

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高中組 生物(生命科學)科

040718

光鮮外表下的神秘面紗-探討草莓果實生長及其生殖

學校名稱：國立鳳新高級中學

作者： 高二 簡溥辰 高二 謝宜芬 高二 歐盈佛 高二 陳柏維	指導老師： 王美玲
---	--------------

關鍵詞：草莓(Fragaria sp.)

果實發育(fruit develop)

萌芽(germination)

## 壹、摘要

草莓是一種奇特的植物，與一般人所認知的「果實由子房發育」有所不同，實為花托膨大而來，即聚合果，然而佈滿果實外表上的點點為瘦果。本作品主要針對草莓果實的生長及生殖做主軸，進而延伸出許多實驗來逐一驗證我們所發現、疑惑的！除了最基本的觀察，草莓果實由授粉後至果實成熟其外觀的變化外，並結合生物切片技術，來了解內部花托膨大、維管束與澱粉分布的情形；瘦果生長階段的內部構造，比較幼年瘦果與成熟瘦果的異同。創新的是結合化學與物理，以影響種子萌發之因素來設計：將浸泡過熱水、不同濃度的酸鹼溶液及經過低溫處理的瘦果來做培養，利用匍匐莖無性生殖之外的方式，培育下一代！

## 貳、研究動機

日前學校生命科學上冊第四章正好教到了「植物的生殖、生長和發育。」此時，我們在課本補充小百科發現一段：「……有些果實如蘋果、梨等，其果實大部分是由花托發育而成。」可是我們國中學到的概念是「子房發育為果實」，一股疑問油然而生：「花托？花托也可以成長為可食用的果實？」。而每年十二月至隔年二月都會颳起一股草莓熱，在享受草莓的同時，我們注意到的是它奇特的造型外觀、與眾不同的果實構造及佈滿果實表面的紅褐色點點。上述種種，似乎值得我們好好的研究這玩意兒！

實驗為了摘取實驗的草莓，進入果園數次，在摘取草莓的過程中，我們發現到旁邊蕃茄過熟掉到地面經腐爛後可以發芽，可是草莓落地後，卻不能順利的發芽生長！這個奇妙的發現，又創新了一個實驗，即探討「影響種子萌發的因素」！

## 參、研究目的

- 一、觀察草莓從開花到果實成熟的外觀及型態變化
- 二、探討花托膨大為果實的變化過程
- 三、探討草莓果實在生長過程的變化
  - (一) 內部構造的改變與維管束的分布狀況
  - (二) 澱粉與葡萄糖的相對變化
- 四、探討受粉後瘦果生長過程的型態和構造變化
- 五、探討種子萌發是否受酸鹼等化學物質、熱水及低溫的影響

## 肆、研究設備及器材

### 一、實驗材料

品種 豐香 的草莓

### 二、實驗器材

- |                           |                     |
|---------------------------|---------------------|
| (一) 試管附螺旋蓋子               | (二) 試管              |
| (三) 試管架                   | (四) 無菌培養皿、玻璃培養皿     |
| (五) 錐形瓶 250mL             | (六) 量筒 10mL、100mL   |
| (七) 燒杯 150mL、500mL、1000mL | (八) 燒瓶              |
| (九) 濾紙                    | (十) 解剖刀、切片刀 (徒手切片用) |
| (十一) 酒精燈                  | (十二) 鑷子             |
| (十三) 鋁箔紙                  | (十四) Parafilm       |

### 三、實驗試劑

- |                                      |                           |
|--------------------------------------|---------------------------|
| (一) 碘液                               | (二) 本氏液                   |
| (三) 亞甲藍液                             | (四) 洋菜粉 agar              |
| (五) 18M $\text{H}_2\text{SO}_4$ (aq) | (六) 12M $\text{HCl}$ (aq) |
| (七) 35% $\text{H}_2\text{O}_2$ (aq)  | (八) $\text{NaOH}$ (s)     |
| (九) 28% $\text{NH}_4\text{OH}$ (aq)  | (十) 70% 酒精                |

### 四、實驗設備

- (一) 複式顯微鏡 - Carl Zeiss
- (二) 解剖顯微鏡 - Leica Zoom 2000
- (三) 數位相機 - Canon Power Shot A640
- (四) 顯微攝影裝置 - Carl Zeiss Primo Star (圖一)
- (五) 高壓蒸氣滅菌器 - TOMIN AUTOCLAVE (圖二)
- (六) 低溫培養箱 (恆溫箱) - FIRSTEK RI-150 (圖三)
- (七) 電子秤



(圖一) Zeiss Primo Star



(圖二) 高壓蒸氣滅菌器



(圖三) 低溫培養箱

## 伍、研究過程或方法

### 一、觀察草莓從開花到果實成熟的外觀及型態變化

#### (一) 種植草莓來初步了解草莓的生長

1. 請教種植草莓的果農簡單栽培草莓的方法。
2. 購置 2 盆草莓並移植到較大的盆栽來觀察。(圖四、五)
3. 2 盆草莓皆保留 5 朵花，用棉花棒在雄蕊與雌蕊間來回數次，進行人工授粉。並放在相同地點使環境變因一致，戶外日光可照達處。
4. 以授粉當天為基準，每 3 天為一週期進行外觀及型態的觀察，並紀錄其外觀顏色、瘦果生長變化等。

#### (二) 經過上述親自種植後發現，實驗環境無法大量栽培草莓，所以日後實驗用的，皆取草莓農場主人約略計算的草莓

1. 摘取實驗用草莓的成長時間，每 3 天為一階段，於 10 株不同之草莓各取 1 粒果實。
2. 由於草莓生長期為 24 天，所以共 8 個階段，需採 8 種不同成長時間的果實。
3. 8 種不同成長時間的果實皆取自同一株。實驗共需採 10 株，並求其平均值。
4. 觀察外觀、色澤，測量長度、重量及周長（從果實縱徑中點處測量），10 組並取平均值。



(圖四) 草莓盆栽 —— 甲



(圖五) 草莓盆栽 —— 乙

### 二、探討花托膨大為果實的變化過程

#### (一) 受粉階段的花托部位

將此階段的花托作縱切與橫切，因為受粉階段的花無膨大的花托，僅有花托基部可以切片，所橫切面主要以此部位來探討。

#### (二) 成熟果實花托膨大狀態及維管束分佈

取成熟果實數顆針對花梗處、花托基部及果實縱徑中點處橫切。

#### (三) 觀察

觀察花托膨大的生長過程及花托在各階段維管束排列的方式，結果拍照並以手繪圖表示。

### 三、探討草莓果實生長過程——內部構造的改變與維管束的分布狀況

#### (一) 針對下列各階段進行實驗

受粉階段

成長階段 I (受粉後 DAY 8-9)

成長階段 II (受粉後 DAY 16-17)

成熟階段 (受粉後 DAY 23-24)

#### (二) 果實不摘除花梗、花萼徒手切片，選取合適的切片製成標本並以亞甲藍液染色。

### 四、探討草莓果實生長過程——澱粉與葡萄糖的相對變化

#### (一) 針對下列各階段的果實進行實驗

成長階段 A (受粉後 DAY 3-4)

成長階段 B (受粉後 DAY 7-8)

成長階段 C (受粉後 DAY 14-15)

成長階段 D (受粉後 DAY 18-19)

成熟階段 (受粉後 DAY 23-24)

#### (二) 實驗一

利用直鏈澱粉遇碘液會變藍，支鏈澱粉遇碘液會變紫色到紫紅色，即碘液能檢定澱粉是否存在的特性來進行實驗。

#### (三) 選取(一)中各階段的果實，作縱向切片，置於玻璃培養皿中，各滴入 1mL 的碘液，待變色後進行觀察並記錄其澱粉分佈位置。

#### (四) 實驗二

利用本氏液和還原糖共熱會產生氧化亞銅( $\text{Cu}_2\text{O}$ )紅色沉澱，來檢定待測物是否含有葡萄糖。即：

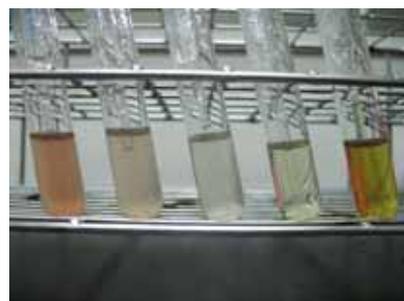


#### (五) 將(一)中各階段的果實，皆用電子秤取 1g 的果實 (不含花梗及花萼)，加入 50mL 的蒸餾水，置於燒瓶中加熱至沸騰後 10 min，萃取果實內含物，再用濾紙個別過濾，使濾液呈淺色，以免加入本氏液有互相干擾的現象。濾液置於錐形瓶密封後靜置。(圖六)

#### (六) 各取濾液 2mL 至不同試管中，分別加入 1mL 的本氏液，再隔水加熱，讓本氏液作用。(圖七)



(圖六) 濾液密封靜置於錐形瓶



(圖七) 取 2mL 置於試管中待測

## 五、探討受粉後瘦果生長過程的型態和構造變化

### (一) 比較瘦果幼年與成熟的異同

1. 取果實受粉後 DAY 4-5 (幼年) 及受粉後 DAY 23-24 (成熟) 的瘦果進行切片。
2. 用切片刀分割瘦果，擷取形狀完整、厚度適當的進行觀察。
3. 載玻片滴一水，放上瘦果切片，蓋上蓋玻片，製成玻片標本。
4. 觀察果皮、胚及胚乳的變化。

### (二) 瘦果與微管束的連接

1. 有時候挑取瘦果時還帶有白色的細絲，本實驗即探討白色細絲為何？其相連處構造又為何？
2. 取上述的瘦果來切片，切時採取與白色細絲平行的方向，以不破壞其構造為準。

## 六、探討種子萌發是否受酸鹼等化學物質、熱水及低溫的影響

### (一) 培養基

1. 取草莓盆栽中的培養土 300g，置於 1000mL 的燒杯中，加蒸餾水至 1000mL，靜置約 3 min。用紗布過濾取濾液，反覆此動作至紗布不再過濾出培養土，之後再加蒸餾水至 1000mL 備用。
2. 用電子秤秤出 10g 的 agar，加入上述水中，以鋁箔紙封口後置入高壓蒸氣滅菌器滅菌。
3. 滅菌後，輕晃燒杯使 agar 與蒸餾水均勻混合，將燒杯傾斜後再開鋁箔紙(避免外在黴菌等塵埃落入杯中)，倒入適量的培養液至無菌培養皿，蓋上蓋子後快速轉動培養皿，使培養液均勻分布培養皿底部，冷卻備用。

