

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生物科

030312

嘉義市立北興國民中學

指導老師姓名

洪照坤

張毓禎

作者姓名

林攸真

王柔文

王宣懿

中華民國第四十四屆中小學科展覽會

作品說明書

科 別：生物學科

組 別：國 中 組

作品名稱：似蓮非蓮---以顯微觀察探討印度荇菜的特殊結構、開花規律及不定芽浮沉機制

關 鍵 詞：星狀厚壁細胞、曲直變化、不定芽沉與浮

似蓮非蓮---

以顯微觀察探討印度苔菜的特殊結構、開花規律及不定芽浮沈機制

壹、摘要

印度苔菜 *Nymphoides indica* 為睡菜科、苔菜屬的水生植物，台灣早年分佈於中部池塘和湖沼，目前大多僅剩生態池中人工栽培。

印度苔菜不定芽的生長過程有浮水型和沉水型兩個階段，先長出浮水型不定芽株，開完花後會因的成長而轉變成沉水型的不定芽株。經由顯微切片的觀察分析，根、莖、葉、花及通氣構造均具有特殊構造。

- 一、根：有不定芽的錐狀根和一般的根，隨著錐狀根的細胞成長，密度變大而成為沉水型不定芽株。
- 二、莖：不定芽株沉水部分和成株浮水部分莖的通氣管道大小及維管束的排列方式均不同。沉水型植物利用莖的成長使葉片能浮出水面。
- 三、葉：氣孔在上表皮，柵狀組織排列會有與氣室及氣孔相連的隙縫，氣室的海綿組織細胞間也有相通的隙縫。
- 四、葉柄：通氣構造利用星狀厚壁細胞及網狀結構的橫隔支撐，使得葉片容易浮出水面。
- 五、花：短花柱型無法自花授粉，花梗會有週期性的曲直反應；內外側細胞因膨壓作用產生明顯彎曲現象。每日近中午時，挺起角度會達到最大。

貳、研究動機：

日前在水生植物池中看到了一種特殊植物—印度苔菜，它的葉片和睡蓮相近，可是卻開出了嬌小的小白花，那時候起它就在我們的腦海中留下深刻的印象。後來生物老師取了幾片葉子放在水族箱中培養，我們發現它的花梗每天作規律性的上升下降，更有趣的是，還可由莖的末端上長出不定芽來，我們決定利用玻片製作的方法，對它的細部構造、花朵升降規律性及不定芽浮沈機制進行研究。

參、研究目的

- 一、莖、葉和花特殊的形態、結構探討
- 二、花梗的升降規律性探索
- 三、由顯微結構探討花梗的曲直機制
- 四、探討不定芽浮沈的主要因素

肆、研究器材

準備開花的苔菜 水族箱 日光燈 塑膠養殖箱 細繩 量角器 雙刃刀片 載玻片
蓋玻片 複式顯微鏡 剪刀
單眼照相機 數位照相機 直尺 美工刀 電子秤

伍、研究步驟：

- 一、莖、葉和花的形態、結構之基本探討
 - (一)、準備五片帶莖、即將開花的印度苔菜葉片置於水族箱中。
 - (二)、分別觀察莖、葉、葉柄、花、花梗的外部形態。
 - (三)、分別切片觀察莖、葉、葉柄、花梗的顯微結構。

二、花梗的升降規律性探索

- (一)、將隔天就要開花的印度芥菜葉片放在塑膠養殖箱中以便測量開花時花梗的升降情形。
- (二)、於開始開花當天利用細繩標示水平面基準線，以量角器測量花梗與水面之夾角並記錄之。
- (三)、在家中早上 5：00 起床後先每隔 1 小時測量紀錄一次，帶到學校後再每隔 2 小時測量紀錄一次，直到下午 19：00 花梗不再變化為止。

三、由顯微結構探討花梗的彎曲、伸直機制

- (一)、在花梗上升到近九十度時，切取彎曲度最大的一段梗進行縱切和橫切製成玻片標本。
- (二)、分別以複式顯微鏡觀察花梗橫切及縱切面，並以顯微照相記錄其影像。
- (三)、由照片中影像彎曲處之內側及外側的皮層第二排連續 10 個細胞平均直徑及長度。
- (四)、在花梗伸直之後，切取之前彎曲度最大的一段梗進行縱切和橫切製成玻片標本
- (五)、重複步驟 2、3 三次。

