

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生物科

佳作

080312

抽絲解密—大賀蓮中螺紋導管的特性與應用性
探究

學校名稱：臺北市北投區明德國民小學

作者： 小五 蕭茗薰 小五 劉語安 小五 涂令穎 小五 李承佑	指導老師： 周明怡 吳柏菱
---	---------------------

關鍵詞：大賀蓮、螺紋導管、次生細胞壁增生

摘要

本研究是在探究大賀蓮(*Nelumbo nucifera*)中螺紋導管(次生壁增厚)的分布、生長特性，並比較蓮絲和蠶絲之應用性。結果發現大賀蓮的根、儲存莖(蓮藕)、地下莖、葉、葉柄、花、果實及種子的導管皆有次生壁的增厚，增厚方式有環紋、螺紋及網紋。蓮的生長時間愈長，次生壁增厚形狀愈複雜，從螺紋導管中抽出一束絲的絲線排數也越多，其中以挺水葉葉柄下端內圈的絲束數及絲束的絲線排數最多，增厚形狀也最複雜。次生壁增厚生於導管，主要功能在支持植物，而次生壁的增厚不會加速水份輸送的速率。蓮的次生壁增厚可以抽取出來做為布料的絲線，其保暖性、透氣性、快乾性及耐重性都沒有蠶絲(生絲)效果好，但吸水性及耐酸、耐鹼性較蠶絲佳，最大優點為較為環保。

壹、研究動機

我們在網路新聞上看到一篇報導，是在介紹東南亞地區會使用蓮葉葉柄裡的絲來織圍巾、衣服，而且價格昂貴，這讓我們感到很吃驚。實地將學校池塘中的蓮葉柄折斷分離，竟真的抽拉出許多絲狀物，這引發我們想要了解蓮絲到底是植物的什麼構造？在蓮的其他部位是否有絲？蓮絲原本是什麼生長樣態？另外，若是被做成絲線，那它的觸感、韌性、彈性、保暖性…等性質又是如何？與同樣常被做成織品的蠶絲性質有何異同？對於這些好奇與疑惑，我們便展開了深入探究。

(學校資訊課老師旅遊東南亞時所買的純蓮絲製圍巾，美金 90 元)



教材相關性：康軒版五上第二單元『植物世界面面觀』

康軒版四上第二單元『水生家族』

貳、研究目的

目的一 調查各種植物中的螺紋導管特徵

待答問題一 與蓮相似的水生植物是否同樣具有可以抽出絲束的螺紋導管構造？

待答問題二 文獻中介紹具有螺紋導管的植物是否也能像蓮葉柄一樣抽出長絲？

目的二 探究蓮中螺紋導管的分布位置與生長特徵

待答問題三 蓮的各部位是否都具有能抽出絲束的螺紋導管？

待答問題四 不同生長階段的蓮葉柄中，螺紋導管的特徵相同嗎？

目的三 探究蓮葉柄中螺紋導管的功能

待答問題五 蓮葉柄導管細胞壁增加螺紋狀次生細胞壁是否有助於支撐葉柄挺水生長？

待答問題六 蓮葉柄中的螺紋導管是否有助於水分輸送？

目的四 比較蓮絲和蠶絲之特性

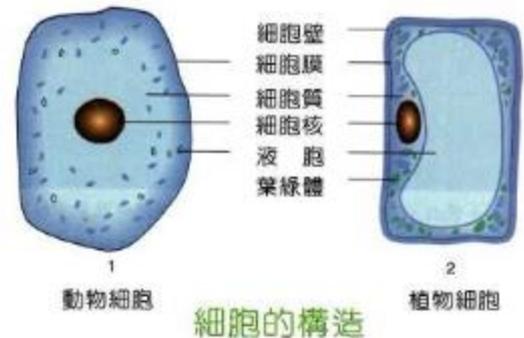
待答問題七 蓮絲和蠶絲的保暖性、透氣性、吸水性、快乾性、耐酸鹼性等性質有何同異？

註：文中所稱『螺紋導管』泛指環紋、螺紋及網紋次生壁增厚的物質

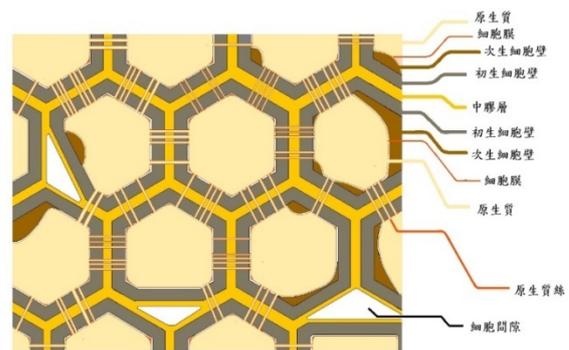
參、文獻探討

一、植物細胞與分生組織

細胞的主要構造分為「細胞膜」、「細胞質」與「細胞核」三部份，而植物細胞在細胞膜外層，多了一層「細胞壁」，這是植物細胞與動物細胞最大的差別。細胞是植物的基本形態單位，細胞可以組織群聚形成組織。有高等植物發生細胞分裂僅



限於某一部位，稱之為分生組織，位於莖與根尖端者稱頂端分生組織，位於莖與根側面者稱側面分生組織，兩者不僅從原有之細胞分裂形成新細胞且會擴大伸長。當較老的細胞開始分化跟成熟時，分生組織持續分裂出新細胞，分生組織賦予植物無限與開放是連續生長的特性。維管組織主要與養分、水分及光合作用的產物的分布有關。維管組織可分為木質部與韌皮部，木質部在結構與功能上都是複合性的組織，主要與水的運輸、儲存及支撐有關。木質部的細胞最重要的特性是水分運輸，其中包括假導管及導管細胞。導管是上下開口連接而成的木質部細胞，假導管是上下封閉的木質部細胞，導管比假導管在進化上更先進，兩者在成熟時都是死亡的細胞。假導管及導管細胞具有厚的次生細胞壁，且細胞壁經常是木質化。機械性細胞則為支撐作用。具有次級細胞壁增厚的細胞通常含有木質素，木質素是一種抗分解的化學物質，木質素與纖維素一起給予植物強度這樣可以使植物達到很大的尺寸。維管組織可能來自初生組織或次生組織，例如：初生維管組織衍生自莖頂分生組織，而次生維管組織衍生自維管束形成層。維管束形成層向內產生次生木質部，向外產生次生韌皮部，可加大莖及根的直徑。



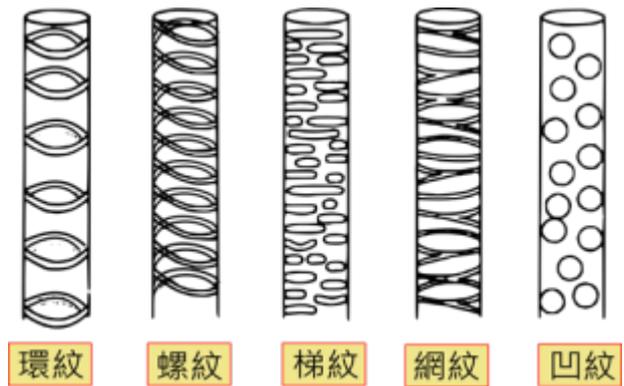
圖片來源：維基百科

二、細胞壁的構造

細胞壁的性質較堅韌，主要功能是維持細胞的形狀並且保護及支持。植物細胞壁的主要成分是纖維素及果膠，是在細胞分裂、生長和分化過程中形成的。細胞壁可分為三層，初生細胞壁和次生細胞壁，中間以中膠層分隔。中膠層呈黏狀，主要成分為果膠質，中膠層將二個植物細胞的初生細胞壁連結在一起，中膠層兩側形成初生細胞壁。初生細胞壁為初形成的細胞壁，細胞壁薄、纖維素含量較少，初生細胞壁具彈性，會因為生長而使植物細胞得以改變形狀或變大，而初生細胞壁不會均勻增厚，而是保持原本的厚度或不均勻性，或者交替增厚和變薄，而這些變化是可逆的。

三、次生細胞壁與增厚

當植物細胞停止增大後，會形成較厚的次生細胞壁，次生壁分內層、中層和外層，有時層數會超過三層。主要是以纖維素組成的纖維垂直交叉排列，再以木質素結合，因纖維素含量較多，使次生細胞壁的質地堅韌。植物細胞停止增大後並變得成熟，有些細胞在成熟過程會產生一些物質如纖維素及木質素等的二次增稠沈積。這些物質在細胞壁在外觀上以分層的方式沈積，最後這些細胞壁增厚物質沈積在導管、管胞及纖維細胞中。而次生壁的增厚物質並不是以均勻的厚度沈積，而形成特殊的圖案，例如環形、螺旋形、線形、網形及孔形。若最裡面的層是一個螺旋帶，這種帶稱為三級螺旋或螺旋增厚。



圖片來源: <http://www.yourarticlelibrary.com/biology/useful-notes-on-thickening-of-cell-wall-cell-biology/6764>

四、蓮的生長

蓮花栽植後會先長葉再冒出花芽，葉的成長可分三階段：第一階段幼苗期（約第 10 至 20 天）此期蓮自節間冒出葉芽，剛冒出之葉芽，軟弱無力，無法挺出水面，只能平貼於水面之上，而且荷葉尚小如錢形，故稱錢荷或荷錢。第二階段幼苗期 邁向成苗期（第 21-40 天），葉片仍浮於水面，是為浮葉，但亦有部分葉芽已挺出水面。第三階段成苗期（第 41-60 天），葉柄挺出水面，稱立葉，此時葉片與葉柄成 110 度至 130 度，使葉片不下垂。蓮花是先長葉芽再長花芽，蓮栽種二個月才會冒出花芽，地下莖每節長出一株花芽，並預先長出一片葉子來保護它，每年五月到十月是開花時節，花梗與葉柄同色，也長著向下的刺，內部亦有氣室。花蕾著生在花梗上方，屬有限花序之單頂花。

