

# 低成本維管束縱向標本製作與課堂應用

文／廖西鎮



文頭圖 / 龍葵莖維管束疊圖

## 前言

國中階段的維管束的實驗，多是將西洋芹或玉米的莖泡入染色的水中，利用維管束在蒸散作用下吸入含有染料的水溶液，後續再藉由觀察葉脈或是橫切莖部，來突顯維管束的位置。而進階一些，可以將莖橫切成薄片後置於顯微鏡下觀察，橫切後雖可以看到木質部的孔洞，但無法看到維管束縱向的長管狀管細胞。經由本文提供之方法，能學生在不需切片機的情況下，結合既有的實驗步驟，且使用超市與校園隨手可得的植物，簡易且快速的製作出維管束縱向玻片標本。經由顯微鏡觀察木質部的長管狀管細胞，更具體了解維管束型態與功能的了解。

## 壹、課程目標簡介

7 年級生物課介紹植物體內的物質運輸時會介紹維管束中的木質部與韌皮部，為了讓學生了解木質部的輸水功能與維管束的分布位置，可將西洋芹或玉米的莖部下緣泡入含有染料的水中，約 10 分鐘後即可觀察到因為吸入染料而顏色變深的維管束所在，後續可進一步橫切莖部觀察，切的夠薄還能進一步做成維管束橫切面玻片標本進行觀察。為了讓學生了解維管束是長管子，可使用竹筷子沾取肥皂水來吹氣，或直接，讓學生藉由觀察竹筷孔洞在水中冒氣泡的位置與孔洞位置相符，進而了解維管束是相互連通的概念。對於維管束的介紹，希望在課程後學生可以理解：

- 一、了解維管束中有上下相連通的長管
- 二、製作簡易維管束玻片，觀察莖與葉中的木質部管細胞。
- 三、觀察並了解維管束木質部管細胞構造

根據上述目標，配合課程設計成四個活動，各活動可同步進行或是獨立出來操作，材料需準備紅墨水、亞甲藍、優碘、500 ml 燒杯、小刀、載玻片、蓋玻片、筆、玉米莖、西洋芹、小白菜、青江菜、地瓜莖與根、龍葵莖與根。

## 貳、活動流程與觀察紀錄

下列為四個活動的施行步驟與筆者的觀察記錄

**活動一：巨觀觀察維管束分布與功能，操作時間約 30 分鐘。**

此活動常見於一般的教科書，利用植物莖部維管束吸入含有染料的水的方式，可驗證維管束是相通的長管。活動常使用西洋芹或一般葉菜類，若使用深綠色葉菜，紅墨水吸入維管束之後，因顏色反差，會更明顯，且葉片大的葉菜，維管束吸水相當迅速，置入水中 10 到 15 分鐘後，即可取出進行橫切與縱切觀察如圖 1，直接縱切時容易切斷維管束，可利用類似削鉛筆方式慢慢削去外部組織，更易觀察到長條狀維管束，在等待的空檔，可進行活動二與活動三。

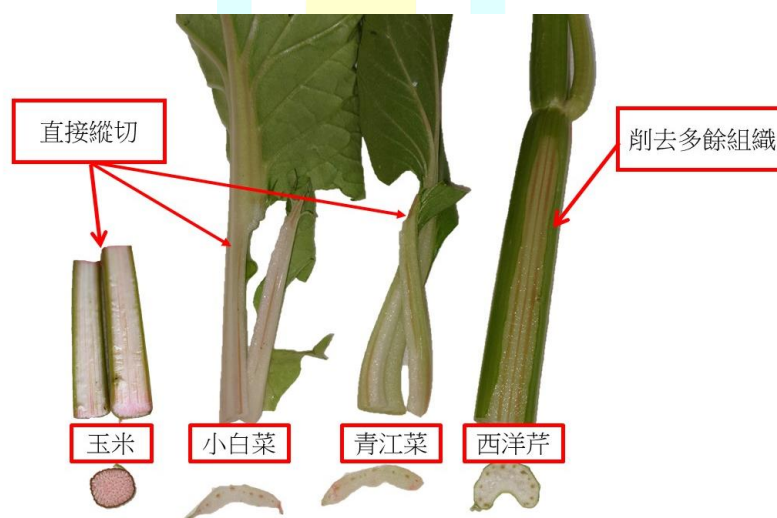


圖 1. 橫切與縱切觀察維管束

**活動二：吹氣驗證維管束分布與功能，操作時間約 10 分鐘。**

除了活動一利用調入食用色素的純水，讓維管束吸入維管束，來驗證維管束中具有可吸水的連通長管之外，還可以用對維管束吹氣來驗證此連通長管的存在，以往可使用對衛生筷吹氣，再觀察另一端產生的氣泡，而本活動則使用小白菜或青江菜。

