

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生物科

080311

捲出生路 --- 四季豆豆莢捲曲的祕密

學校名稱：嘉義縣水上鄉柳林國民小學

作者： 小六 蕭妤珊	指導老師： 李妙瑟 周玉雲
-------------------	-----------------------------

關鍵詞：四季豆、豆莢捲曲、種子散播方式

摘要

植物在自然界會用不同的傳播方式來傳播種子用以繁衍下一代。利用容易種植的四季豆進行研究，藉由徒手切片觀察得知：四季豆的種子散播是利用母株開始枯萎時，豆莢會乾燥破裂後再翻轉，使種子暴露而掉落來繁衍下一代。豆莢能否順利破裂，是因豆莢果皮內充滿溼潤的薄壁細胞和薄膜狀心皮的壁，失去水分時產生收縮轉化成拉扯豆莢果皮的力量，導致豆莢接合處腹縫線產生破裂，利用塗上白膠的吸水紙乾燥後彎曲可證實。至於豆莢果皮翻轉，則須借助豆莢內、外壁厚薄不同，內壁較外壁薄水分散失快，皺縮速度快，產生以外壁為轉軸的翻轉，貼上透氣膠帶的吸水紙會由無貼膠帶處因較快乾燥而向上捲曲可證實。

壹、研究動機

在一次無意間發現田間無人採收的四季豆，果實外型與我吃的四季豆截然不同，乾癟扭曲的外型令我印象深刻，這讓我聯想到自然課曾經學過的「植物在自然界中會利用各種不同的傳播方式將種子傳播出去，以便繁衍下一代。」而這特殊的外型是否與種子的傳播有關，引起我的研究興趣。

本研究與「三下」、「五上」自然與生活科技中『小園丁學種菜』和『植物世界』單元相關，特別是蔬菜的種植和植物種子的傳播。

貳、研究目的

- 一、四季豆的生長甘梯圖製作
- 二、利用新鮮豆莢徒手橫切面來比較豆莢內部結構
- 三、觀察四季豆豆莢乾燥後的豆莢外殼變化
- 四、以吸水紙塗白膠來探討豆莢內部皺縮的原因
- 五、以部分黏貼透氣膠帶的吸水紙來探討豆莢外殼捲曲的原因

參、研究器材

四季豆種子、大花盆、栽培土、竹棍、雙刃刀片、載玻片、蓋玻片、乳頭滴管、亞甲藍液、碘液、燒杯、淺塑膠盆、複式顯微鏡、USB 顯微鏡、Motic Images Plus 2.0 程式、照相機、電子秤、吹風機、乾燥豆莢、支架組、吸水紙、剪刀、白膠、透氣膠帶、電工膠帶、夾子、衣架、直尺、鉛筆、美工刀

肆、研究步驟

一、四季豆的生長甘梯圖製作

- (一) 取 20 個大花盆填入八分滿的栽培土，每個花盆正中間植入 3 顆四季豆種子。
- (二) 每天觀察並記錄，記錄每一個花盆中種子發芽的日期。
- (三) 每個花盆中保留一棵第一本葉外觀最健壯的豆苗作為實驗測量對象，其餘豆苗則拔除，避免造成生長上的相互干擾，並在離豆苗 10 公分處插上竹棍做為攀緣之用。
- (四) 記錄第一次產生捲鬚、開第一朵花、花謝到第一個果莢成熟破裂的時間。
- (五) 將所記錄的各項數值依項目求平均值並製作成生長甘梯圖。

二、利用新鮮豆莢徒手橫切面來比較豆莢內部結構

- (一) 取第二個形成的豆莢，利用徒手切片方式在種子膨脹處及種子未成長處進行橫切，先以 USB 顯微鏡觀察剖面結構。
- (二) 再將切片放在複式顯微鏡下以 4 倍物鏡觀察拍照，並利用 Motic Images Plus 2.0 程式進行測量。
- (三) 記錄豆莢果肉與果皮的厚度。



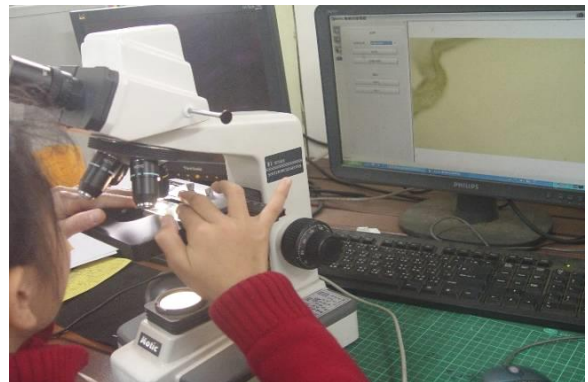
照片 1-1：豆莢橫切



照片 1-2：豆莢切片



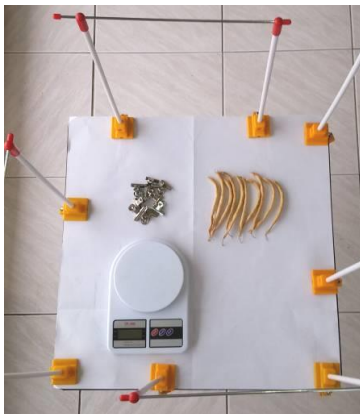
照片 1-3：利用 USB 顯微鏡掃描內部結構的表面



照片 1-4：利用複式顯微鏡拍照觀察測量

三、觀察四季豆豆莢乾燥後的豆莢外殼變化

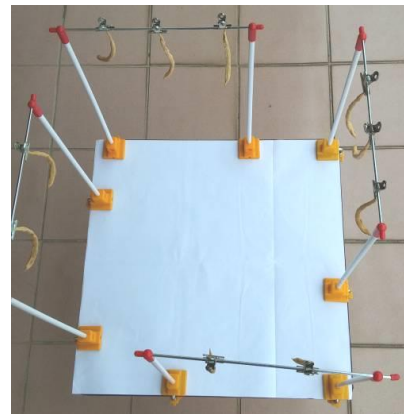
- (一) 取 10 條在植株上逐漸乾燥的成熟四季豆豆莢，掛在支架上，並放置在窗口旁。
- (二) 每隔 3 日觀察豆莢與種子的變化情形，並記錄 10 條豆莢的總重量，了解在不同時間豆莢水分散失的情況。