肆、研究器材

一、觀測的植物種類：大賀蓮、印度芥菜、大萍、布袋蓮、大安水蓑衣、野薑花、睡蓮、水芋、田蔥、小黃瓜、空心菜。

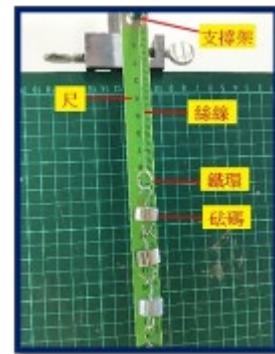


二、觀測絲線：蓮絲、蠶繭抽絲

三、觀測器材：光學顯微鏡、解剖顯微鏡、顯微鏡比例尺、手機專用的顯微鏡固定支架、玻片、刀片、切割墊、燒杯、滴管、尺、紅墨水、水盒。

四、絲線載重能力測試器材：自製實驗架、砝碼。

自製絲線載重能力測試器材圖示



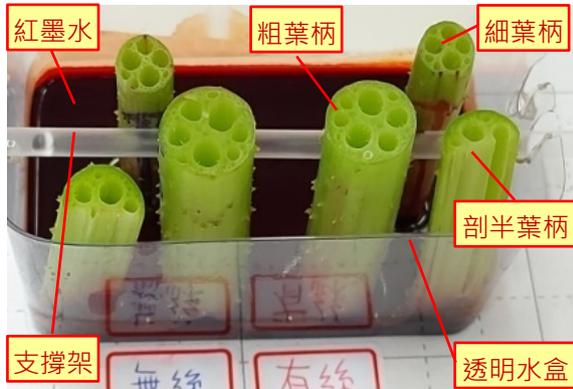
五、絲線保溫性測試器材：熱偶式溫度計、鎢絲燈。

六、絲線透氣性測試器材：熱偶式溫度計、漏斗架、透明水瓶、熱水、計時器。

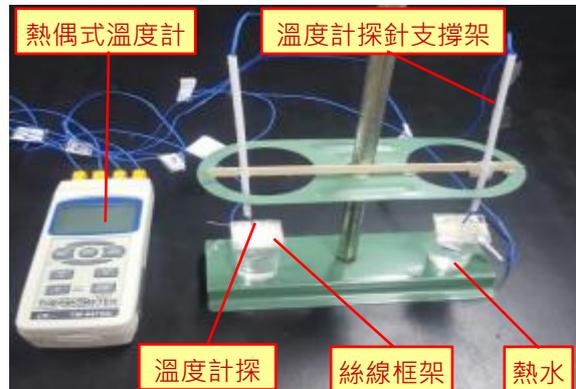
七、絲線吸水性測試器材：紅墨水、水盒、升降台、壓克力板、尺、計時器。

八、絲線快乾性測試器材：微量電子秤、計時器。

自製輸水實驗裝置圖示



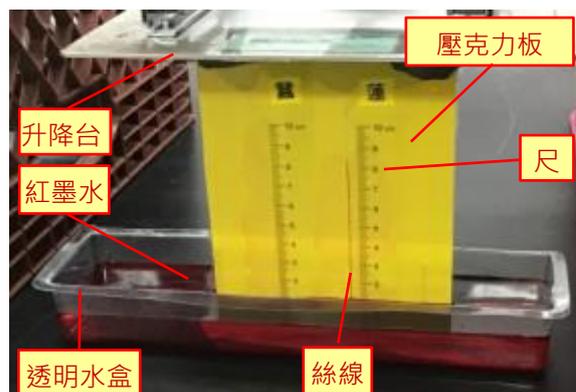
自製透氣性測試裝置圖示



自製保溫性測試裝置圖示

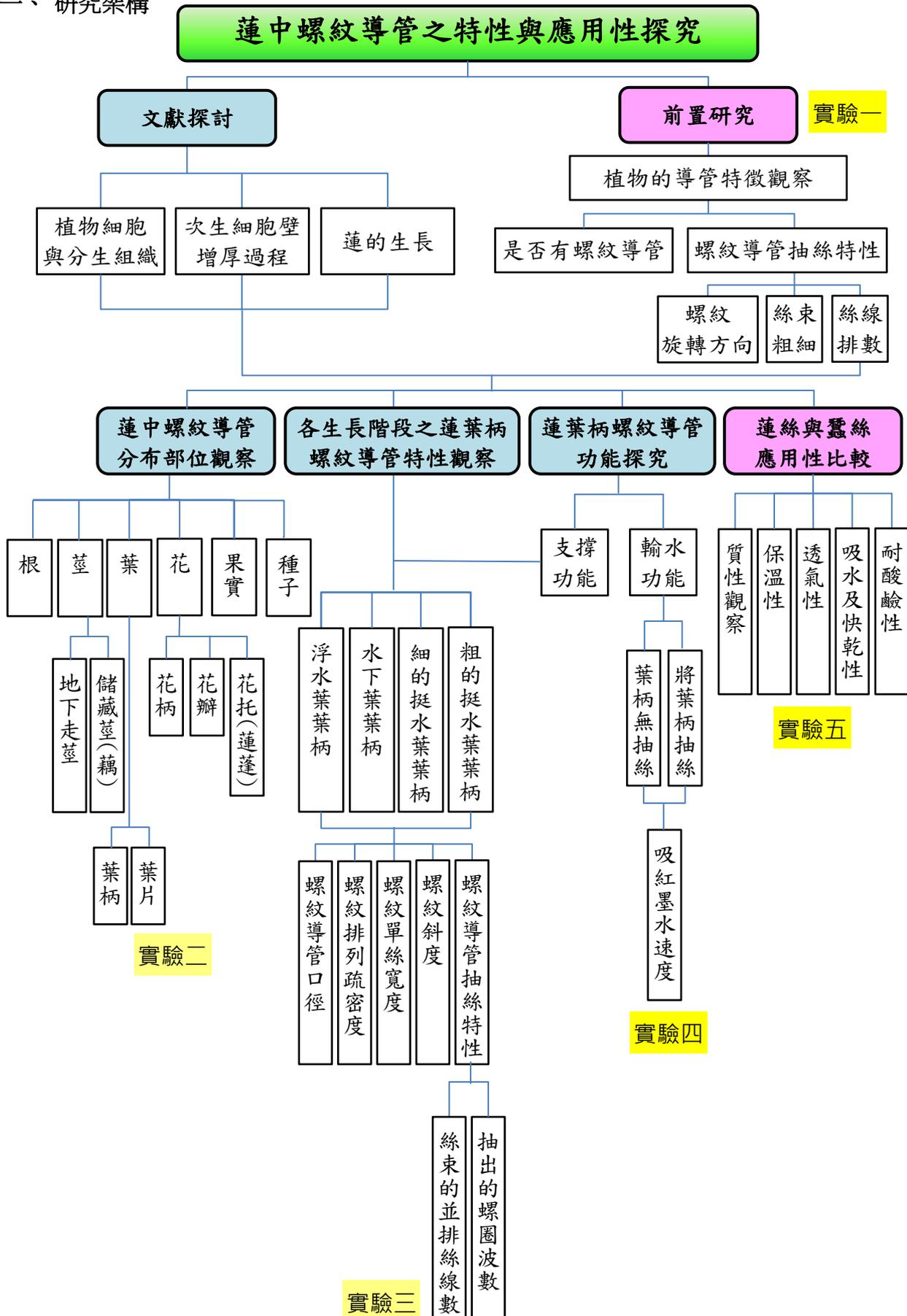


自製吸水性測試裝置圖示



伍、研究過程與方法

一、研究架構



二、研究方法

(一)螺紋導管特性觀察

1. 切取植物各部位的橫切面與縱切面薄片，運用顯微鏡觀測螺紋導管特徵。

2. 蓮葉柄依生長階段分為四類：

(1)水下幼葉葉柄(未出水面的挺水葉)

(2)浮水初生葉葉柄

(3)細挺水葉葉柄(葉柄直徑約 0.5cm)

(4)粗挺水葉葉柄(葉柄直徑約 1cm)

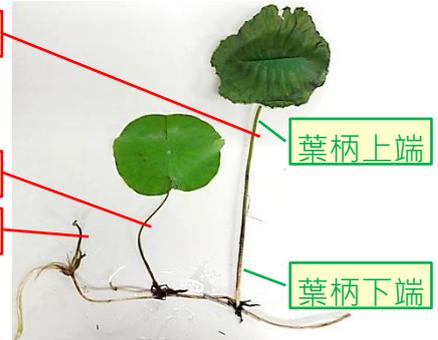
挺水葉葉柄

浮水初生葉葉柄

水下幼葉葉柄

葉柄上端

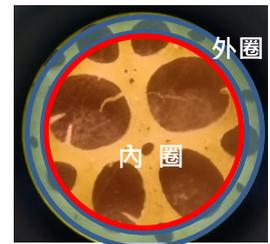
葉柄下端



3. 葉柄橫切面內圈與外圈取樣範圍如下圖所示：

4. 運用顯微鏡和手機拍照記錄，照片放大倍率統一為：

目鏡 10X、物鏡 10X、手機 8X。



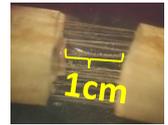
5. 根據比例尺(如下圖，每一小格邊長為 0.05cm)，換算照片中各觀察項目的長度。

顯微鏡：10X10 倍	再用手機放大 8 倍時
<ul style="list-style-type: none"> ➢ 原始照片規格：7cmx5.25cm ➢ 實際 0.05cmx3.6 格=0.18cm=照片 4.3cm 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 照片 7.0cm=實際 0.036cm=360μm (7/4.3x0.18/8=0.036cm=360μm)

6. 螺紋導管特性紀錄與數據紀錄如下表與圖示換算方式說明

葉柄種類	取樣部位	觀測照片與各位置的照片數據資料	螺紋實際口徑 (μm)	螺紋數	單絲照片寬度 (cm)	單絲實際寬度 (μm)	間隙照片寬度 (cm)	間隙實際寬度 (μm)	螺紋斜度
粗挺水葉柄	上端內圈		3.08 /7 x0.036 x10 ⁴ =158.4	26	0.009	0.009 /7 x0.036 x10 ⁴ =4.6	0.170	0.170 /7 x0.036 x10 ⁴ =8.7	11°

7. 將螺紋導管抽絲 1cm 長，運用顯微鏡調整焦距並依序觀察紀錄



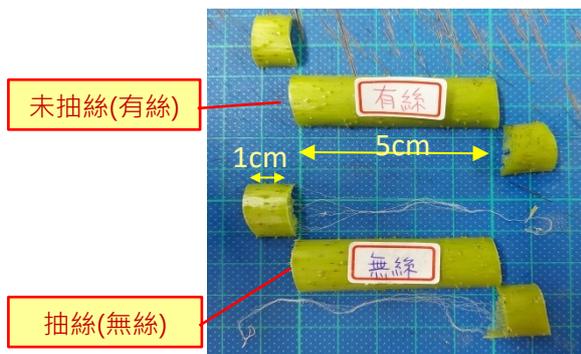
每一束絲的特徵，移動玻片計算絲束全長的波數，特徵判別方式如下：

葉柄種類	取樣部位	計算螺紋導管抽出絲束的螺圈波數	螺圈波數	螺紋導管抽出絲束照片	絲線排數
浮水初生葉	下端內側		6		4
<p>註 1：從單一個導管中抽出的絲狀物統稱一束絲或以『絲束』簡稱 註 2：一束絲可能由多條絲平行並排，以『絲束排數』稱呼。</p>					

(二)探討螺紋次生壁對於導管吸水(輸水)效能的影響

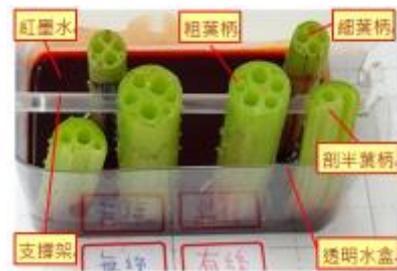
1. 變因操控與實驗方法：

(1) 操縱變因：導管中螺紋絲束是否抽除。取兩段 7cm 葉柄，



有絲一段的上下 1 公分處用刀切斷未抽絲，

無絲一段的上下 1 公分處折斷後抽絲。



(2) 控制變因：同一根葉柄，選取粗細、長度相同，外觀顏色相同的連續兩段；

垂直放置的方向與原本生長方向相同；浸泡紅墨水的深度相同。

(3) 應變變因：不同高度位置橫切面上出現紅墨水點狀痕跡的數量統計。

縱切面的導管染紅後可清楚觀察的樣本數與高度測量平均。

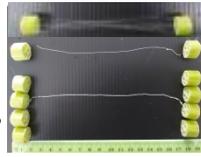
橫切面觀察	縱切面觀察

(三)比較蓮絲與蠶絲的應用性

1. 抽取蓮絲：取一段 2cm 葉柄，在葉柄中間用美工刀在外層較堅硬表皮刻畫一圈裂痕。將葉柄延裂紋處彎折後，沿著水平方向往兩端慢慢分離，抽取 12cm 的蓮絲。

再將四段葉柄同時抽出的

數百條絲束搓成「一捆絲」。

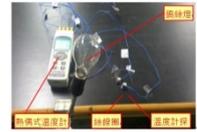


4 段葉柄搓成一捆絲
(約 0.03mm 寬)



2. 抽取蠶絲：將蠶繭放入煮沸的水中，以鑷子將蠶絲勾出來，以 12cm 為一段晾乾備用。
3. 經顯微鏡觀察與計算，一捆蓮絲約與 20 條蠶絲等寬，故將蠶絲 20 條搓成一捆備用。
4. 保溫性探究：

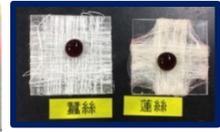
- (1) 將相同重量(2 克)的兩種絲線分別纏繞相同口徑的塑膠管成環形，將熱偶式溫度計插入絲環內側。



- (2) 鎢絲燈於距離 50 公分處，照射兩團絲環，每 2 分鐘觀測記錄一次溫度變化情形，持續觀測記錄 3 小時，關燈後繼續再紀錄 1.5 小時。

5. 吸水性探究：

- (1) 各取一捆 10cm 蓮絲和蠶絲，用膠讓絲線浮貼在已固定在升降台的壓克力板上。
- (2) 在升降台底下放置紅墨水盤，緩緩下降升降台，讓兩種絲底端同時浸入紅墨水，觀察紅墨水上升的高度。



- (3) 用雷切機製作可纏繞絲線的內圓外方壓克力框架。
- (4) 各取 0.1g 蓮絲及蠶絲重複纏繞框架，使框架圓形中空處被絲線完全覆蓋。
- (5) 各將一滴紅墨水滴在圓形內框上的絲線中心，錄影記錄水滴隨時間的擴散情形。

6. 快乾性探究：

- (1) 各取 0.1g 蓮絲及蠶絲重複纏繞框架，並測量乾燥蠶絲及蓮絲框架的重量。
- (2) 將兩個纏絲框架同時浸水 2 分鐘再晾乾 2 分鐘，待框架不滴水後，每隔 5 分鐘秤重一次，直到恢復原重量為止，紀錄兩種纏絲框架回復原重的時間。

7. 透氣性探究：

- (1) 將兩個小罐子，於罐子相同高度的側邊鑽小孔，放入熱偶式溫度計的探針。

- (2) 將罐內裝入 30ml 熱水，用相同重量的絲線框架蓋上，並記錄罐內空氣以及絲框上方的溫度變化情形，作為瞭解絲線透氣情形依據。



陸、研究結果

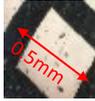
實驗一 各種植物中的螺紋導管特徵比較

(一) 同種類植物的螺紋導管特徵比較

表 1

植物名稱	觀察部位	可否抽出螺紋導管	抽絲觀察照片 解剖顯微鏡	縱切觀察照片 光學顯微鏡 放大 800 倍	一束螺紋導管照片 光學顯微鏡 放大 800 倍	螺紋旋轉方向	絲束並排絲線數量	螺紋導管絲束寬度		觀察說明
								照片	寬度	
印度芥菜	葉柄	可				右旋	2		11.1 μm	可抽出約十條的螺紋導管，粗細與蓮絲相似，拉開兩公分即斷裂，單束有兩條絲，右旋，拉開時部份有小圓圈，不同的導管內的螺紋間距不同，越接近中心的螺紋間距較大
大萍	葉片	可				左旋	1		6.2 μm	拉開不到 0.5 公分即斷裂只能抽出一、兩條螺紋導管而且很細，單束只有 1 條絲左旋。走莖無法抽出螺紋導管，縱切走莖也沒有看見螺紋導管
空心菜	莖	可				左旋	1		10.1 μm	拉開約 1 公分即斷裂，只能抽出六束，粗細與蓮絲相似，單束只有 1 條絲，左旋，縱切莖時，可看到螺紋導管
布袋蓮	葉柄	可				右旋	1~2		4.14 μm	拉開約 1 公分即斷裂，能抽出五條螺紋導管，單束較蓮絲細，單束只有 1~2 條絲，是右旋，縱切莖時，可以看到間距不相同的螺紋導管
大安水蓼衣	莖	可				左旋	2		13.6 μm	拉開約 2 公分即斷裂，能抽出 2 束螺紋導管，單束寬度與蓮絲相近，單束只有 2 條絲，左旋，縱切莖時可以看到半徑大小不相同的螺紋導管

續表 1

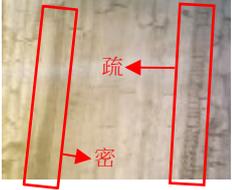
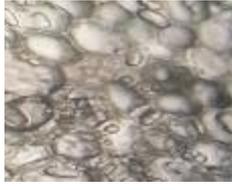
植物名稱	觀察部位	可否抽出螺紋導管	抽絲觀察照片 解剖顯微鏡	縱切觀察照片 光學顯微鏡 放大 800 倍	一束螺紋導管照片 光學顯微鏡 放大 800 倍	螺紋旋轉方向	絲束並排線數量	螺紋導管絲束寬度		觀察說明
								照片	寬度	
野薑花	莖	可				左旋	5		11.4 μm	拉開約 1 公分即斷裂，能抽出 2 束，單束寬度與蓮絲相似，單束有 5 條絲，左旋，縱切莖時，可以看到間距不相同的螺紋導管
田蔥	葉	可				左旋	2		7.8 μm	拉開 1 公分斷裂，能抽出 4 束，單束有 2 條絲，一束較蓮絲細，左旋，縱切莖時，可以看到不同的導管內的螺紋間距不同，接近中心的螺紋間距較大
小黃瓜	莖	可				左旋	3		13.4 μm	拉開 2 公分即斷裂，能抽出兩束，一束有 2 條絲，寬度與蓮絲相近，左旋，縱切莖時，可以看到半徑大小不相同且螺紋距離不相同的螺紋導管
水芋	葉柄	否			無	無	無	無	無	雖然能抽出絲，用仔細觀察後發現所抽出的絲並非螺紋導管，但縱切後能找到少量的螺紋導管
睡蓮	葉柄	否			無	無	無	無	無	無法抽出絲，縱切時也看不到螺紋導管

- 大部份植物都有螺紋導管，而不同的植物所抽出的螺紋導管有些是左旋，有些是右旋。所抽出的螺紋導管的寬度不相同，大多比蓮的螺紋導管細。而一束的螺紋導管的數量也不相同，多數植物單束只有 1~2 條絲，只有野薑花較多，有 5 條。(另參看研究討論一)

