

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高中組 生物(生命科學)科

第二名、最佳創意獎

040713

天啊!是誰「分走」我的莖—雙子葉植物莖分支生長方式的探討

國立新竹高級中學

作者姓名：

高二 蔡明甫 高二 楊子弘 高二 吳宇瑩

指導老師：

楊良平

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生物科

組 別：高中組

作品名稱：天啊！是誰「分走」我的莖

~雙子葉植物莖分支生長方式的探討

關 鍵 詞：節點、節點分化、維管束分化

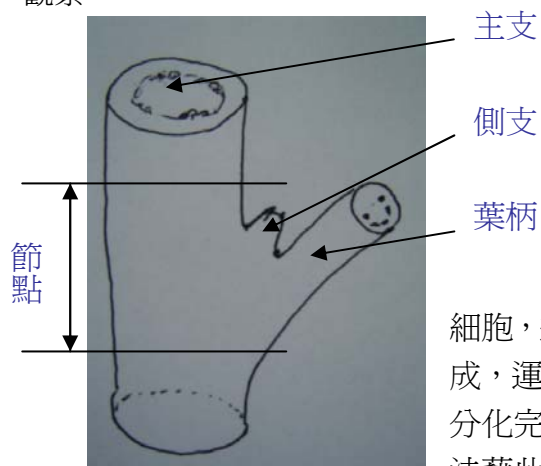
編 號：

# 天啊~是誰『分走』我的莖

~雙子葉植物莖分支生長方式的探討

## 壹. 摘要：

對於雙子葉植物的節點部位，並沒有人能夠提出完整的研究結果，而我們對於節點部位維管束的排列方式以及腋芽的生長方式和機制都不甚了解，所以針對這個問題做了一些實驗觀察。



我們利用徒手切片的實驗技巧以及讓植物吸取墨水的方式慢慢了解並建構出雙子葉植物在節點部位的整套生長模式。

我們發現雙子葉植物(地瓜葉)在成熟的節點部位(葉柄與側支都已生長完全的情形下)，側支的維管束已經分化完成，導管的細胞已由活細胞變為死細胞，進而有輸送水分的作用而其節點部位維管束便可一體連成，運輸水分和養分。但是在側芽和頂芽的部分，維管束還未分化完整，導管和假導管也還未由活細胞變為死細胞，所以無法藉此輸送水分，而雙子葉植物衍生出另一種取代方式，藉由細胞間的空隙運輸水分至側芽及頂芽，使其側芽、頂芽能夠正常生長發育。

## 貳. 研究動機：

在學校的教科書中，學到單子葉、雙子葉植物根莖葉的基本構造，但對它的生長情形並未完全了解，書中也沒有明確的說出植物各個部位和所含的構造是如何生長並接連而成一個完整的個體，而又以莖的節點部分最能引起我們極大的興趣，因為我們對於維管束在植物形成側支時的生長機制並不清楚，在查詢資料之後發現沒有多少書籍提及類似的實驗觀察，所以我們就嘗試去找出雙子葉植物節點部位生長的模式，和老師討論之後即開始著手研究。

## 參. 研究目的：

- 一、了解雙子葉植物主支、側支維管束和葉柄維管束如何接連而成及其構造差異。
- 二、觀察雙子葉植物葉柄維管束從主支至與葉片接連處如何接連而成。
- 三、觀察側支尚未長成(腋芽)的節點部位和側支已長成的節點部位構造之差異。
- 四、了解雙子葉植物水分在頂芽及側芽如何運送而不中斷。

## 肆. 研究設備及器材：

|       |                         |          |
|-------|-------------------------|----------|
| 複式顯微鏡 | 雙子葉植物(地瓜葉) 註一           | 蓋、載玻片若干  |
| 解剖針   | 數位照相機                   | 切片用刀、刮鬍刀 |
| 水性藍墨水 | 液態人工食用色素(藍色 1 號、紅色 6 號) |          |

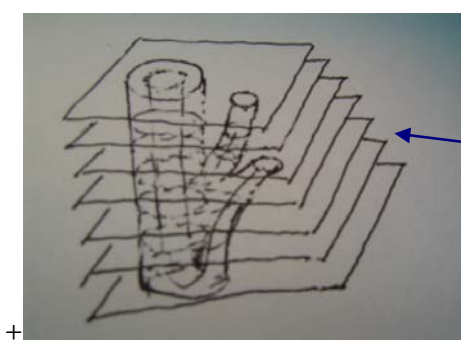
(註一：我們實驗當中所選用的雙子葉植物是地瓜葉，地瓜葉是一種葉用甘藷(sweet potato)旋花科多年生草本蔓性作物，學名 *Ipomoea batatas*(L.) lam 俗名甘藷葉或地瓜葉。採用的品種為桃園二號葉用甘藷，為多項雜交後裔種子選拔而成，葉型為心臟形，種植地區多在桃園和宜蘭一帶。)

## 伍. 研究方法及流程：

### 一. 研究方法：

我們利用徒手切片的方式將想要觀察的部分由不同角度依序往上切片，並一一拍照紀錄，如同斷層掃描的方式建構出維管束在雙子葉植物節點部位的立體結構及接連方式。

剛開始我們是在節點部位上下 5 cm 左右仔細的切片作觀察，希望不要漏掉任何小細節的變化，在經過多次實驗比較之後，最後選擇由距節點 0.3 cm 處由下而上作切片觀察，以達到最佳的實驗觀察結果。



觀察且依序排列切片，並試著建構出地瓜葉節點的立體結構。

第一次在進行觀察水分在地瓜葉中流動的實驗時是直接切片觀察並拍照紀錄的，後來發現這樣做很難真正了解水分是如何在地瓜葉中運輸的，為了改變水是无色的這個性質，於是我們讓植物吸取加水稀釋的墨水或食用色素，實驗多次之後已能夠調配出最佳墨色濃淡，既不會太稀而看不見水分在維管束中的運輸過程，也不會太濃造成水分根本無法往上運輸，以便觀察及證明。

### 二. 研究流程：

依序切片觀察 → 建立維管束立體模型 → 觀察其生成的過程 → 發現側支之生成前後水分運輸方式不同

側支-水分依靠維管束輸送

側芽-水分依靠細胞間隙輸送 → 維管束未分化完成或導管還未變成死細胞

## 陸. 研究過程及結果：

### 【前言】

在高中生物課本中，我們了解到植物的維管束組織可分為二部位：

1. 輸送水分及無機鹽的木質部，木質部有導管和假導管其二者皆為死細胞，導管細胞末端相連處的細胞壁消失而成為上下相通的纖維質導管，水必須透過壁孔至鄰近細胞。
2. 輸導有機物的韌皮部，韌皮部含有篩管和伴細胞，其細胞皆成管狀具有細胞質為活細胞，上下相接篩管細胞仍存有細胞壁，壁上有多數篩孔，細胞質可經篩孔相連通。

水分利用內聚力和附著力，在木質部內形成一條延續的水柱，藉由葉部的蒸散作用拉動水柱上升，使水分和無機鹽得以往上運送。糖分藉主動運輸從葉部進入韌皮部，使韌皮部的糖分增加，鄰近木質部的水分遂藉滲透作用進入使膨壓增高，水分就從高壓處流向低壓處，溶於水中的蔗糖亦跟著水分向下運輸。

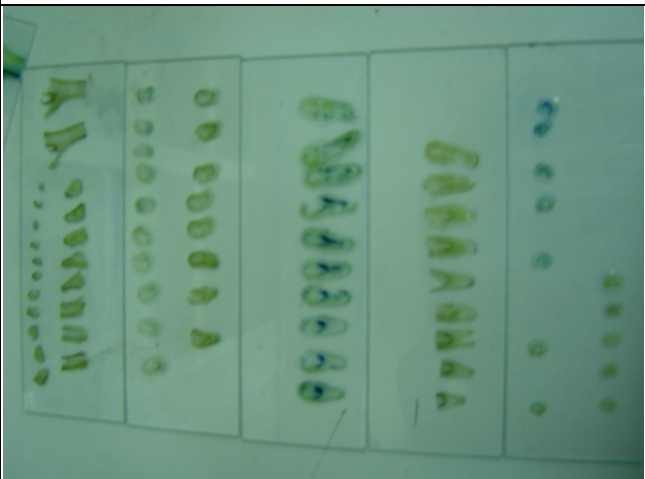
### 【研究一】 觀察並了解雙子葉植物維管束基本構造。

#### (一)實驗步驟：

1. 取若干新鮮的雙子葉植物(地瓜葉)，洗淨備用。

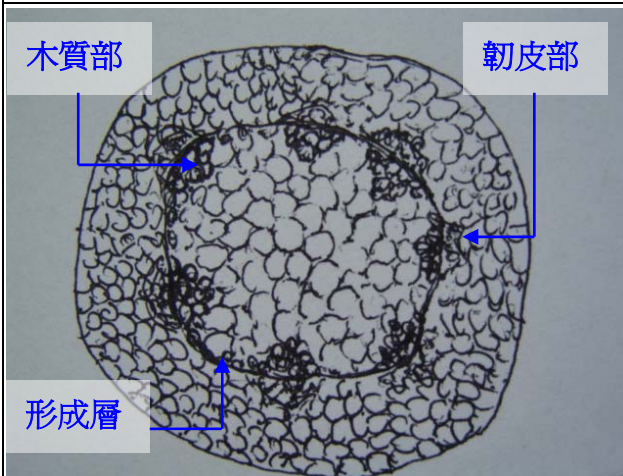
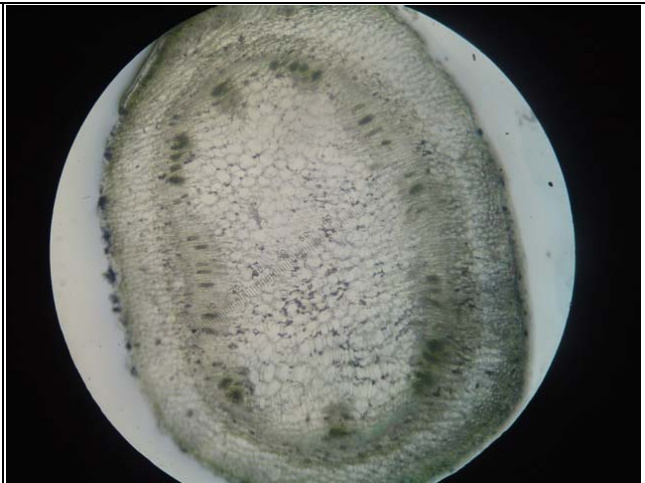
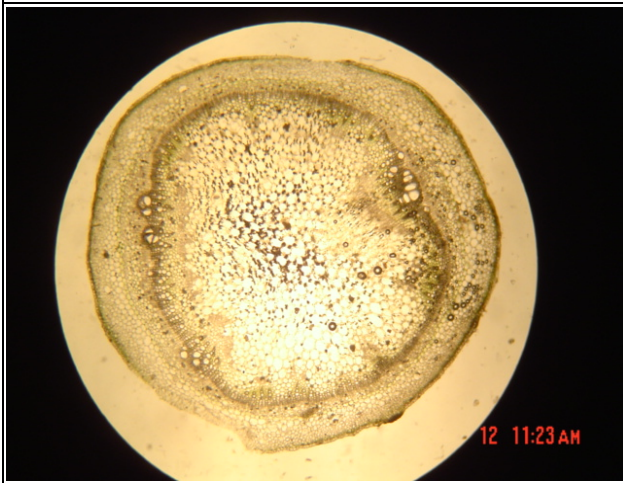


2. 切片觀察莖的構造並拍照紀錄討論。



## (二)觀察結果：

我們觀察地瓜葉莖部的構造，結果如同一般的雙子葉草本植物，維管束呈環狀排列，韌皮部在外側，木質部在內側，兩者之間有形成層，如下圖示。

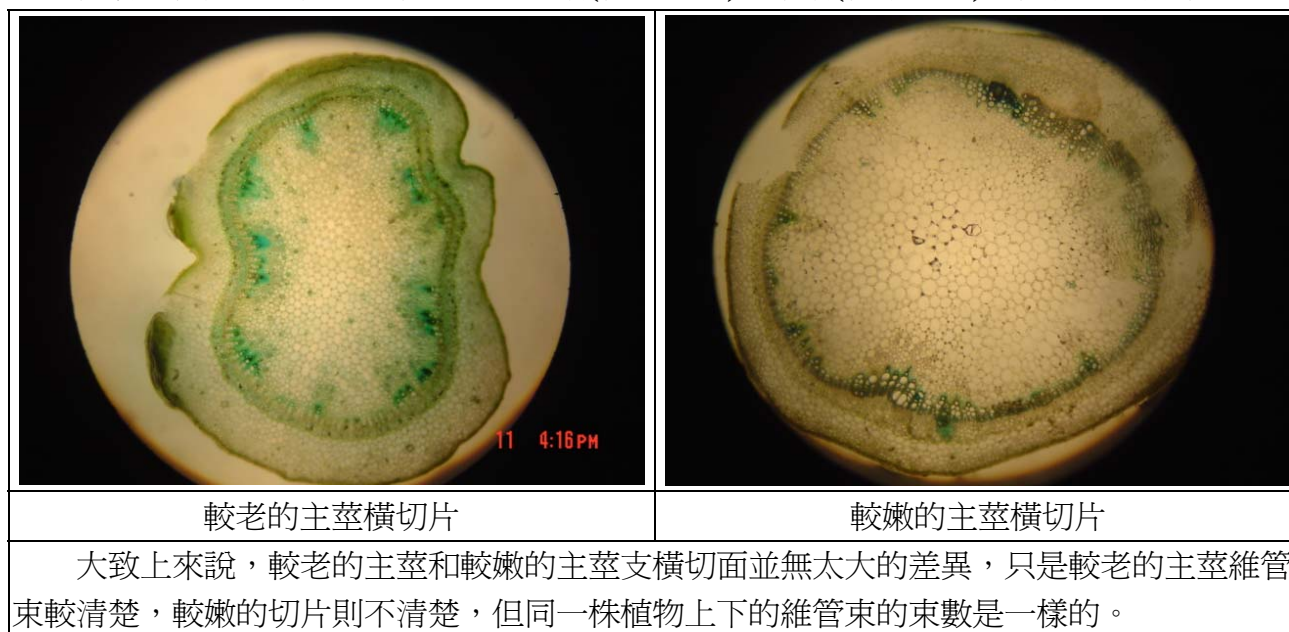


我們觀察到地瓜葉的節點部位共可分成三大部分。

- 1.主支
- 2.側支（由腋芽長成）
- 3.葉柄(包含一片葉子)