照片 2-1：實驗器材



照片 2-2：10 條豆莢原來的總重量



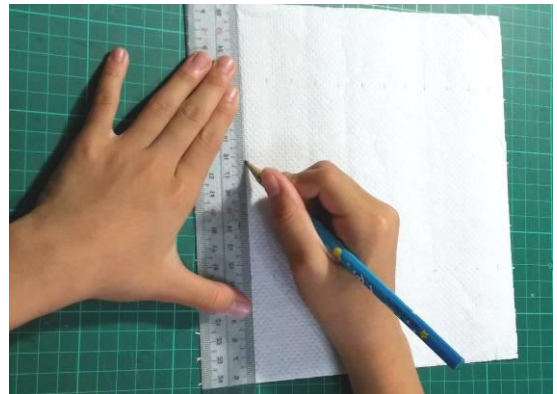
照片 2-3：將豆莢吊掛在支架上

四、以吸水紙塗白膠來探討豆莢內部皺縮的原因

- (一) 將吸水紙剪裁成 20×1.5 平方公分、 10×1.5 平方公分、 5×1.5 平方公分各 80 條，取三種長度各 20 條為一組。
- (二) 依塗上白膠的寬度來分四組，依序編號為甲、乙、丙、丁四組。
- (三) 甲組塗白膠寬 1.5 公分(全塗)，乙組塗白膠寬 1 公分，丙組塗白膠寬 0.5 公分，丁組塗白膠寬 0 公分(全不塗)，利用吹風機吹乾。
- (四) 吸水紙吹乾後，掛在支架上，並測量烘乾後頭尾兩端的直線距離，來判斷吸水紙是否有無捲曲的變化情形。



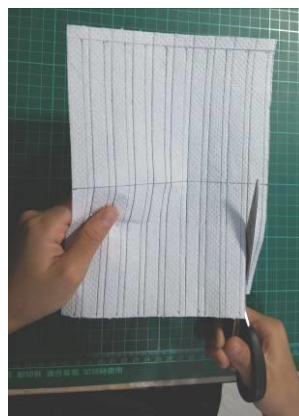
照片 3-1：實驗器材



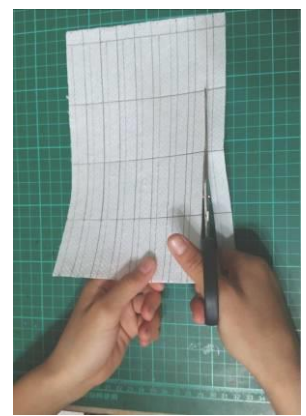
照片 3-2：在吸水紙上畫線



照片 3-3：剪下 20×1.5 平方公分



照片 3-4：剪下 10×1.5 平方公分



照片 3-5：剪下 5×1.5 平方公分



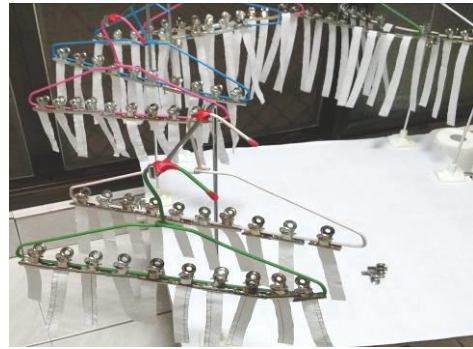
照片 3-6：固定衣架於支架上



照片 3-7：塗白膠



照片 3-8：吹風機吹乾



照片 3-9：吸水紙掛在支架上

五、以部分黏貼透氣膠帶的吸水紙來探討豆莢外殼捲曲的原因

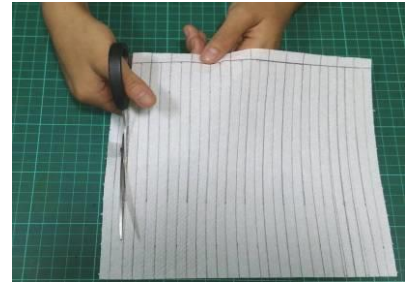
- (一) 取吸水紙裁剪成 20×1.5 平方公分的紙條 20 條。
- (二) 紙條用透氣膠帶貼住寬的一半，利用吹風機吹乾，掛在支架上，靜置 20 分鐘，並測量烘乾後頭尾兩端的直線距離，來判斷吸水紙乾燥後是否有無捲曲及其捲曲的位置。



照片 4-1：實驗器材



照片 4-2：畫 20×1.5 平方公分



照片 4-3：剪 20×1.5 平方公分



照片 4-4：一半貼上透氣膠帶



照片 4-5：貼透氣膠帶吹乾



照片 4-6：吸水紙掛在支架上

伍、研究結果與討論

一、四季豆的生長甘梯圖製作

- (一) 四季豆在南部大多俗稱敏豆或菜豆，因為一年四季都可以種植，加上豆莢長短適合觀察，所以我選擇四季豆作為實驗觀察的對象。
- (二) 我在十月份種植四季豆，種植的 60 顆種子均發芽，平均發芽天數 5 天(小數點第一位四捨五入)，平均第 7 天展開二片心型本葉，因為新手上路加上老師堅持不使用殺蟲劑，依賴同學們動手捉蟲，結果有 20 株苗被蟲吃光，僅剩 40 株繼

續觀察，後來又拔除 20 株，每盆留一株觀察。種植到第 13 天需要使用支架才不會癱倒在盆子上，平均第 46 天開始出現花苞，平均第 60 天豆莢就可長到 10~12 公分長，意味著可以開始採收，因為實驗的需求我們並沒有進行採收，平均到第 70 天植株開始老化，葉片大量枯萎掉落，豆莢也由綠色逐漸轉成黃褐色，平均第 90 天植株枯萎死亡，平均第 95 天豆莢接合處腹縫線開始產生裂縫後翻轉，平均第 105 天豆莢內的四季豆種子開始露臉，不小心碰到就掉落地面。

表 1：四季豆成長甘梯圖

天	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
發芽																				
展開本葉																				
疏苗																				
插竿																				
長捲鬚																				
開花																				
果實成熟																				
植株老化																				
植株死亡																				
種子掉落																				



照片 5-1：四季豆種子



照片 5-2：發芽



照片 5-3：長出第一本葉



照片 5-4：長出其它葉片



照片 5-5：插竿



照片 5-6：搭四季豆棚



照片 5-7：成長觀察



照片 5-8：開花



照片 5-9：花謝果實現



照片 5-10：豆莢成熟



照片 5-11：豆莢變黃褐色



照片 5-12：豆莢老化

二、利用新鮮豆莢徒手橫切面來比較豆莢內部結構

- (一) 新鮮的豆莢會有一些膨脹凸起，此處會有授粉的種子，沒有授粉的種子豆莢果皮外觀呈現扁平圓形。
- (二) 豆莢橫切可以清楚看到薄壁細胞和心皮的壁所組成的果肉，在豆莢果皮接合處腹縫線與背縫線的細胞堆疊厚度較果皮側面細胞厚度厚，但是染色後可顯示細胞較薄，種子利用珠柄連接豆莢果皮接合處的胎座，種子和種子以心皮的壁間隔。