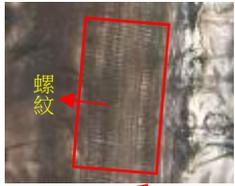
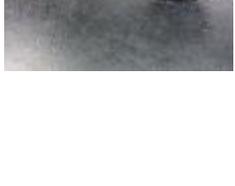
實驗二 蓮中螺紋導管的分布位置與生長特徵觀察

(一) 蓮各部位的觀察結果比較

表 2

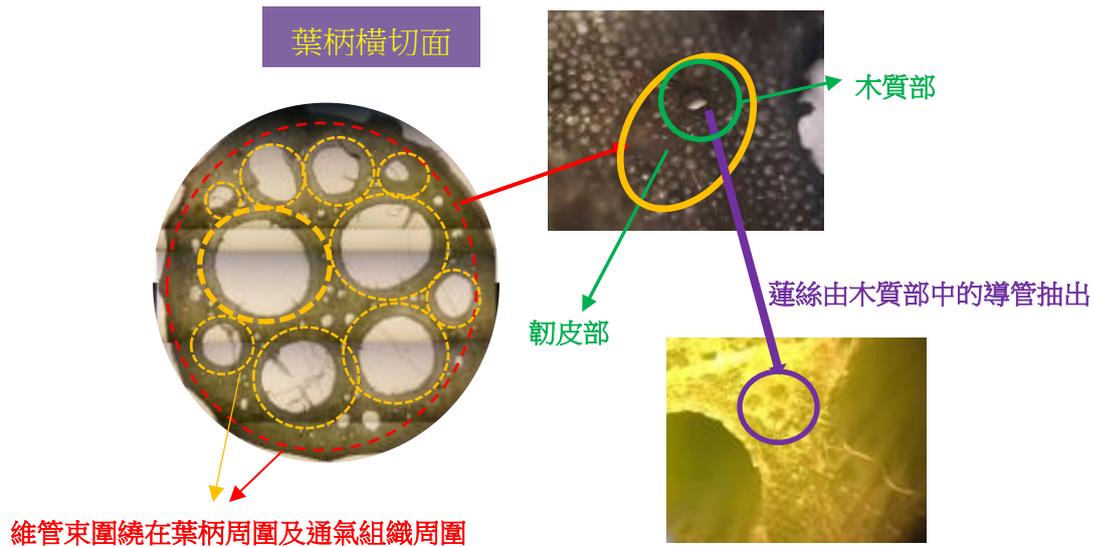
觀察部位	是否具有螺紋導管	可否抽出螺紋導管	部位觀察照片 手機拍攝	橫切照片 光學顯微鏡 放大 800 倍	縱切照片 光學顯微鏡 放大 800 倍	螺紋導管 特徵觀察說明
根	是	否				根斷裂時無法將絲拉出來，但從根的橫切照片可以看到螺紋導管
地下走莖	是	可				地下莖切開後可拉出螺紋導管，數量與葉柄差不多，縱切後可以看到不同的螺紋導管
儲藏莖 (蓮藕)	是	可				切開可拉出很多螺紋導管，粗細與葉柄抽出雖可抽很多蓮絲，但縱切照片較難觀察到螺紋導管
葉基	是	可				只能從較粗的葉脈拉出螺紋導管，且數量較少，但仍可從縱切照片看到不同粗細的螺紋導管，蓮絲數量不如葉柄的數量多
葉緣	是	可				可拉出少量的螺紋導管，而且很細，從葉子基部的縱切照片可以看到螺紋導管
葉柄	是	可				切開後可拉出數量很多螺紋導管，但粗細不一，縱切照片可同時看到環紋及螺紋導管，且螺紋導管排列較密

續表 2

觀察部位	是否具有螺紋導管	可否抽出螺紋導管	部位觀察照片 手機拍攝	橫切照片 光學顯微鏡 放大 800 倍	縱切照片 光學顯微鏡 放大 800 倍	螺紋導管 特徵觀察說明
花瓣基部	是	可				切開後可拉出少量的螺紋導管，且粗細不一，但無法拉長，縱切照片可以看見導管中的螺紋排列很密
花尖	是	可				切開後可拉出幾條的螺紋導管，而且非常細，縱切照片較難找到螺紋導管
花柄	是	可				切開後可拉出不少粗細不一的螺紋導管，但沒有葉柄多，縱切後容易找到管徑不同的螺紋導管，螺紋排列很密，接近莖的地方，導管內的次生壁增厚呈現網狀，而接近花的地方則沒觀察到網狀
花托 (蓮蓬)	是	可				切開後邊緣可拉出少量螺紋導管，且粗細不一，縱切後發現螺紋導管的單絲排列較疏
果實	是	可				切開後可拉出很細的螺紋導管，圍繞果實的內果皮，縱切後可以看到螺紋導管的單絲排列很疏
種子	是	可				切開後可拉出少量且很細的螺紋導管，且集中在邊緣及中央

- 蓮的各部位中，地下走莖、儲藏莖、葉、葉柄、花瓣、花托、花柄、果實及種子皆可以抽出螺紋導管(次生壁增厚)，只有根抽不出。同一花瓣或葉片，越接近邊緣抽出的螺紋導管越細。縱切後各部位都可以看到螺紋導管，大部份為環紋及螺紋，只有在花柄及葉柄下方能看到網紋。

(二) 葉柄、花柄及莖的橫切面比較



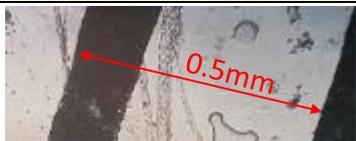
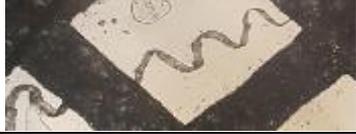
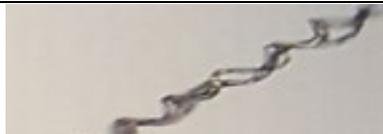
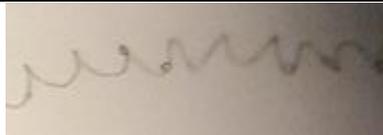
1. 葉柄皆從維管束的木質部的導管所抽出，維管束圍繞在葉柄周圍及通氣組織周圍。從葉柄橫切面來看，接近表皮的維管束較小，使抽出的蓮絲較細，而圍繞通氣組織的維管束較大，抽出的蓮絲較多、較粗，也比較容易出現網紋。

部位	葉柄	花柄	地下莖
橫切面 照片 放大 40 倍			
縱切面 照片 放大 100 倍			
抽出 絲束	96 束	78 束	52 束

2. 葉柄及花柄的維管束較多，使葉柄及花柄的螺紋導管較多，而地下莖則較少，葉柄及花柄的維管束多環繞於葉柄及通氣組織周圍，而莖的維管束則較平均分散。**葉柄及花柄的次生壁增生可以看到環紋、螺紋及網紋狀，而地下莖則看不見網紋。** (另參看研究討論二)

(三) 蓮各部位抽出一束螺紋導管的觀察結果

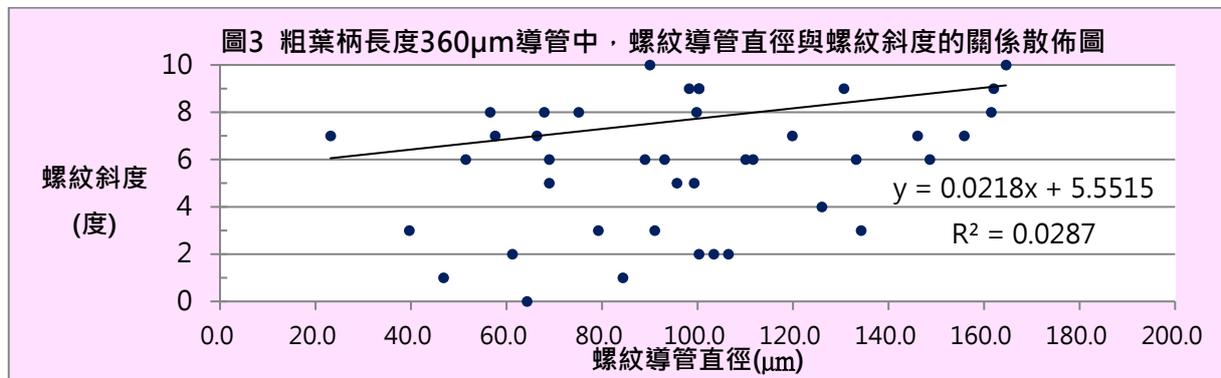
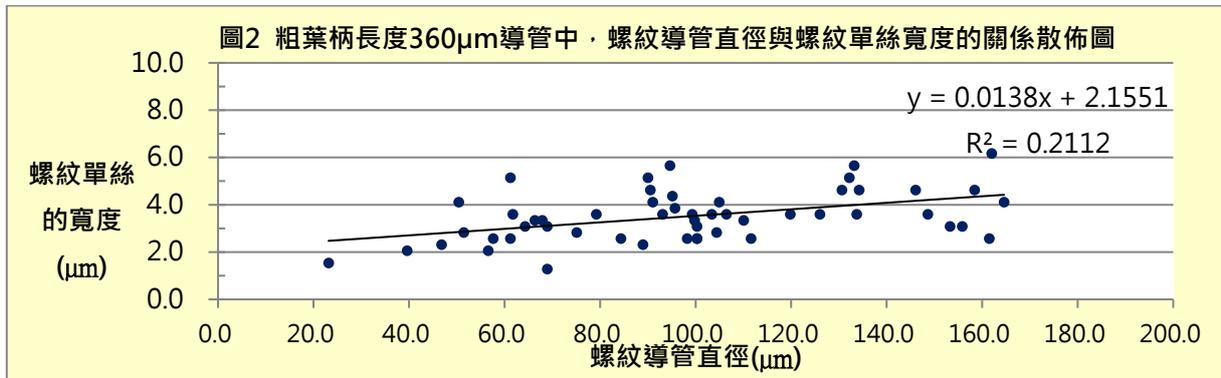
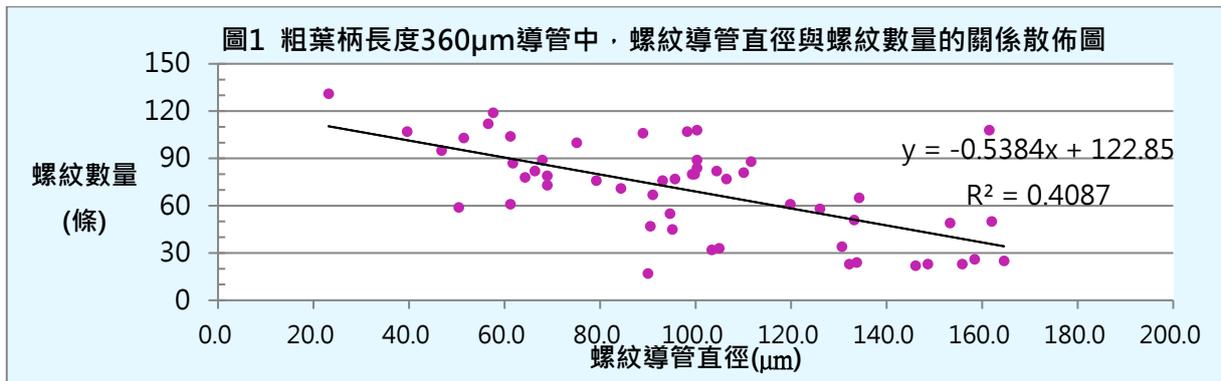
表 3

觀察部位	螺紋導管照片 放大 400~800 倍	螺紋 旋轉 方向	一束螺紋導管大小		絲束 並排 絲數
			照片	寬度	
地下走莖		左旋		10.1 μ m	4
儲藏莖 (蓮藕)		左旋		10.8 μ m	4~5
葉基		左旋		11.7 μ m	6~8
葉緣		左旋		8.9 μ m	4~5
葉柄		左旋		10.0 μ m	5
花瓣基部		左旋		7.0 μ m	2
花尖		左旋		4.1 μ m	1~2
花柄		左旋		17.9 μ m	6
花托 (蓮蓬)		左旋		9.9 μ m	2
果實		左旋		11.7 μ m	4~5
種子		左旋		8.04 μ m	2