我們所用的地瓜葉其葉柄並無托葉，所以為一不為完全葉，節點部位皆由主支及葉柄和位於二者之間的腋芽所構成。由腋芽可進而長成側支。

接著我們更進一步的比較地瓜葉上端(較老且硬)和下端(較嫩且軟)的橫切面，如下圖：



### (三)實驗討論：

地瓜葉的維管束並不是非常明顯，在顯微鏡底下無法清楚分出木質部及韌皮部，但還可看見介於木質部和韌皮部的形成層，由形成層可大致辨認出木質部及韌皮部的位址，木質部在形成層的內側，而韌皮部在形成層的外側；中間髓細胞較大，故可分辨出木質部及髓細胞，但介於維管束各束之間的中間髓細胞與維管束相互混合，無法將兩者分開。維管束呈環狀排列，但不為均勻地分散在一整圈上，而是各自聚集成好幾束，各束圍繞成環狀，由已染色的切片可發現墨水在某些地方特別濃，表示其為維管束木質部所在處，可發現上述情形。

地瓜葉節點部位與一般大多數雙子葉植物並不完全相同，其節點部位皆為同一形式，由主支、側支及葉柄組合而成，且側支必定夾在主支和葉柄中間，此三者也一定會在同一平面上，由此可進一步了解地瓜葉節點部位會先長出葉柄，之後在主支及葉柄中間長出腋芽，進一步長出側支，並由側支延伸長出與上述方法相同的其它側支，而成一整棵植物。

在了解地瓜葉的基本構造之後，我們進一步切片觀察節點部位，同時也是我們的研究主題。

## 【研究二】 了解雙子葉植物主支與側支維管束如何接連而成。

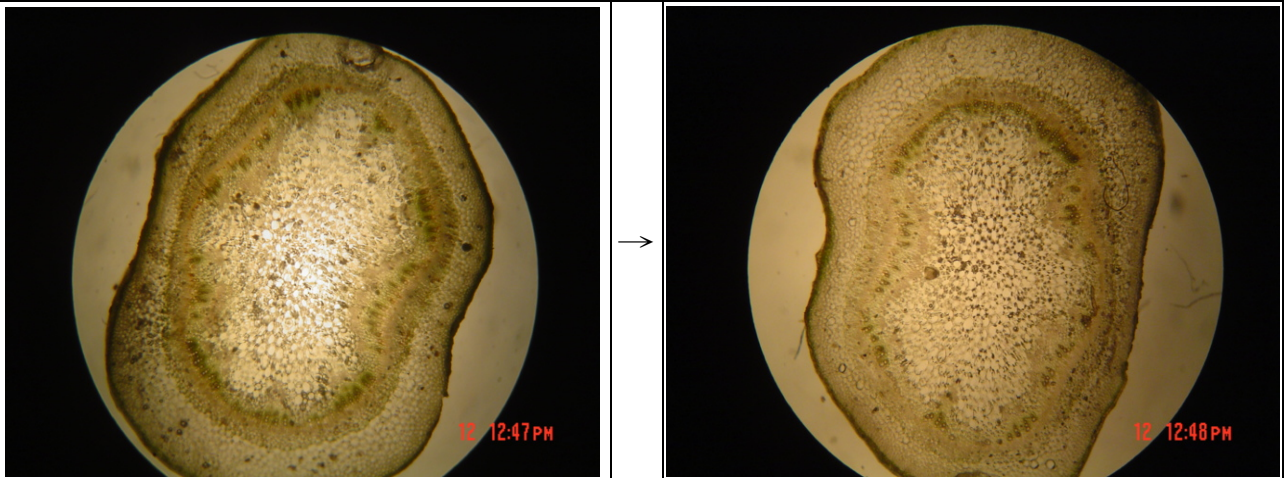
### (一)實驗步驟：

1. 取若干新鮮的雙子葉植物(地瓜葉)，洗淨備用。
2. 切片觀察地瓜葉側支與主支接連部位構造。
3. 觀察其構造並拍照紀錄討論。

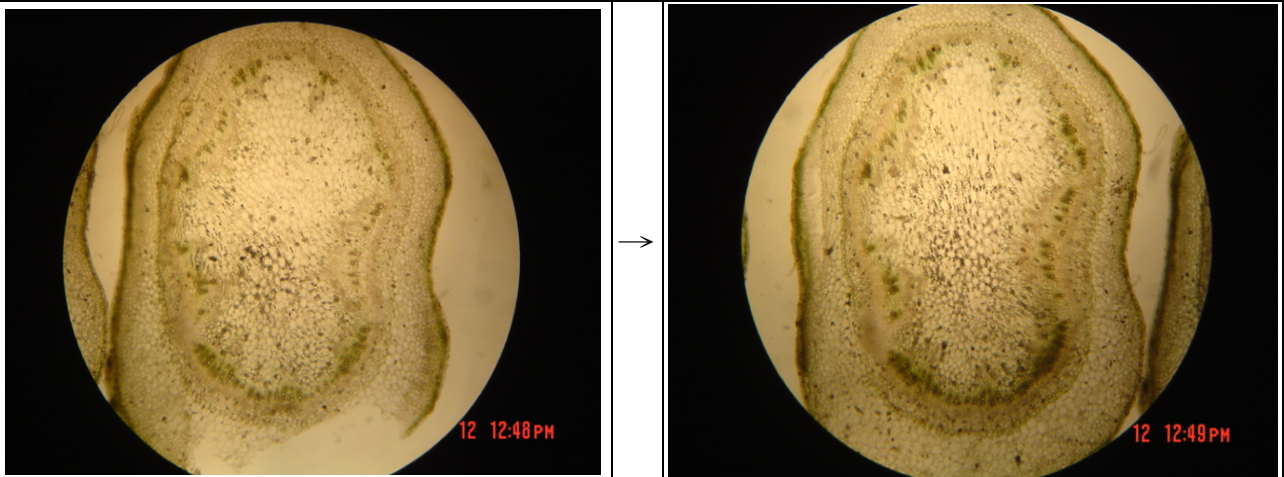
## (二)觀察結果：

### 1.節點部分橫切觀察

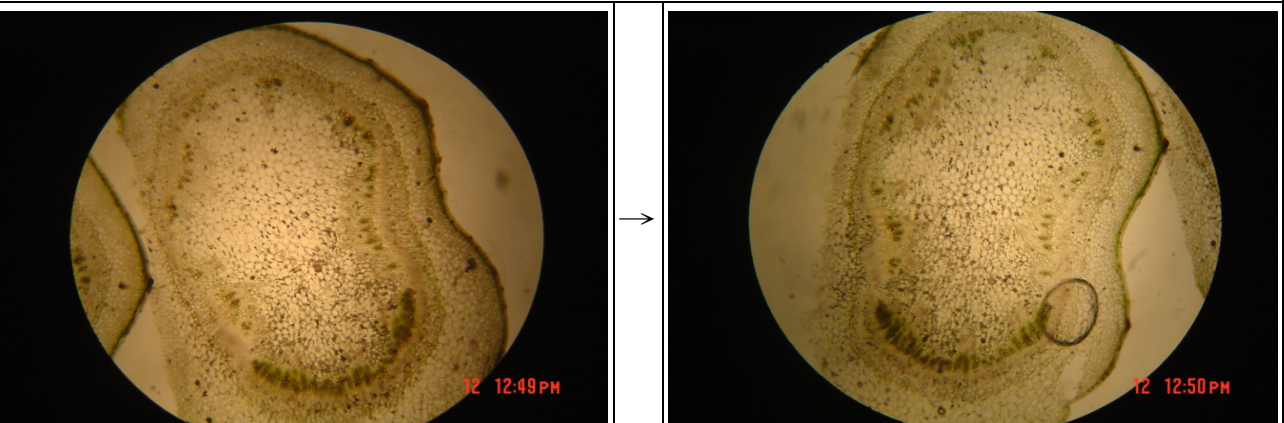
我們將地瓜葉的莖節點部分橫切觀察，並由下而上依序切片（從節點下約 0.3 cm處至主支與側支分開處），以下為其照片和紀錄結果，兩兩為一組討論。