取小白菜或青江菜 10 到 15 公分洗淨，準備 500ml 燒杯，裝水約 7 分滿，將葉片端泡入水中，以嘴巴含住葉柄，用力緩緩吹氣，可以觀察到氣泡會在莖特定位置或葉脈開口處產生，也可以沾取肥皂水，用力緩緩吹氣，可看見另一端因吹氣而產生的氣泡（圖

2)。此方式有別於竹筴的地方，在於取用了新鮮的維管束，且能明確了解此維管束有上下連通，觀察葉片在水中冒泡的位置，能更明顯觀察到氣泡在特定位置產生，說明此位置便是維管束所在，後續在活動三會進一步驗證此處即為維管束。此活動亦可嘗試其他植物，玉米莖、白菜與青江菜是筆者測試過較容易成功的材料，西洋芹便費力許多。

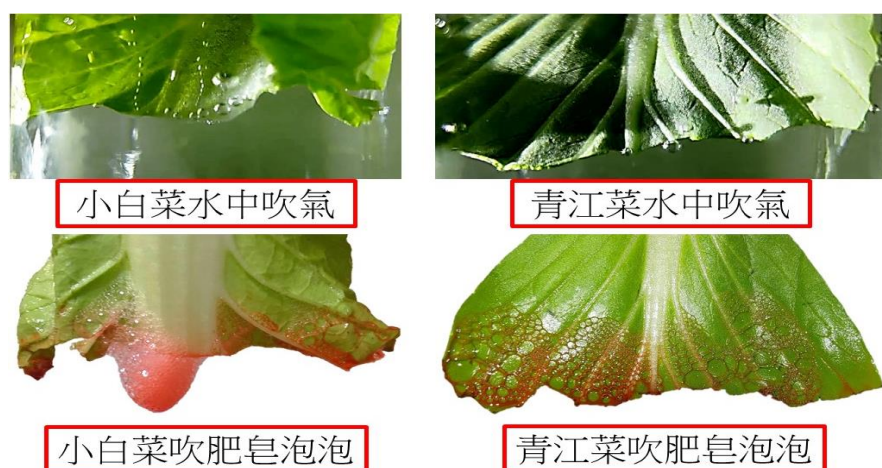


圖 2. 維管束吹氣測試，為使拍攝效果明顯，肥皂水有額外加入紅墨水。

**活動三：木質部維管束玻片標本製作分布與功能，操作時間約 30 分鐘。**

進行完活動二，可繼續進行活動三，或將活動三在另一堂課操作。本活動要製作縱向維管束玻片標本，並進一步觀察維管束構造。常見的維管束橫切面玻片標本使用徒手切片法製作觀察橫切面。若要觀察到維管束長管狀，較簡單的方式是取香蕉或柑橘果實內部的絲，做成玻片標本觀察，若是用植物的根、莖、葉製作維管束縱切玻片標本時，主要遇到的問題有 2 個：

1. 位置：切的位置很難精準切到維管束並沿著維管束切
2. 厚度：即使切到維管束，也很難再切下夠薄的另一刀，使之成為薄到便於觀察的玻片標本。

使用徒手切片法要剛好切到維管束所在之處，且剛好夠薄，實屬不易。若是使用石蠟切片，時間與器材皆不適用於一般國中小課程需求。而本活動希望能扣合課程，使用活動一中準備的植物，製作成維管束玻片，觀察維管束構造，深化對維管束的認識。為了克服定位與厚度的問題，筆者採用另一種全新的製作方式，暫訂名為「壓製玻片」，製作時間約為 5 分鐘，製作難度設定為國小學生亦能輕易完成。製作步驟如下：

1. 抽取維管束：克服切不到正確位置的解決辦法，是直接抽取維管束出來處理。將西洋芹或小白菜的莖或葉柄內側輕劃一刀，再將莖沿刀痕向外翻 90 度，然後慢慢拉即可將條狀維管束與其他組織分離，此時可用刀或鑷子取下其中一條維管束（圖 3），