(1) 蓮各部位的螺紋導管都是左旋，單束絲的數量、粗細、紋路皆不相同，而同一部位的絲，越靠近邊緣，束絲的寬度越小。

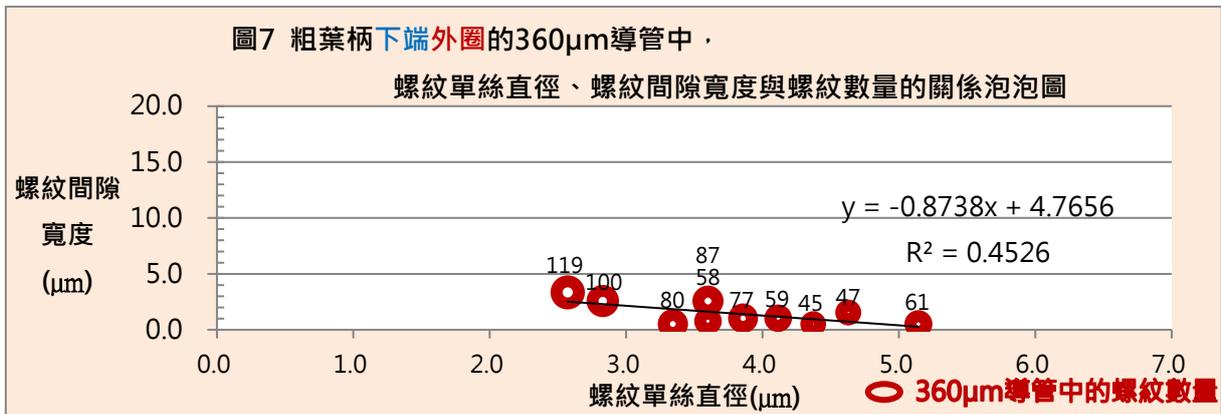
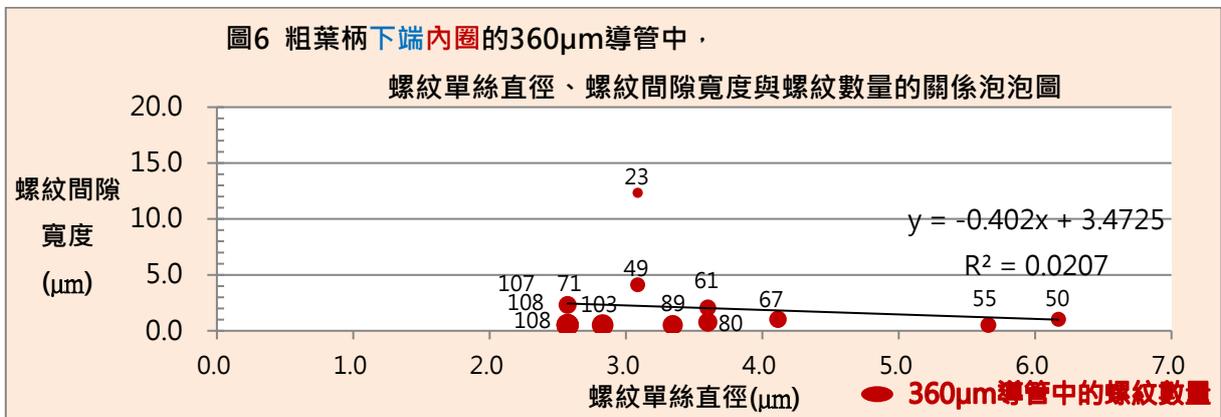
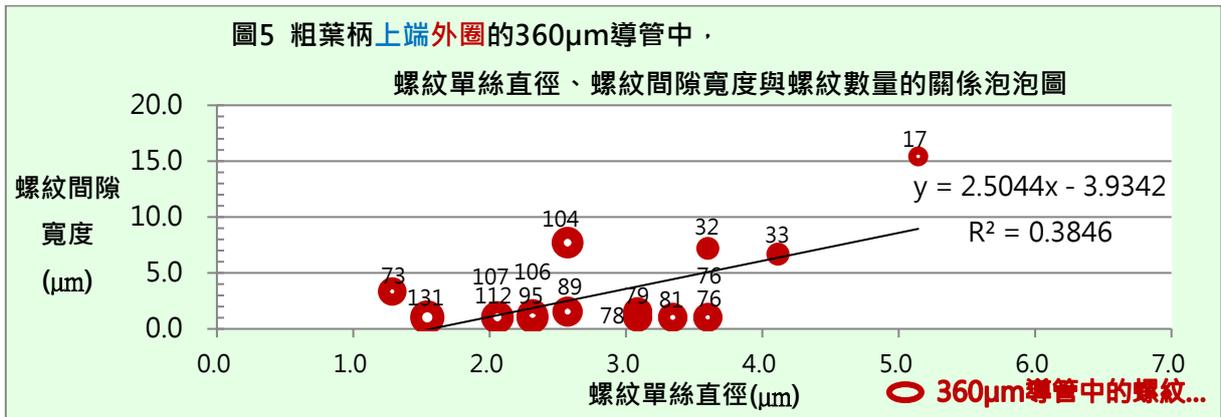
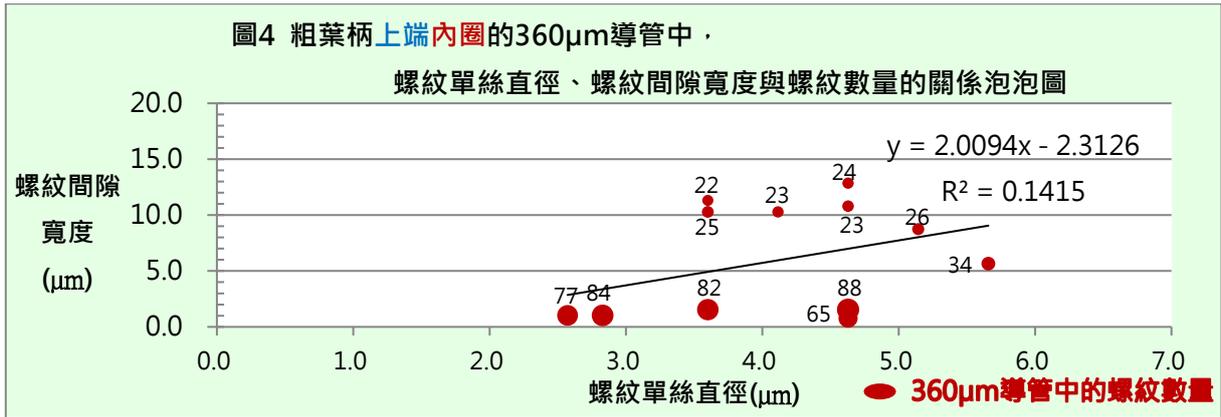
實驗三 各生長階段之蓮葉柄在各位置的螺紋導管特性與絲束特性觀察

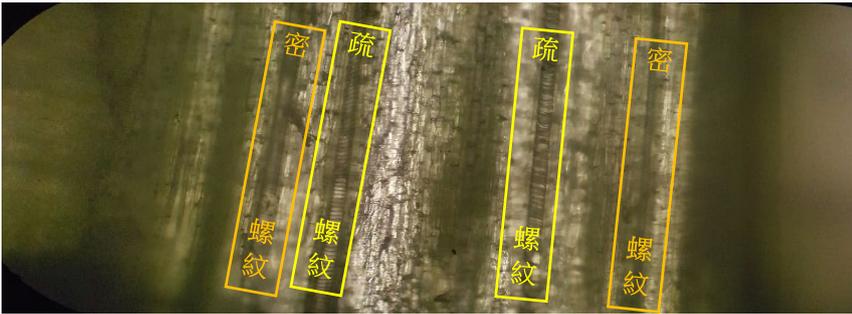
(一) 粗葉柄中螺紋導管直徑與螺紋數量、螺紋單絲寬度、和螺紋斜度的關係



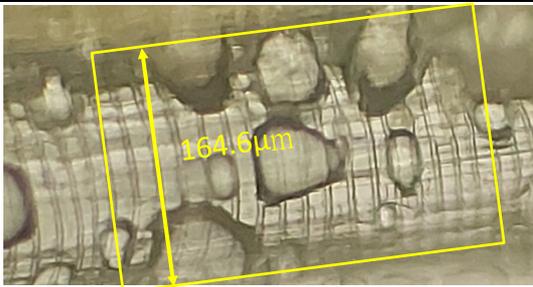
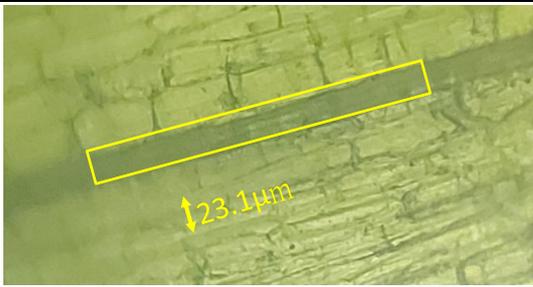
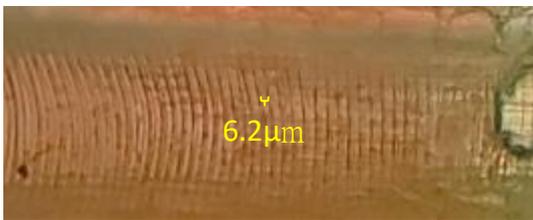
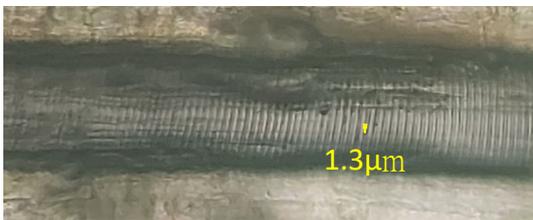
1. 根據圖 1 趨勢線，螺紋導管直徑愈寬，單位長度內的螺紋數量愈少，但決定係數 R^2 並不高，亦即**相同直徑寬的螺紋導管，螺紋數量的變異其實很大**。
2. 根據圖 2 趨勢線，螺紋導管直徑愈寬，螺紋單絲的寬度愈寬，但斜率很小，同樣參看決定係數 R^2 也很低，亦即**不同直徑寬的螺紋導管，螺紋單絲寬度的變異其實不大，大致都落在 2~6 μm 之間**。
3. 根據圖 3 趨勢線，螺紋導管直徑愈寬，螺紋斜度愈高，但斜率很小，同樣參看決定係數 R^2 則非常低，亦即**螺紋導管直徑與螺紋斜度沒有顯著關係，螺紋斜度的變異其實也不大，大致都落在 10 度之內**。

(二) 粗蓮葉柄各位置的螺紋導管中單絲直徑、螺紋間隙寬度與螺紋數量的關係



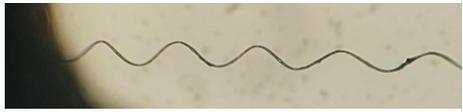
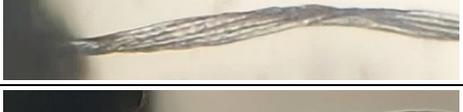
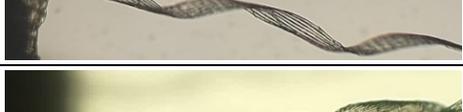
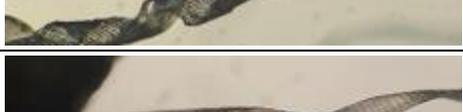
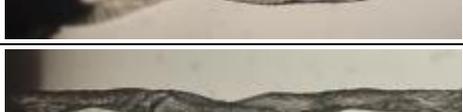
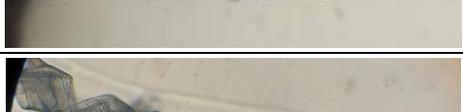
部位	縱切照片(光學顯微鏡放大 40 倍)	說明
葉柄 上端		有螺紋增生， 沒網紋增生， 近中間的螺紋 間隙較疏
葉柄 下端		有螺紋增生及 網紋增生

1. 比較圖 4 與圖 5 的資料分布，**上端新生葉柄內圈比外圈的螺紋單絲直徑略寬**，**螺紋間隙也較寬**，在相同長度(360 μ m)的螺紋導管中，**內圈導管中的螺紋圈數則較少**，**螺紋排列較疏鬆**。
2. 比較圖 6 與圖 7 的資料分布，**下端較早生長的葉柄**，**內圈螺紋單絲直徑同樣比外圈略寬**，**但螺紋間隙寬度的差異不大**，數值都偏小，表示排列都很緊密。在相同長度(360 μ m)的螺紋導管中，內圈和外圈導管中的螺紋圈數也差異不大，
3. 比較圖 4、5 與圖 6、7，**葉柄下端較早生長的部分比上端新生長部分**，**螺紋單絲直徑較寬**，**螺紋間隙較小**，單位長度導管中的螺紋數量較多、較密。

螺紋導管直徑最寬的觀察紀錄(164.6μm)	螺紋導管直徑最窄的觀察紀錄(23.1μm)
	
螺紋單絲寬度最寬的觀察紀錄(6.2μm)	螺紋單絲寬度最窄的觀察紀錄(1.3μm)
	

(三) 蓮葉柄抽出的螺紋導管絲束特徵與抽出螺旋圈數關係比較

表 4 螺紋導管中抽出一束絲的並排條數觀測紀錄表

螺紋導管中 抽出一束絲 的並排條數	觀察照片例證 1 光學顯微鏡放大 400 倍	觀察照片例證 2 光學顯微鏡放大 800 倍	拉開 1cm 的平均 螺圈波數
1			97
2			82
3			53
4			43
5			38
6			26
7			24
8			21
9			22
10			18
11			22
12			19
12 以上			18
網紋導管 整管抽出			X

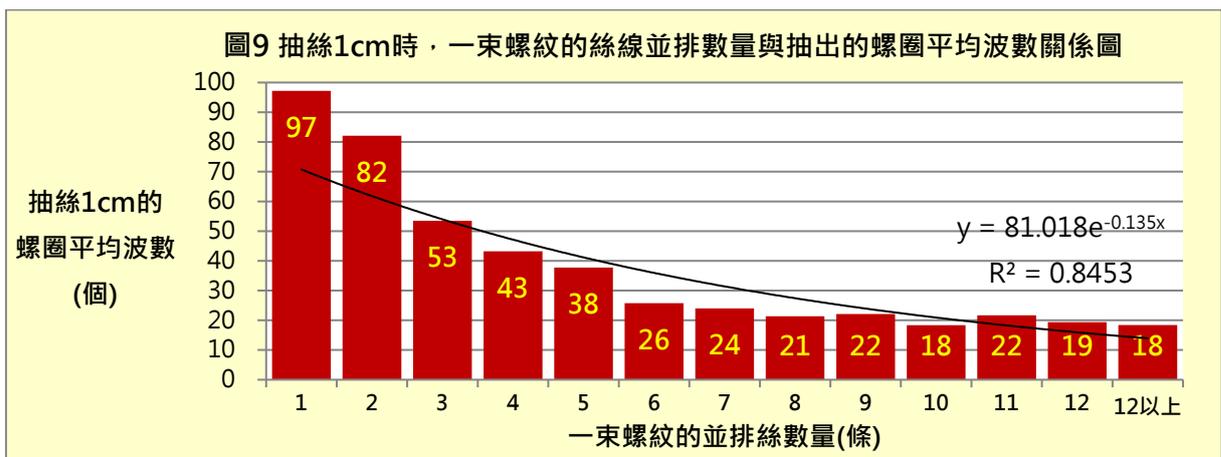
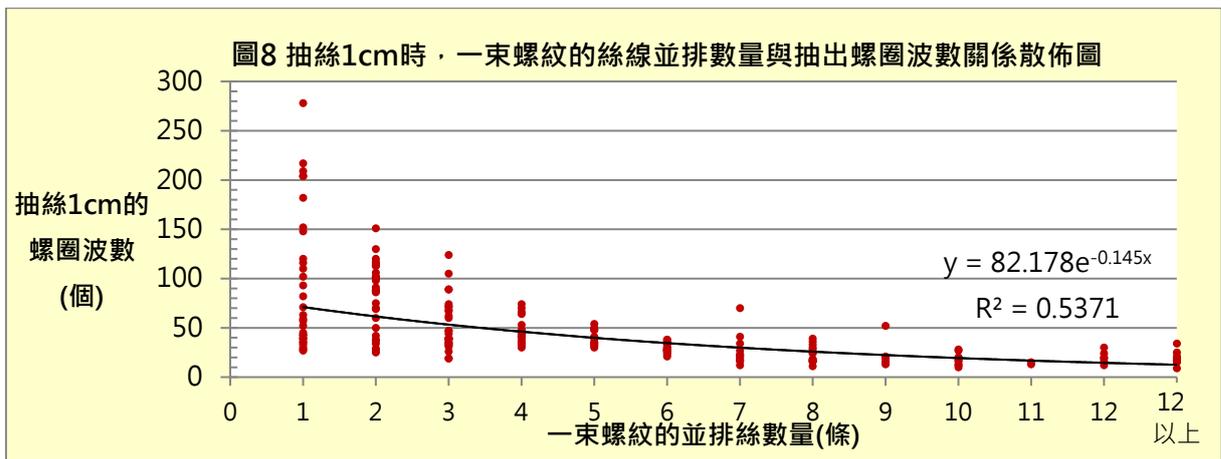