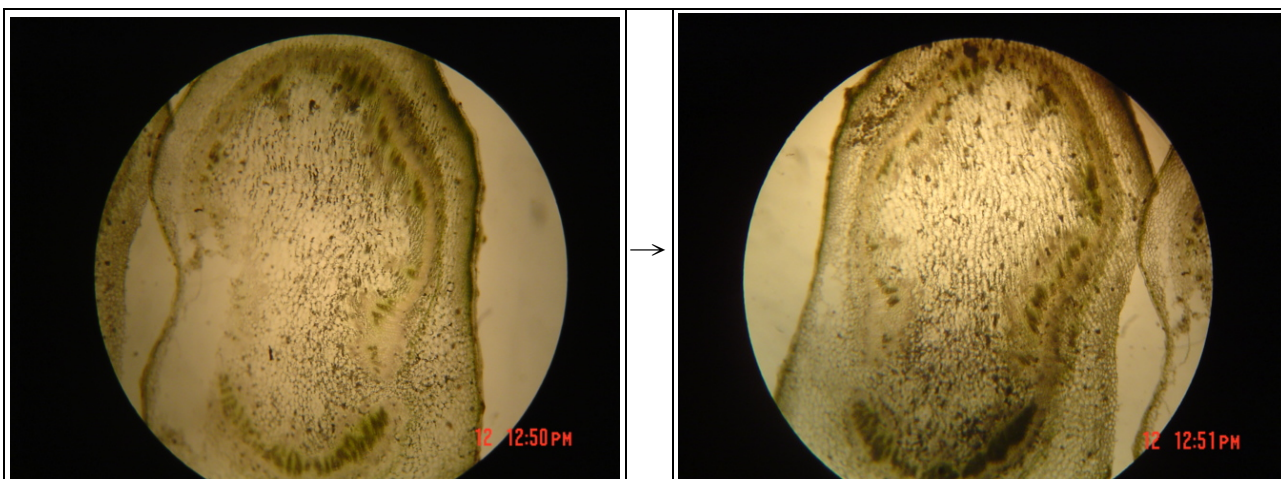
第一組與研究一中一般主幹的橫切構造相同



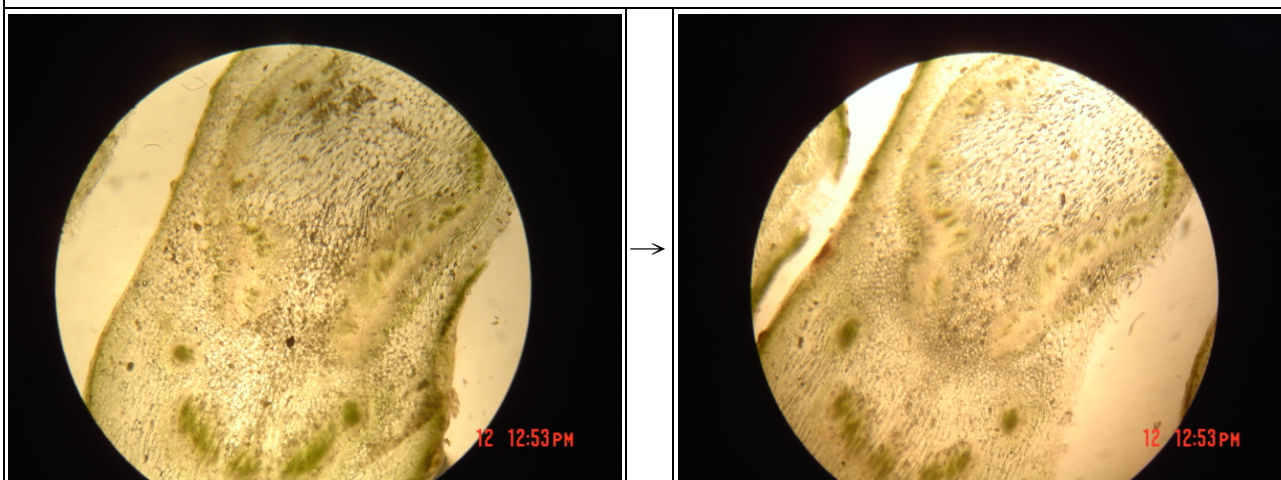
由第二組中已發現側邊維管束部分微向內凹陷。



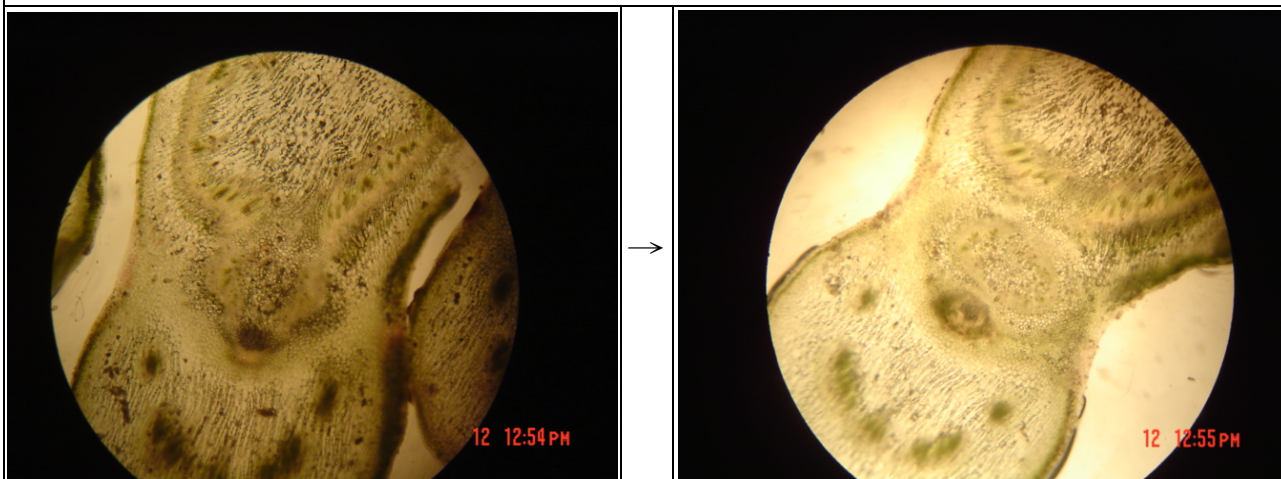
第三組與第二組比較起來看出維管束上下二側漸向外擴張，凹陷清晰可見，並且下方之維管束明顯較集中，且成弧形。



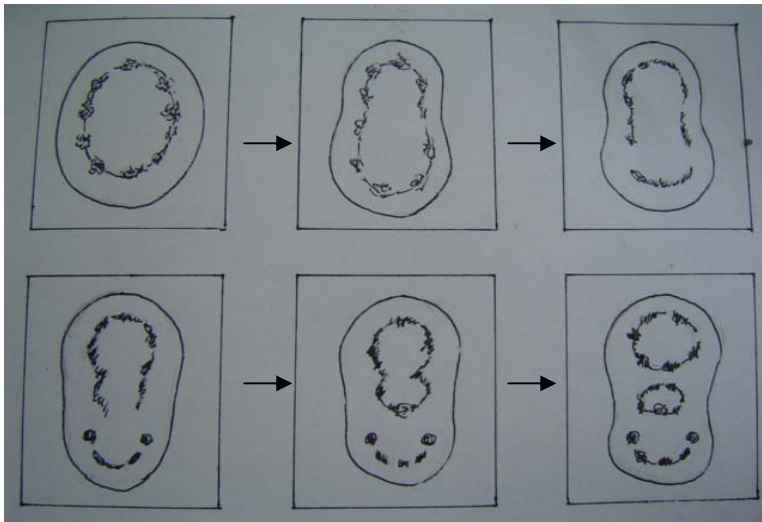
第四組情形與第三組雷同，持續向內凹陷。



第五組下方之維管束與先其各組的構造幾乎已完全不同，由弧形進而分成五小段，主支部分成開口倒葫蘆狀並且在開口部位再次向內凹陷，



左圖二凹陷處已非常靠近(至右圖時可看見二凹陷處接合，並將二者分開)在第六組中右圖可明顯看出三個部分，其一是右上方較大的環狀維管束，其二是中間較小的環狀維管束，由右上至左下分別為主支、側支、葉柄維管束，凹陷處已將原主維管束分開成兩個環狀，小環為側支維管束，大環則為原主支維管束。



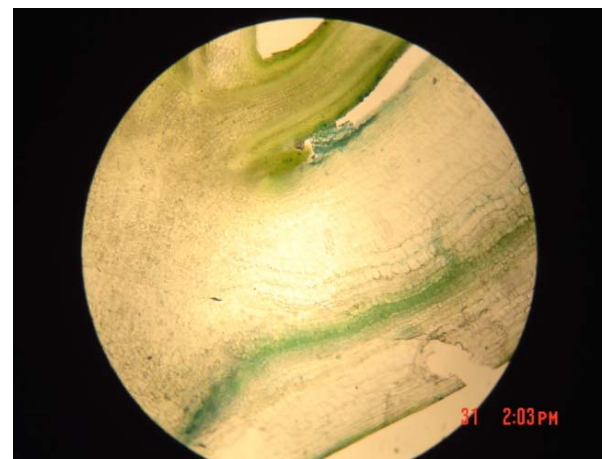
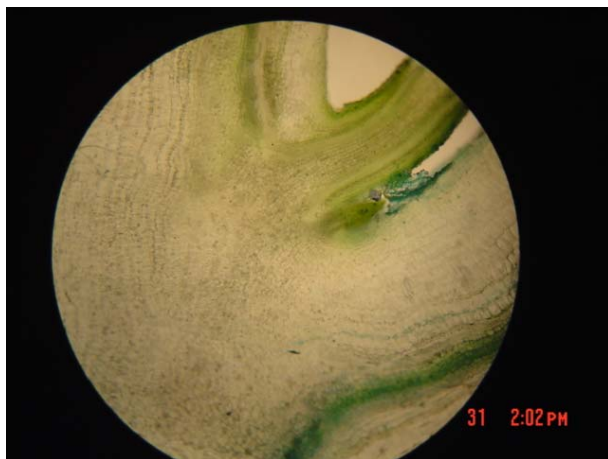
此為以上實驗切片之簡圖



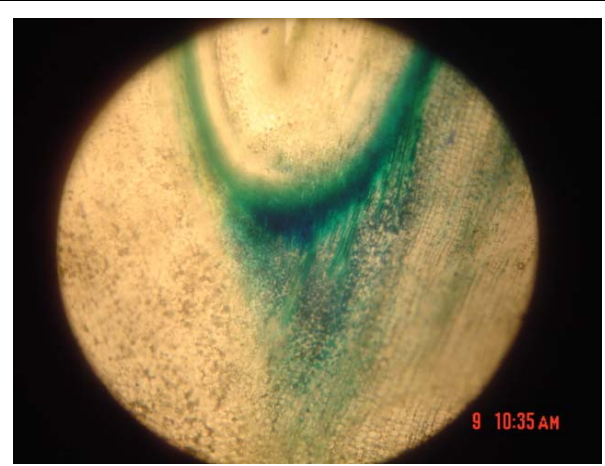
## 2.節點部分縱切觀察

### (1.)主支與側支所形成之平面縱切

將地瓜葉節點部分與主支與側支所形成之平面縱切，分為染色組與無染色組。

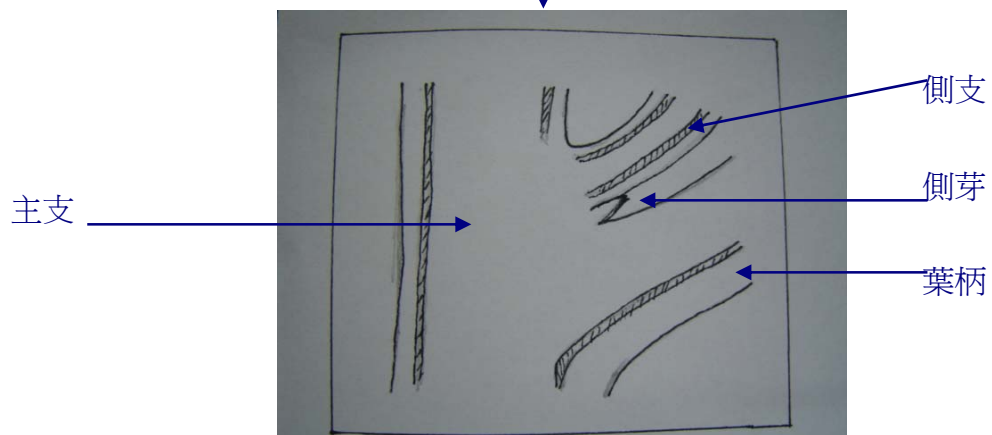


由左上到右下分別為主支、側支與葉柄，第一張圖與第二張圖明顯深色線條部份為維管束，並可看出其由主支轉向葉柄。中間側支部分已有分化出的維管束，其顏色較淡，主支維管束與側支維管束非常相近，而主支維管束繼續向上延伸。



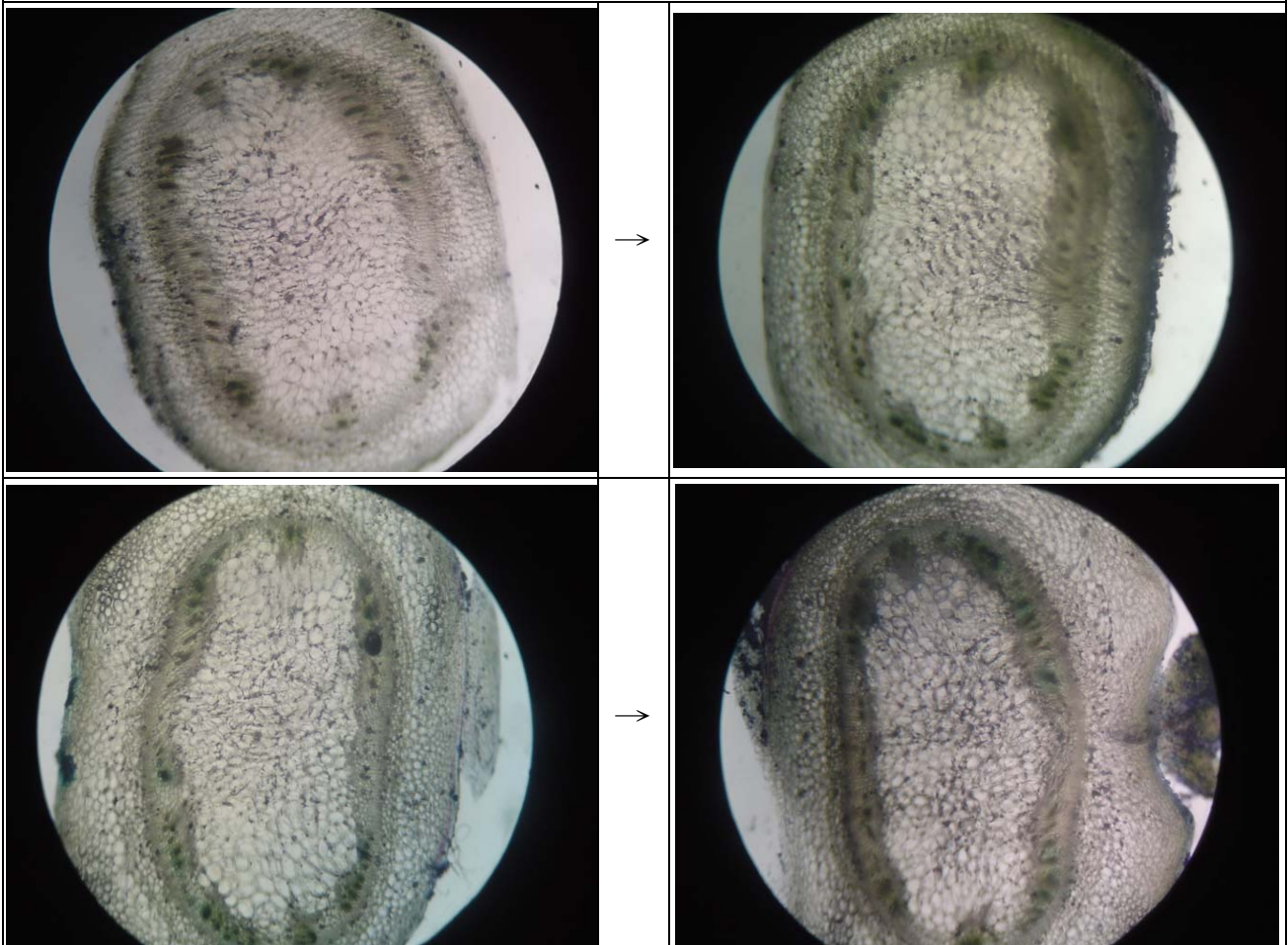
上頁左圖有墨水的地方為葉柄維管束，可看到有擴散到細胞的情形。上頁右圖為主支維管束與側支維管束靠近處，可看到其色素的顏色非常深。