小白菜、青菜等一般葉菜類維管束較小較軟，較易製作玻片標本，西洋芹維管束較粗，製作玻片標本的難度也較高一些，玉米的維管束較小較軟，需用刀片沿著維管束緩緩推，可將維管束分離出來，一些取下的維管束如圖 4。維管束與周邊其他組織的區別在於顏色不同，但較細的維管束不太容易觀察，可使用活動一的方式處理，已吸入紅墨水的維管束會更容易分辨，便於採樣。

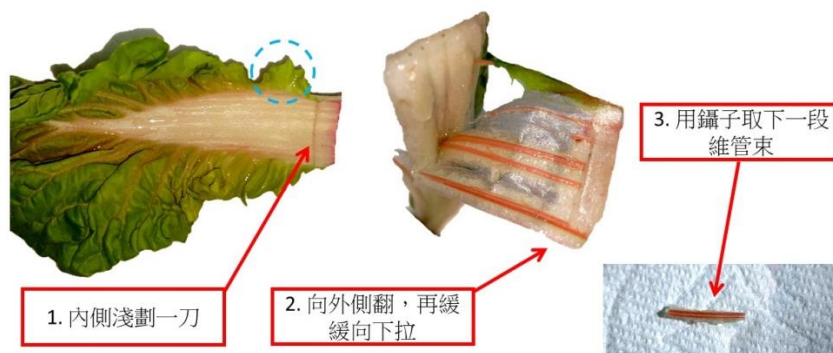


圖 3. 撕取維管束，照片中的小白菜已經吸入紅墨水。



圖 4. 各種抽取出來的維管束樣本

## 2. 製作壓製玻片：方式有兩種，敘述如下

- (1) 平面加壓法：將一段維管束，製於載玻片上，再覆蓋另一片載玻片，利用手指加壓玻片，加壓時要直接施加力量在維管束上方，可將維管束微微壓扁（圖 5），此時維管束周圍其他葉肉組織會與維管束分離，用鑷子或小刀挑除非維管束組織後，可再次利用兩片載玻片繼續加壓維管束，將維管束壓得更薄，反覆此步驟即可獲得相當薄的維管束縱向標本。若是國小學生或時間較趕，可略去葉肉步驟，雖標本較厚，但仍然能夠觀察到長條型的維管束。
- (2) 滾動加壓法：將一段維管束，製於載玻片上，再利用筆桿壓住維管束中央，開始前後緩緩滾動（圖 6），數次後可得到壓扁的維管束。