### (二) 無菌水

1. 用清水沖洗，50 支附有螺旋蓋子的試管。
2. 注入三分之二的蒸餾水試管中，微微旋上蓋子，避免在高壓高溫殺菌時，管內氣體快速膨脹，造成試管破裂。
3. 在高壓蒸氣滅菌器內加入適量蒸餾水，以蓋過加溫管為準，置入平鐵架板後放入上述 2. 試管滅菌 20 min。滅菌後再將螺旋蓋子拴緊，放涼備用。(圖八)



(圖八) 無菌水



(圖九) 成熟瘦果沉在試管水底

### (三) 擷取瘦果

1. 選取已成熟果實，挑出顏色呈現紅褐色的瘦果。
2. 抹布拭淨實驗桌，再用濃度 70% 酒精噴灑在桌面滅菌消毒。
3. 準備已滅菌的玻璃培養皿，鑷子使用前先用酒精燈燒紅，再用無菌水降溫。用鑷子取下瘦果後放入裝有無菌水的試管中，晃動後靜待 15min，成熟瘦果會沉在水底，取之放入無菌培養皿備用。(圖九)

### (四) 配置酸鹼溶液 3rd 實驗的酸鹼及濃度

1. 以下酸鹼皆需配置出濃度 1M、2M、3M、4M 及 5M 各 150mL，並裝於 250mL 錐形瓶中，用鋁箔紙封口、標籤註記。
2. 取足量 18M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (aq) 稀釋成 1. 中敘述
3. 取足量 12M  $\text{HCl}$  (aq) 稀釋成 1. 中敘述
4. 取足量 35%  $\text{H}_2\text{O}_2$  (aq) 稀釋成 1. 中敘述
5. 取足量  $\text{NaOH}$  (s) 配置成 1. 中敘述
6. 取足量 28%  $\text{NH}_4\text{OH}$  (aq) 稀釋成 1. 中敘述

### (五) 利用酸鹼溶液處理瘦果，探討種皮的厚度是否影響種子萌發 3rd 實驗的步驟

1. 準備 25 個 150mL 燒杯，標上步驟六(四)所配置的溶液名稱及濃度，並倒入標示的酸鹼各 30mL，另準備 1 組沸騰熱水取代酸鹼及 1 組蒸餾水作對照組。溶液中各放入 22 粒瘦果，攪拌約 10sec 後靜置 20min。(圖十)



(圖十) (前) 酸鹼 150mL 置於錐形瓶 (後) 燒杯各裝 30mL 溶液

2. 準備 500mL 燒杯，剪取能包覆燒杯口大小的紗布(紗布洞口大小以瘦果無法通過為準)，用膠帶固定在燒杯口。(圖十一)
3. 浸泡 20 min 後，立即將步驟 1 的浸置液倒入步驟 2 的燒杯中，用滅菌過的鑷子挑出瘦果，再用無菌水洗去瘦果上殘留的酸鹼。



(圖十一) 燒杯用紗布封口，過濾浸置在溶液中的瘦果

4. 在裝有固體培養基的培養皿用標籤註明，再用油性筆於培養皿的底分隔做記號，一個培養皿培養 2 組瘦果。(圖十二)
5. 置入瘦果後用 Parafilm 把培養皿封口，將培養皿放入 25°C 的恆溫箱。



(圖十二) 用標籤註明，再用油性筆分隔做記號 <1st 實驗照片>

(六) 探討低溫是否對萌發有影響

1. 準備 50 粒瘦果，以多層衛生紙包裹，放入玻璃培養皿，置入冰箱冷凍庫兩個月。
2. 兩個月後，隨機選出 20 粒置入加入培養基的無菌培養皿中。

(七) 上述步驟每次實驗皆進行 3 組，實驗數據取 3 組的平均值。

- (八) 上述(五)(六)自培養日起，每 3 天觀察一次，並觀察紀錄已萌發的種子數量及下胚軸的長度

## 陸、研究結果與討論

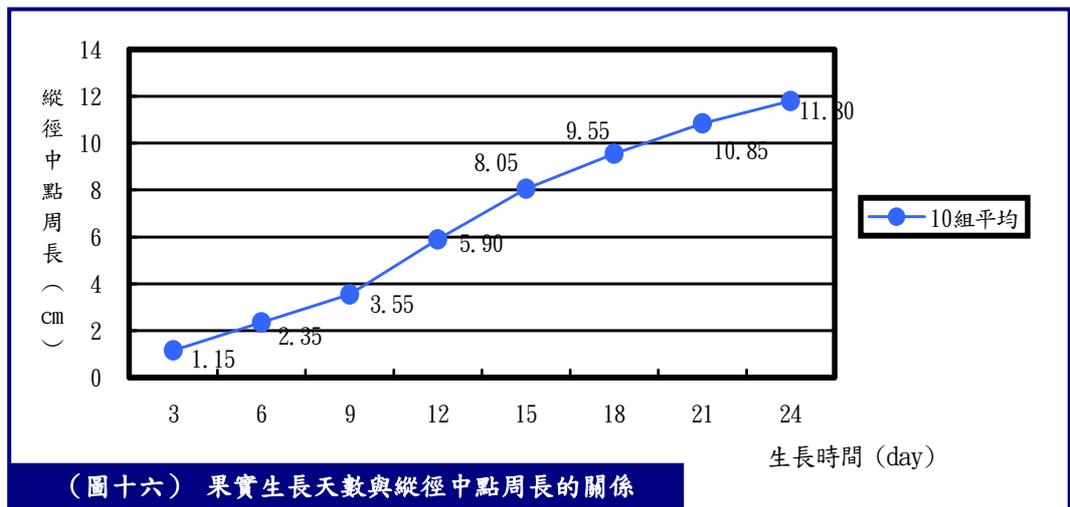
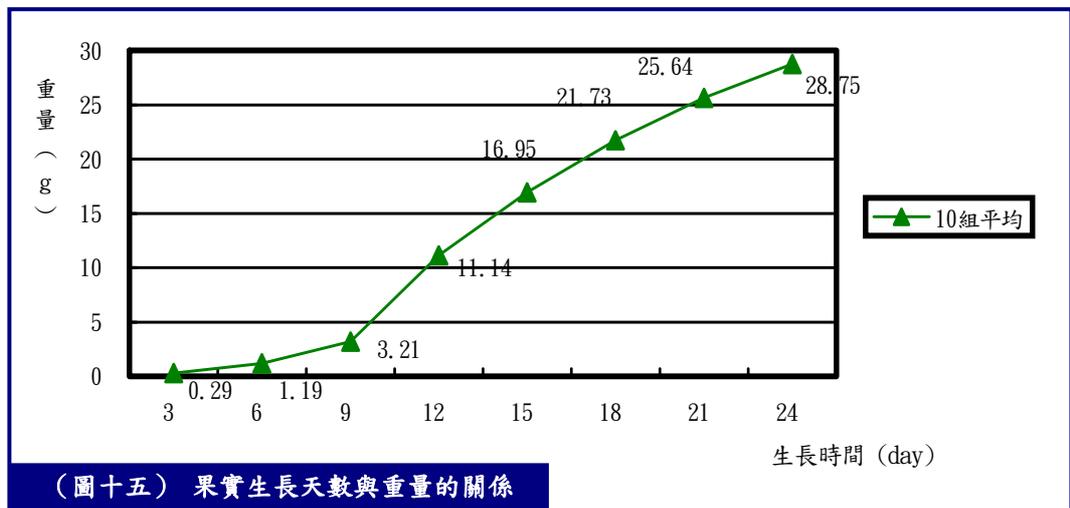
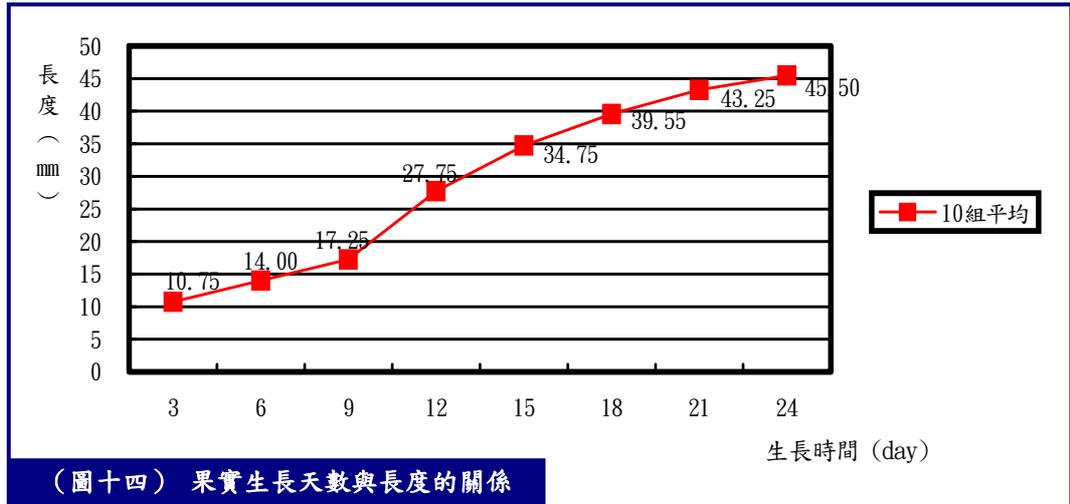
### 一、草莓從開花到果實成熟的外觀及型態變化