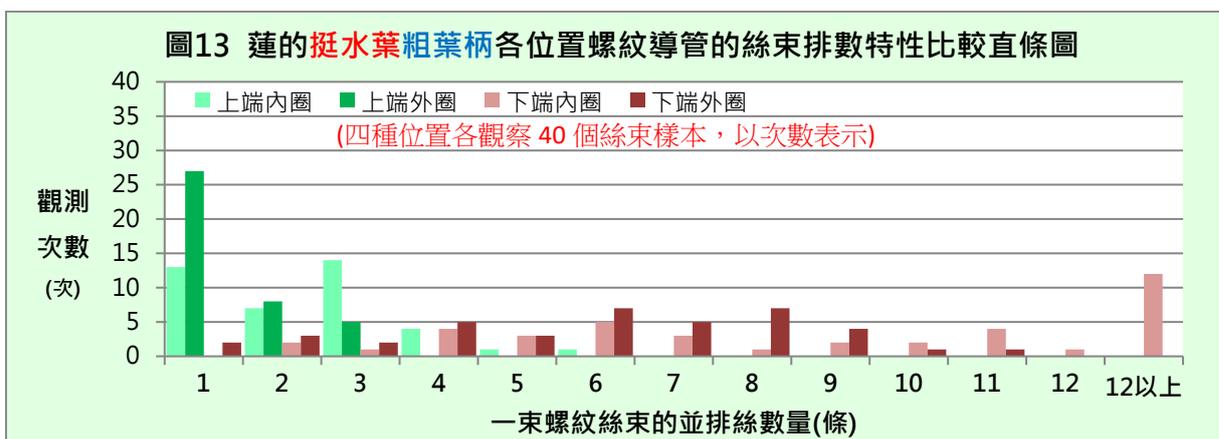
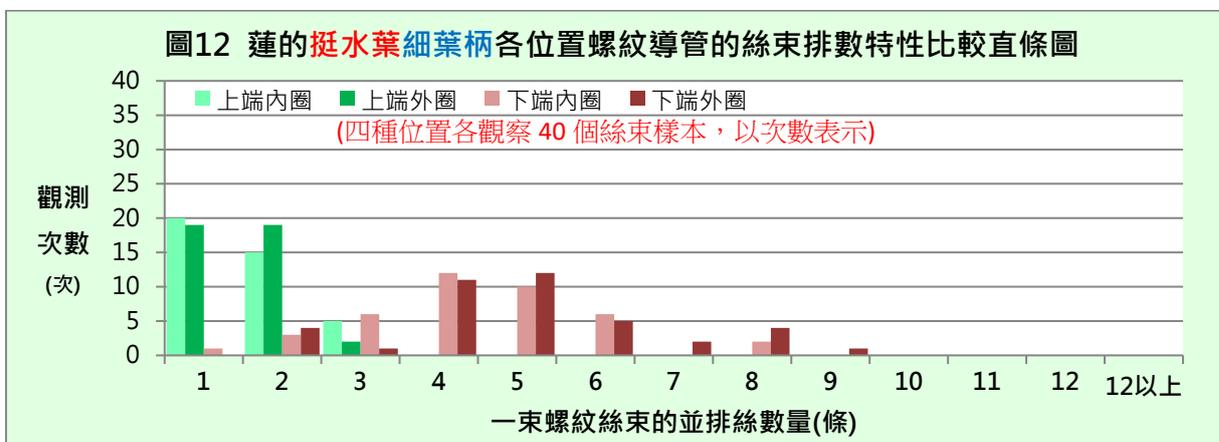
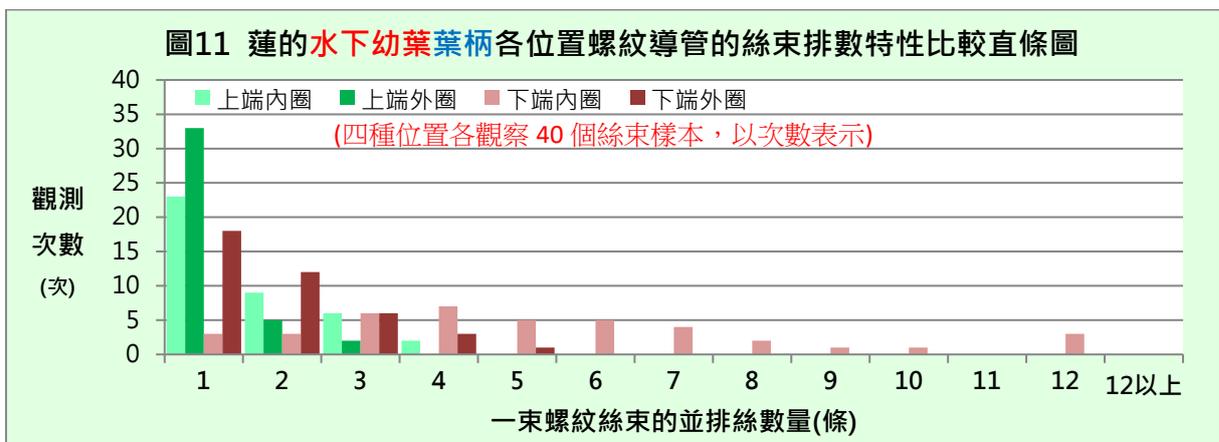
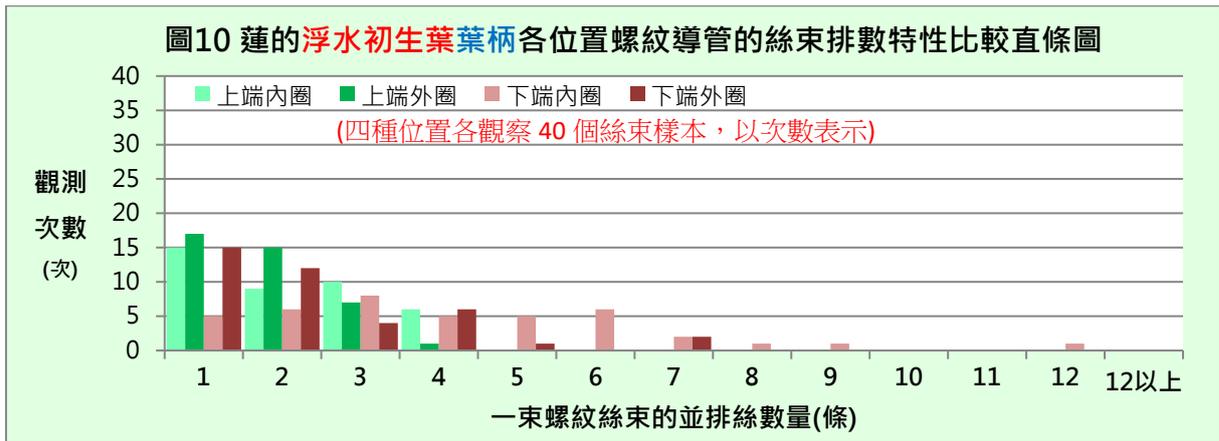
表 5 螺紋導管形狀觀察紀錄表

圓形螺紋導管 (光學顯微鏡放大 800 倍)	半圓形螺紋導管 (光學顯微鏡放大 600 倍)	扇形螺紋導管 (光學顯微鏡放大 400 倍)

1. 根據表 4，單一個螺紋導管中的螺紋次生細胞壁被抽出時，一束絲可能是由 1~20 多條的單絲並排組成。
2. 根據圖 8，從導管中抽出相同長度的絲束時，絲束的並排數相同(例如都是 2 排)，抽出的螺圈波數不一定相同；並排絲數越少，抽出螺圈波數的變異性越大。
3. 根據圖 9，從導管中抽出相同長度的絲束時，絲束包含越多單絲並列，抽出的螺圈波數越少，但是當並排數超過 6 條左右，螺圈波數差異不大，都很少。而且經常會拉成一直線，看不出螺圈波型。(另參看研究討論三)
4. 根據表 5，螺紋導管口徑形狀不一定是圓形，抽出的絲束也不一定像表 4 範例是曲線流暢的波浪狀，有時會出現明顯的折角形狀(如右上圖)。

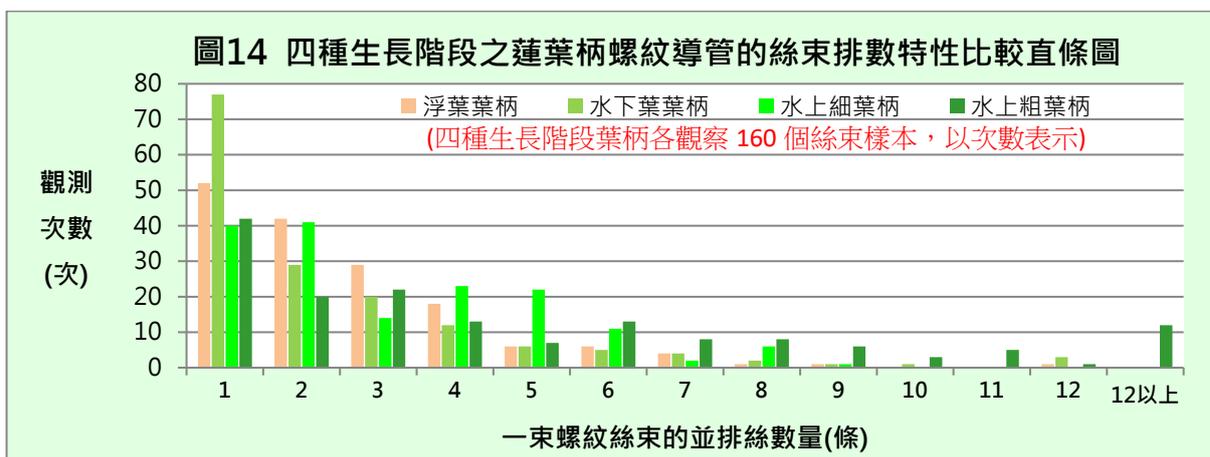


(四) 不同生長階段蓮葉柄各位置抽出的螺紋導管絲束特徵比較



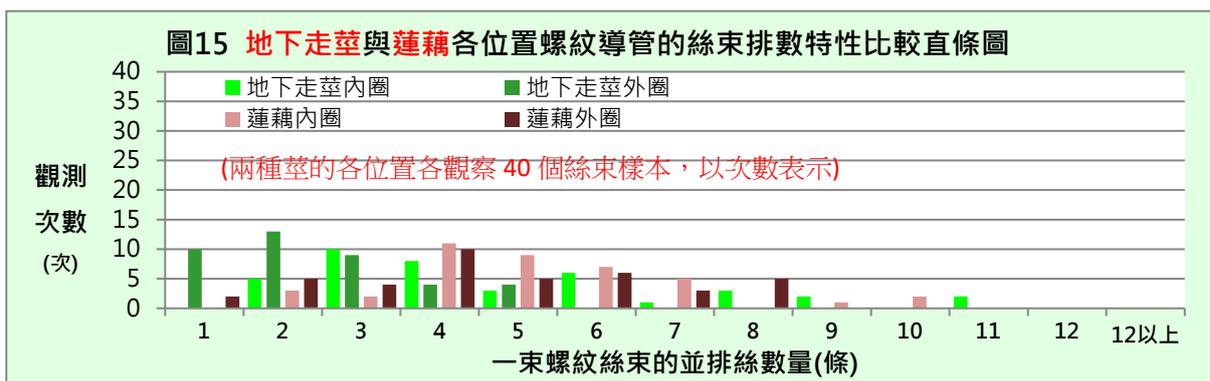
1. 根據圖 10、11、12、13，各種生長階段的葉柄中，從下端較早生長的導管抽絲時，會比上端新生長的導管容易抽出絲線並排數多的絲束。
2. 根據圖 10、11、12、13，各種生長階段的葉柄中，同一端早生長的內圈導管會比晚生長的外圈導管容易抽出絲線並排數多的絲束。

(五) 四種生長階段之蓮葉柄抽出的螺紋導管絲束特徵比較



1. 根據圖 14，葉柄生長愈久(挺水生長的粗葉柄)，導管中抽出的螺紋絲束可能會由較多排絲線並排組成。
2. 根據圖 14，浮水初生葉的葉柄雖然比未出水的挺水葉(水下葉)葉柄長很多，也比較早生長，但抽出絲束的並排絲數並不多，大多是 1~3 排絲線並排的絲束。

(六) 地下走莖與儲存莖(蓮藕)之各位置抽出的螺紋導管絲束特徵比較

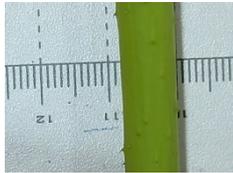
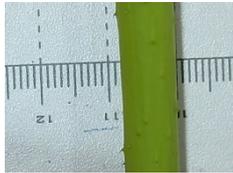
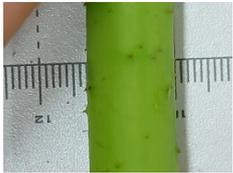
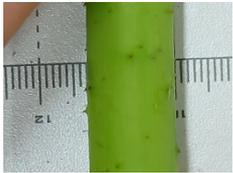
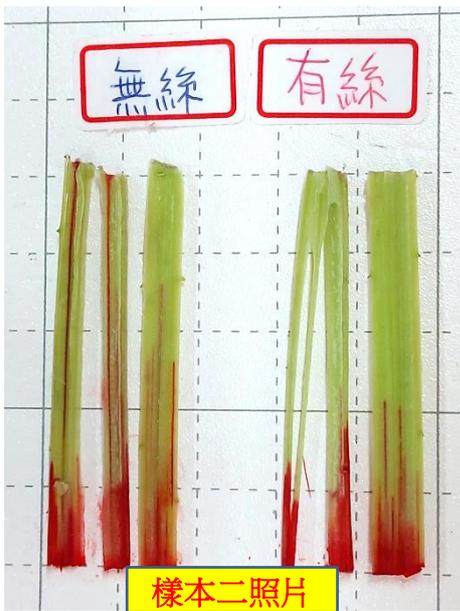
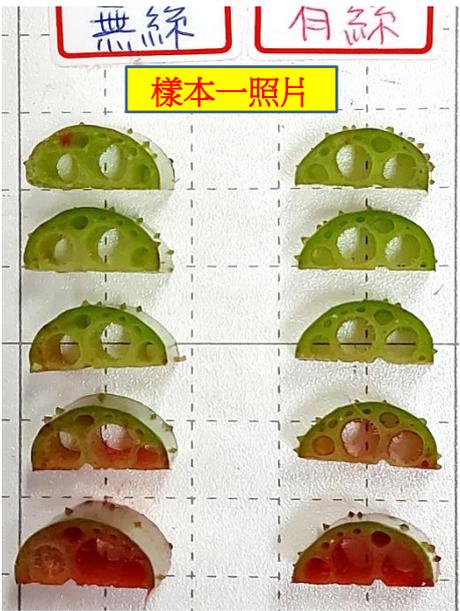