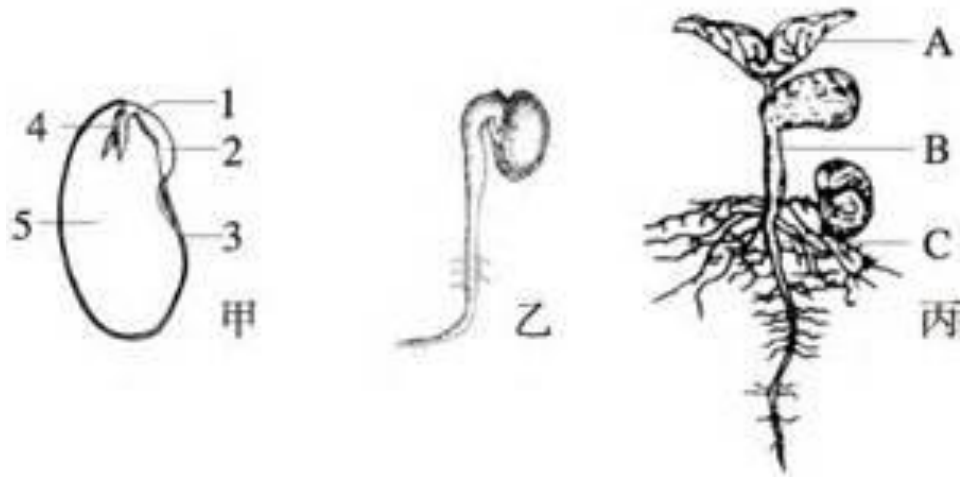
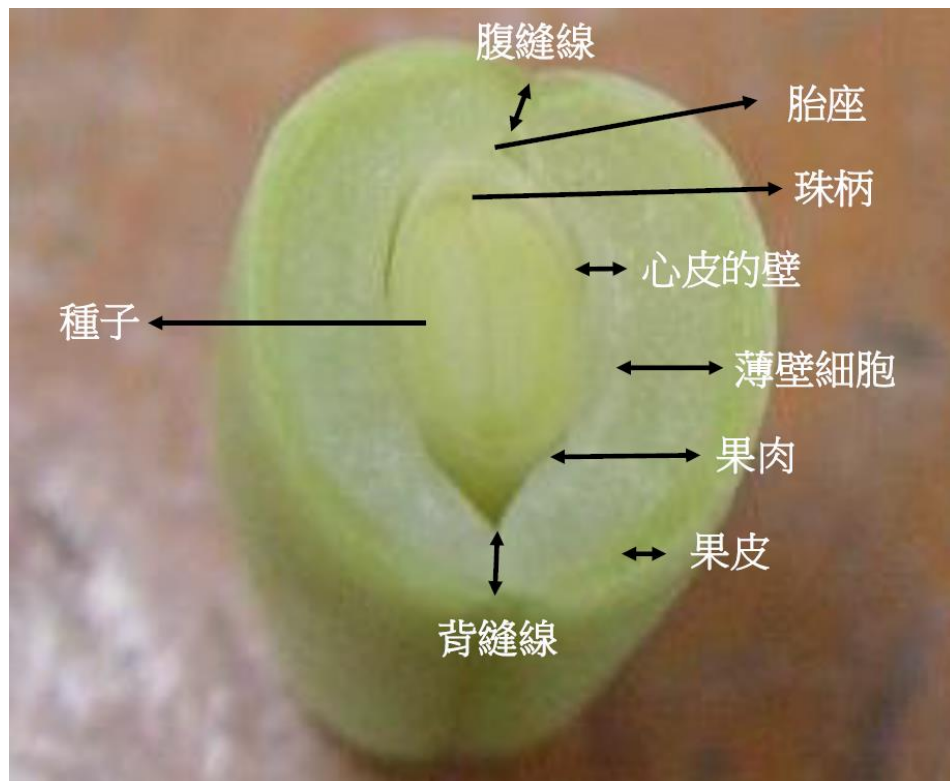


圖 1：甲：種子的剖面圖 (1)胚軸 (2)胚根 (3)種臍 (4)胚芽 (5)子葉
乙：種子萌發先長出軸根
丙：發育的小植株 (A)第一本葉 (B)莖 (C)根



照片 6：豆莢橫切面的各種構造

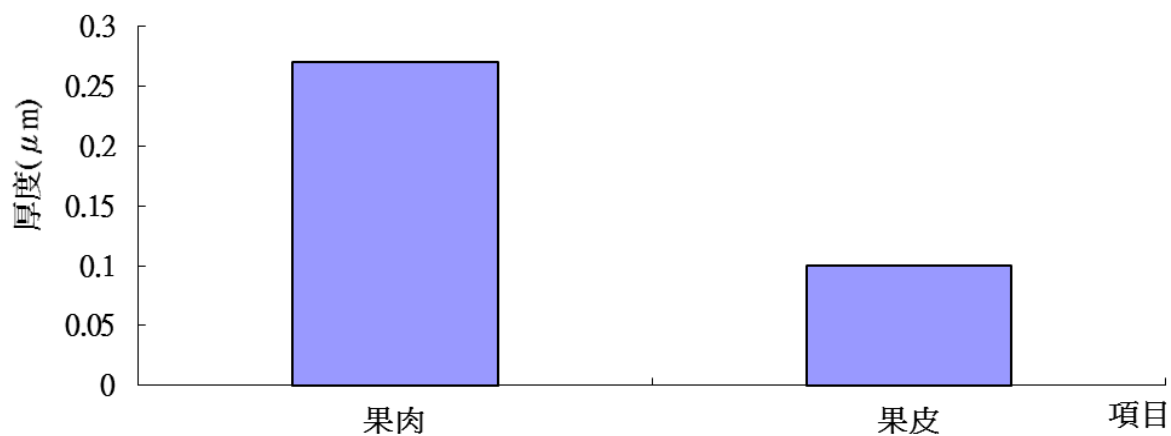
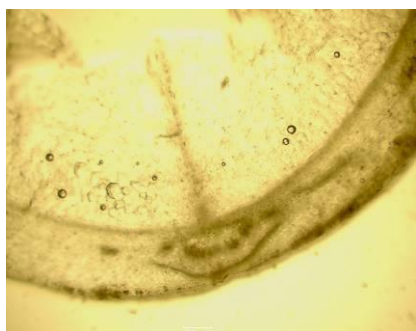
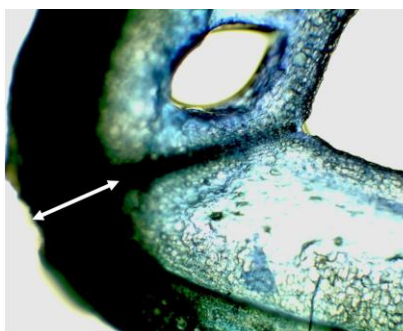