(一) 果實外觀 照片大小以實際的比例放縮

DAY	3	6	9	12
				
DAY	15	18	21	24
				
DAY	3	6	9	12
				
DAY	15	18	21	24
				

(圖十三) 果實外觀的成長變化

## (二) 果實長度、重量、周長變化



## (三) 討論

花落後 3 天，果實初生長，長度約 10.75 毫米，此時瘦果呈現黃色。瘦果上頭有枯萎毛狀物，根據其位置應該為柱頭。

在花落後 6 至 9 天，果實數據的增加並不顯著，僅觀察到瘦果逐漸被果實包覆，原本在花托外密佈果實的表面瘦果，其間距也越來越大。

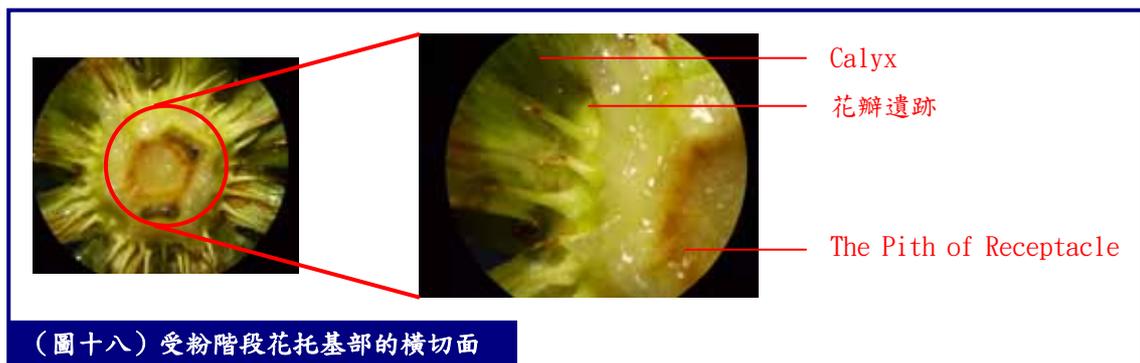
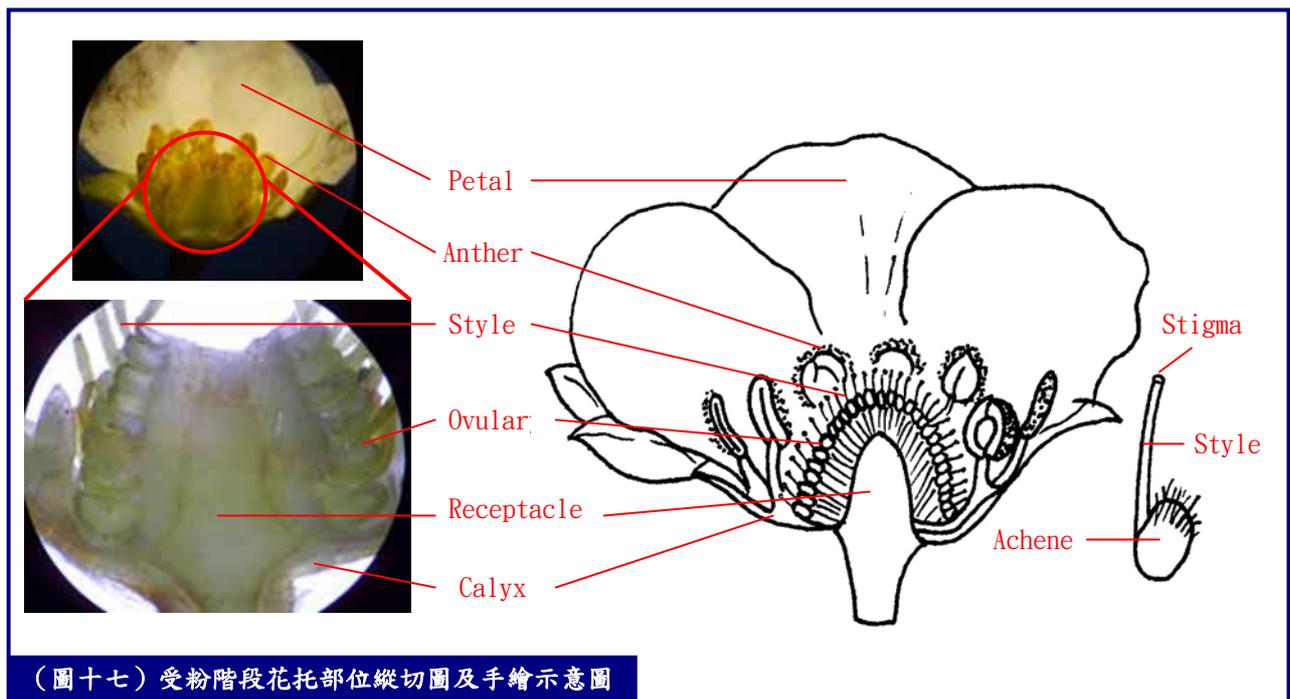
花落後 9 至 18 天，果實表面漸成形，色澤由黃綠色轉為乳白綠，在長度、重量及周長的數據，皆有顯著的變化，重量的增加量，更有 1~9 天的 2 倍。瘦果無明顯成長，大小幾乎不改變。由此推測，此時養分應供應果實生長為主果實，內部結構有明顯的改變。

花落後 18 天起，果實外表開始出現小紅點，隨天數的增加，面積有逐漸擴大趨勢。約花落後 24 天時，整顆果實外表呈現深紅色，果實幾乎成熟。由數據可看出，成長速度明顯平緩，但重量的增加仍有 1~9 天的 1.5 倍，由此可知果實在這期間仍有成長的情況。

## 二、果實生長時的花托變化及其延伸維管束分布情形

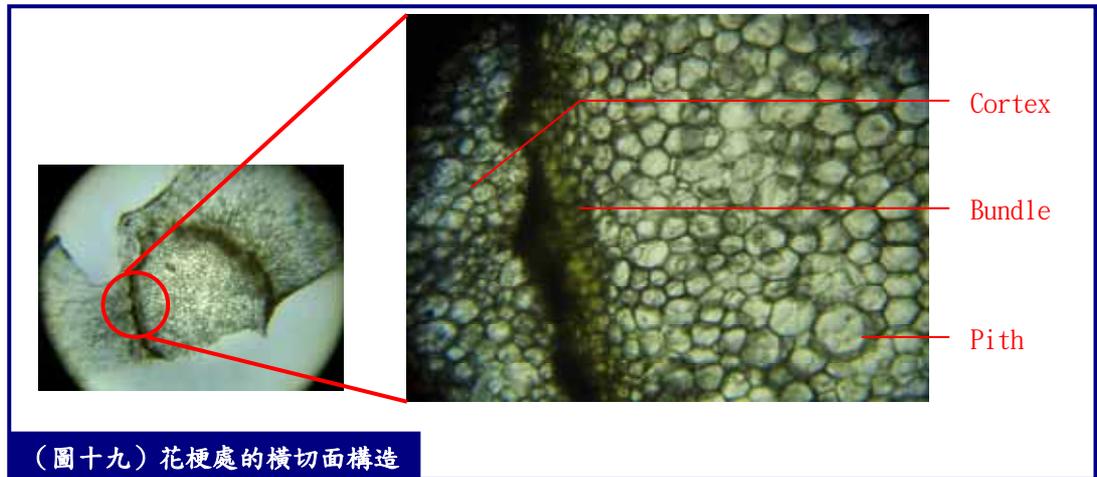
### (一) 授粉階段的花托部位

1. 一般花在授粉後，子房會發育為果實及種子，花萼、花冠及雄蕊則會凋萎脫落。然而草莓的花萼，到果實成熟後並無消失，可推測其花萼部位與果實發育有所相關。
2. 授粉時期的花托已可清楚可見，縱切面可看到雌蕊整齊排列花托切片的兩側，而橫切面可看到花瓣的遺跡。



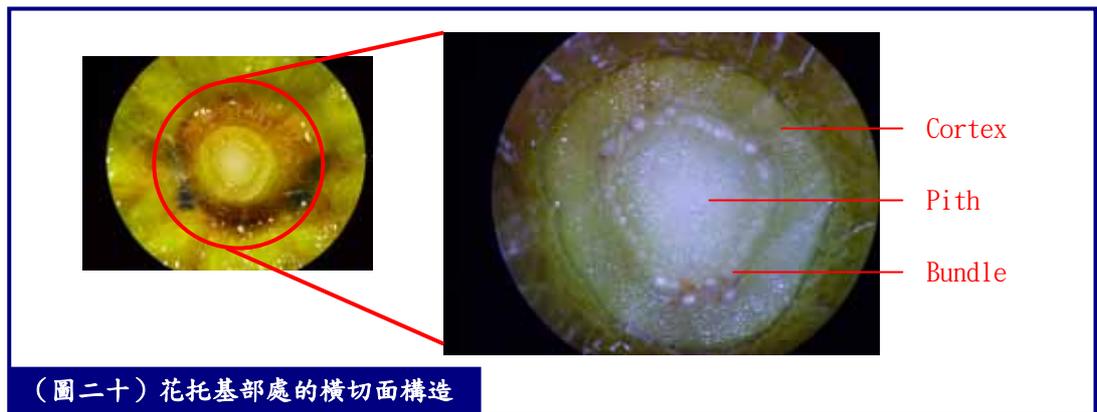
## (二) 維管束的分布

1. 花梗處切片可看到草莓為雙子葉植物的固有構造，向內依序為「表皮→皮層→維管束→髓」。維管束呈現生命科學 上冊所學到的「環狀排列」，維管束中明顯可見其導管。



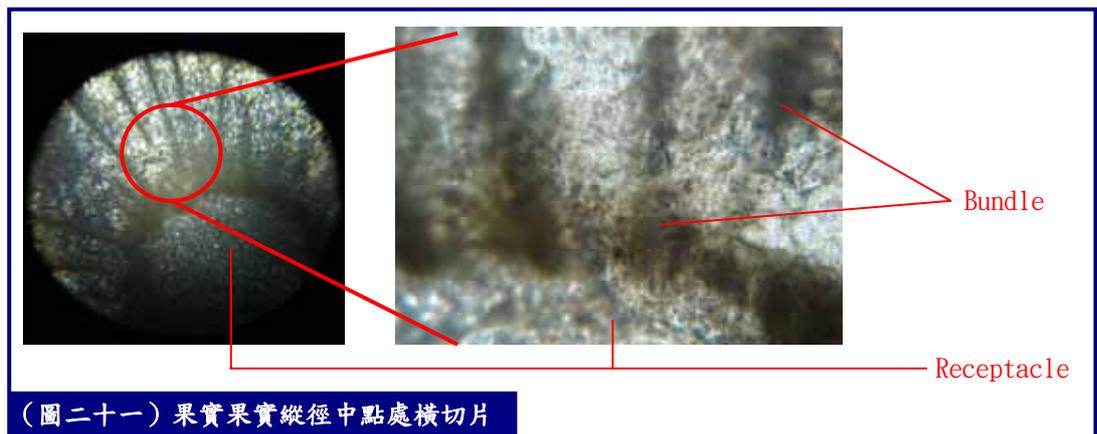
(圖十九) 花梗處的橫切面構造

2. 順勢往上找出「花托→果實內部→瘦果」之間的維管束是否相連接。由花托基部橫向切片，同樣也有環狀排列構造，可知花托基部與上述花梗維管束是相連接，因此植物行光合作用製造的養分便由此輸送供應果實成長所需。