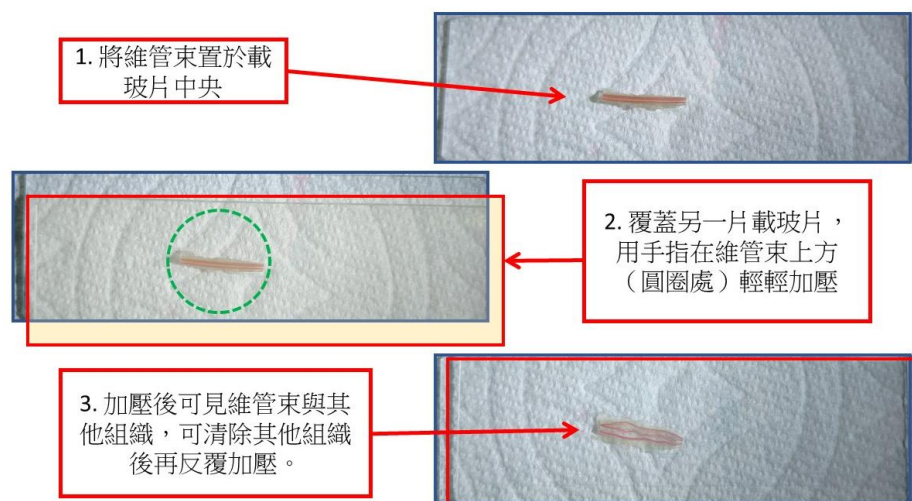


圖 5. 平面加壓法加壓維管束

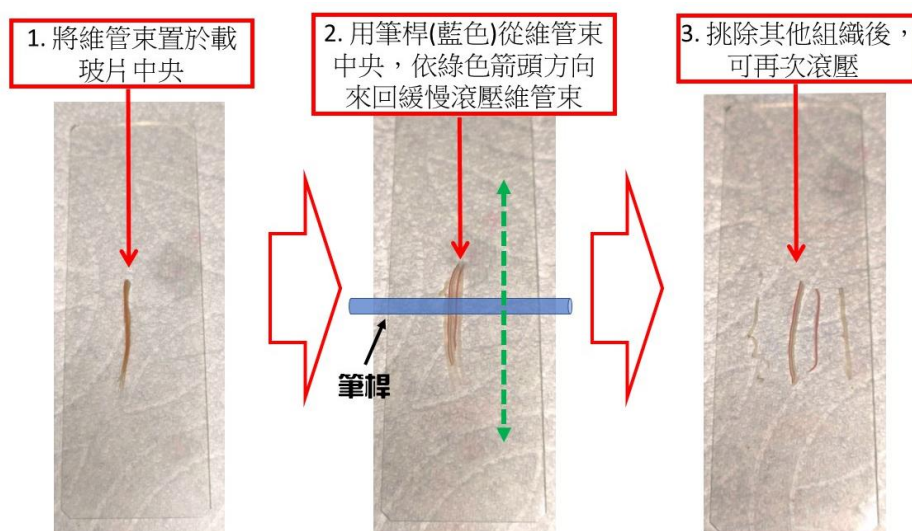


圖 6. 滾動加壓法加壓維管束

不論是利用平面加壓或是滾動加壓，都要緩緩施力多次加壓，反覆緩緩加壓數次使玻片標本越薄越好，用力過猛或施力點不對，可能會使玻片破裂，若是另行準備塑膠片加壓，則可避免玻片破裂。壓製過程中或壓製後若能儘量除去不屬於維管束的組織，可避免這些組織覆蓋在維管束上下而影響觀察結果。

3. 染色：將壓製完成的維管束，置於載玻片上，滴加一滴碘液、亞甲藍、或是其他染劑，蓋上蓋玻片，輕壓蓋玻片幾下加速染劑進入維管束標本，即完成維管束壓製玻片，可立即進行觀察，放置 5 到 10 分鐘後染色效果會更顯著。利用亞甲藍染色優點為透明度也較高，方便觀察較下方的影像，但因為透明度高，多條木質部交疊時，影像會較不清晰。利用優碘染色的好處是維管束邊緣較明顯，維管束較厚時，利用優碘能使上層木質部紋路較為清晰，缺點是透明度較差。