1. 根據圖 15，蓮藕內圈與外圈抽出絲束的絲線排數差異不大，以 4~5 條絲線並排居多；地下走莖內圈抽出絲束的絲線排數比外圈稍多，外圈多是 1~3 排，內圈則以 3~6 條絲線並排居多。
2. 比較圖 14 與圖 15，直立生長的挺水葉柄比橫向生長的地下莖能抽出絲線並排數多的絲束。

實驗四 蓮葉柄螺紋導管的輸水功能探究

(一)蓮葉柄抽絲對輸水效能影響的實驗觀察結果：

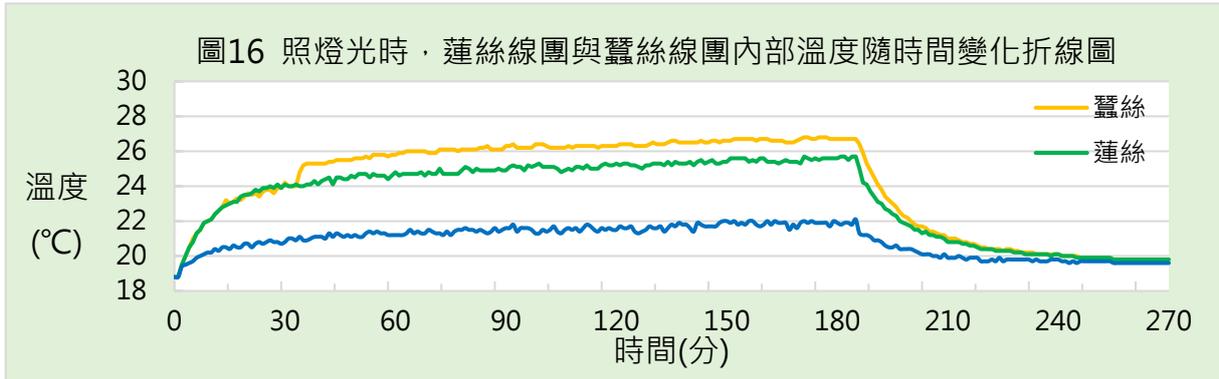
表 6 抽絲對導管輸水效果影響比較紀錄表

挺水葉葉柄 粗細規格		葉柄直徑：0.8cm		葉柄直徑：1.3cm	
					
抽絲差異		抽絲(無絲)	未抽絲(有絲)	抽絲(無絲)	未抽絲(有絲)
輸水結果 兩種葉柄 各以其中1次的 實驗樣本照片 為範例呈現		 <p>樣本二照片</p>		 <p>樣本一照片</p>	
樣本一 橫切面 紅點數量	2cm 高	21	11	外：26 內：22	外：6 內：6
	3cm 高	15	9	外：10 內：4	外：3 內：4
樣本二 縱切薄片 超過2cm高的 紅色導管數量		10	7	外：35 內：14	外：19 內：9
取樣紅導管 的平均高度		3.0cm	1.8cm	外：3.1cm 內：3.2cm	外：2.8cm 內：3.1cm

1. 根據表 6 資料，將葉柄抽出螺紋絲束後，超過 2cm 紅色導管數量較多，取樣的紅色導管平均高度也較高，代表沒有螺紋次生壁的導管輸水較快。(另參看研究討論四)
2. 比較粗葉柄內圈和外圈，外圈超過 2cm 的紅色導管數量較多，內圈的紅色導管平均高度看似略高，是因為多數紅色導管高度都位在 2~3cm，即使外圈超過 4cm 的紅色導管比內圈多 3 筆，但計算平均時要除以的導管數較多，所以差異變得不明顯。

實驗五 蓮絲與蠶絲應用性比較

(一) 蓮絲與蠶絲的保暖性比較



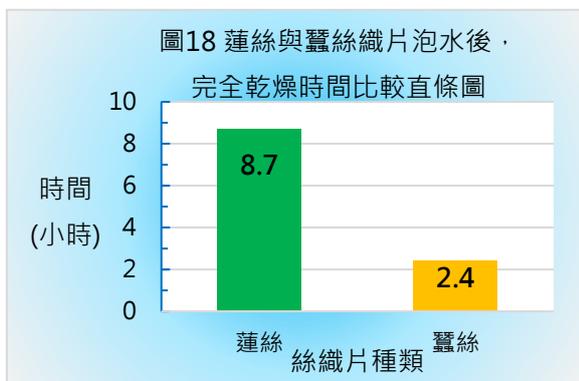
1. 根據圖 16，照燈光時，蓮絲線團內升溫較慢、較低，關燈後溫度下降也較快，所以保暖性較蠶絲差。

(二) 蓮絲與蠶絲的透氣性比較

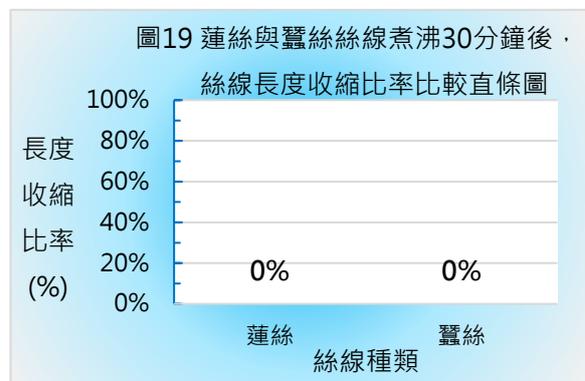


1. 根據圖 17，熱水蒸氣穿透時，蓮絲織片下方溫度下降較慢，所以透氣較蠶絲差。

(三) 蓮絲與蠶絲的快乾性比較



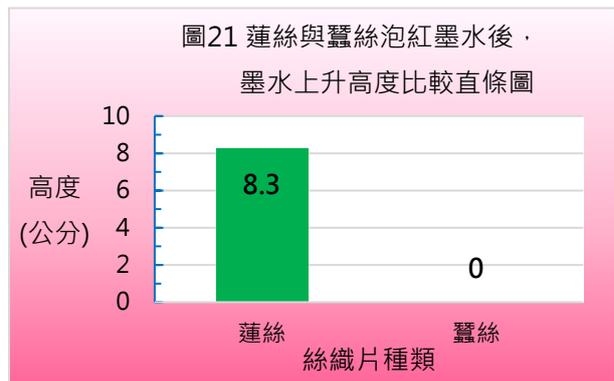
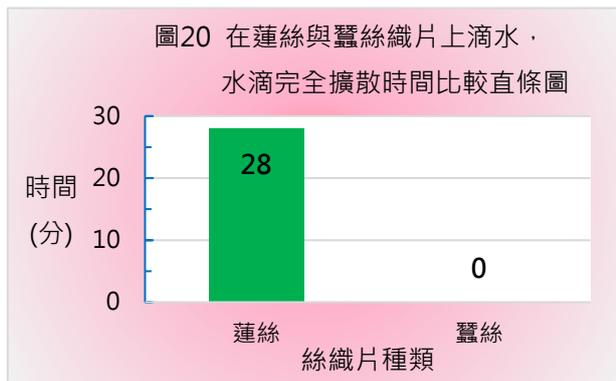
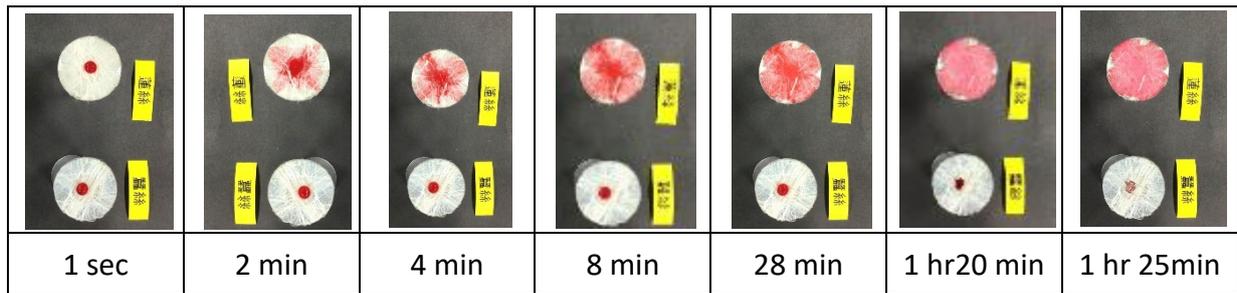
(四) 蓮絲與蠶絲的收縮率比較



1. 根據圖 18，蓮絲浸水後完全乾燥所花時間較蠶絲長，所以蓮絲快乾性較蠶絲差。
2. 根據圖 19，將蓮絲和蠶絲用熱水煮費時，蓮絲和蠶絲皆不會出現收縮的現象。

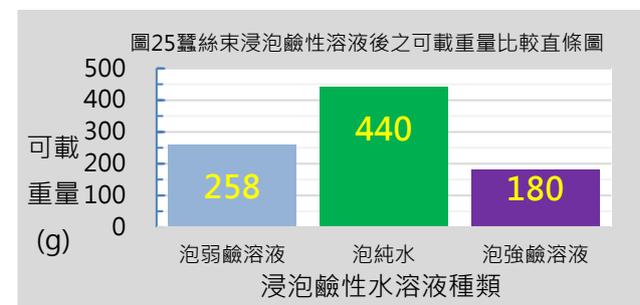
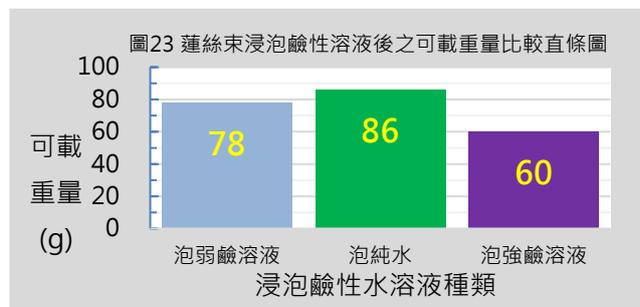
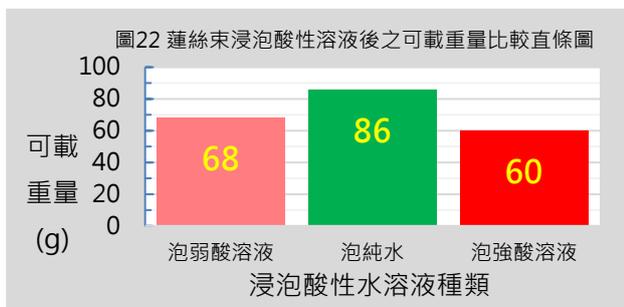
(五) 蓮絲與蠶絲的吸水性比較

表 7



1. 根據表 7 及圖 19，在蓮絲上滴水，用 28 分鐘完全擴散，蠶絲則完全無法擴散。
2. 根據圖 20，進行毛細現象實驗，蓮絲的上升高度較高，蠶絲完全無法上升。
3. 綜合圖 19 和圖 20 的實驗結果，蓮絲的吸水性較佳。

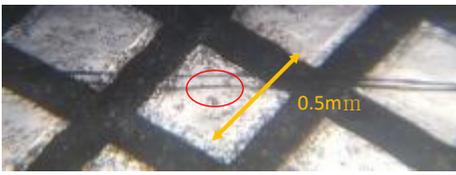
(六) 蓮絲與蠶絲的載重性比較



1. 根據圖 22 及圖 23，浸酸性或鹼性水溶液的蓮絲與泡純水的蓮絲載重力差不多。
2. 根據圖 24 及圖 25，浸泡酸性水溶液或鹼性水溶液的蠶絲都較泡純水的蠶絲載重量差，尤其泡強酸及強鹼溶液的載重量相差更多。(另參看研究討論五)

(七) 蓮絲與蠶絲統整比較

表 8

絲線種類	蓮絲	蠶絲 (生絲)
說明	一條蓮絲有很多條絲排列	單條，但粗細不均勻
單一條絲寬度	2~6 μm	約 50 μm
單一條絲寬度 照片		
形狀		
說明	看上去是一根，放在顯微鏡下觀察，發現其實是多根更細的絲組成，但是扁平並列彎曲。	立體，像圓柱形，多孔隙，表面看起來有光澤。從橫斷面看一條蠶絲是 2 條併在一起，橫斷面有 2 條三角形的纖維包在裡頭。
顏色	顏色偏米黃	顏色較白
觸感	較軟、摸起來是毛毛的	較硬、感覺一條一條非常明顯
燃燒現象	燃燒快速，沒什麼味道	較難燒起來，有燒焦味
保暖性	較差	較好
透氣性	較差	較好
快乾性	較差	較好
吸水性	較好	較差
收縮性	不收縮	不收縮
載重量	較小	較大
耐酸性	耐強酸	不耐強酸
耐鹼性	耐強鹼	不耐強鹼

柒、研究討論

一、為什麼只有蓮才能抽出那麼多的螺紋導管？

查詢文獻後了解次生壁加厚會受到遺傳和環境因素的影響，使得不同類型、不同環境條件下生長的植物形成不同厚度、不同組成和結構的次生細胞壁。我們推測由於蓮是挺水性植物，葉柄有許多通氣組織，通氣組織會降低葉柄的支撐力，所以必須產生螺紋導管來增加支撐力。而其他挺水性植物沒有這麼多的螺紋導管，我們推測這是因為蓮的葉片半徑與葉柄半徑比例非常大，其他挺水性植物葉片及葉柄半徑比較小，所以蓮的葉柄為了支撐葉片，所以沒有這麼多的螺紋導管。

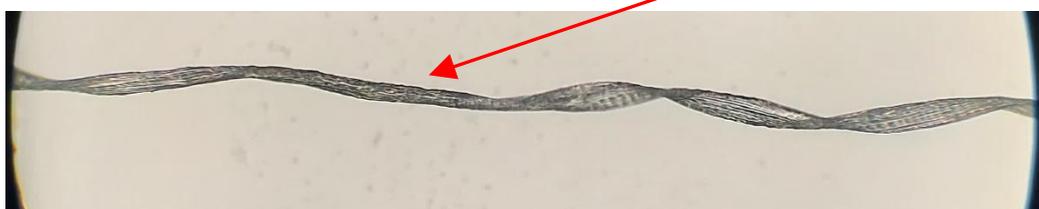
二、為什麼粗細相近的部位(葉柄、花柄及地下莖)，次生壁增生的紋路並不相同？

文獻指出次生壁增生的紋路形成過程，是由環紋變成螺紋，再變成網紋。我們推測地下莖由於平鋪於地下泥土，故不用挺立生長，故不需要發展成較複雜的紋路來支撐，而花柄及葉柄由於要支撐葉子及花的重量，所以會形成較多及支撐性更好的結構。再同樣的切兩公分抽出蓮絲，葉柄及花柄能抽出的蓮絲較多束，而地下莖大約只能抽出葉柄束絲的一半。綜合以上幾點，所以我們認為大賀蓮產生螺紋導管的功能主要在支撐。