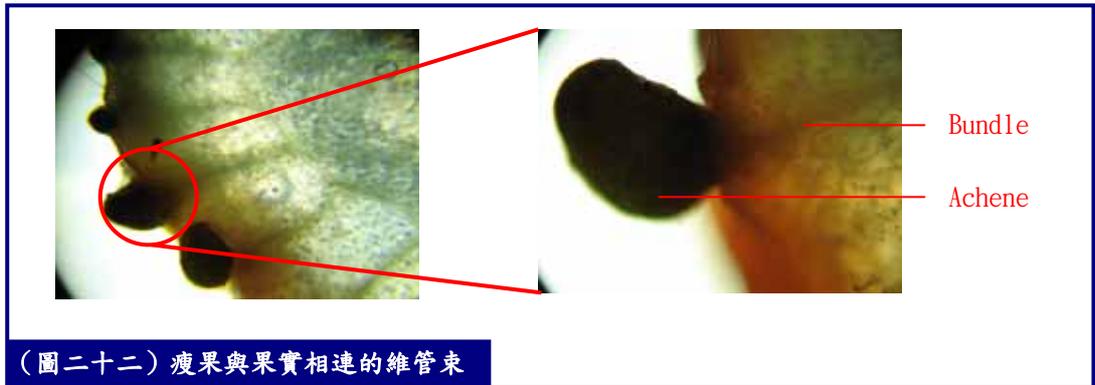
(圖二十) 花托基部處的橫切面構造

3. 從果實縱徑中點處作橫切，依然有明顯的環狀排列構造，環狀中間的為花托膨大後的構造。原本環狀排列的維管束在此很明顯地向外分枝形成許多直線形的維管束，從這邊可以推測其應該與瘦果處相連接。



(圖二十一) 果實果實縱徑中點處橫切片

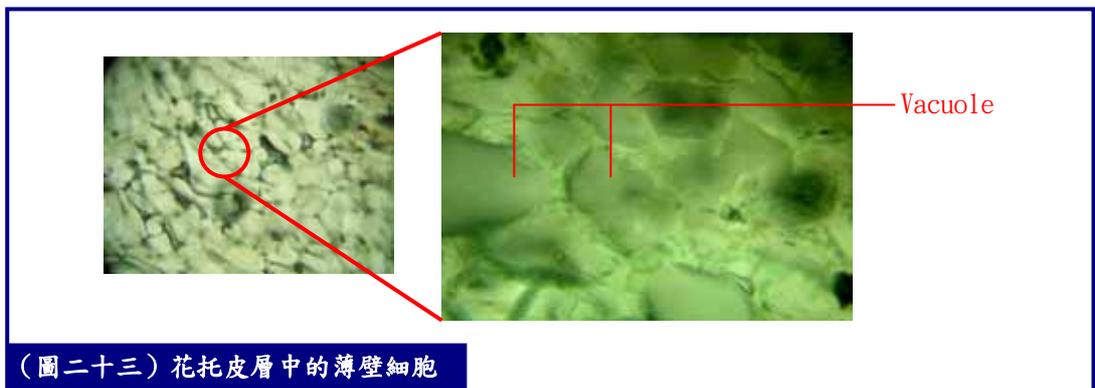
4. 截取瘦果與果實相連部份切片，從切片中可以發現，環狀排列的維管束分支出來的細維管束，每一分支均與瘦果連結，證實了瘦果成長時的養分是經維管束送，從花梗→花托→果實再到瘦果。



(圖二十二) 瘦果與果實相連的維管束

### (三) 果實膨大的原因

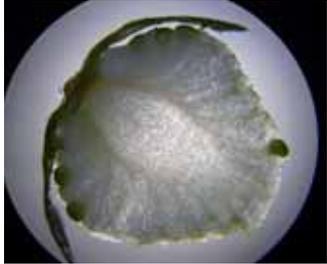
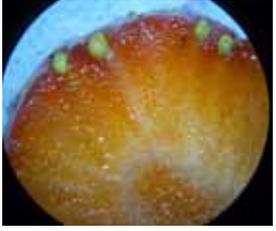
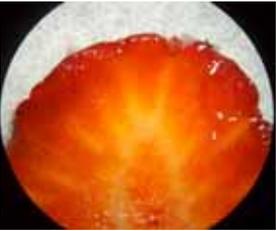
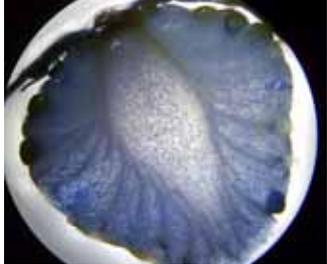
成長階段的果實皮層及髓中可發現，花托中細胞的液泡體積會快速膨大，從授粉後 12 天起都可看到明顯的液泡，且持續擴大。



(圖二十三) 花托皮層中的薄壁細胞

### 三、草莓果實生長過程的變化

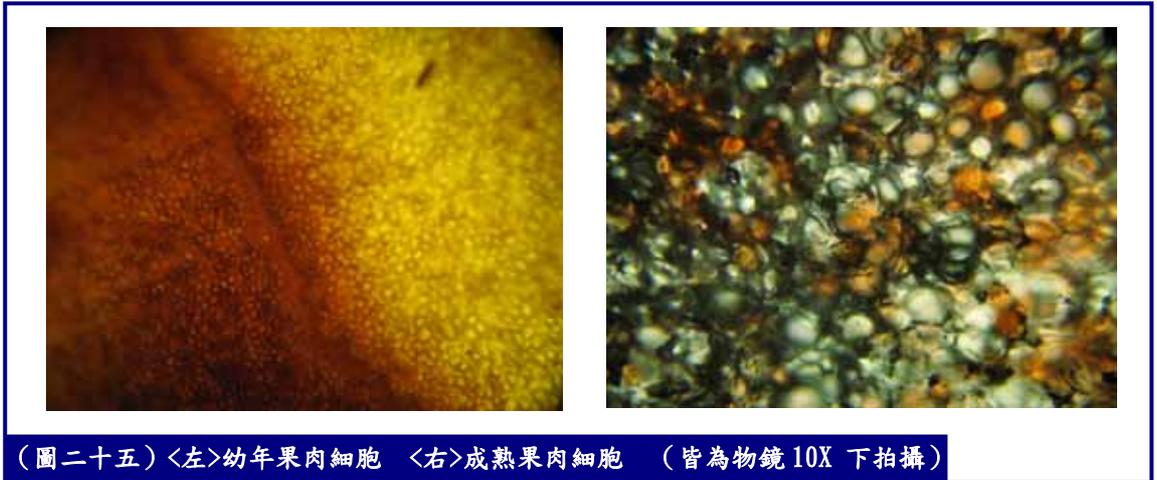
#### (一) 內部構造與維管束的分布

天數	橫切	縱切	
6			<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 果實顏色呈青綠</li> <li>(2) 中間花托明顯形成，且質地明顯密合</li> </ul>
12			<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 體積明顯增大</li> <li>(2) 質地變軟</li> <li>(3) 花托橫切面明顯增長、微微增寬</li> <li>(4) 瘦果成形且量增多，果肉顏色漸轉為米色</li> </ul>
18			<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 花托外的果肉顏色漸呈鮮紅，由內向外色澤越來越飽滿</li> <li>(2) 中間白色的微管，排列逐漸成環狀</li> <li>(3) 維管束層幾乎呈米白色，且趨於成熟</li> </ul>
24			<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 果肉熟的透紅，顏色呈深紅</li> <li>(2) 瘦果顏色也轉變為紅色明顯看到果肉水分非常飽滿</li> <li>(3) 維管色層明顯成熟，顏色也較之前深</li> </ul>