此為以上實驗切片之簡圖

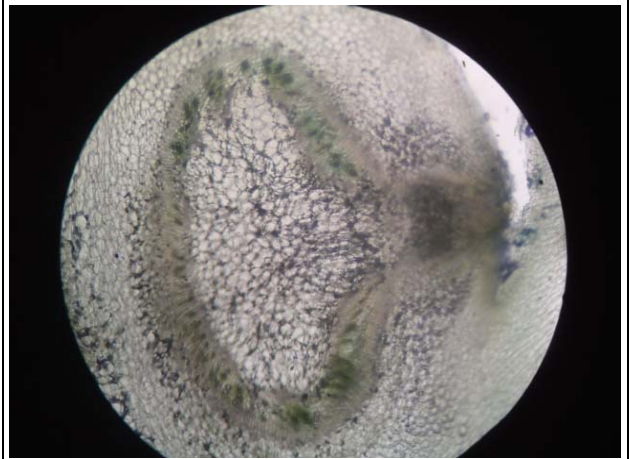
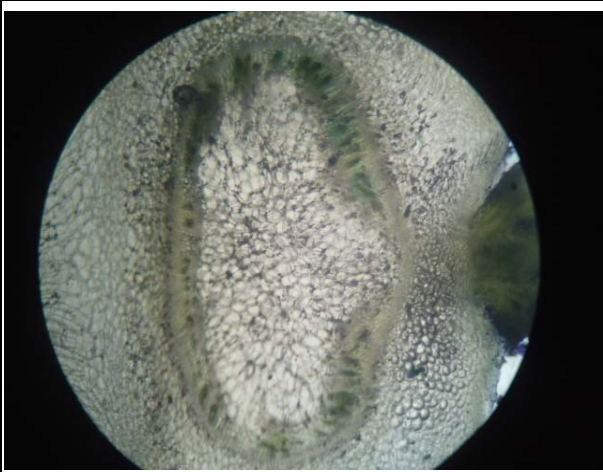


## (2.)側支與主支連接處橫切

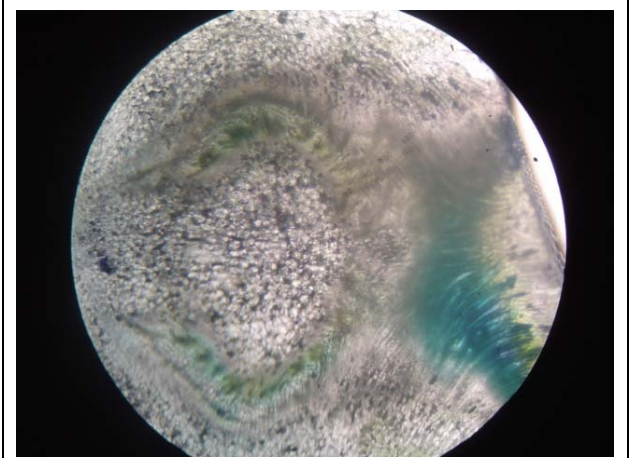
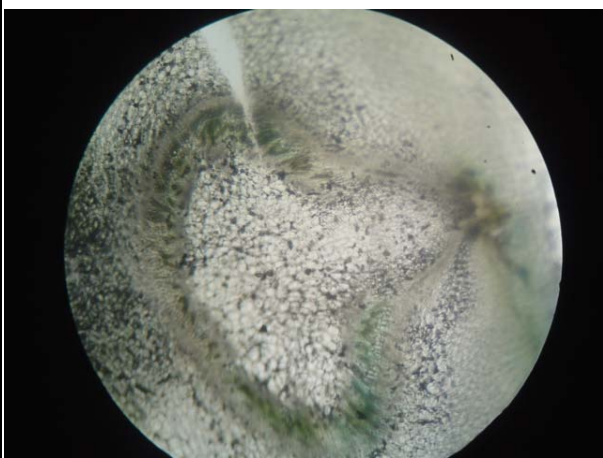
將地瓜葉側支距離節點部位 0.3cm 開始橫切，切至側支與主支連接處。



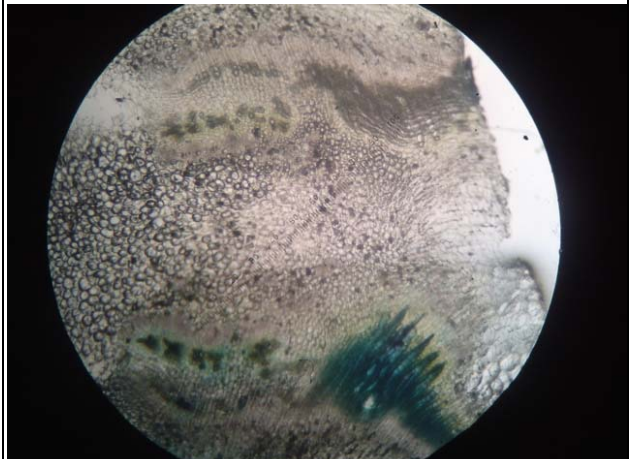
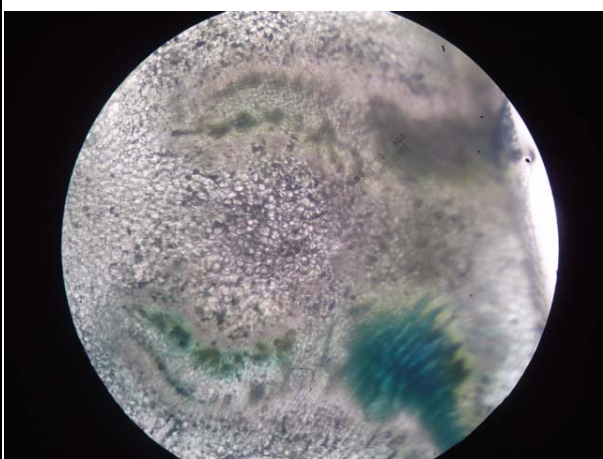
以上四圖為側支的橫切構造，其還未與主支相連。



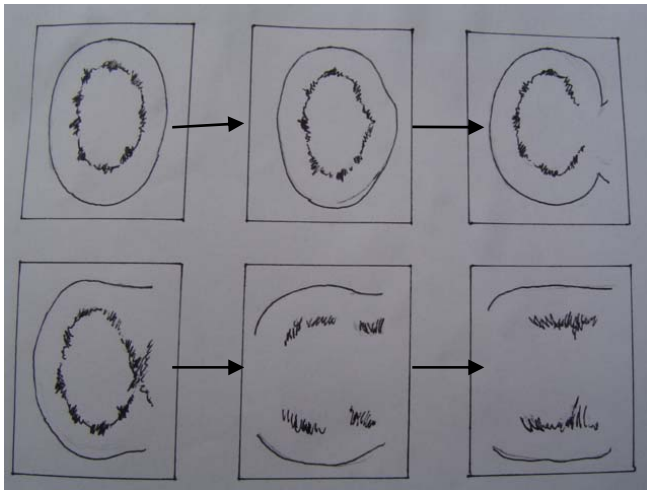
上二圖可發現維管束有一小開口。



第一張圖與上組二張圖大致相同，有一個小開口，而第二張圖以便為左右二個開口，並且最右方可觀察出主支染色過後的維管束。



與上二張圖相比，左右二側開口增大，而且維管束呈橫向排列狀，上下各二排。並且右側的主支維管束也由封閉圓形進而成一開口，於左側維管束開口相連



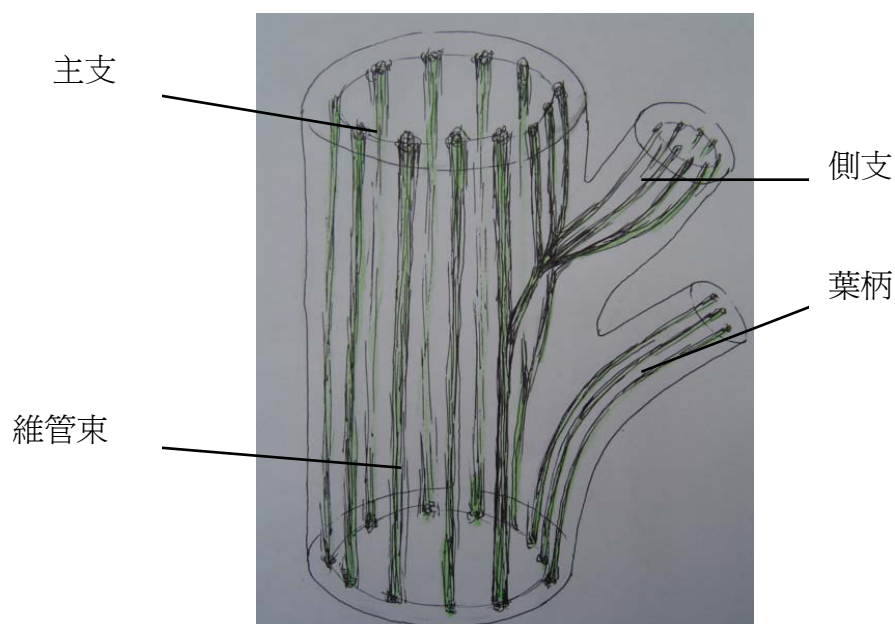
此為以上實驗切片之簡圖

### (三)實驗討論：

在研究一中，我們已了解了植物莖維管束的基本構造以及地瓜葉莖節點部位外觀和生長形式，而植物的一整個個體中，每一片葉片的細胞都需要從維管束運輸水分及養分，所以維管束在植物的一整個個體中應為一體接連而成不會中斷。因此進一步地，我們對其內部的維管束是如何接連而成的產生了疑問，所以在研究二中我們切片觀察節點部位，想藉此了解各部位維管束是如何接連而成。我們在地瓜葉節點部位做了橫切與縱切觀察，並發現了葉柄和主支維管束接連方式和側支和主支維管束接連方式並不完全相同。

葉柄在橫切與縱切觀察中可清楚得知其維管束是由主支維管束直接拉出而成，並且在維管束離開主支前，會先傾斜成一個角度，然後順著此角度拉出而與主支分離，而在主支維管束離開處上方，會因維管束拉出而成一段沒有維管束的空缺處。

側支維管束則不為如此，因側支長出位置介於主支與葉柄之間，其下方維管束已被葉柄拉走，故無原維管束可順勢拉出，所以我們觀察並發現側支的維管束是由葉柄在主支的維管束之兩旁維管束靠近並分出而成，分出的另一部分則是補回下方之主支維管束拉出的原位置的上方，以維持維管束其束數節點部位上下不變，如下簡圖所示。



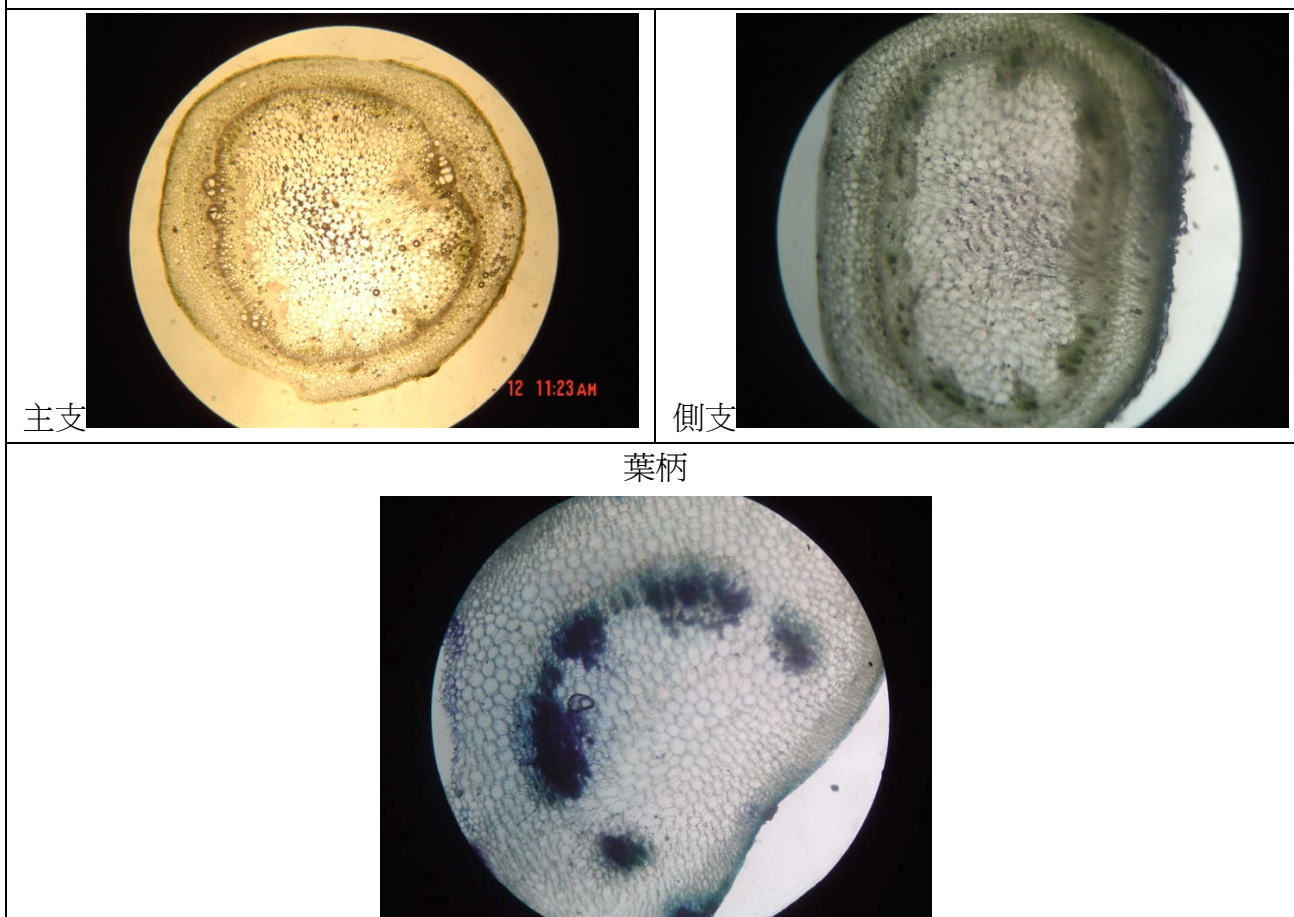
### 【研究三】 觀察雙子葉植物側支與葉柄維管束的構造及其差異

#### (一)實驗步驟：

- |                                 |
|---------------------------------|
| 1. 取若干新鮮的雙子葉植物(地瓜葉)，洗淨備用。       |
| 2. 切片觀察節點部位之植物側支與葉柄的構造，並拍照紀錄討論。 |