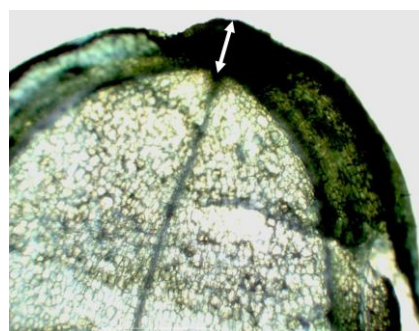
圖2：四季豆豆莢橫切面果肉、果皮厚度



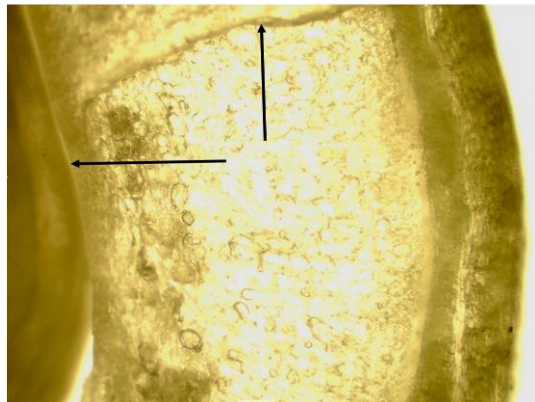
照片 7-1：果莢未長種子處



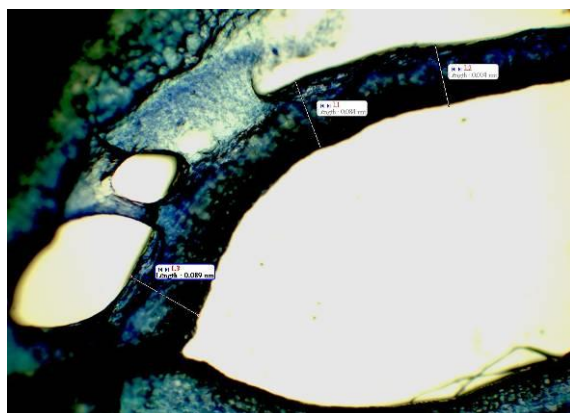
照片 7-2：果莢背縫線果皮厚度較厚



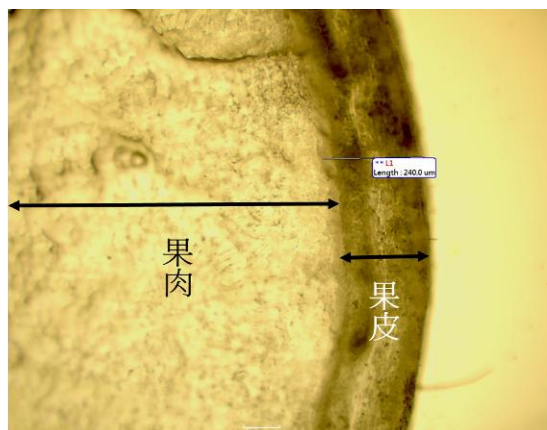
照片 7-3：果莢腹縫線果皮厚度較薄



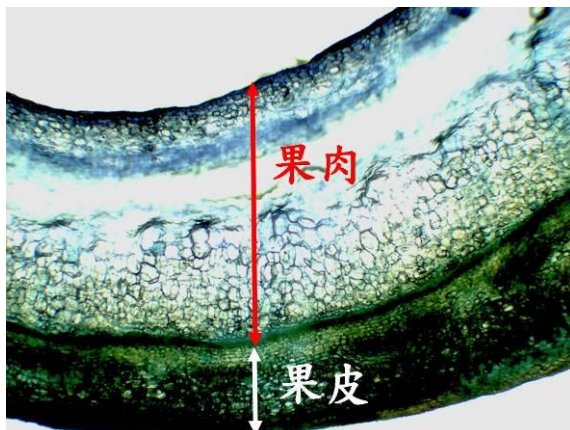
照片 7-4：果莢橫切面見到心皮的壁



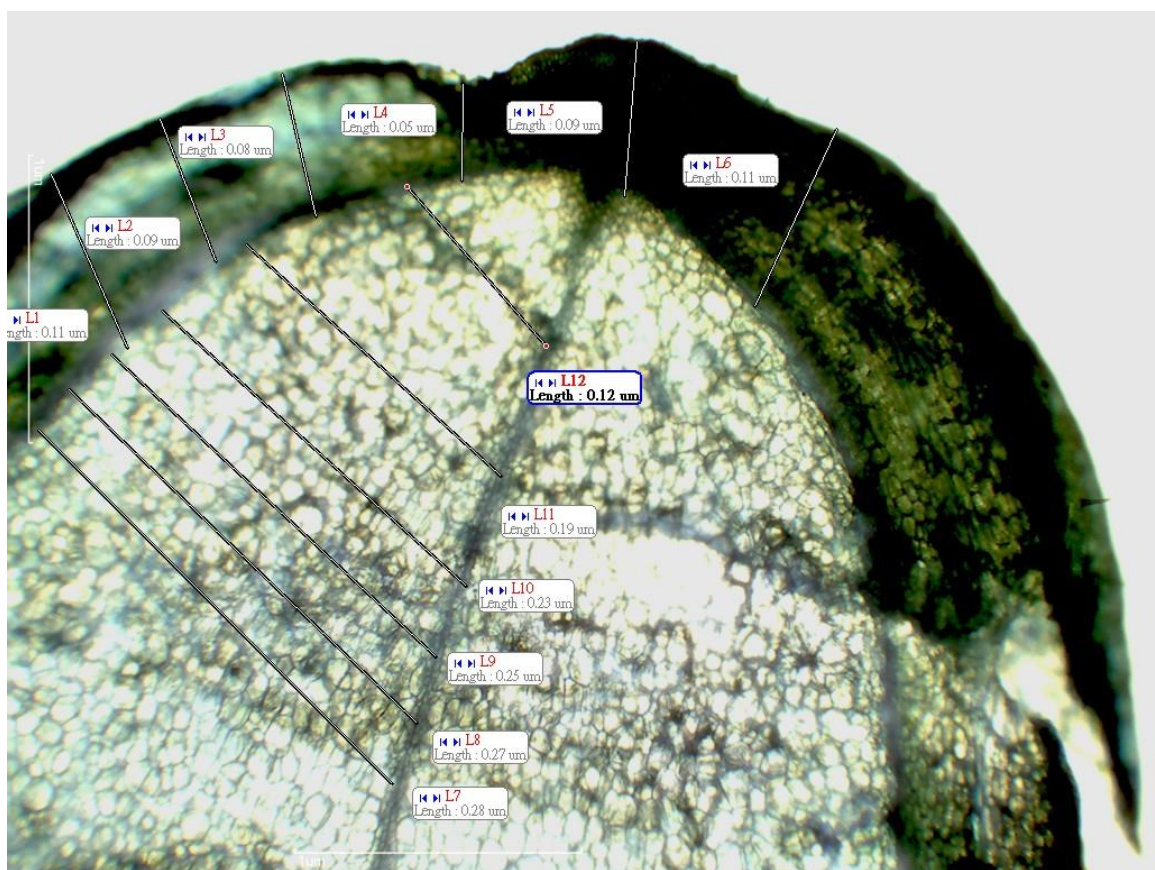