(圖二十四) 果實在生長過程中的橫切面和縱切面

(二) 幼年和成熟果實果肉的變化

果肉細胞在幼年時期細胞排列較為緊密，且細胞較小。到了成熟時期，因液胞膨大，使果肉細胞較幼年時期大而明顯，且不規則排列。

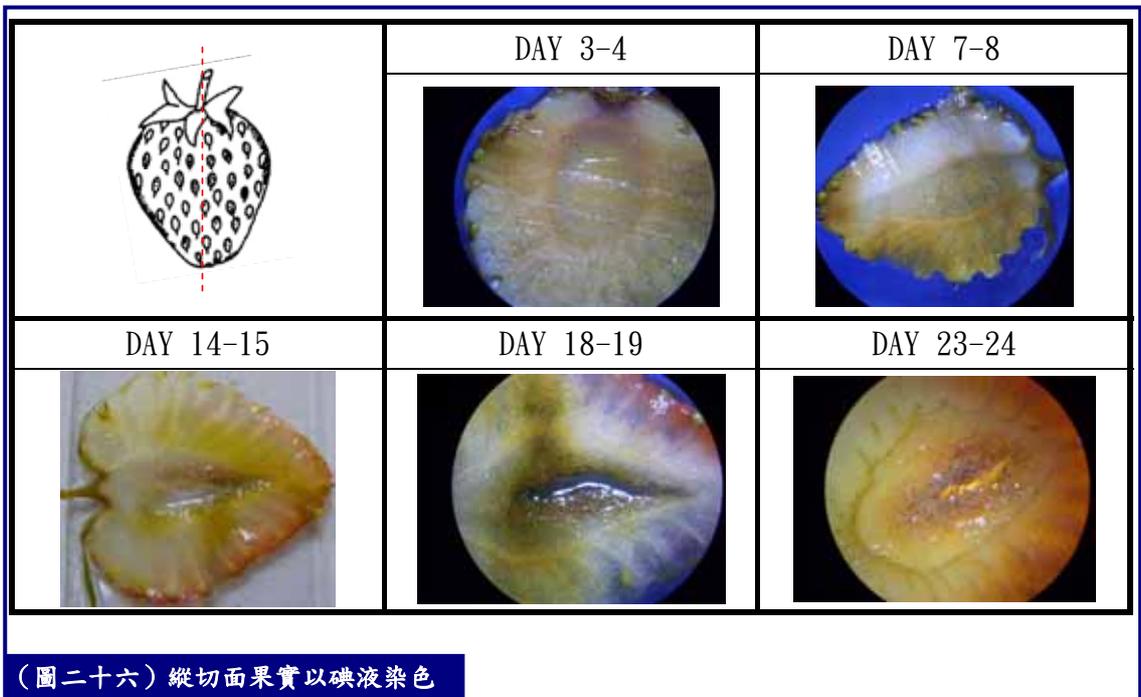


(三) 澱粉與葡萄糖的相對變化

利用澱粉及本氏液互相檢測葡萄糖和澱粉間的轉換變化，即：



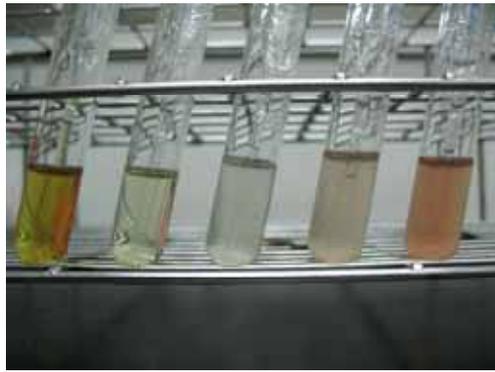
1. 碘液檢定果實澱粉分佈狀況



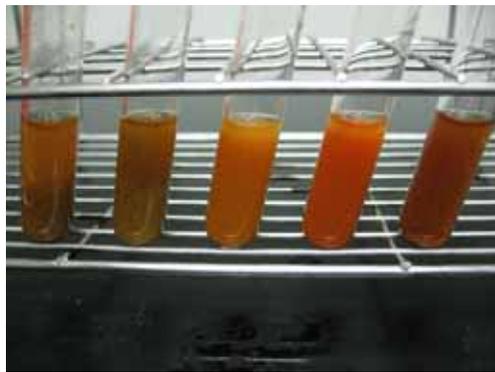
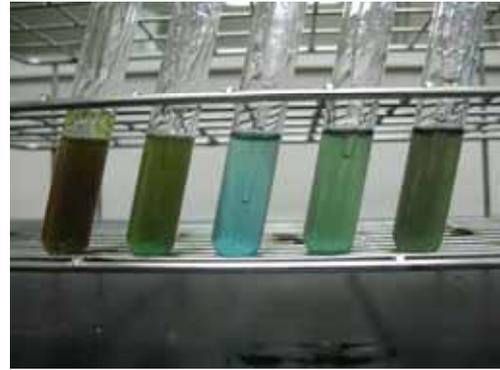
- (1) 幼年時期，果肉和果心硬度均很高，且無澱粉反應。
- (2) 成長期，澱粉在維管束及花托周圍有些許反應。
- (3) 成熟時，花托有明顯的藍黑色。

## 2. 本氏液檢定果實葡萄糖含量

※ 由左至右為：DAY 3-4、DAY 7-8、DAY 14-15、DAY 18-19、DAY 23-24



加入本氏液 1mL



隔水加熱→變色

	DAY 3-4	DAY 7-8	DAY 14-15	DAY 18-19	DAY 23-24
2mL 萃取液	黃	淡綠	淡黃	淡棕	深棕
加 1mL 本氏液	深綠	綠	藍	綠	深綠
加熱變色後	深橙	橙	橙	橙	深橙

葡萄糖含量：少 —————> 多



(圖二十七) 以本氏液檢定葡萄糖變化

結果發現葡萄糖在不同階段含量：

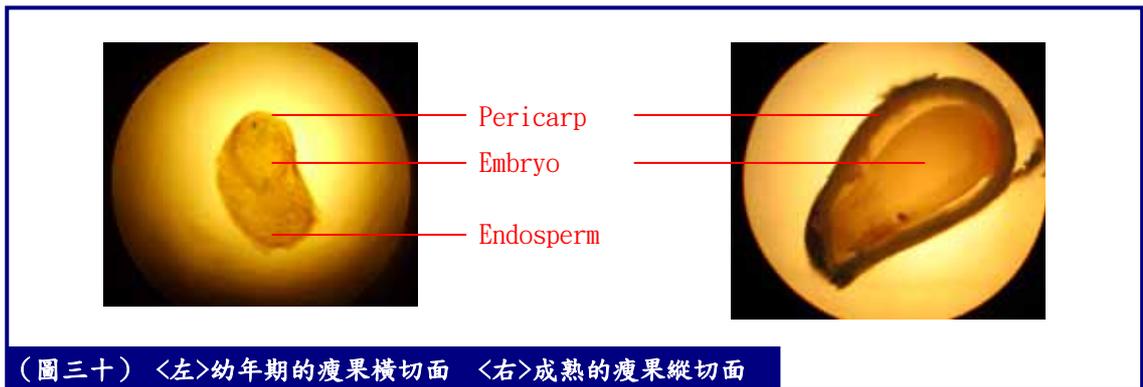
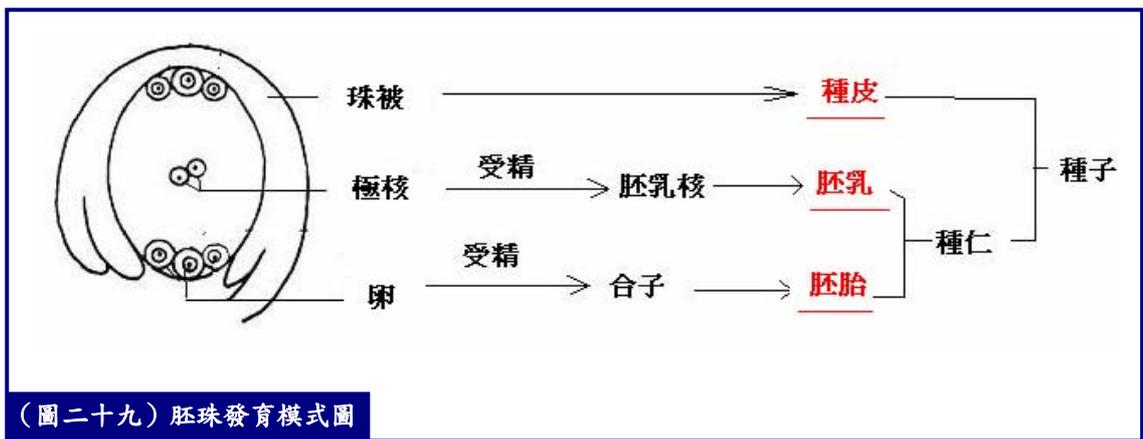
DAY 23-24 > DAY 18-19 > DAY 14-15 > DAY 3-4 > DAY 7-8

## 五、瘦果生長過程的型態和構造

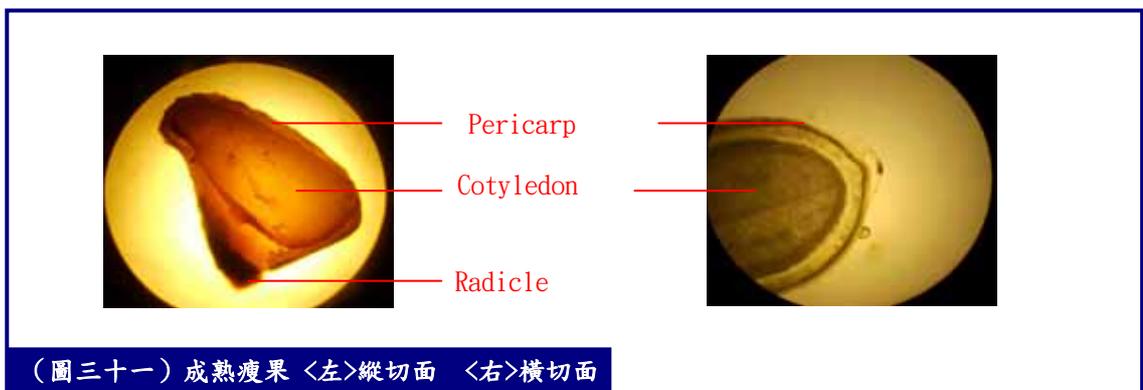
### (一) 比較瘦果年幼與成熟時內部構造

1. 在切幼年瘦果的過程中，有些許的汁液滲出，且在顯微鏡下觀察後發現，胚與種皮不是密合的狀態。

根據被子植物有性生殖的過程，胚珠受精後發育為種子，胚囊內的極核受精後發育為胚乳，受精卵發育為胚。而草莓的雌蕊為單一胚珠，因此瘦果內的構造即胚乳和胚。對照幼年瘦果，解剖成熟瘦果的過程並無液體滲出之現象，由圖三十可以看出靠近果皮部分(即汁液流出處)所佔比例越來越少，所以流出的液體實為胚乳，胚乳的減少的同時，胚所佔的比例越來越大，因此可得知胚乳的養分可提供胚生長所需。