#### (二)觀察結果：

由下列三張主支、側支、葉柄的橫切圖可輕易發現主支與側支維管束的排列方式大略相同，都呈一封閉的圖形，主支維管束成圓形，而側支維管束成橢圓形。葉柄維管束與主支側支維管束排列的方式皆不相同，呈現出半月形狀並分成五小段，由染色過後的地瓜葉柄圖片(中下)即可清楚地看出。



#### (三)實驗討論：

在我們觀察地瓜葉側支及葉柄的橫切構造之後，發現側支維管束與主支維管束並無太大差異，只是側支維管束形狀偏橢圓。反而是看到的葉柄與一般所見到的完全不一樣，一般葉柄維管束分為上下兩層，上層為木質部，下層為韌皮部。但我們所觀察到的地瓜葉葉柄維管束卻分成五束。

【研究四】 觀察葉柄維管束從主支至與葉片接連處如何接連而成。

(一)實驗步驟：

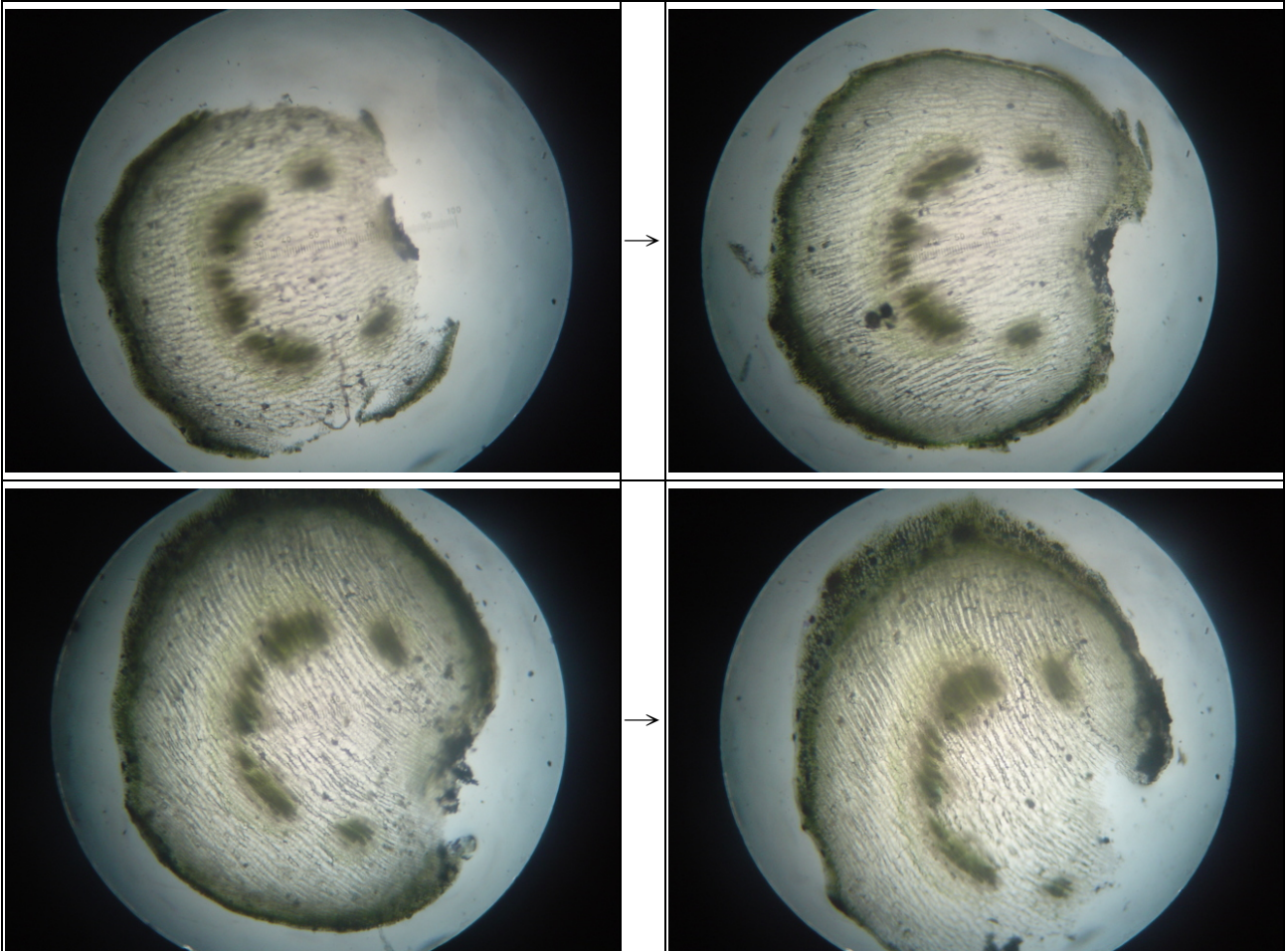
1.取若干新鮮的雙子葉植物(地瓜葉)，洗淨備用。

2.橫切觀察葉柄，並拍照紀錄討論。

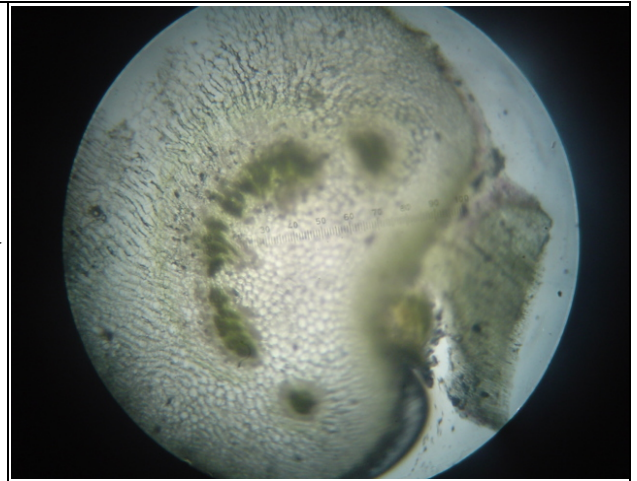
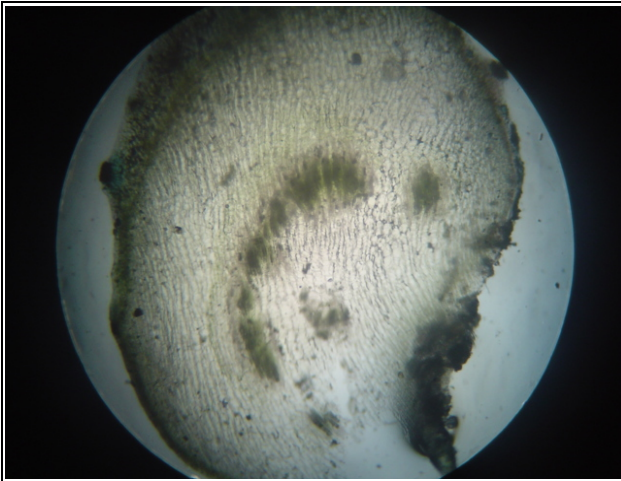
(二)觀察結果：

1. 葉柄與主支接連處

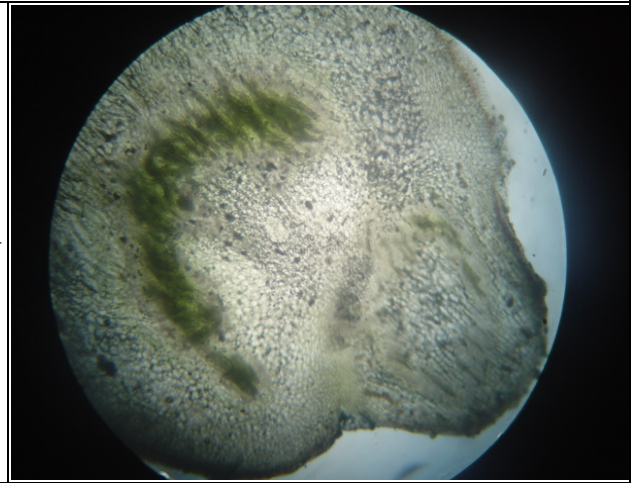
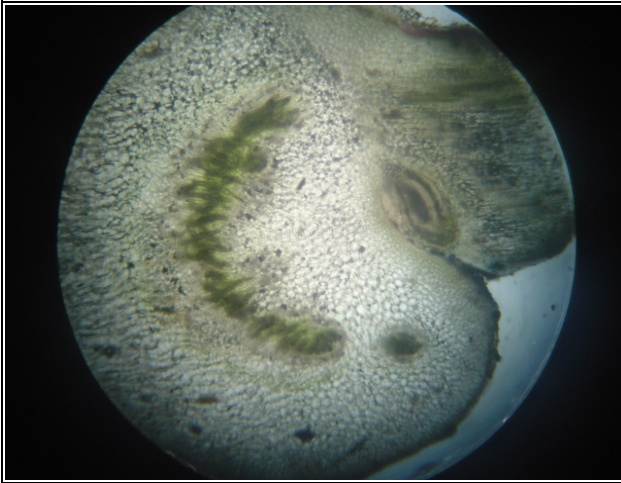
將地瓜葉從脫離主支約 0.3cm 處開始橫切，切至節點部位與主支接連處。



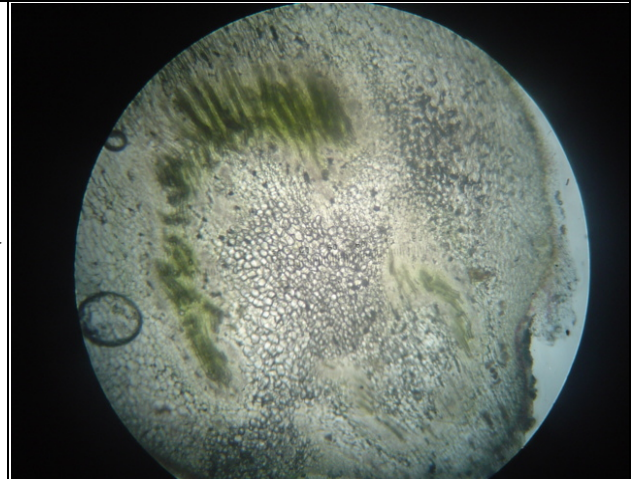
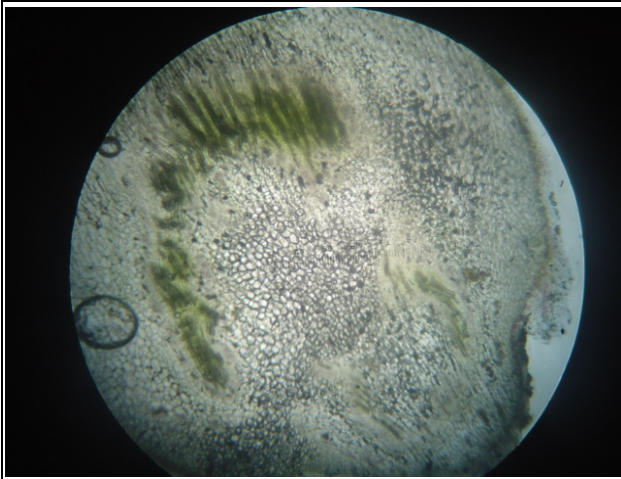
上四圖為葉柄之切面觀察圖，由圖中可知葉柄之維管束呈半月形，並分成五段表示與實驗三葉柄橫切構造相同，還未與主支相連。