照片 7-5：心皮的壁測量結果



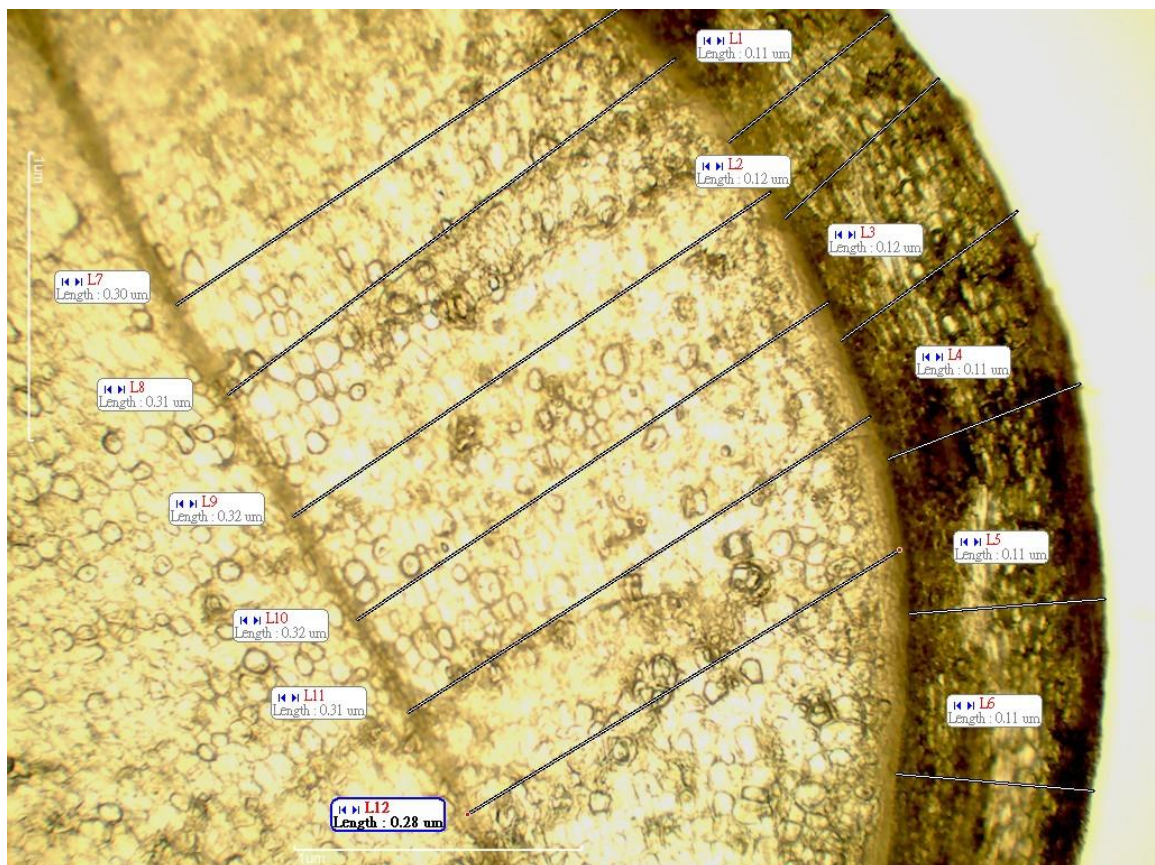
照片 7-6：果莢橫切面見到果皮與果肉



照片 7-7：果皮細胞小而密，果肉細胞疏鬆



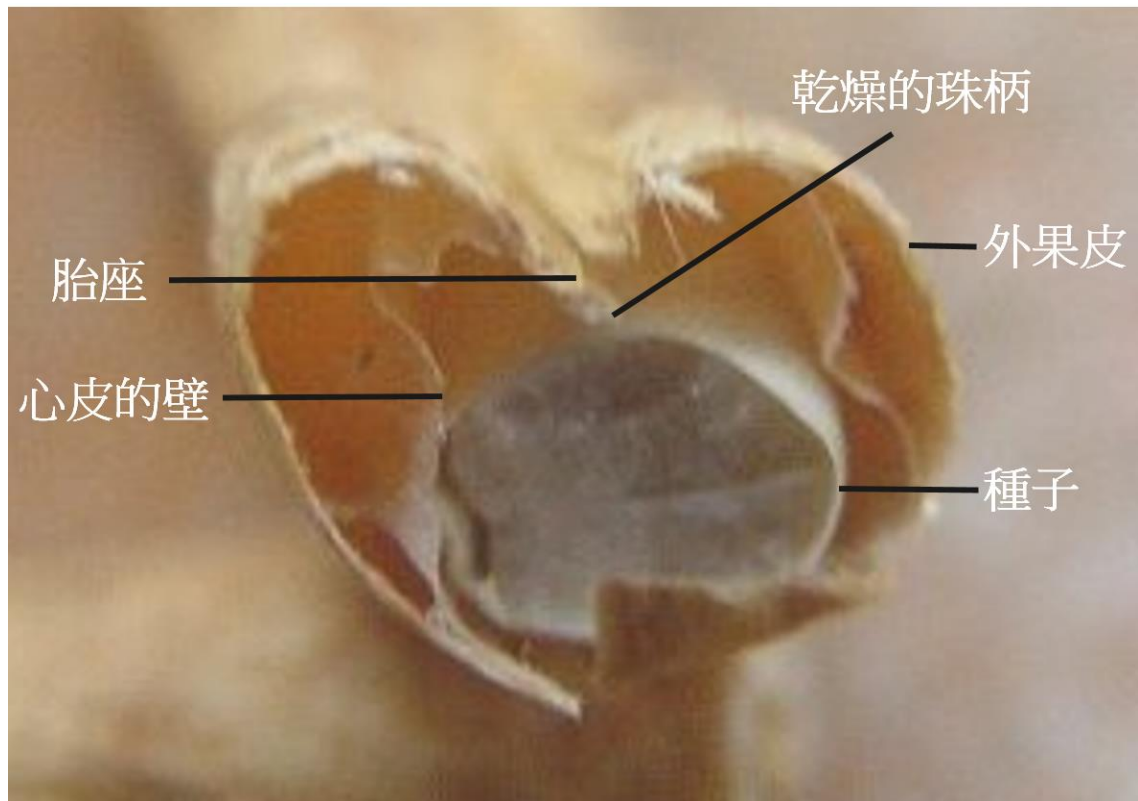
照片 7-8：厚度測量結果(1)



照片 7-9：厚度測量結果(2)

三、觀察四季豆豆莢乾燥後的豆莢外殼變化

- (一) 四季豆豆莢乾燥後，會先從胎座連接的果皮接合處腹縫線開始產生裂縫。
- (二) 接著豆莢最末端開始裂開，然後產生翻轉，種子就暴露出來，珠柄逐漸乾枯萎縮，最後無法支撐種子，於是種子掉落。
- (三) 新鮮豆莢所見到原本溼潤心皮的壁也乾燥萎縮，內部剩下心皮的壁作為固定。



