33.3%	100%	100%
黑和綠		0%	2.1%	66.7%		
綠		33.3%	85.1%			
果實數總計(個)	10	3	47	3	8	22

打開掉在地上的倒地鈴果實 98 顆，檢視其中的種子顏色並與果皮顏色作分析比較，結果如表四。乾枯的果實占最多，其次是帶有黃綠色的果實共 28 顆(共占 28.57%)，最少的是帶綠色的果實。表示綠色的果實很少掉落，剛成熟掉落地面的果實是帶有黃綠色的，此結果呼應上述的說法。與表三對照可知，果實成熟時綠色部分逐漸轉黃，再逐漸乾枯而轉變為褐色。

表四、掉在地上的倒地鈴果實顏色與種子顏色分析(1 個果實中無種子，未列入表中)

種子顏色 \ 果實顏色	黃綠	紅和黃綠	紅和綠	綠	枯黃	枯褐
黑	73.9%	60.0%	100%		89.1%	95.2%
黑和綠	17.4%	0%			6.5%	4.8%
綠	8.7%	40.0%		100%	4.3%	
果實數總計(個)	23	5	1	1	46	21

(二) 種子變黑仍連接著果實

搖晃果實時，大多(在植物體上 98.92%；掉落地上 97.96%)聽不到種子在裡面滾的聲音，打開果實可以很明顯看到內部的黑色種子仍連接著，即使用腳踩破果實，有些種子依然連接著，大多不會彈脫出去。只有少數(在植物體上 1.08%；掉落地上 2.04%)的果實搖晃時，可聽見種子在裡面滾的聲音，打開後可以看到種子已經分離，而這 3 顆的顏色分別為枯黃、黃綠及上紅下黃綠色。

(三) 果皮呈現何種顏色時種子才變黑

分析記錄的原始資料發現，種子成熟變黑前會轉為深綠色，且果實中的 3 顆種子成熟變黑的時間不一定一致，因此表二及表三中才會有出現一顆果實中種子顏色有些黑有些綠的結果。根據這一項的數據可看出果皮的綠色部分轉為黃綠色後，有些種子已經變黑，有些種子才變為深綠色還未變黑。原始資料顯示，少數(21.62%)的果皮綠色部分轉為黃綠色前，種子已轉為深綠色或黑色。

四、倒地鈴與動物的關係

(一) 種子被動物吃掉

在剝開果實觀察種子顏色時，我們發現一個果實中種子已被蟲吃光，只留下一堆黑色的糞便(彩圖 40)，顯示有動物會攝食倒地鈴的種子。

(二) 椿象吸食果皮汁液

在野外觀察倒地鈴的時候，我們常看到小紅姬緣椿象(*Leptocoris augur*)在這種植株上活動，數量很多，有些單獨、有的則聚集在果實上吸食果皮汁液(彩圖 41 及 42)，有些會將整個口器刺入果實中像是在吸食種子的汁液(彩圖 43)。

(三) 椿象交配

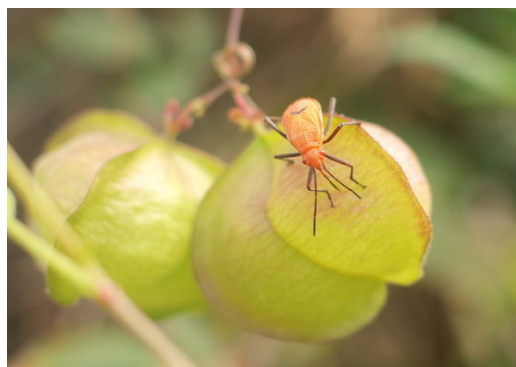
我們也觀察到雌雄椿象停在倒地鈴莖上，尾對尾交配的行爲(彩圖 44.)。

(四) 小椿象藏在果實中

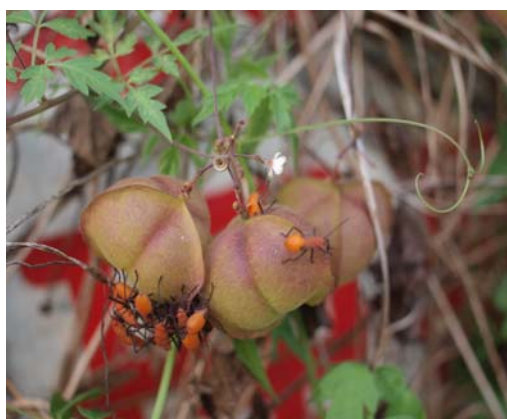
有一次我們剝開一個地上撿拾的果實，卻發現裡面有 28 隻小隻的紅姬緣椿象陸續爬出。