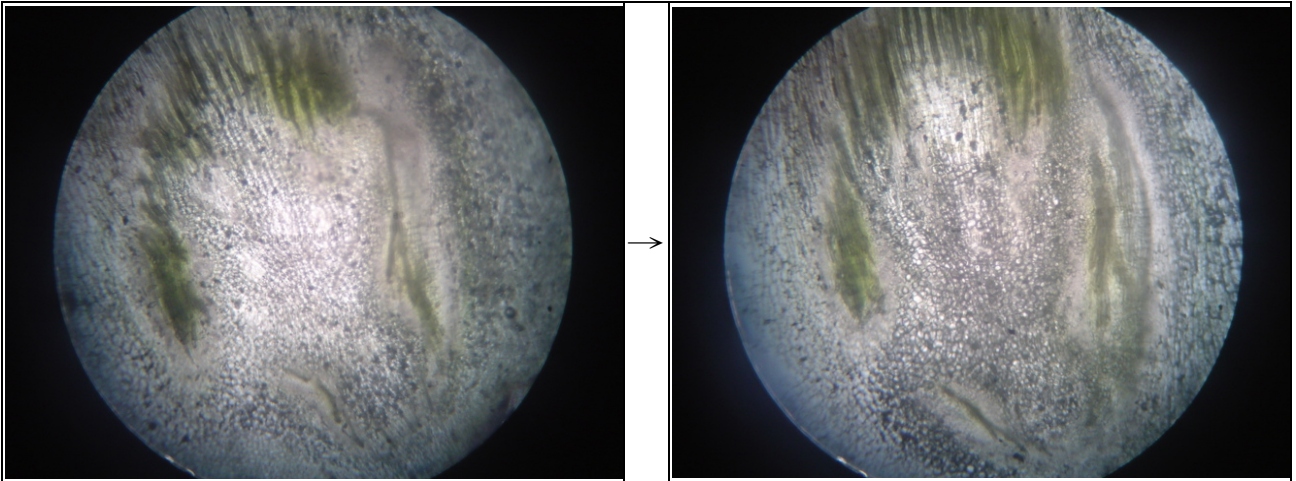
上二圖可看出已接近葉柄與主支接連處。



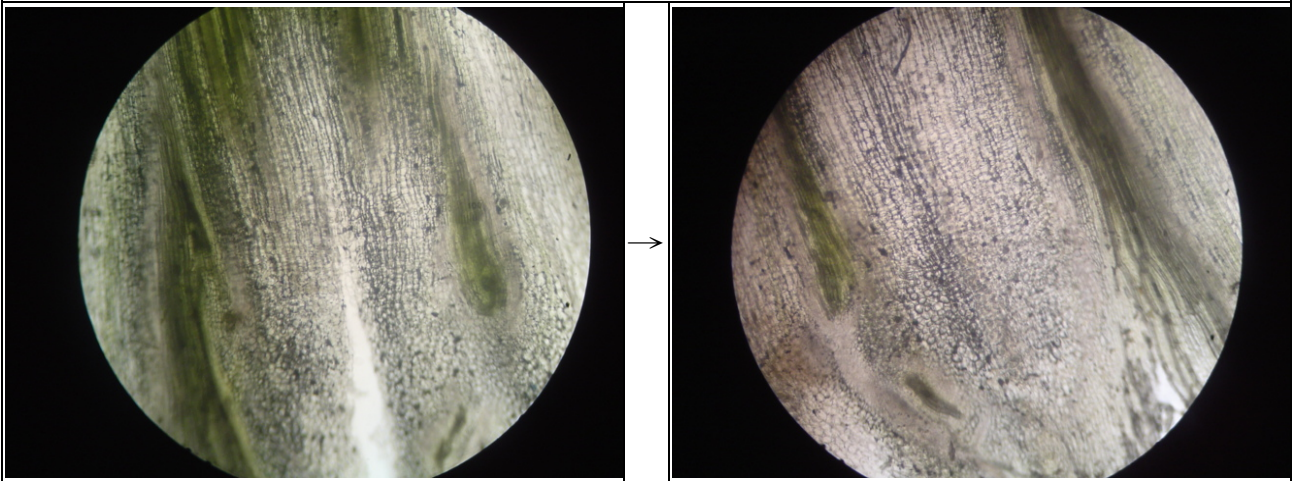
右邊已與主支漸漸相連，可看到一些主支維管束。



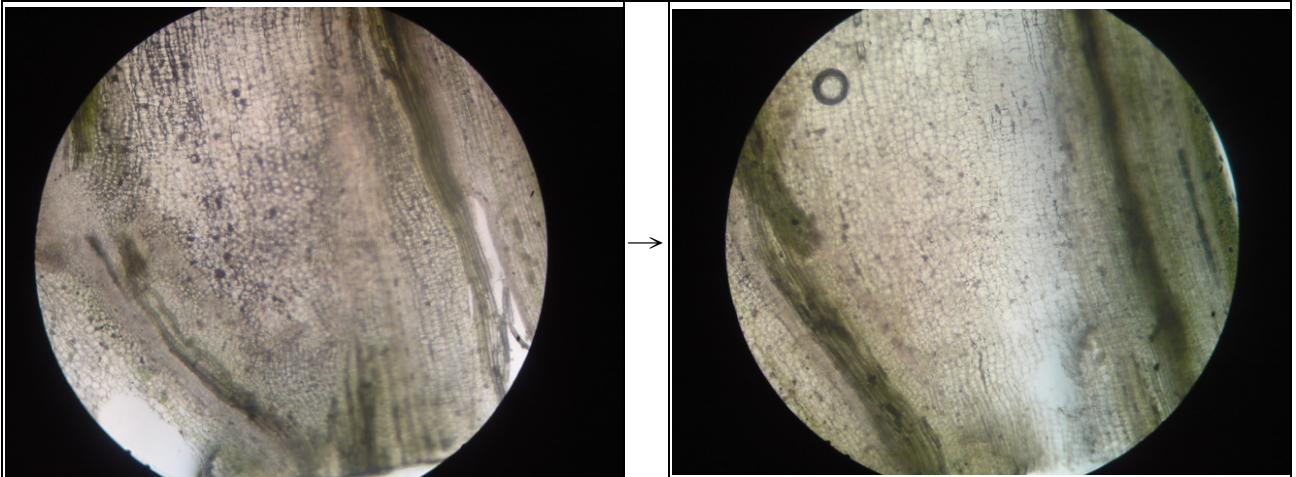
上圖示其維管束已些微轉向，故圖中可看見每一束維管束皆被分切成一小段。



由上二圖可看到葉柄維管束與主支維管束接連處。



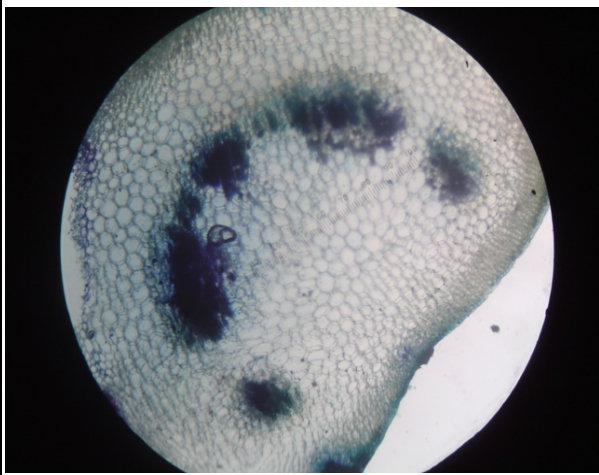
上圖已切至主支維管束，第二張圖已至更深處，只看見兩道深色主支維管束



上兩圖可看出下方主支維管束與葉柄維管束接連處，並且左側維管束並不平行右側維管束，向內側傾斜

## 2. 葉柄與葉脈接連處

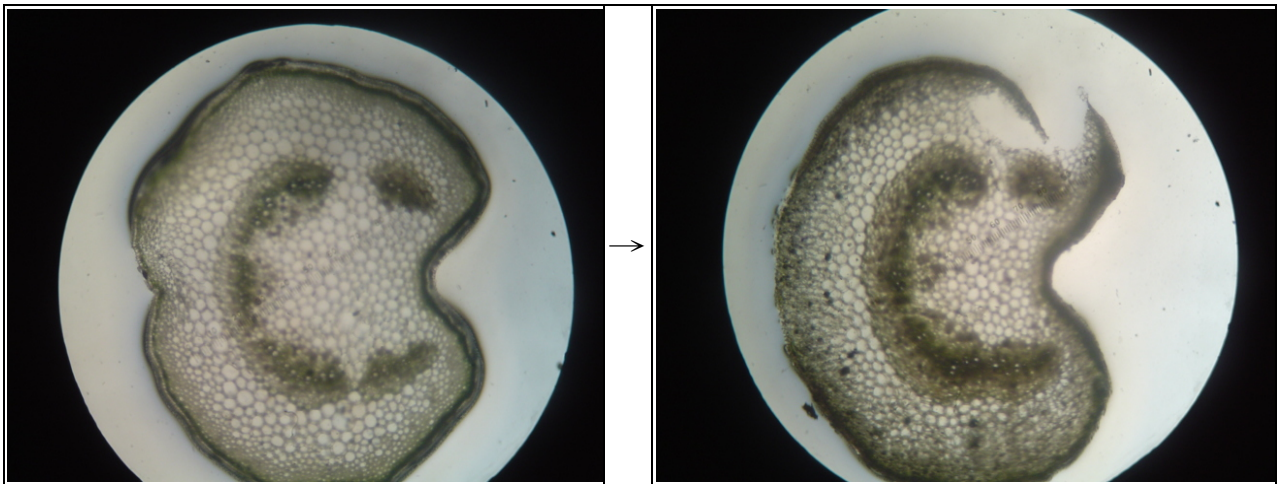
將地瓜葉葉柄距葉脈約 0.3cm 處開始橫切，切至葉柄與葉脈接連處。



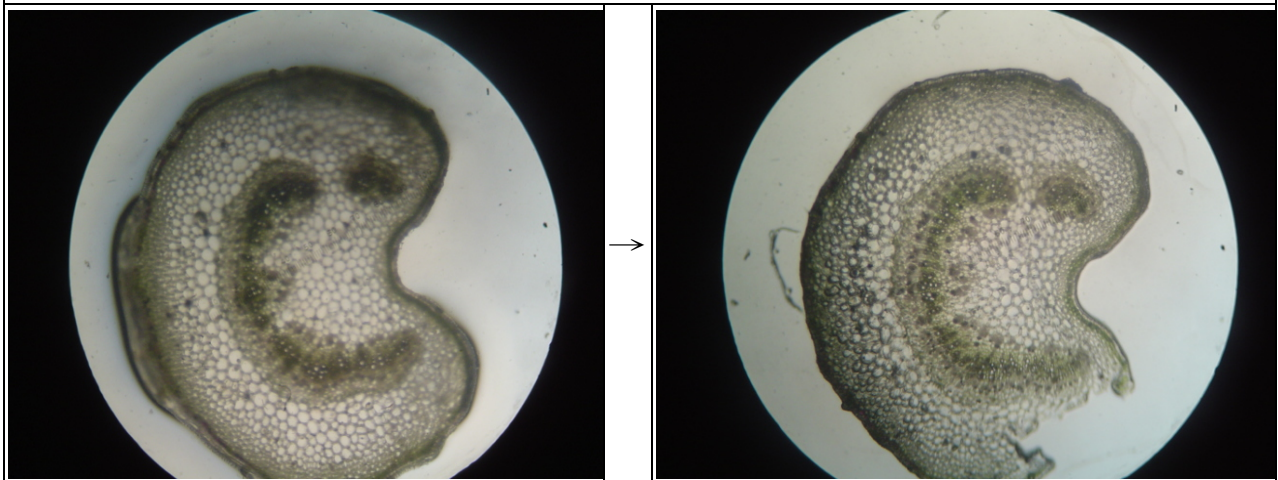
此染色圖和我們在先前實驗裡的葉柄橫切面圖大致相同，葉柄之維管束呈半月形，並分成五小段。



再往葉片方向作橫切片發現，原本分呈現五小段的半月形狀漸漸合併成三小段，並形成馬蹄形，而右側的表皮凹陷部分則是甘藷葉柄本身的外觀形狀。



合併的情形越顯清晰可見。



由原來的三小段再合併成一大一小段，葉柄維管束下方部份已完全相接連成一弧形。

### (三)實驗討論：

研究四中，我們觀察葉柄維管束從主支到葉脈是如何接連而成，發現葉柄維管束從主支中拉出，並分成五段呈現馬蹄形，直到葉柄漸漸靠近葉脈時，五段維管束慢慢靠近並結合成原半月形維管束，並與主葉脈維管束相連，進而分成各側葉脈。

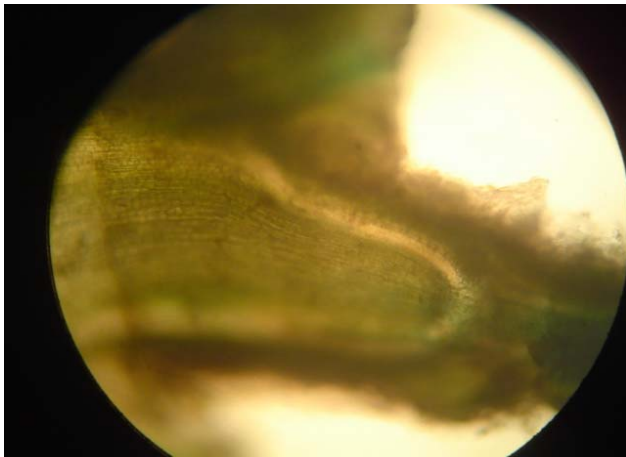
前四個研究中，所觀察的都是側支已長出的節點，我們對於側支及葉柄是如何長成的並不是很了解，所以接下來我們便針對這個問題進行研究。