照片 8：乾燥豆莢橫切面見到的構造

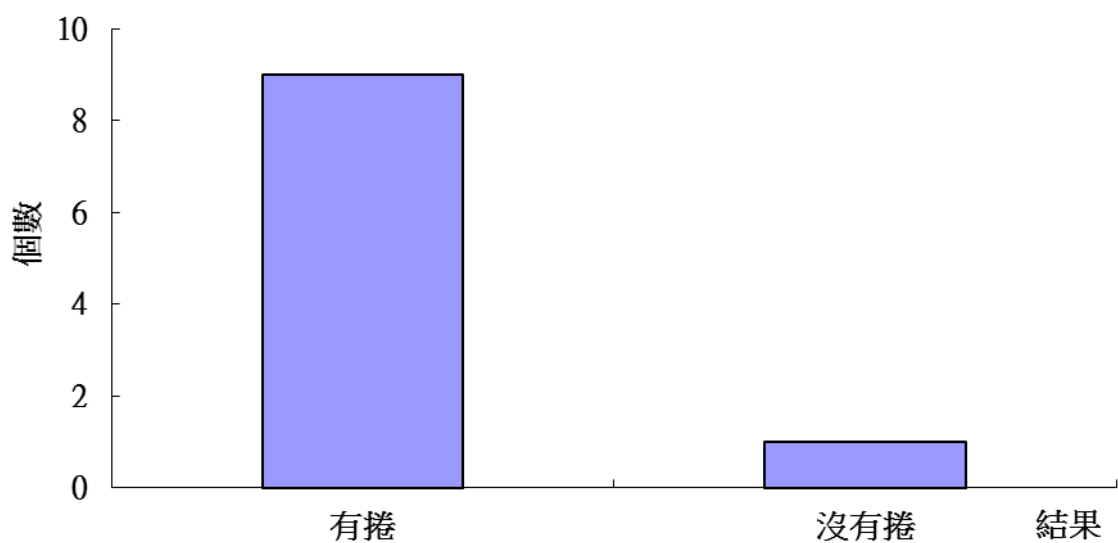


圖3：四季豆豆莢乾燥捲曲結果

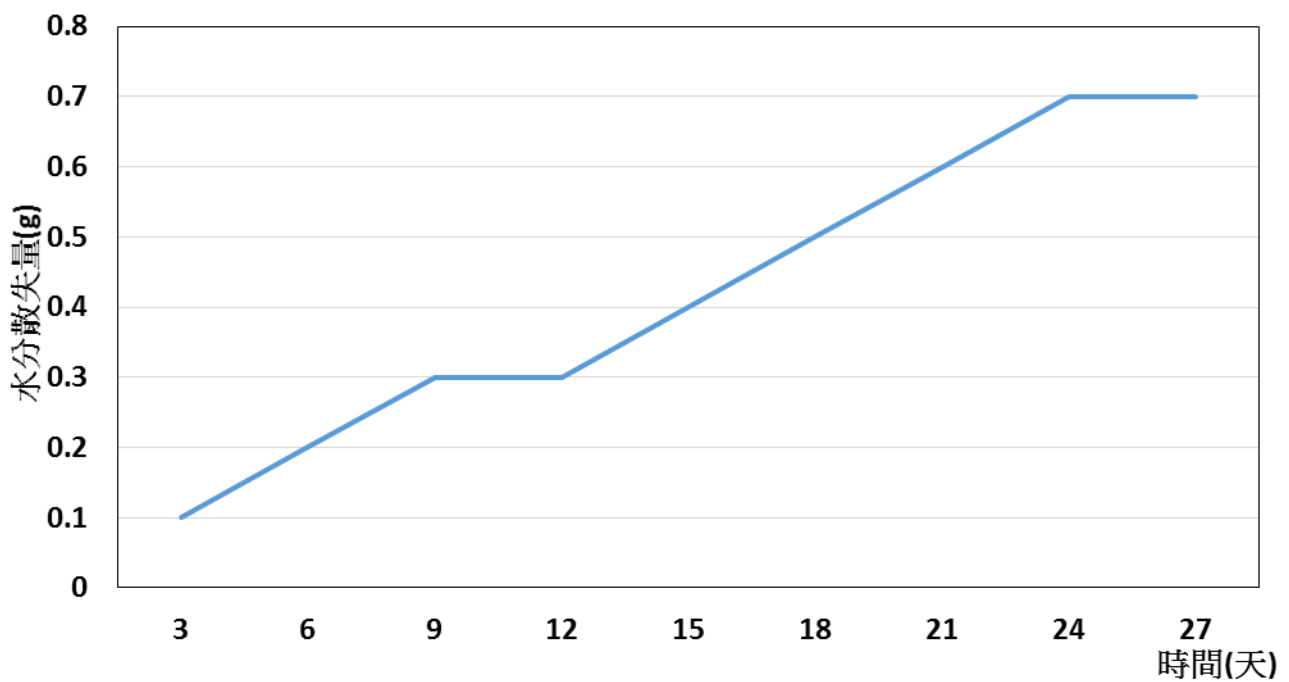
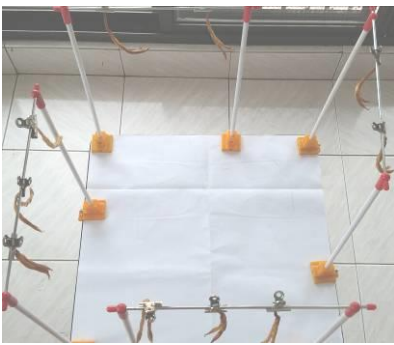


圖4：在不同時間豆莢水分散失的情況



照片 9-1：豆莢乾燥捲曲結果



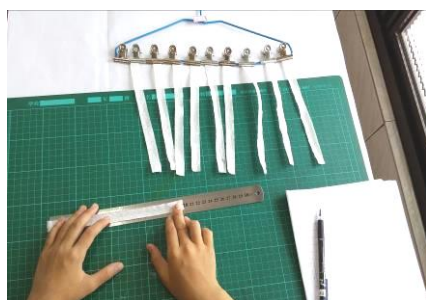
照片 9-2：先從果皮接合處
腹縫線開始產生
裂縫



照片 9-3：豆莢最末端裂開後再
翻轉

四、以吸水紙塗白膠來探討豆莢內部皺縮的原因

- (一) 根據我們的實驗，吸水紙塗上白膠後在乾燥的過程中會形成類似薄膜的物質，吸水紙開始形成波浪狀的捲曲，可證明薄膜狀物質在水分蒸發後會產生皺縮的力量，拉扯豆莢果皮內壁，使豆莢產生破裂。
- (二) 利用徒手切片可以見到溼潤心皮的壁，後來乾燥皺縮具有和白膠皺縮產生相類似的拉力，而且吸水紙條愈長、塗膠寬度愈大，則愈容易產生波浪狀捲曲。
- (三) 我們推測皺縮的面積愈大，產生的總力量愈強，四季豆的豆莢屬長條形，所以容易皺縮產生拉力，使豆莢破裂。