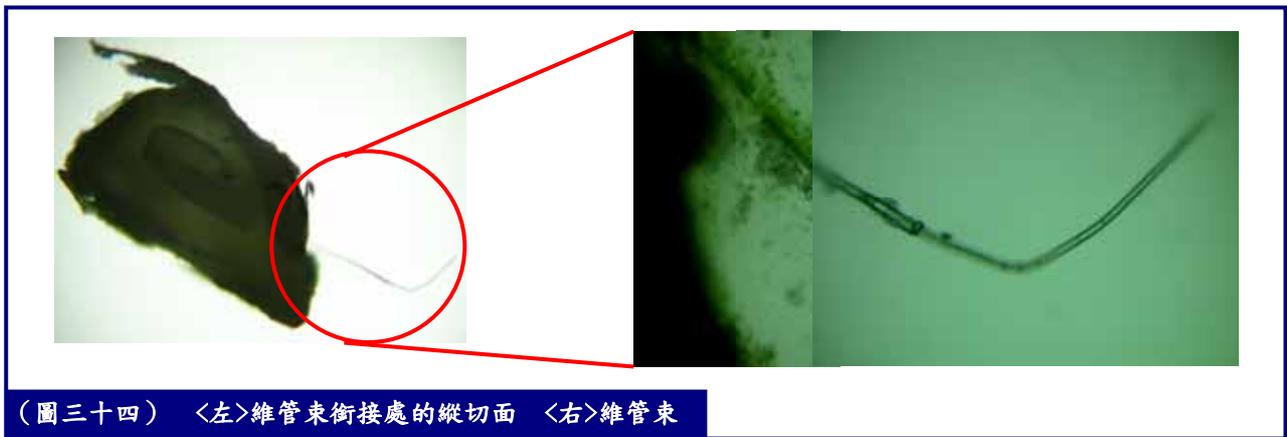
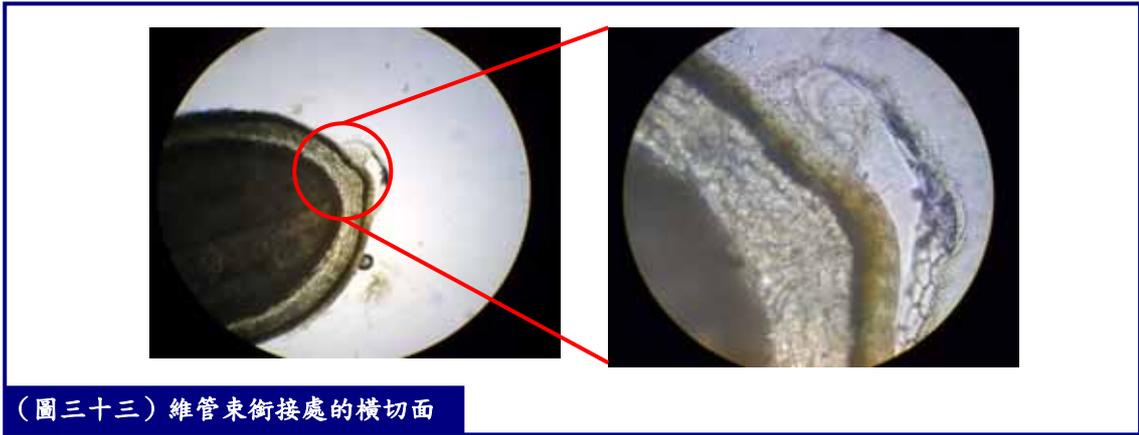
2. 幼年期果皮的木質化不明顯，因為切面可以看出細胞均質，而生長較後期的瘦果，可以看出果皮的質地與內部細胞明顯不同，果皮細胞已明顯木質化。



3. 在實驗過程中發現未成熟的瘦果內比成熟瘦果內水份多，隨著瘦果成長天數增加而漸漸減少。因此瘦果的堅硬度隨著水份多寡有差，未成熟的瘦果質地較軟且有韌性，隨著天數增加，質地愈來愈乾燥且易碎。



(三) 瘦果與維管束銜接處



六、種子萌發是否受溫度和酸鹼等化學物質的影響

(一) 1st 實驗

1. 萌發數量

天數	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (aq)					NaOH (aq)					H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (aq)				
	5%	10%	15%	20%	25%	1m	2m	3m	4m	5m	1m	2m	3m	4m	5m
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	2	2	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	2
9	4	2	0	0	0	3	9	2	0	0	0	0	1	2	3
12	5	3	0	0	0	4	10	3	0	0	0	0	1	4	6

最佳萌發率

(表一) 第一次實驗萌發數量

## 2. 幼苗長度

天數	$H_2O_2$ (aq)					NaOH (aq)					$H_2SO_4$ (aq)				
	5%	10%	15%	20%	25%	1m	2m	3m	4m	5m	1m	2m	3m	4m	5m
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0.3	0.2	0	0	0	0.2	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0.1
9	0.5	0.4	0	0	0	1.1	1.2	0.4	0	0	0	0	0.2	0.3	1.5
12	2.5	2.8	0	0	0	1.6	1.7	0.9	0	0	0	0	1.5	1.7	4.5
15	5.5	6.1	0	0	0	*	*	1.5	0	0	0	0	*	*	7.5
18	*	*	0	0	0	*	*	1.6	0	0	0	0	*	*	12.3
21	*	*	0	0	0	*	*	*	0	0	0	0	*	*	17.9

\* 表示發霉，並停止觀察

(表二) 第一次幼苗長度探討

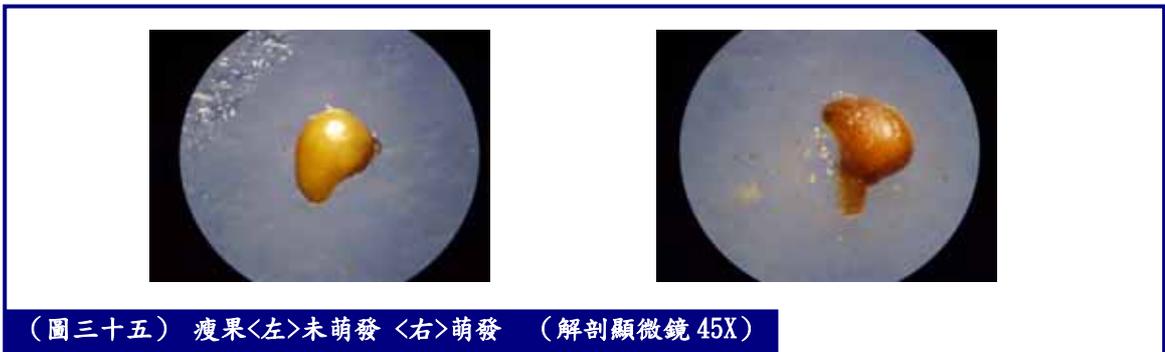
發芽後容易受到黴菌的感染，應該與生命科學 上冊中所提到的：「從對環境抵抗力極強的種子階段，轉變為抵抗力極為脆弱的幼苗」，有所關係。

## 3. 檢討與改進

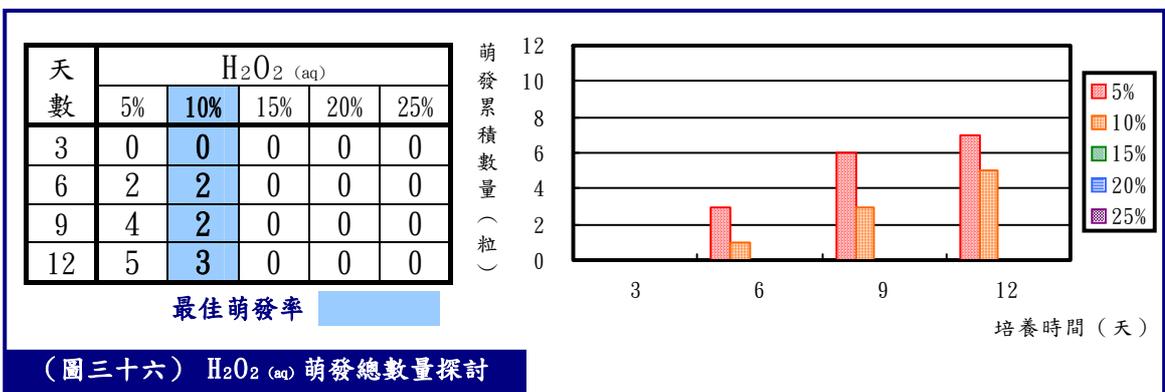
萌發後的瘦果，似乎都因為發霉而中斷了實驗的觀察。嘗試改變其排列的方式，如：排列整齊，勿將整團直接放入培養皿，且觀察瘦果時勿開啟蓋子。

### (二) 2nd 實驗

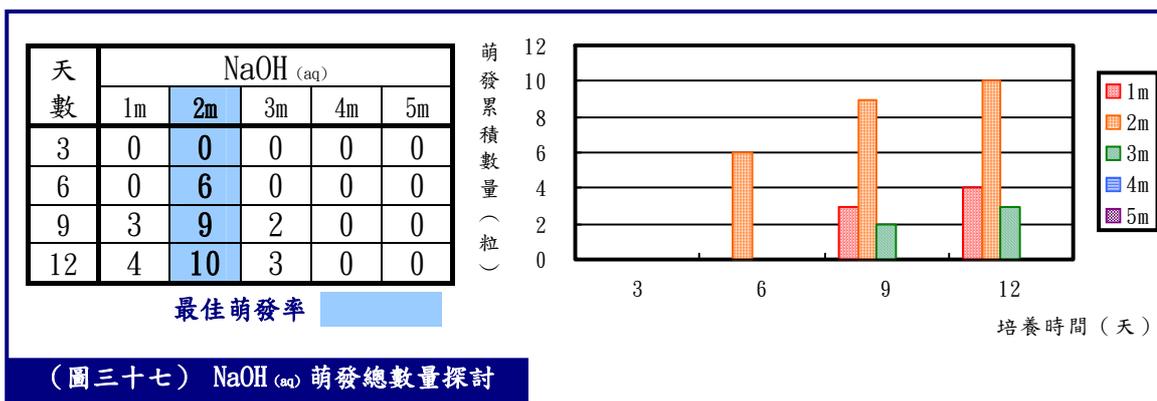
- 此次實驗除遵循 1st 實驗外，再增加浸泡蒸餾水 20 min 之對照組，來達到實驗的完整性。
- 萌發數量