## 【研究五】 頂芽之切片觀察

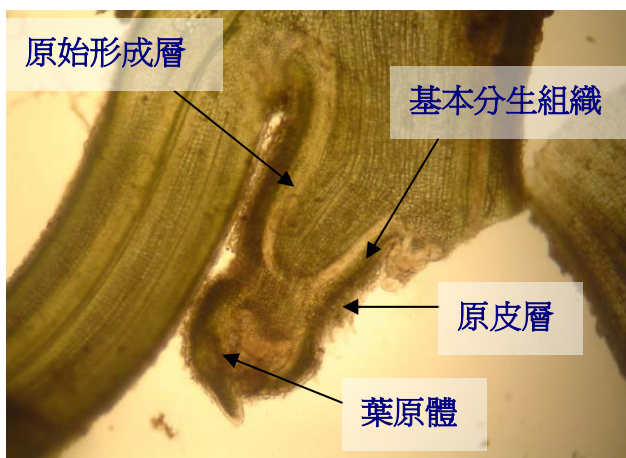
### (一)實驗步驟：

- 1.取若干新鮮的雙子葉植物(地瓜葉)，洗淨備用。
- 2.使地瓜葉吸取墨水或食用色素數小時。
- 3.將頂芽縱切觀察，並拍照紀錄討論。

(二)觀察結果：



圖中可看到頂芽剛形成的原皮層、原始形成層以及基本分生組織，也可大致看出維管束分化的位置。



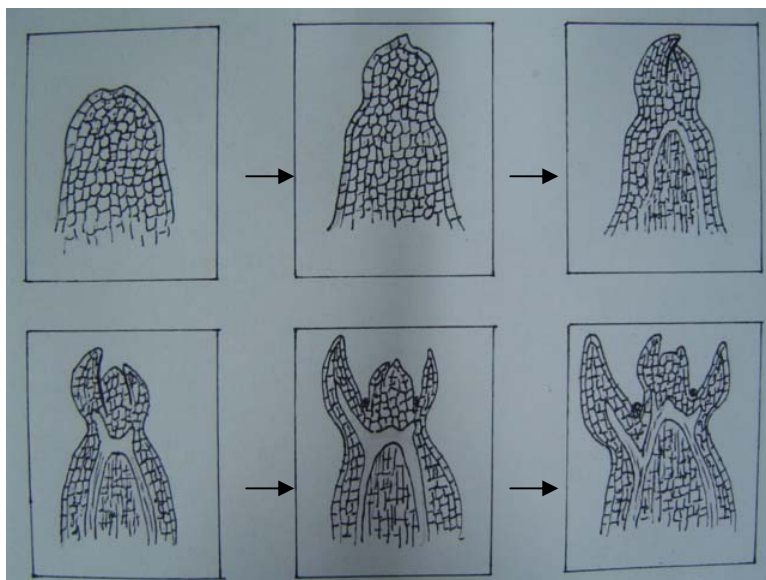
圖中可看到頂芽的頂端正在進行細胞分裂，大致上可看出所形成的葉原體、其在成長後會形成葉片。



此圖與上張圖相較之下、葉原體已與頂端分離



圖中所看到的頂芽還未產生三種分生組織所以也還未分化



此為頂芽依序切片之簡圖

### (三)實驗討論：

在實驗五中，我們切片觀察了許多頂芽的部分，發現枝條頂端的分生組織位於頂芽頂端，由一群具分裂能力的細胞所組成，排列成圓頂形，頂端的分生組織一開始會產生原皮層、原始形成層及基本分生組織等三種分生組織，最後再分化為三種組織系統，頂端分生組織所著生的葉原體長大成為葉片，而葉原體基部剩餘的頂端生分組織細胞則發育成側芽，進而成為節點。

## 【研究六】 側芽之切片觀察

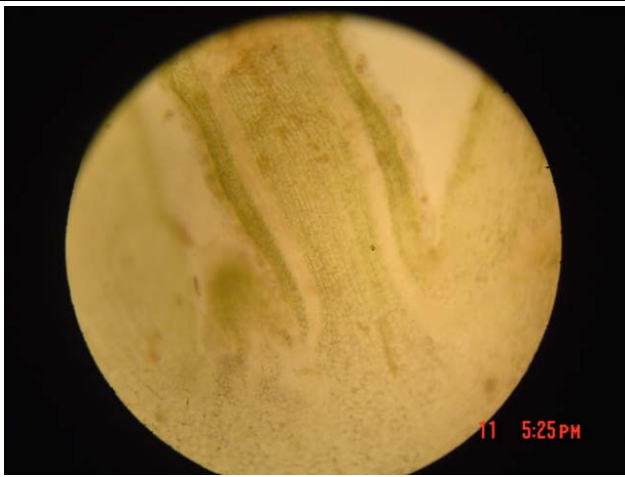
### (一)實驗步驟：

- 1.取若干新鮮的雙子葉植物(地瓜葉)，洗淨備用。
- 2.使地瓜葉吸取墨水或食用色素數小時。
- 3.將頂芽縱切觀察，並拍照紀錄討論。

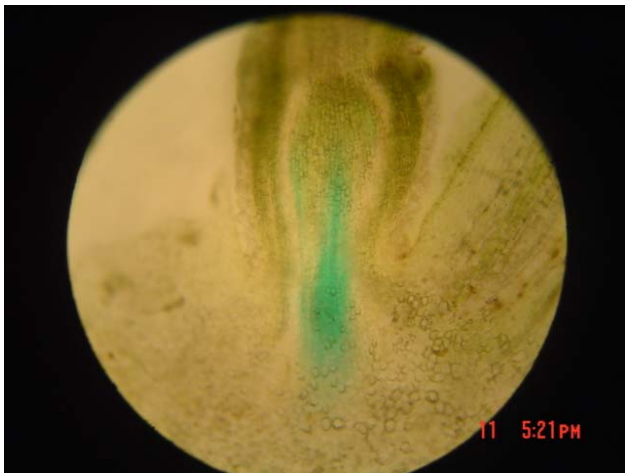
### (二)觀察結果：



左圖中可明顯看到側芽的縱切面，並且右下角也可看到已形成的葉片和葉柄，



左圖中可看到側芽已分化完的維管束，呈現半透明的顏色，並其已漸漸變為側支。在其左邊有一還未發育的側芽。



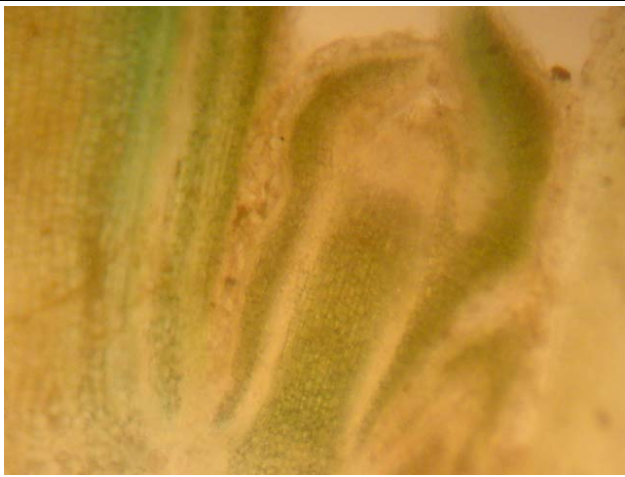
左圖可看到側芽已被食用色素染成但藍色表示水分會運輸至此位置，並不藉由維管束輸送，因為此側芽維管束並未被食用色素染色，而是側芽中間的細胞有被染色的情形。



左圖與上三圖類似，但並不知道其維管束是否已確實分化完成，因其並未有被墨水或食用色染色的現象。



左圖中可清晰看出由側芽長成的側支，其維管束已分化完成，所以水分可在維管束中輸送，圖中可看到維管束已被食用色素染成紅色，這就是水分可在其中輸送的最好證明。



左圖中可看見側芽剛形成的兩個葉原體，由葉原體會長大成葉片，並且如同頂芽一般，葉原體的基部剩餘的頂端分生組織細胞則會繼續發育成側芽，使植物個體枝條不斷增加。

## (二)實驗討論：

在研究六中我們縱切觀察了發育不同時期的側芽，有些已由側芽長成側支，我們藉由不同時期的側芽照片，了解到側芽是如何慢慢形成側支的。

側芽發育成為側支的過程與頂芽的情形大致相同，由葉原體基部剩餘的頂端分生組織細胞成為側芽並開始形成原皮層、原始形成層級基本分生組織再由此三種分生組織分化為三種組織系統。

在研究五和研究六中，我們發現一個奇怪的情形，在頂芽和側芽的部分，吸取墨水或食用色素而被染色的地方與成熟的側支並不相同，側支只有在維管束及其鄰近地方有被染色的情形，但是側芽被染色的區域並不為維管束，而是其側芽中間的細胞，這使我們有很大的疑惑，因為墨水或食用色素的染色區域即為水分所流過的地方，表示側芽和成熟的側支輸送水分的位置並不相同，所以我們接下來便針對此問題進行研究。

## 【研究七】 側芽與頂芽之水分運輸

### (一)實驗步驟：

- 1.取若干新鮮的雙子葉植物(地瓜葉)，洗淨備用。
- 2.使地瓜葉吸取墨水或食用色素數小時。
- 3.將側芽、頂芽縱切觀察，並拍照紀錄討論。

### (二)觀察結果：

#### 1.側芽節點縱切



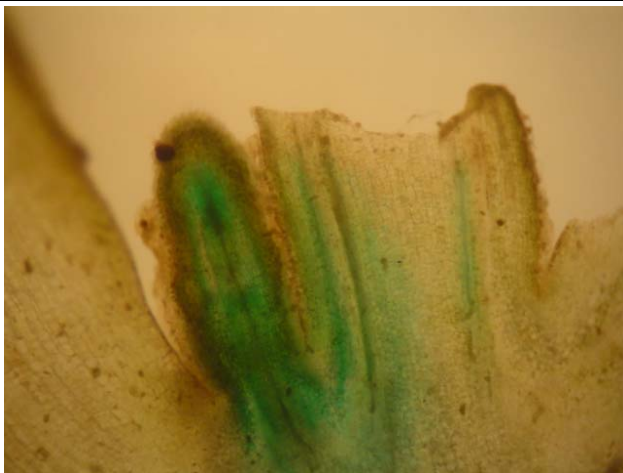
左圖中可看見地瓜葉節點部位的側芽和側支，可發現在兩者中被食用色素染色的地方並不一樣，側芽為整個都有被染色，但是側支則不為如此，其中只有維管束以及其鄰近的地方有被染色的情形。