照片 10-1：測量塗白膠的吸水
紙頭尾兩端的距離

照片 10-2：塗白膠處乾燥後
捲曲

照片 10-3：越乾燥越捲曲

表 2：吸水紙長度與塗膠寬度乾燥後對捲曲的影響

	20cm 長				10cm 長				5cm 長			
	塗 1.5cm	塗 1cm	塗 0.5cm	塗 0cm	塗 1.5cm	塗 1cm	塗 0.5cm	塗 0cm	塗 1.5cm	塗 1cm	塗 0.5cm	塗 0cm
1	○	○	○	×	○	○	○	×	○	○	×	×
2	○	○	○	×	○	○	○	×	×	×	×	×
3	○	○	×	×	○	○	○	×	○	○	○	×
4	○	○	○	×	○	○	○	×	○	○	○	×
5	○	○	○	×	○	○	○	×	○	×	○	×
6	○	○	○	×	○	○	×	×	×	○	×	×
7	○	○	○	×	○	×	○	×	○	○	×	×
8	○	○	×	×	○	○	×	×	○	×	○	×
9	○	×	○	×	○	○	×	×	○	○	×	×
10	○	×	×	×	○	×	○	×	○	○	×	×
11	○	○	×	×	○	○	×	×	○	○	○	×
12	○	○	○	×	○	○	○	×	○	○	○	×
13	○	○	○	×	○	○	○	×	○	×	○	×
14	○	○	○	×	○	○	×	×	○	○	×	×
15	○	○	×	×	○	○	○	×	○	○	○	×
16	○	○	○	×	○	×	×	×	○	○	×	×
17	○	○	○	×	×	○	○	×	○	○	○	×
18	○	○	×	×	○	○	×	×	○	○	×	×
19	○	○	○	×	○	○	○	×	○	○	○	×
20	○	○	○	×	○	○	×	×	○	○	×	×
○	20	18	14	0	19	17	12	0	18	16	10	0
×	0	2	6	20	1	3	8	20	2	4	10	20
總 計	有捲	52			48				44			
	未捲	28			32				36			

○：有捲； ×：未捲

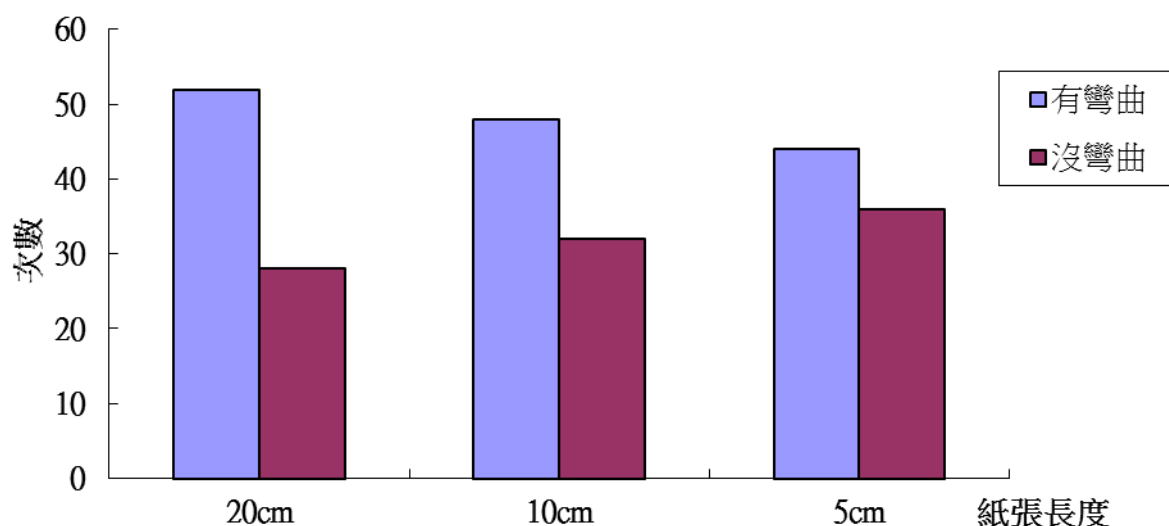


圖5：吸水紙塗白膠紙張彎曲結果

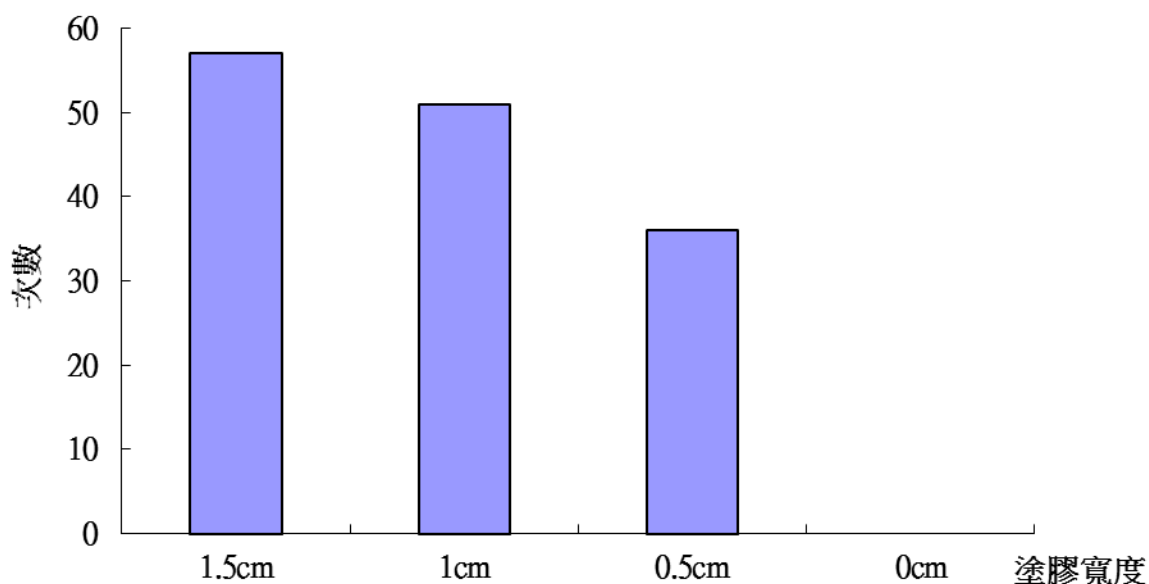


圖6：吸水紙塗白膠紙張彎曲結果

五、以部分黏貼透氣膠帶的吸水紙來探討豆莢外殼捲曲的原因

- (一) 透氣膠帶不像白膠含有較多水分，利用透氣膠帶黏貼在吸水紙上可使吸水紙兩側厚薄不相同，利用吹風機乾燥過程，沒有貼透氣膠帶的吸水紙，乾燥速度快；有貼透氣膠帶的吸水紙，因膠帶阻隔所以水分散失較慢。我們發現沒有貼膠帶一方會先彎曲變形，逐漸有翻轉現象。
- (二) 根據豆莢徒手切片測量結果，豆莢果肉平均厚度大於豆莢果皮平均厚度，接近接合處果皮壁也較薄，所以豆莢末端一破裂後，豆莢內側細胞萎縮速度較快，外側萎縮慢，於是產生翻轉現象。