將製作完成的莖或葉柄維管束壓製玻片，置於顯微鏡下觀察，使用目鏡 16 倍、手機數位放大 4 倍，物鏡倍率如圖所示，拍攝照片如下圖 7、圖 8：

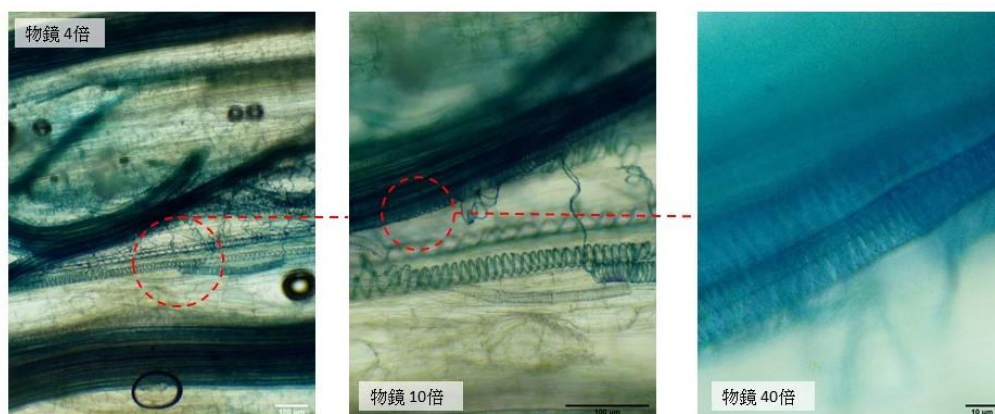


圖 7. 小白菜維管束，容易製作壓製玻片但管細胞較細小。

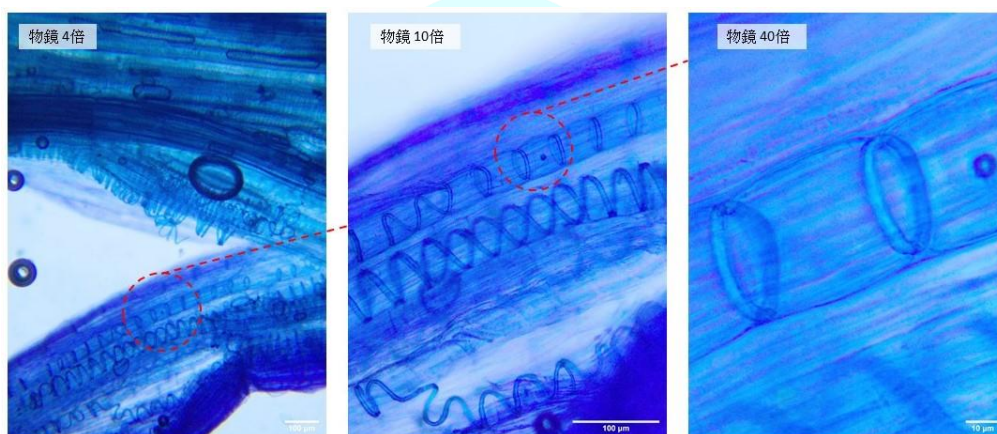


圖 8. 西洋芹維管束，維管束較粗大較難壓製玻片標本，管細胞較大。

可使用不同染劑將製作完成的小白菜與西洋芹維管束壓製玻片，置於顯微鏡下觀察，西洋芹維管束染色照片如下圖 9：

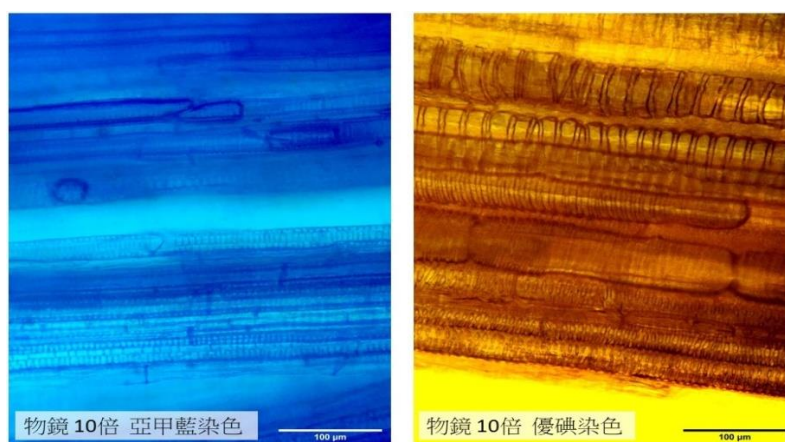


圖 9. 西洋芹維管束染色結果

維管束細胞中，韌皮部細胞較不易觀察與辨別，因此觀察的主要是木質部管細胞，木質部管細胞中包含有較明顯紋路的導管與管胞，包含環紋(annular)、螺紋(spiral or helical)、階梯紋(scalariform)、網紋(reticulate)與孔紋(pitted)等 5 種類型，每種紋路又有不同變化如圖 10，在上述葉菜類的葉柄或莖，皆可觀察到環紋、螺紋、階梯紋、網紋等幾種，紋路來自這些管細胞加厚的細胞壁，加厚的細胞壁能提供植物更好的支撐力，較薄的部分則有利於水分傳送給管細胞旁的組織。

加壓小白菜與西洋芹維管束能使管細胞分開，帶有環紋、螺紋的管細胞容易因加壓而分開，但加壓過度會變形，帶有網紋與階梯紋的管細胞彼此連結相當緊密不易分開，需要較高程度的加壓。

建議國中小學生可先使用小白菜一類具有較軟較細維管束的葉菜類來製作壓製玻片，西洋芹可抽取細的維管束製作，西洋芹較粗的維管束可以加壓後用刀片分割，然後再次加壓，較容易分離帶有網紋與階梯紋的管細胞以利觀察，用優碘染色也可使網紋與階梯紋更明顯。玉米的維管束細且脆弱，需要用刀片沿維管束旁推開其他組織才能抽取，山萵蒿的維管束較不強韌且環狀排列，但莖部質地柔軟，可除去表皮後，削下帶有維管束的組織再加壓製作壓製玻片。