三、為什麼絲線並排數愈多的螺紋絲束被抽出時，螺圈波數會較少？

針對圖 9，絲束包含越多單絲並列時，抽出的螺圈波數會越少這個現象，有兩種推論：

1. 當並排絲數愈多，絲束寬度增加，單位長度導管抽出的絲束螺圈波數應和絲束並排絲數成反比。例如：抽出 5 排絲的絲束螺圈波數會是 1 排絲的絲束螺圈波數的 $1/5$ 。
2. 能抽出多絲並排的螺紋絲束，代表單絲排列緊密，應屬於生長時間長、次生細胞壁與初生細胞壁依附較緊密的情況，因此在接觸面積較大較緊密的情況下，運用相同的機械力抽絲，會較不易抽出，因此被抽出的螺圈波數較少，甚至經常會將已經抽出的螺紋絲束被拉緊變成一直束，看不出螺旋波紋。



四、為什麼葉柄抽除螺紋次生細胞壁時，運輸水分能力變佳？

起初進行實驗四時，是假設去除螺紋次生壁組織會增加導管輸水口徑，反而降低毛細作用的效能，應該會降低輸水功能。但實驗後卻發現葉柄抽除螺紋次生細胞壁時，運輸水分能力變佳，針對這個現象我們提出以下幾點解釋或推論：

1. 當導管很細時，螺紋次生壁是否被抽除，口徑都算小，皆有良好的毛細作用，所以毛細作用的影響差不多，應該不是造成輸水時間有明顯差異的原因。
2. 抽絲時，偶爾會看見下圖螺紋絲線未展開的情形，甚至螺紋中間有一層類似薄膜的物質，查詢文獻了解到，植物導管中的導管細胞在上下相鄰處由於細胞壁與孔膜完全消失而形成一穿孔開口，因此有較佳的輸水功能。基於這個觀點，我們推測此一薄膜便是尚未完全消失的孔膜，應該是位於兩個導管細胞之間，而水分便是從其中的破洞通過。但是，當我們運用機械力將螺紋次生細胞壁抽出時，等於將導管細胞壁之間的孔膜大量清除，因此水分便可以更加通暢的穿過導管，因此增加了水分運輸效能。而此處的絲束不易展開是因與導管交接處尚未分解的細胞壁緊密依附。



五、運用蓮絲製作衣物是否值得推廣？

從實驗結果來看，蓮絲的保暖性、透氣性、快乾性及耐重性都沒有蠶絲的效果好，而蓮絲的吸水性且耐酸性及耐鹼性較蠶絲佳，各有優缺點。蓮絲並不會縮水，與我們認知蠶絲製品會縮水的既定印象不同。我們查閱資料後得知蠶絲是一種蛋白質纖維，幾乎都是蛋白質的二級結構： β -摺疊結構。 β -摺疊結構是由若干條肽鏈平行組成，肽鏈之間通過氫鍵相連，每條鏈自身採用鋸齒狀的折疊。當絲蛋白緊密堆積，會使蠶絲有強韌的結構及較高的抗拉強度，同時具有剛度和韌性。所以在外力的作用下即使蛋白質被拉斷結構很難發生變化。因此抽絲的時候蛋白質不會被拉開，水洗的時候就不會變形。而蓮絲雖然保暖性沒有蠶絲佳，但東南亞地處熱帶區，不需要保暖，所以蓮絲才在東南亞地區較為常見。其次，現代環保觀念盛行，蓮葉自然生長於湖泊，並不需要花費大量人力與物力來種植蓮花，且不用再灑肥料及農藥，蓮絲原本就生長在湖裡，只需定期摘下蓮葉製成織品即可，所以較為環保。

捌、研究結論

經過這段時間的研究，以下，便將實驗發現做歸納整理，並回應我們的研究目的做說明：

- 一、蓮絲即是位於木質部導管分子次生壁增厚，次生壁增厚方式有環紋、螺紋及網紋。大賀蓮的每個部位包括根、膨大的莖（即蓮藕）、地下莖、葉、葉柄、花瓣、花柄、果實及種子都可觀察到次生壁增厚部份。次生壁增厚的演進是從環紋到螺紋再到網紋，而在大賀蓮中只有在較成熟或較粗大的部位，如：葉柄及花柄才能看到網紋。
- 二、大部份的水生或陸水植物都可抽出次生壁增厚部份，但無法像蓮抽出又多又長的絲。蓮絲是從蓮維管束中木質部的導管抽出，其主要功能在於支持，各部位能抽出束絲的數量不同，以葉柄及花柄最多。
- 三、從蓮的一個導管中抽出絲束時，可能同時將多排絲線抽出，挺水蓮葉柄較浮水初生蓮葉柄容易抽出絲線排數多的絲束。而挺水葉柄生長時間愈長，螺紋次生細胞壁的單一絲線略粗、排列較緊密、也很容易抽出排數較多的絲束，甚至是網紋狀次生細胞壁。但是當一個絲束的並排絲線數量較多時，會不容易將螺紋次生細胞壁從初生導管細胞壁上抽離，應有助於強化細胞壁的支撐力。
- 四、蓮的導管具有輸送水份的功能，但蓮導管內壁的次生細胞壁增厚（即蓮絲）無助於增加水份輸送的速率。
- 五、蓮絲的保暖性、透氣性、快乾性及耐重性較蠶絲（生絲）差，但吸水性及耐酸、耐鹼性較蠶絲佳，兩者皆不會縮水，其最大優點為較為環保。

未來研究展望：由於植物生長會受到紅光與藍光的影響，因此預計接下來要進行將剛挺出水面的蓮葉套上紅、藍玻璃紙，讓其生長一個月後進行縱切與抽絲實驗，藉以了解紅、藍光是否會影響次生壁增厚的生成。

玖、參考資料

- 一、藕斷”為什麼還會“絲連” http://www.xinhuanet.com/science/2019-09/16/c_138413873.htm
- 二、溫永福、鄭湧涇、郭麗香、周雪美（2009）。生物學實驗。110-113。
- 三、植物組織。 <http://life.nthu.edu.tw/~lslty/phy/plantcell-2.htm>
- 四、維基百科。 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%B4%B0%E8%83%9E%E5%A3%81>
- 五、蓮的世界探訪。 <https://lalablack.weebly.com/31278268932604124335.html>
- 六、科學 OnLine 高瞻自然科學教學平臺
<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?tag=%E5%88%86%E7%94%9F%E7%B5%84%E7%B9%94%EF%BC%8Cmeristem>
- 七、I GOT IT - Myanmar - Lotus Textiles
<https://www.youtube.com/watch?v=nTJOBPrbuc&feature=youtu.be>
- 八、Lotus Silk - Yarn from Buddhas Flower <https://www.muellerundsohn.com/en/allgemein/lotus-silk/>
- 九、蠶絲性質 http://www.remex.url.tw/daifeier/encycolpaedia_013.html
- 十、纖維斷面結構對織物吸濕快乾特性之研究
http://www.tmmfa.org.tw/file/1451_20130510103904.pdf
- 十一、維基教科書 [Zh.wikibooks.org/zh-hk/生物化學與分子生物學/蛋白質分子結構#β-折疊](https://zh.wikibooks.org/zh-hk/生物化學與分子生物學/蛋白質分子結構#β-折疊)
使多肽鏈形成片層結構

【評語】 080312

本研究是在探究大賀蓮中螺紋導管的分布、生長特性，並比較蓮絲和蠶絲之應用性。

1. 研究主題新穎有趣，有原創性以及應用性。
2. 根據實驗需求，自行設計實驗裝置，來探索科學問題，值得嘉許。
3. 實驗設計以及架構清楚完整，雖對於實驗過程未有清楚的說明，但實驗數據分析有系統並有明確的結論。
4. 所得到的數據具有生物物理學的意義，建議請教專家做進一步的研究。

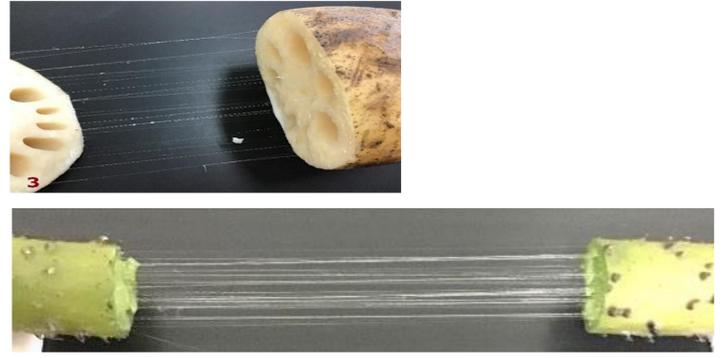
壹、研究動機

我們看到報導介紹東南亞地區會使用蓮葉葉柄裡的絲來編織圍巾、衣服，發現它就是「藕斷絲連」的絲，查詢資料後發現國內相關研究只有三十屆科展研究蓮藕中的絲長及拉力，這引發我們想要了解蓮絲到底是植物的什麼構造？



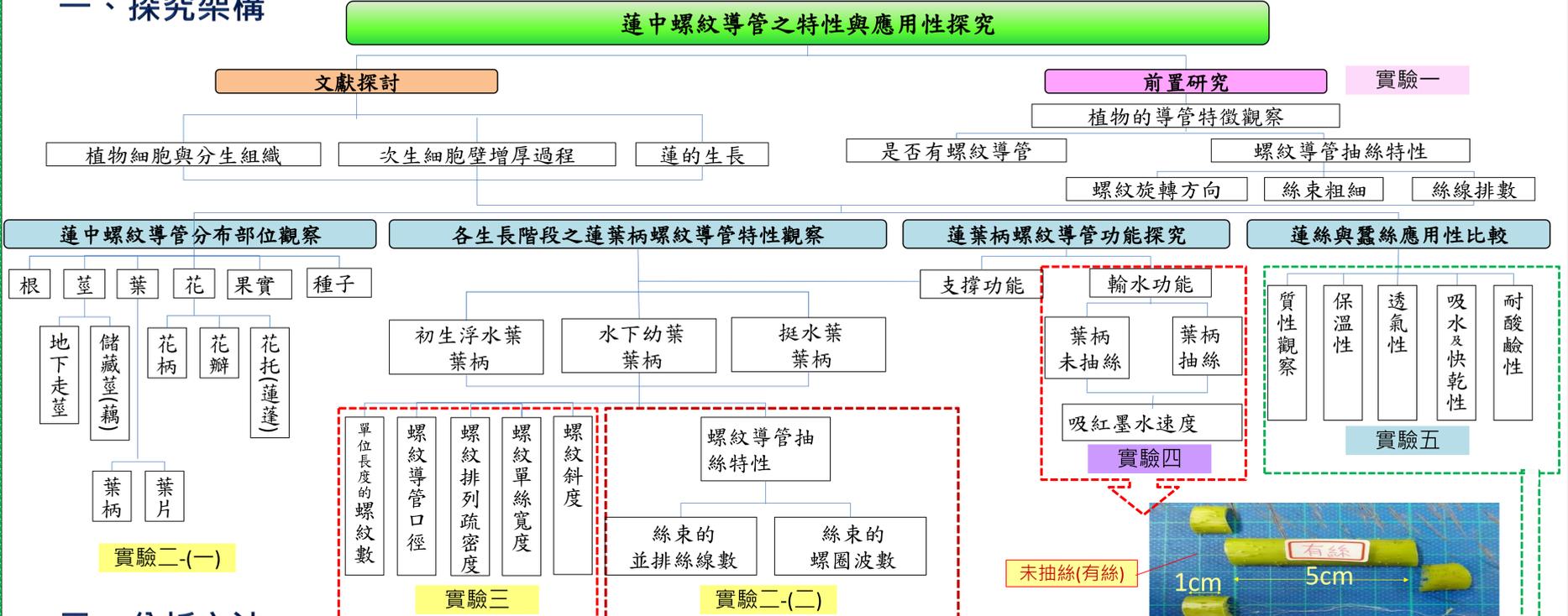
貳、研究目的

- 目的一 調查各種植物中的螺紋導管特徵
- 目的二 探究蓮中螺紋導管的分布位置與生長特徵
- 目的三 探究蓮葉柄中螺紋導管的功能
- 目的四 比較蓮絲和蠶絲之特性

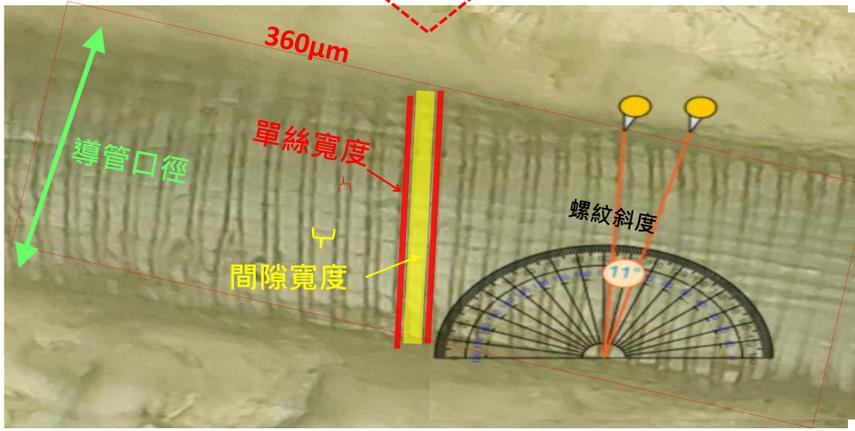


參、研究方法與研究設備

一、探究架構



二、分析方法：



放大100倍觀測計算螺紋導管抽出絲束的螺圈波數	螺圈波數
	6
放大800倍觀測計算螺紋導管抽出絲束排數	絲束排數
	4

註1：從單一個導管抽出的絲狀物統稱一束絲或稱『絲束』。
註2：一束絲可能由多條絲線平行並排，以『絲束排數』稱呼。

三、自製實驗器材：

導管輸水效能測試裝置 	絲束團保溫測試裝置 	絲線吸水性測試裝置 	絲織片透氣性測試裝置 	一網絲束載重力測試裝置
-----------------------	----------------------	----------------------	-----------------------	------------------------

肆、研究結果

實驗一 各種植物中的螺紋導管特徵比較

可以抽出螺紋導管				無法抽出螺紋導管
印度芥菜	大萍	空心菜	布袋蓮	水芋
大安水蓴衣	野薑花	田蔥	小黃瓜	睡蓮

1. 大部份植物都有螺紋導管，但都比蓮的螺紋導管細；不同植物所抽出的螺紋導管有些是左旋，有些是右旋。

實驗二 蓮中螺紋導管的分布位置與生長特徵觀察

(一) 蓮各部位的觀察比較

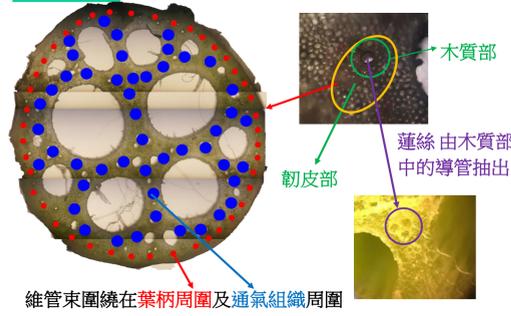
部位	根	地下走莖	儲藏莖(蓮藕)	葉片	葉柄	花瓣	花柄	花托(蓮蓬)	果實	種子(蓮子)
抽絲										
縱切										