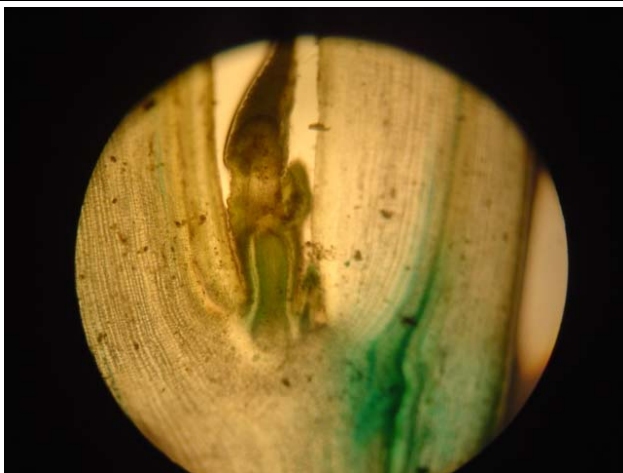
左圖與上一圖類似，其側支只有在維管束以及其鄰近的地方有被染色的情形。



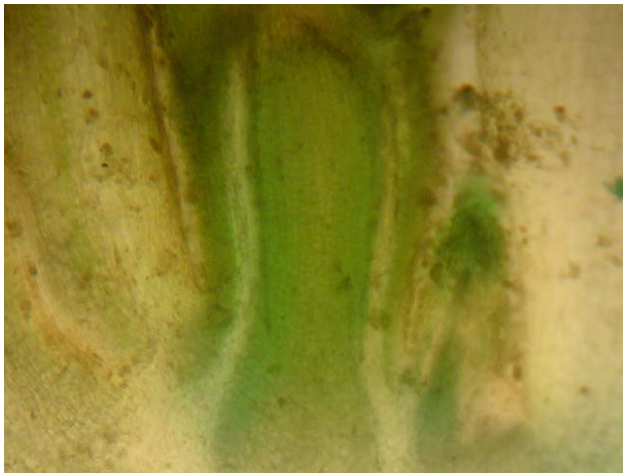
左圖與前二圖大致相同，也可以看到相同的情形。



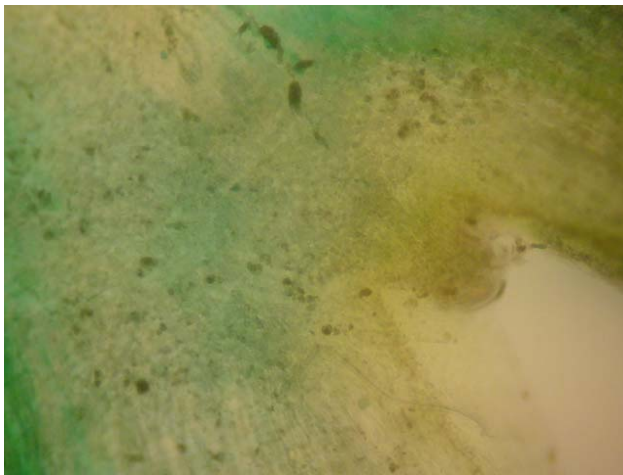
左圖中可以看出食用色素充滿著整顆側芽而在其右邊的側支並未有如此現象。



此圖中右邊為葉柄維管束，可發現時用色素有滲入其左方細胞之情形，表示水分與其同時進出。在中間部分則為近乎成熟的側支。



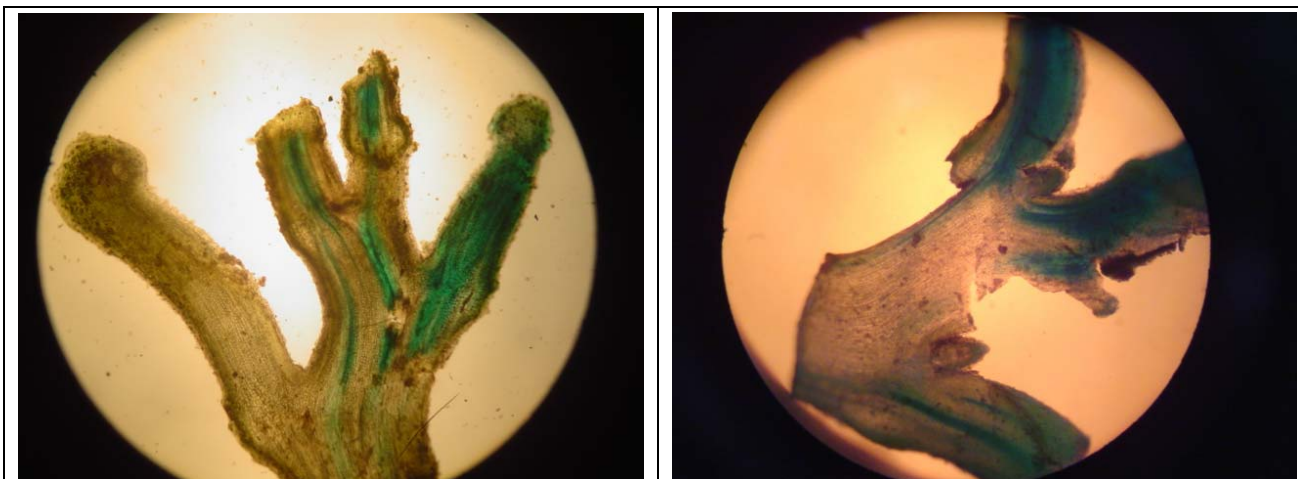
左圖可以清楚的看見在維管束鄰近地方才有被食用色素染色的現象，可能有一部分維管束已分化完成且有運輸水分的功能。



左圖可以發現整片細胞皆有被食用色素染色的情形，其顏色呈現淡藍色，可能是因為大部分的色素並未進入到細胞當中，與水分同在細胞間隙中，也可能有部分色素滲入細胞當中。

## 2.頂芽節點縱切





此四圖中可以看出色素在下方只有在維管束內有顏色，但是在靠近頂芽的部分色素從維管束中流出，並充滿在整個頂芽之中。

### (三)實驗討論：

在側芽節點縱切中我們發現墨水或食用色素在葉柄維管束拉出處會有滲入到細胞的現象，可表示水分同時也有滲入細胞的現象，而滲出墨水或食用色素之染色區域會一直沿伸至側芽，並使側芽整株充滿其顏色，顯示出側芽的水分供應必須靠細胞間隙流通。

而在已成熟的側支則不會有這樣的現象，因其側支維管束與主支維管束一體成形，故水分可直接在維管束內導管輸送。但在形成側支前的側芽其維管束可能還未分化完成，導管和假導管可能還未由活細胞變為死細胞，所以進而也沒有輸送水分的功能，故在側支未形成前雙子葉植物節點部位的側芽衍生出另一套替代的生長的方式，即為上一段所述內容，藉由水分在細胞間傳送以供應側芽發育之所需。

在頂芽節點縱切中我們發現頂芽和側芽水分運輸的方式相同，由下方已分化完成的維管束細胞輸送至維管束正在分化的過渡帶，水分會流出至細胞間隙中，使整顆頂芽充滿水分。表示這與側芽發生的原因相同，皆因為維管束還未分化完全抑或是導管亦未成熟（由活細胞變為死細胞），等到維管束分化完全之後水分便可直接在維管束中運輸。

以上的研究都沒有針對養分進行探討，因為養分在篩管中運輸的形式為蔗糖，我們很難利用一般的方法加以發現或證明在維管束還未分化完全的運輸方式，這也是我們接下來致力於研究的重點。

## 柒. 綜合討論：

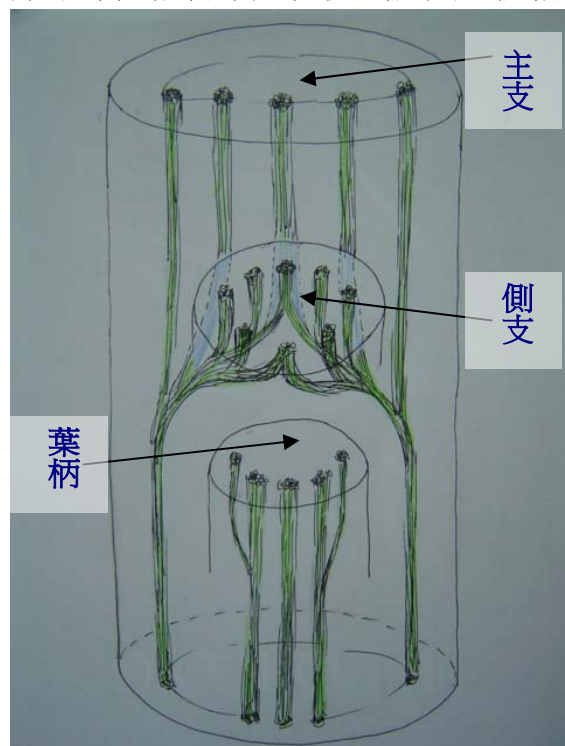
### 頂芽如何分化節點部位構造

經由研究一至研究八，我們已大致上了解了雙子葉植物其節點的發展過程，也對其立體構造及衍生出的一些生長機制有了明確的了解。要說到雙子葉植物的節點，就必須從一開始談起，最初頂芽會形成葉原體，由葉原體進一步長成葉片，並成為節點部位的葉柄構造，通常葉原體於頂芽為左右各一先後形成，並依照不同植物於節點會有不同的型態，形成輪生、對生、互生等等。在長出葉原體之後，其基部剩餘的頂端分生組織會形成節點部位的側芽，而有了雙子葉植物在節點部位基本的三個大構造。

## 節點的模組化現象與節間延長

在頂芽的初級生長下，會形成一系列的分節，每個分節內都有一個節，至少一片的葉，每一個葉片軸上的腋芽以及節間，即所謂的模組化支條構造。在芽內，節和葉原體都緊密的簇擁在一起，使一開始節間非常短，但在經由頂端分生組織以及節間的分生組織不斷的分裂下使節間的距離拉開並延長。

## 節點部位維管束分化模式及其立體構造



而雙子葉植物內部的維管束，一開始由頂芽的原始形成層慢慢向上分化而成，整株植物的維管束為一體連通，並沒有中斷的現象，節點部位葉柄的維管束是由主支維管束拉出，我們所觀察的地瓜葉，其葉柄維管束是從主支拉出三束，並在拉出後左右兩束維管束又各分為兩束，以致於最後葉柄的橫切構造會有五束的結果。而在葉柄將主支維管束拉出兩、三束後，位於此兩、三束旁的其他兩束維管束，會傾斜靠近側芽的位置，並分成好幾束，並各自回到其原該有的位置，使得節點部位上下維管束的束數維持不變，只是維管束的總數量節點部位上方會較下方少，但由於維管束中間的形成層會不斷向內形成導管和假導管，向外形成篩管及伴細胞，維管束會隨著時間不斷增多、增粗，使雙子葉植物的側支數並不會因為維管束數量在愈上方愈少的情況下限制其數量。

## 側支維管束如何分化並接連

至於側支，是由側芽的分生組織，如同頂芽一般一開始先成原皮層、原始形成層、基本分生組織三種原始分生組織，由原始形成層慢慢分化出維管束，並且也由上段所述主支維管束分束位置分出幾束維管束與側芽之維管束相連，也就是雙子葉植物節點部位，不管是葉柄或側支之維管束，皆由主支維管束所分出，所以說雙子葉植物整株的維管束是一體連通的，使水分和養分並不會有中斷運輸的情況。

## 頂芽及側芽之水分運輸

但這又讓我們想到了一個問題，在頂芽以及側芽的部位，在維管束還沒分化完全之前，或者導管細胞也還未由活細胞變為死細胞之前，水分並不能在維管束中輸送，所以在此兩位置水分如何運送便是一個很大的問題。在研究之後我們發現，吸過墨水或食用色素的地瓜葉，其節點部位在葉柄維管束轉折處，墨水或食用色素有滲入維管束空缺處填補的細胞的現象，並可看見此處細胞整遍都有被染色的現象，但墨水或食用色素並無滲入細胞內的情形，因其顏色非常淡，只有在細胞間顏色有較深的情況，而被染色的位置一直延伸至側芽，並使整顆側芽充滿其顏色，這也表示水分也會依照此路徑移動，這也證明了在維管束還沒分化完全之前，或者導管細胞也還未由活細胞變為死細胞之前，側芽的水分供應需靠在維管束空缺處填補的細胞間隙輸送，這也說明了此處填補的細胞有其階段性任務，也就是幫助輸送水分，在側芽長成側支之後，其維管束已分化完成，並且也與主支維管束接連完成，有其運送水分的功能之後，便不需要此處細胞幫助輸送水分，也就失去其功能。

而頂芽也有相同的現象，在維管束還沒分化完全之前，或者導管細胞也還未由活細胞變為死細胞之前，已分化完全之維管束將水分輸送至正在分化的過渡帶時，水分會流出至中間之細胞，並充滿者整顆頂芽。

### 結果以及延伸問題

所以說雙子葉植物在節點部位，側支長成前後，水分運輸的方式並不相同，側芽是靠維管束空缺處填補的細胞其間隙輸送水分，而長好之側支是依靠維管束之導管及假導管來輸送水分。但在我們的研究中，雙子葉植物只有觀察地瓜葉一種植物，因此還不能代表所有的雙子葉植物是否皆為如此，也不了解草本和木本是否有其不同，是否有例外的種類，單子葉植物的因應方式又為何，這也是我們接下來想要繼續探討的問題。另外在我們的研究中也只有探討頂芽和側芽水份如何輸送，但對於在篩管中的養分如何運送並不了解，這也是未來我們所要解決的問題。

## 捌. 結論：

- 一. 最初頂芽會由頂端分生組織分裂形成葉原體，由葉原體進一步長成葉片，並成為節點部位的葉柄構造，其基部剩餘的頂端分生組織會形成節點部位的側芽，而有了雙子葉植物在節點部位基本的三個大構造。
- 二. 節點部位由主支、腋芽（或側支）和葉柄組成。
- 三. 雙子葉草本植物莖節點部位葉柄維管束由主支維管束直接側向彎曲拉出。
- 四. 地瓜葉葉柄維管束構造會由主支拉出三束，並且左右兩束維管束又各分為兩束，使其最後會分成五束，並再次接合而與葉脈相連。
- 五. 雙子葉草本植物莖節點部位側支維管束由葉柄在主支的維管束之兩旁維管束分出而成，使節點部位上下維管束束數是相同的。
- 六. 雙子葉植物在節點部位，側支長成前後，水分運輸的方式並不相同，側芽是靠維管束空缺處填補的細胞其間隙輸送水分至整顆芽，而長好之側支是依靠維管束之導管及假導管來輸送水分。
- 七. 雙子葉植物頂芽部位水分運輸與側芽運輸方式大致相同，依靠細胞間隙輸送水分。

## 玖. 展望：

- 一. 在我們的研究中只有探討頂芽和側芽水份如何輸送，但對於在篩管中養分如何運送並不了解，希望未來能繼續研究此問題。
- 二. 希望能進一步觀察及探討是否雙子葉草本及木本植物維管束接連方式皆為如此，並且單子葉植物維管束接連方式又為何，是否也有其生長機制。
- 三. 在我們研究裡並不能夠清楚的知道分生組織是如何分化成各個組織，而且側支維管束分化的先後次序也不甚清楚，希望未來能進一步研究。

## 拾. 參考資料及其他：

- 一. 楊榮祥 等編著 康熙版高中生命科學上冊

- 二. 鄭湧涇 等編著 康熙版高中生物課本上冊
- 三. Neil A.Campbell , Jane B.Reece ; BIOLOGY ; Sixth Edition ; American ; Benjamin Cummings ; 1247 pages ; 2002
- 四. Mathew Nadakavukaren , Derek McCracken ; BOTANY An Introduction to Plant Biology ; 1st ; USA ; WEST ; 557 pages ; 1985
- 五. Frank B.Salisbury , Cleon W.Ross ; Plant Physiology ; Fourth Edition ; USA ; WADSWORTH ; 682 pages ; 1992

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會  
評 語

---

高中組 生物(生命科學)科

第二名、最佳創意獎

040713

天啊!是誰「分走」我的莖—雙子葉植物莖分支生長方式的探討

國立新竹高級中學

評語：

本研究有效解釋甘薯(雙子葉植物)在葉柄/節間區域維管束"繞道"與"分叉"之立體構造，非常可貴。

建議 1. 改用"連續切片"(非徒手式)以取得更精確之影像; 2. 加入電腦影像處理以取"立體"影像。