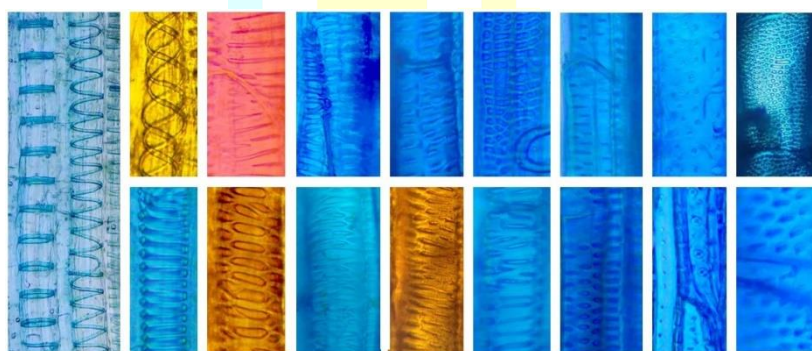


圖 10. 不同紋路的管細胞

#### 活動四：其他部位與類型維管束玻片標本製作，操作時間約 45 分鐘。

除了莖之外，課程中也提到根有維管束，以及葉脈都有為維管束，此活動針對根、莖、葉維管束進行標本製作與觀察。

##### 一、葉片葉脈維管束標本製作：

已知葉脈亦為維管束，可製作葉脈維管束玻片標本並觀察葉脈木質部管細胞。葉片要挑選顏色較淡與較薄的部分（圖 3 藍色圓圈處），淡色嫩葉更佳。製作方法為剪取一小片長寬小於蓋玻片的葉片，葉片正面朝上，利用滾動加壓法製作玻片標本，壓到葉脈部分呈現透明狀，再滴加亞甲藍染色（葉片含澱粉，不可用優碘染色）。

小白菜很容易成功做出便於觀察的玻片標本。筆者觀察製作完成的葉維管束壓製玻片，顯微鏡使用目鏡 16 倍、手機數位放大四倍，物鏡倍率如圖所示，拍攝照片如圖 11：

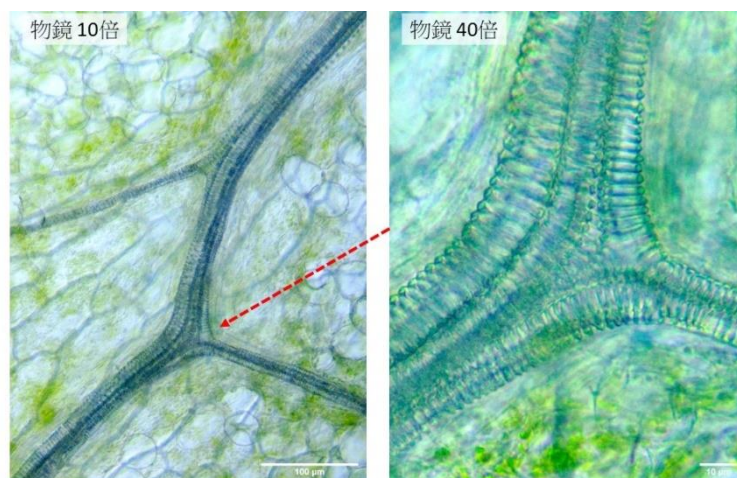


圖 11. 小白菜葉維管束，亞甲藍染色。

## 二、更多類型木質部管細胞觀察：

課程中所用的西洋芹或小白菜觀察不到圖 10 右方圓形的孔紋，若要觀察具有圓形孔紋的管細胞，需要使用其他植物木質化較高一些の木質部，玻片標本製作難度也會較高。以下為利用龍葵、地瓜等製作玻片標本觀察圓形孔紋管細胞的過程與紀錄。

### 1. 製作步驟：

- (1) 去除表皮：切兩刀後剝除表皮，或直接刮除表皮，直到可以看到維管束或是出現一層木質化的纖維為止。
- (2) 提取維管束：淺淺的削取含維管束的部分，再製作壓制玻片。若是具有較厚的木質部如地瓜莖或具有樹木生長輪的部分，可用撕取或用削取薄片方式取得一層薄薄木質部（圖 12）。將製作完成的龍葵莖、根以及地瓜根、莖木質部製作壓製玻片，置於顯微鏡下觀察，顯微鏡使用目鏡 16 倍、手機數位放大四倍，物鏡倍率如圖所示，照片如圖 13、圖 14：