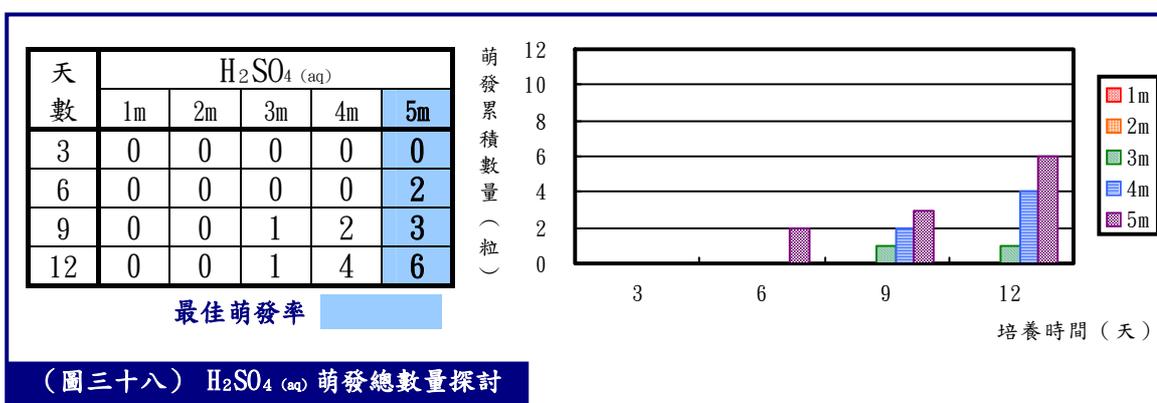
(圖三十五) 瘦果<左>未萌發 <右>萌發 (解剖顯微鏡 45X)



本次實驗 $H_2O_2$  (aq)依然在 5%及 10%時較容易萌發，在保持濕潤的培養基中，萌發數量也較之前高，且達 30%。

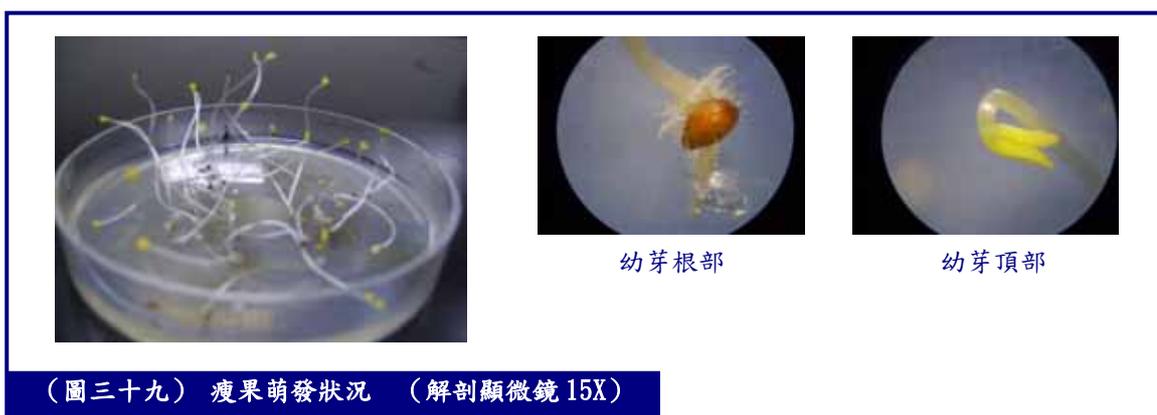


在NaOH (aq)中，2m的濃度最適合其萌發。且在實驗改良下，濃度2m萌發率增高為75%。而4m至5m，也因環境提供足夠水分，致使萌發，數量也達到25%左右。



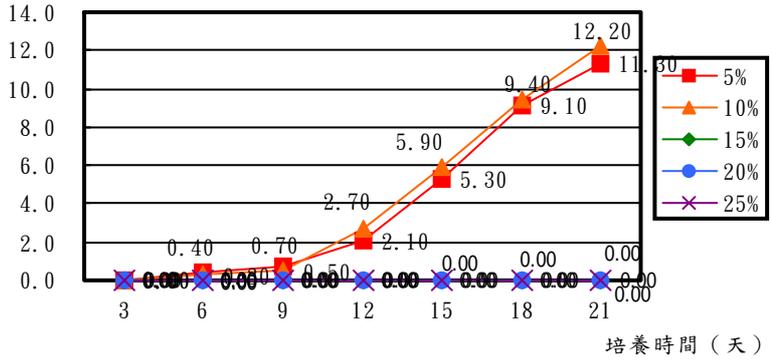
1m-2m的H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (aq)依舊沒有萌發，而3m至5m，同樣在環境提供足量水分下，萌發率有提高2%至3%。

### 3. 幼苗長度



天數	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (aq)				
	5%	10%	15%	20%	25%
3	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0.3
9	0	0	0.3	0.3	0.9
12	0	0	1.3	1.6	2.3
15	0	0	2.7	2.9	5.7
18	0	0	4.0	4.2	9.2
21	0	0	5.1	5.4	10.2

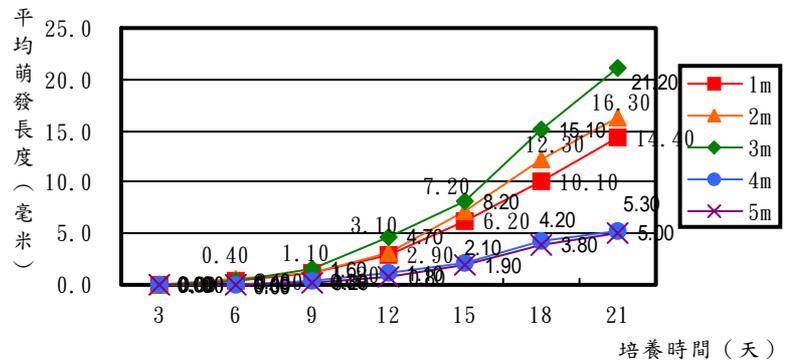
平均萌發長度 (毫米)



(圖四十) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (aq) 萌發總數量探討

天數	NaOH (aq)				
	1m	2m	3m	4m	5m
3	0	0	0	0	0
6	0.4	0.6	0.4	0	0
9	1.1	1.2	1.6	0.3	0.2
12	2.9	3.1	4.7	1.0	0.8
15	6.2	7.2	8.2	2.1	1.9
18	10.1	12.3	15.1	4.2	3.8
21	14.4	16.3	21.2	5.3	5.0

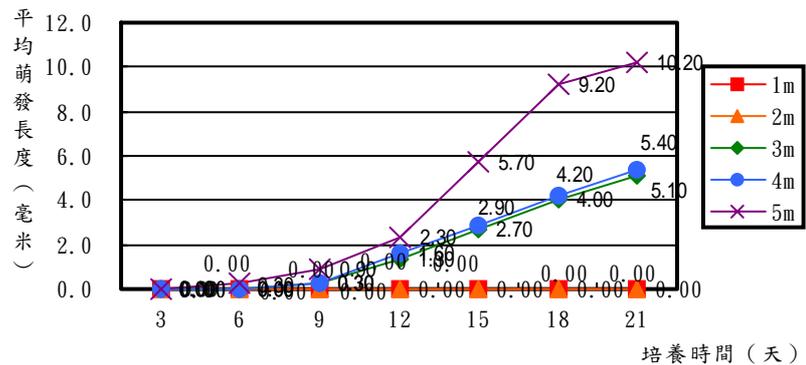
平均萌發長度 (毫米)



(圖四十一) NaOH (aq) 萌發總數量探討

天數	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (aq)				
	1m	2m	3m	4m	5m
3	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0.3
9	0	0	0.3	0.3	0.9
12	0	0	1.3	1.6	2.3
15	0	0	2.7	2.9	5.7
18	0	0	4.0	4.2	9.2
21	0	0	5.1	5.4	10.2

平均萌發長度 (毫米)



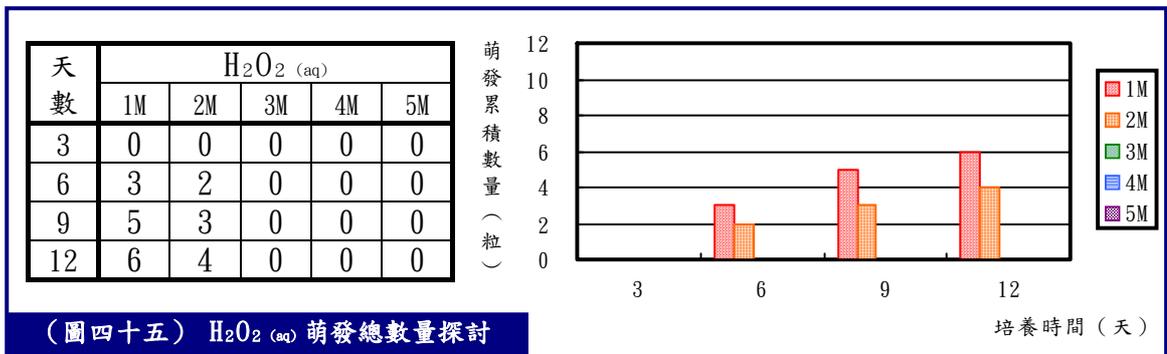
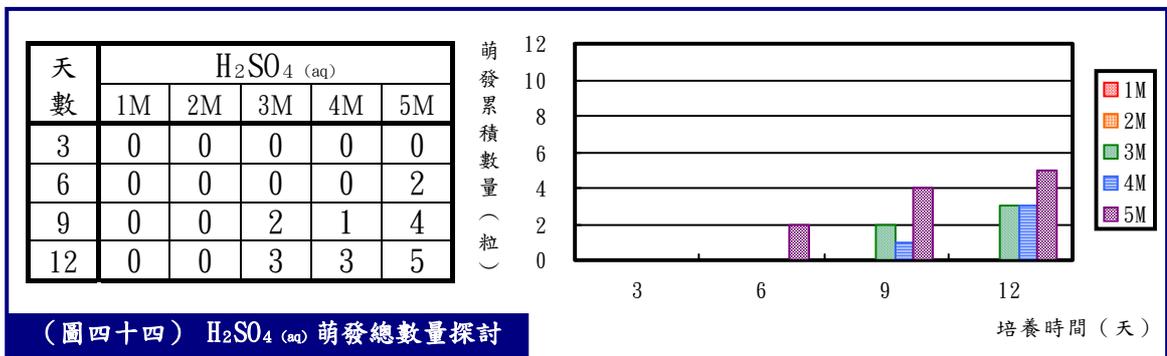
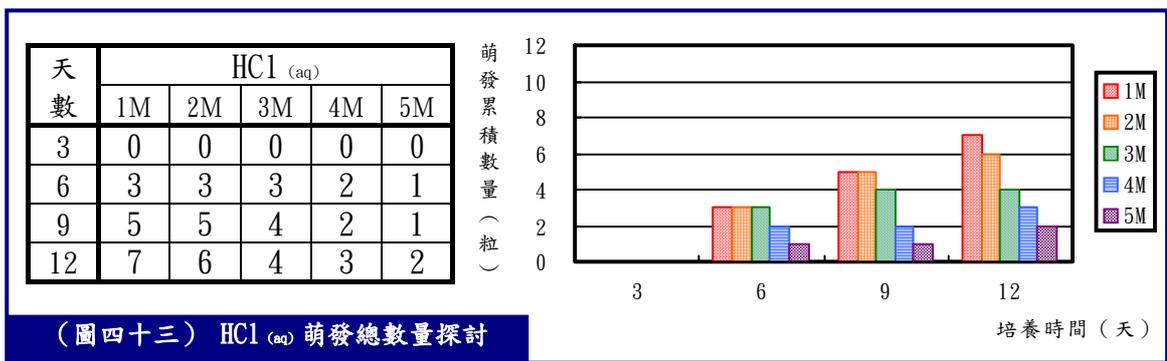
(圖四十二) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (aq) 萌發總數量探討