彩圖 40. 果實中種子被蟲吃光，留下一堆糞便



彩圖 41. 椿象成蟲在吸食果實的汁液



彩圖 42. 小椿象聚集在果實上吸食汁液



彩圖 43. 椿象成蟲的口器深刺入果實內部



彩圖 44. 雌雄椿象在倒地鈴莖上交配

陸、 討論

- 一、開花的分枝上對稱捲曲的細莖，能捲附在其他植物或物體上，讓植物體能往高處攀爬生長，除了有利於植物體接收到更多的陽光外，也可能有助於果實靠風力傳播。因此這種植物的名稱雖然叫作「倒地鈴」，卻常可見到它的果實掛在高處隨風搖擺，並非都是倒伏於地面，且果實搖擺時大多聽不到種子在裡面滾的「鈴」聲。
- 二、我們最初以為倒地鈴的果實成熟度與果皮變紅有關，果皮愈紅表示果實愈成熟。但經此次的研究後，我們發現果實成熟時果皮的綠色部分會轉變為黃綠色或黃色，然後掉落地面。但研究中也發現很多果實都已枯乾變為褐色，仍然掛在植物體而未掉落，推測可能是遭到椿象的危害，導致水分散失或運輸中斷。
- 三、酸鹼實驗的結果支持我們的假設，即果實顏色的不同是細胞中的液體酸鹼值不同所導致，偏鹼使得顏色呈現綠色或黃綠色。反之，果皮的細胞中，如果酸鹼值轉變為酸性，則使得顏色呈現紅色，所以果皮顏色轉變成紅色。另外，從顯微鏡觀察果皮的結果可知，呈現紅色的細胞愈多則果皮顏色愈顯深紅，且與酸鹼度有關，pH值降低則顏色變更紅。
- 四、我們將紅色及綠色的果皮、莖表皮分別泡成溶液進行酸鹼實驗，結果綠色的莖與果皮加入酸性溶液後沒有變紅而是變透明，但在鹼性溶液中會變更綠或褐色，而紅色果皮與莖在酸性及鹼性溶液中都分別會變成紅色、綠色，為何會導致這種結果，是未來我們仍需繼續探討的方向。
- 五、根據我們的觀察統計結果顯示，莖及果實的顏色與光照有關。照光較多的果實多為紅色；反之，照光較少的果實多為綠色。且莖和果實皆是照光面紅背光面綠的比例較高。此外，光照實驗中的結果也證實，綠色莖貼上黑色膠布的區域因遮蔽了光照而無法轉變為紅色。加上酸鹼實驗的結果，我們認為光照會逐漸改變表皮細胞中液胞的酸鹼值，使得其顏色由綠轉變為紅。至於變紅有什麼作用呢？蔡尚恬及蔡振章(民93年)提到，紅色楓葉有遮光劑的作用，使得落葉時間延後。同理，倒地鈴的莖及果實照光面變紅，也是為了『遮光』的作用吧！
- 六、光照實驗中，紅色莖及果實的實驗結果和綠色莖的實驗結果並不一致，顯示光照影響莖及果實的顏色轉變過程是不可逆的。即是光照可以促使綠色的莖及果實轉變為紅色，但當莖及果實轉變為紅色後，即使不照光也仍然保持紅色，不會再轉變回綠色。為什麼會這樣呢？根據本研究在顯微鏡下的酸鹼實驗結果，果皮經鹼性溶液處理後，細胞顏色可由紅漸變為綠，加上廖以誠(民95年)的研究顯示花青素顏色是可逆的，即可以隨酸鹼值改變的。因此，對此現象我們的解釋是：光照會逐漸改變表皮細胞中液胞的酸鹼值由鹼變酸，使其中的花青素顏色由綠轉變為紅，但此後即使不再照光，液胞的酸鹼值不會由酸變鹼，所以顏色仍能保持紅色。
- 七、研究過程發現，與倒地鈴關係最為密切的動物應是小紅姬緣椿象，除此之外，並沒有觀察到其他動物前來取食其果實或枝葉的情形。小紅姬緣椿象以倒地鈴為食，並且在此交配繁殖。根據觀察結果推測，牠們甚至可能在果實中產卵，使卵及剛孵化的小椿象能隱藏在果實中而得到保護。小紅姬緣椿象又稱為倒地鈴椿象，根據陳宥誠等(民98年)的研究，小紅姬緣椿象與倒地鈴的繁衍有很大的關係，在自然的情況下，倒地鈴種子的透水性及發芽率皆很低，但經由椿象的吸食，種子上會留下缺口，進而使透水性增加，發芽率也跟著增加。

柒、 參考文獻

- 一、鄭元春(民 78 年)。光復科學圖鑑—植物的生活。台北市：光復書局股份有限公司。
- 二、鄭元春(民 82 年)。台灣常見的野花—第二輯。台北市：渡假出版社有限公司。
- 三、洪榮慈、莊惠茹、楊佩綺、黃一媚(民91年)。倒地鈴。第42屆中華民國中小學科學展覽會。台北市：國立科學教育館。
- 四、蔡尚恬、蔡振章(民 93 年)。楓葉變紅了一天然色素的顏色化學。科學發展，381，55-59。
- 五、廖以誠、陳妮蔚、胡祖康、劉怡旻、劉蒼瑜、郭茂廷(民 95 年)。給他一點顏色瞧瞧—另類酸鹼指示劑。第 46 屆中華民國中小學科學展覽會。台北市：國立科學教育館。
- 六、張永仁(民 87 年)。昆蟲圖鑑。台北市：遠流出版社。56- 68。
- 七、廖智安、潘建宏(民 88 年)。台灣昆蟲記—賞蟲大圖鑑。台北市：大樹文化出版社。274- 280。
- 八、陳宥誠、陳雅香、侯盈如(民 98 年)。育鈴還需刺鈴蟲—探討小紅姬緣椿象與倒地鈴的關係。第 49 屆中小學科學展覽會。

【評語】 030305

本作品觀察倒地鈴之莖與果實之顏色變化與光照之關係，並嘗試以酸鹼度測定來解釋紅色產生的原因。研究之主題創意及研究方法較屬一般性觀察，若能較系統化做顏色變化之因子，如光照波長、強度、部位等，才能實顯科學上的意義。