- 除了根之外，蓮的各部位皆可抽出左旋的螺紋導管。
- 縱切後，各部位都可看到螺紋導管，大部份為環紋及螺紋，只在花柄及葉柄下端能看到網紋。

討論：(1) 蓮的維管束分布於接近表皮及通氣組織周圍，接近表皮處維管束較小使抽絲較細，通氣組織周圍較多較粗，各部位以葉柄的維管束最多。

(2) 左手香與蓮葉柄的維管束分布都是以葉柄下方的維管束最粗。

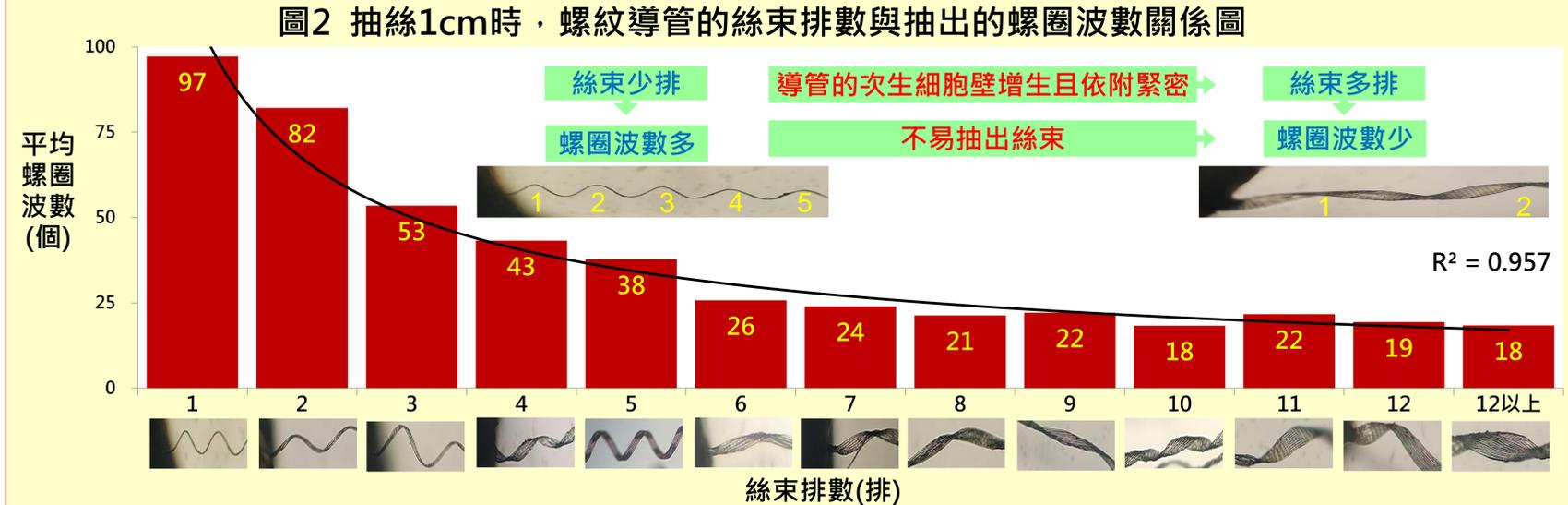
葉柄橫切面



部位	葉柄	花柄	地下莖	蓮	左手香
橫切面照片					
縱切面照片					
抽出絲束	96束	78束	52束		

(二) 蓮葉柄抽出的螺紋導管絲束排數與螺圈波數關係比較

圖2 抽絲1cm時，螺紋導管的絲束排數與抽出的螺圈波數關係圖



- 從導管中抽出相同長度的絲束時，絲束排數越多，抽出的平均螺圈波數則越少。

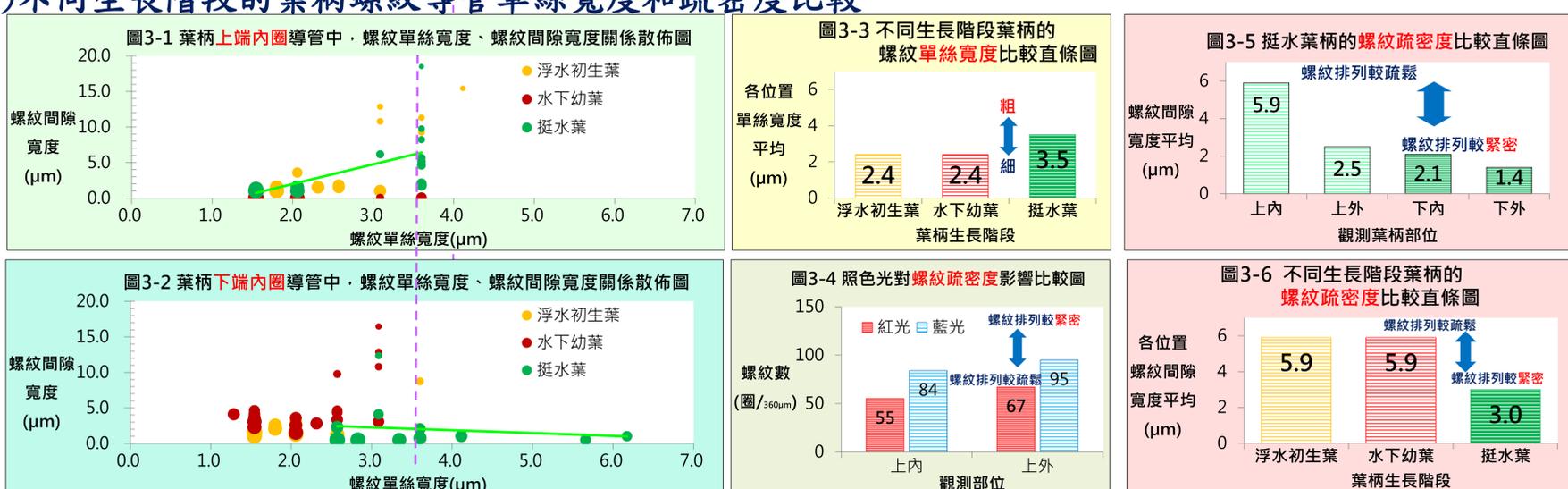
討論：螺紋導管具有增強支撐的功能？

實驗三 蓮葉柄各生長階段螺紋導管特性與絲束特性觀察

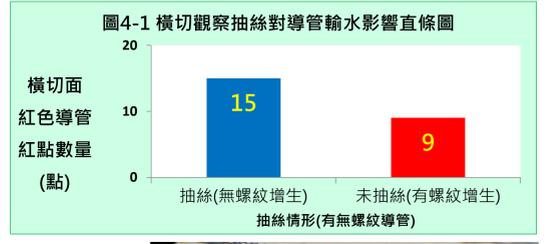
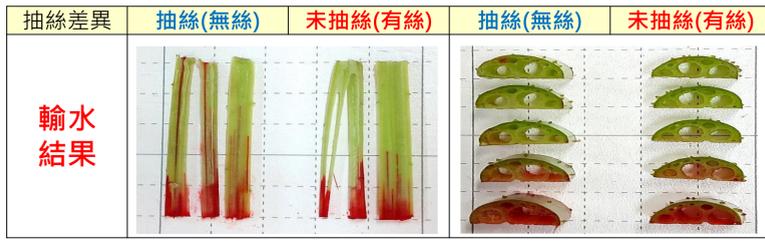
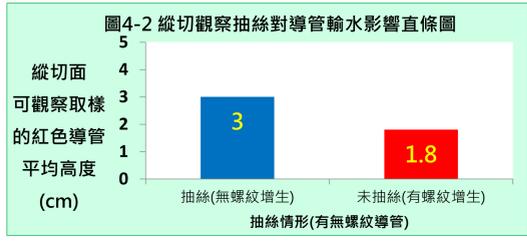
(一) 不同生長階段蓮葉柄各位置抽出的螺紋導管絲束排數比較



(二) 不同生長階段的葉柄螺紋導管單絲寬度和疏密度比較



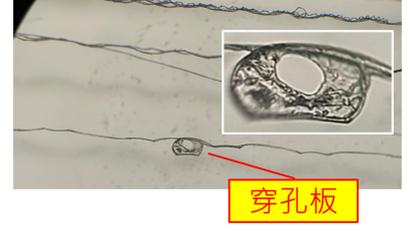
實驗四 蓮葉柄螺紋導管的輸水功能探究



1. 沒有螺紋次生壁的導管輸水較快。

討論：螺紋次生壁增生削弱輸水的功能？

- (1) 螺紋次生壁是否被抽除，導管口徑都小，毛細作用差異不大。
- (2) 抽絲時，導管細胞間尚未完全分解的**穿孔板**被移除，水分便可更加通暢的穿過導管。

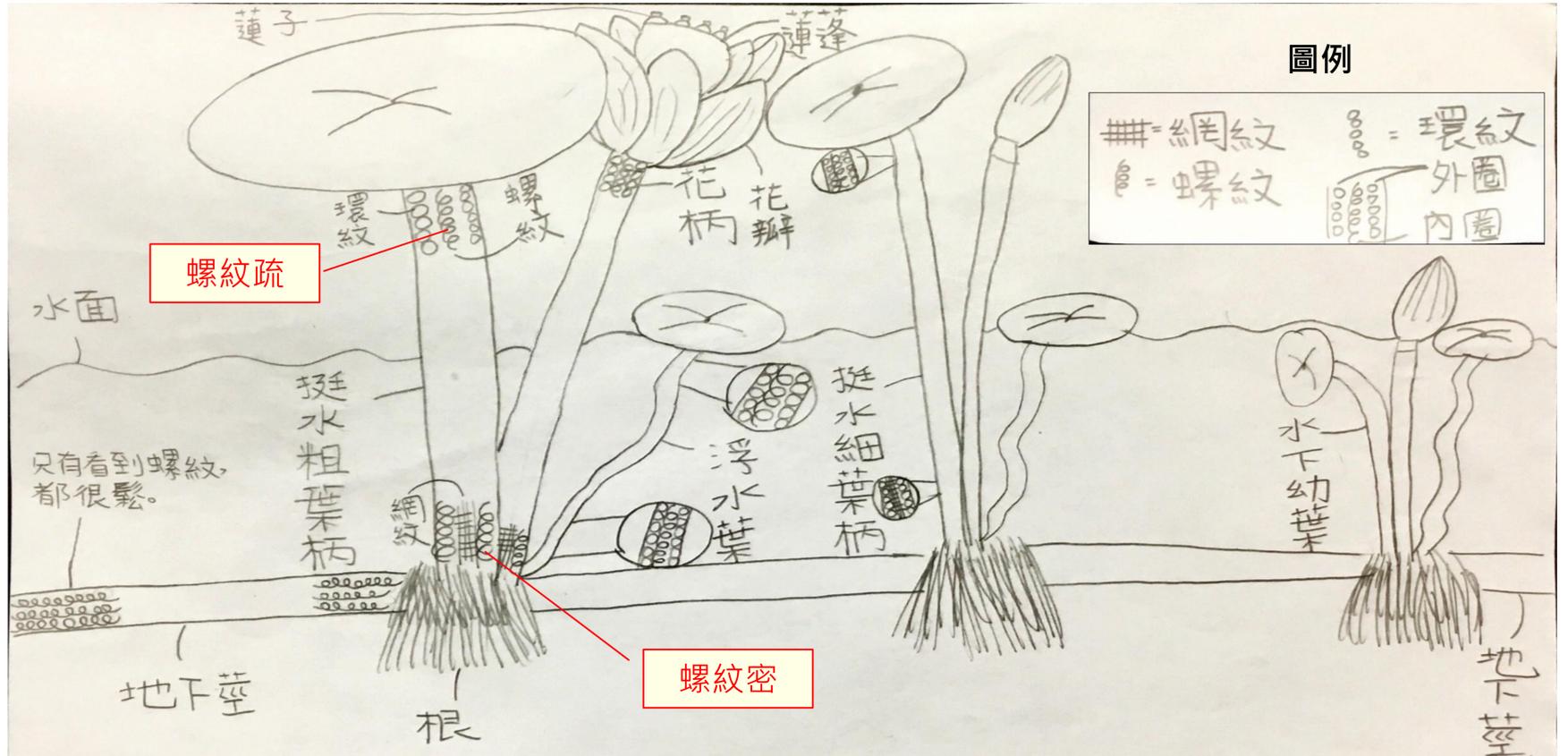


實驗五 蓮絲與蠶絲應用性比較

絲種類	抽絲樣貌	顯微觀察	絲寬度	保暖性	透氣性	快乾性	吸水性	載重量	耐酸鹼性
蓮絲	絲束 多條單絲並排		2~7μm	較差	較差	較差	較佳	較小	耐強酸 耐強鹼
蠶絲	單絲 粗細不均勻		50 μm	較佳	較佳	較佳	較差	較大	不耐強酸 不耐強鹼

伍、研究結論

一. 蓮絲是從維管束中木質部的導管抽出，為木質部導管分子次生壁增厚，在大賀蓮的每個部位都可觀察到，以葉柄及花柄最多。次生壁增厚的演進是從環紋到螺紋再到網紋，大賀蓮多半在較成熟或較粗大的葉柄及花柄基部才能看到網紋。



二. 從蓮的一個導管中抽出絲束時，可能同時將多排絲線抽出，與葉柄是否挺水以及挺水生長的時間有關係，葉柄及花柄基部會抽出排數較多的絲束。當絲束排數較多時，會不易將螺紋次生細胞壁從初生導管細胞壁上抽離，螺紋導管有助於強化細胞壁的支撐功能。

三. 蓮的導管具有輸送水份的功能，但蓮導管內壁的次生細胞壁增厚（蓮絲）無助於增加水份輸送的速率。

四. 蓮絲的保暖性、透氣性、快乾性及耐重性較蠶絲（生絲）差，但吸水性及耐酸、耐鹼性較蠶絲佳，兩者皆不會縮水，其最大優點為較為環保。

陸、參考資料

- 一、藕斷”為什麼還會“絲連” http://www.xinhuanet.com/science/2019-09/16/c_138413873.htm
- 二、溫永福、鄭湧涇、郭麗香、周雪美（2009）。生物學實驗。110-113。