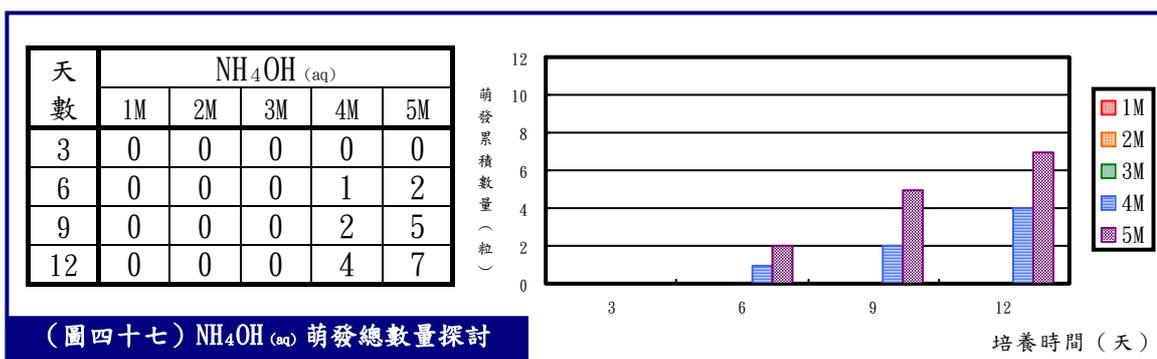
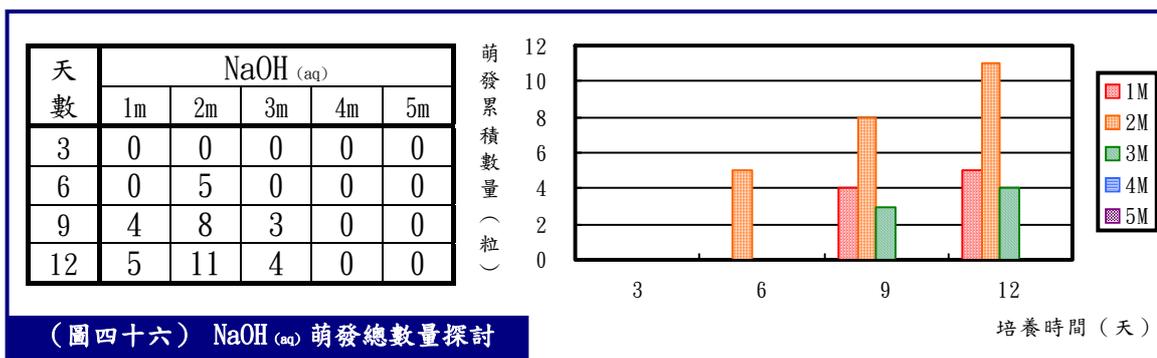
#### 4. 檢討與改進

從瘦果植入至培養皿起，就將其用不透氣膠密封，使其裡外空氣不隨意交換，不僅水分不易蒸發，且黴菌的孳生率也從 15% 降至 0。整體實驗觀察起來準確也較高。在養份充分供給及水分供給不間斷下，幼苗生長素率也較快，生長長度也較 1st 實驗來得高，平均增加長度也較明顯。

#### (三) 3rd 實驗

1. 參加區域科展時教授的評語為：「利用化學物質時，濃度的單位能夠一致，例如：全部為  $C_m$  或  $C_m$ 」。於是我們將濃度皆以  $C_m$  來進行。
2. 試驗瘦果經過動物消化道的破壞還可以順利萌發，乃新增  $HCl_{(aq)}$  及  $NH_4OH_{(aq)}$  兩種相近動物消化液的藥劑。





- (1) HCl<sub>(aq)</sub> 僅 1M-3M 發芽率較高，4M-5M 可能是濃度太高而破壞了瘦果構造。
- (2) NH<sub>4</sub>OH<sub>(aq)</sub> 僅 4M-5M 發芽，可能 NH<sub>4</sub>OH<sub>(aq)</sub> 是弱鹼，無達到破壞效果。

(四) 實驗加入浸泡熱水的瘦果和對照組 H<sub>2</sub>O<sub>(aq)</sub> 均無發芽現象。

(五) 低溫對萌發的影響

結果發現，經過春化作用的瘦果無萌發現象，可見低溫刺激對草莓瘦果的萌發無影響。且低溫刺激後的瘦果可以發現到，其瘦果呈現乾扁狀，也可能因為低溫破壞了其種仁，而導致無法萌發。



## 柒、結論

草莓(*Fragaria sp.*)在分類上屬薔薇科。其果托肥大肉質，為實用部份，果托含有肉質之隨即皮層二部，其間有維管束，屬於複生假果。果之基部有不凋謝的宿萼及枯萎的雄蕊。分布在果托表面的紅褐色小籽即由花內的多枚離生雌蕊發育成，每一枚雌蕊形成一個小單果，常被誤以為種子。許多小單果聚生在同一花托上則形成聚合果。

草莓果實從開花到結果大致分為三個階段，第一階段授粉後1~9天左右，此階段果實的長度和寬度均有些微增加，但重量增加的幅度比外觀的長寬的變化小。第二階段為快速增長期，授粉後10~21天左右，由於花托皮層和髓的細胞內的液泡體積快速的膨大，使得長度或重量，都比第一階段顯著。第三階段授粉後21~22天左右，這時候離果實成熟，剩下不到幾天了，淨重和體積增加的幅度趨慢。這階段某些數據變化，比第二階段小，但比第一階段來得高。

草莓的雌蕊為單一胚珠，基部有一束維管束從花托環狀排列的維管束中延伸出來。胚囊在授粉之後，發育出胚乳和胚。瘦果發育初期胚乳明顯，但在發育過程中，胚乳比例越來越小，胚的比例越來越大，直到占滿整個瘦果，瘦果的體積在成長過程沒有明顯改變。由維管束的分佈與胚乳的改變可知胚發育所需的養分部分來自植物體經由維管束供應，另一部份則來自胚乳，小小瘦果的發育內部的變化卻是如此巧妙。

果實成長時期養分由維管束運送過來的，而韌皮部運輸的養分主要以蔗糖為主且直接供應果實成長所需，僅部分養分會轉變成澱粉儲存。成熟果實成長已達巔峰，澱粉反應集中在花托為多，但是整體而言，草莓的養分不是以澱粉為主，此時成長過程所儲存的澱粉逐漸水解，由澱粉轉變為葡萄糖，從我們的食用經驗可知草莓是以糖類為主要成份。

種子成熟時水分含量極速降低，組織的代謝作用也跟著緩慢下來。此時種子的水量通常為總重量的10%左右。種子在環境條件適當時，組織就能迅速恢復旺盛的代謝功能而萌發生長。

影響種子萌發的因素很多，實驗結果得知，草莓的瘦果果皮堅硬，屬於結構上的休眠(physical dormancy)，因種子內部吸水困難，導致發芽緩慢。利用化學物質，可打破其休眠狀態。實驗進一步發現，酸性溶液破壞其種皮的瘦果成長較為穩定，或許是瘦果內部物質與酸較為接近，如果用了鹼性溶液，反而會破壞其內部的環境。

## 捌、參考文獻

- 一、牛頓科學研習百科 高源清 82/9/1 牛頓出版有限公司
- 二、植物生理學 劉賢祥編譯 第21章-6~第21章-7 徐氏基金會
- 三、台灣的常見野花第一輯，渡假出版社
- 四、果實和種子 王博仁 自然圖書館
- 五、郭華仁 1985 充實期間環境因素與成熟種子發芽能力。科學農業 33:9-13.
- 六、Bhattacharya, A. and P.K. Saha 1990 Ultrastructure of seed coat and water uptake pattern of seeds during germination in *Cassia* sp. *Seed Sci. Technol.*, 18:97-103
- 七、Serrato Valenti, G., L. Melone, M. Ferro and A. Bozzini 1989 Comparative studies on testa structure of hard-seeded and soft-seeded varieties of *Lupinus angustifolius* L. (*Leguminosae*) and on mechanisms of water entry. *Seed Sci. Technol.*, 17:563-581.
- 八、Li, H.L. et al. (eds). 1975-79. Flora of Taiwan. 1st ed. Vol 1-6, Epoch. Publ. Co., Ltd.
- 九、Huang, T.C. (eds). 1993-96. Flora of Taiwan. 2nd ed. Vol 1-3, Committee of the Flora of Taiwan, 2nd ed. Bot. Dept. NTU. Taipei.
- 十、東北農業大學學報  
<http://www.wanfangdata.com.cn/qikan/periodical.Articles/dbnydxxb-e/dbny99/dbny9901/990112.htm>
- 十一、<http://www.syps.hlc.edu.tw/plant/newpage8.htm>
- 十二、<http://www.tyc.edu.tw/files/CD/science45/senior/0407/040713.pdf>

【評語】 040718 光鮮外表下的神秘面紗-探討草莓果實生長及其  
生殖

草莓果實生長發育的過程應是有趣的題材。但因實驗材料大過於普遍而相關研究亦已大量取得。本實驗雖有不錯的設計與執行力，卻沒有問對問題。