圖 12. 莖或根的木質部取樣方法

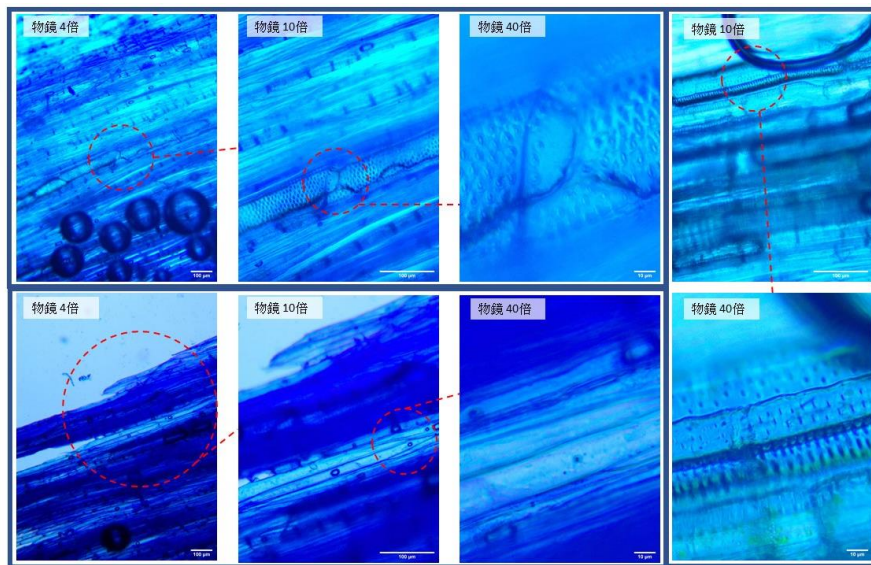


圖 13. 不同倍數下龍葵莖的管細胞

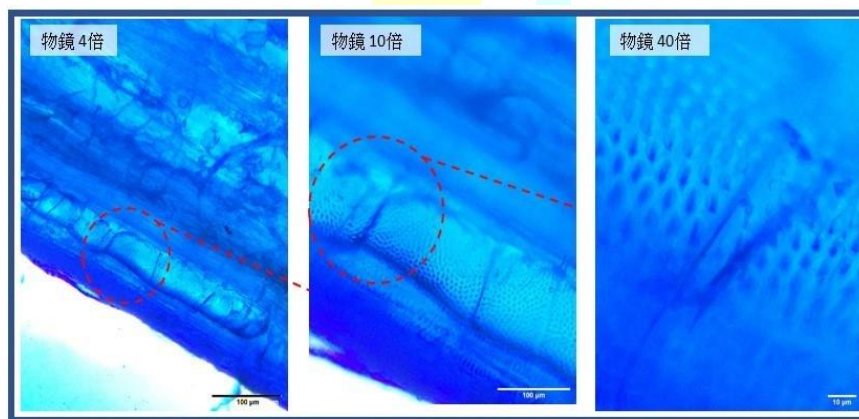


圖 14. 龍葵根中可見巨大的管細胞

## 結語

配合課程進行實作，可以深化對於學習內容的具象化，以往因為製作維管束縱向切片不易、製作耗時、顯微鏡手機架或電子目鏡未普及等因素，在維管束課程的實作，只觀察維管束吸入含染料的水之後對花瓣影響，或是橫切莖看維管束的分布。利用本文的

方法製作根、莖、葉維管束壓製玻片，可以以相當低的成本與時間，將課程延伸至維管束縱向標本的實作與觀察。此方式所製作的玻片，尚無法看到是否具有穿孔板(穿孔板)，來作為判斷是導管或是管胞的依據，但已經能夠看到各式各樣的管細胞，可視情況補充管細胞紋路的來由與功能。更難得的是能利用隨手可得的材料親手製作與觀察維管束標本，觀察這些以往只出現在課本或網路資料的管細胞，跟著這些美麗紋路交織出美好的課程經驗。

**廖西鎮**

**雲林縣立麥寮高中自然科教師**

## **參考文獻**

- [1] 簡志祥 (2011)。觀察香蕉的維管束，下載自  
[http://a-chien.blogspot.com/2011/10/blog-post\\_4292.html](http://a-chien.blogspot.com/2011/10/blog-post_4292.html)
- [2] 維基百科 (2022)。管胞，下載自  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%AE%A1%E8%83%9E>
- [3] Crang, R., Lyons-Sobaski, S., & Wise, R. (2018). Plant anatomy: a concept-based approach to the structure of seed plants, P230-237, Springer.