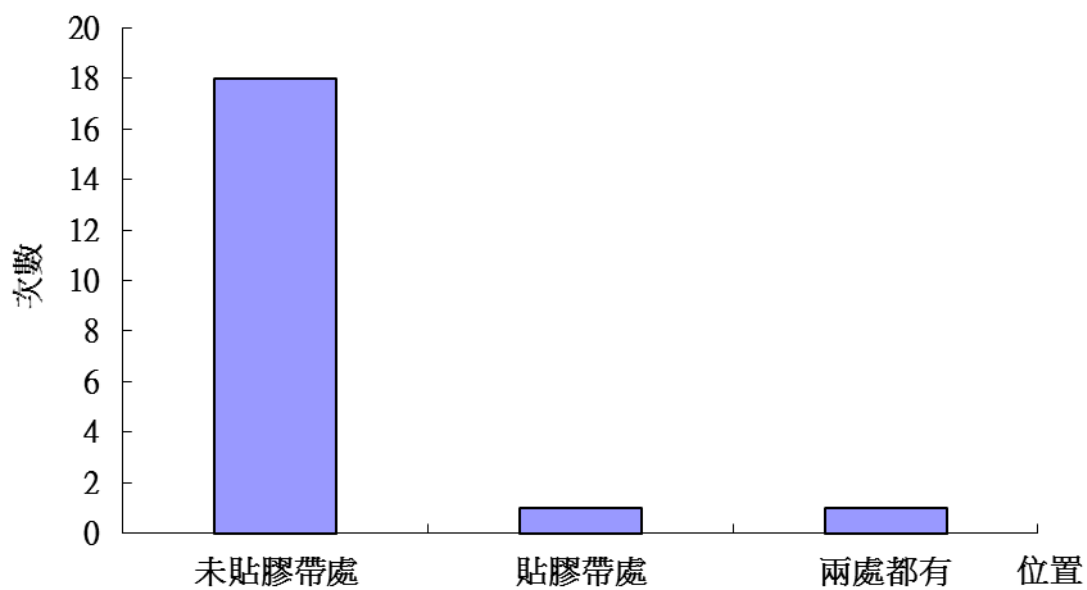
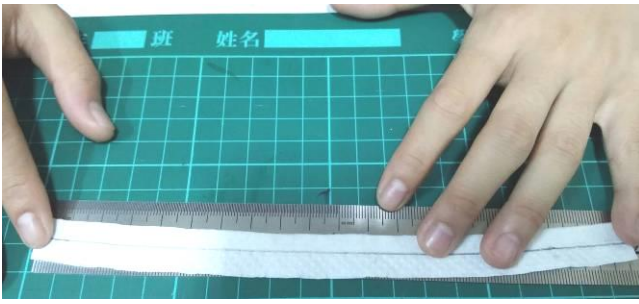


圖7：有無貼透氣膠帶的吸水紙捲曲調查

表 3：貼膠帶吸水紙乾燥後其捲曲位置

	未貼膠帶處	貼膠帶處	兩處都有
1	○		
2	○		
3	○		
4	○		
5	○		
6	○		
7	○		
8	○		
9	○		
10	○		
11	○		
12	○		
13	○		
14	○		
15			○
16	○		
17	○		
18	○		
19	○		
20		○	
總計	18	1	1

○：有捲



照片 11-1：測量乾燥後吸水紙頭尾兩端距離 照片 11-2：未貼透氣膠帶處產生捲曲

- 六、植物的果實通常具有幫忙種子散播的功能，有的果實甜美多汁，吸引動物傳播；有的則是產生特殊構造來協助散播，而種子的散播主要是避免種子發芽時和母株產生生存競爭。四季豆則是搭配母株開始枯萎時，豆莢乾燥破裂後產生翻轉，種子便會掉落地面，有助萌發產生新的世代。

陸、 結論

- 一、四季豆的種子平均發芽天數 5 天，平均第 7 天展開二片心型本葉，種植到第 13 天需要使用支架才不會癱倒在盆子上，平均第 46 天就開始出現花苞，平均第 60 天豆莢就可長到 10~12 公分長，意味著可以開始採收，平均到第 70 天植株開始老化，葉片大量枯萎掉落，豆莢也由綠色逐漸轉成黃褐色，平均第 90 天植株枯萎死亡，平均第 95 天豆莢接合處腹縫線開始產生裂縫後翻轉，平均在第 105 天豆莢內的四季豆種子開始露臉，不小心碰到就掉落地面。
- 二、植物各種散播種子的方式，四季豆的種子散播則是利用母株枯萎時，豆莢會乾燥破裂後再翻轉，使得種子暴露而掉落，因而順利繁衍下一代。
- 三、豆莢能夠順利破裂，因為豆莢果皮內充滿溼潤的薄壁細胞，加上薄膜狀心皮的壁乾燥時產生收縮轉化成拉扯豆莢果皮的力量，導致豆莢接合處腹縫線產生破裂的裂縫，塗上白膠的吸水紙乾燥後彎曲可證實。
- 四、豆莢要產生翻轉，則須借助豆莢內、外壁厚薄不同，內壁較外壁薄水分散失快，皺縮速度快，產生以外壁為轉軸的翻轉，貼上透氣膠帶的吸水紙會由無貼膠帶處向上捲曲可證實。

柒、 參考文獻

- 一、列昂納·本特。1995。植物的力量。文風出版社：台北市。
- 二、大衛·柏尼。1992。植物。英文漢聲出版有限公司：香港。
- 三、黃長發。1994。植物。台灣麥克股份有限公司：台北市。
- 四、黃鴻博。101。自然與生活科技(三下)。南一書局企業股份有限公司：台北市。
- 五、黃鴻博。102。自然與生活科技(五上)。南一書局企業股份有限公司：台北市。

【評語】 080311

研究發現豆莢內種子脫落，是因薄壁細胞和細胞壁脫水收縮拉扯扭曲，才使種子得以掉落繁衍。觀察細緻，非常難得。唯研究略為簡化，建議可多比較不同種類豆莢，觀察不同類豆莢是否具有相同的現象，以增加研究的對比與廣度。