四、探討造成不定芽沈浮的主要因素

- (一)、不定芽最早產生的錐狀芽體進行切片觀察，與根、莖的解剖學照片比對，分辨其構造為莖或是根。
- (二)、將三棵已完全獨立且浮在水面之不定芽（已長有根和葉）利用吸水紙吸乾表面水分，再利用電子秤量取重量，並利用排水法量取其體積，最後求得芽體之平均密度。並記錄根的數量。
- (三)、重覆步驟 2 之方法。每星期測量一次，直到測出已沈入水底之不定芽的平均密度。
- (四)、切除浮在水面之不定芽的葉（含葉柄），重複步驟 2 之方法，測出其密度。
- (五)、切除沈在水底之不定芽的葉（含葉柄），重複步驟 2 之方法，測出其密度。
- (六)、對浮於水面之不定芽的根、莖、葉進行切片，並以顯微照相紀錄之。
- (七)、對沈於底部之不定芽的根、莖、葉進行切片，並以顯微照相紀錄之。
- (八)、將步驟 2~5 所得之數據與 6~7 之照片進行分析。

五、細胞長度測量

- (一)、將印度芥菜切片先照相並沖洗成 4×6 吋照片。
- (二)、將直尺放在相同倍數下拍攝後，沖洗成 4×6 吋照片後，再與直尺刻度進行比例換算，作為比對刻度。換算如下：
物鏡 10 X：1 mm 放大成 4 X 6 吋照片時再用直尺測量 1 個刻度為 115 mm；所以顯微鏡下物體長度（ μm ） = 直尺測量 4 X 6 吋照片的物體長度（mm）
/ 115 X 10³
物鏡 4 X：1 mm 放大成 4 X 6 吋照片時再用直尺測量 1 個刻度為 47 mm；所以顯微鏡下物體長度（ μm ） = 直尺測量 4 X 6 吋照片的物體長度（mm）
/ 47 X 10³

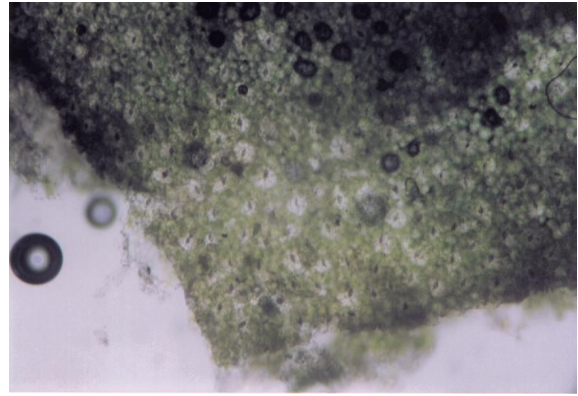
陸、研究結果與討論

一、葉、莖和花的形態、結構之基本探討

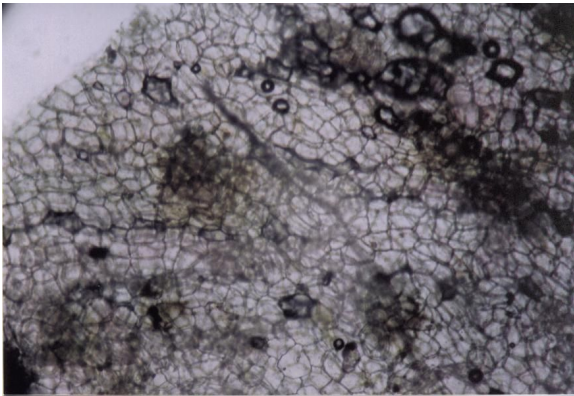
(一)、印度苔菜的葉子外觀和睡蓮屬同一類型，屬於心型葉（見照片1），對葉子進切片，發現氣孔僅位於上表皮，下表皮無氣孔（見照片2-3），而其柵狀組織和陸生植物一般排列在上，海綿組織在下，具備高度發達的氣室，可是緊密的柵狀組織將氣孔與氣室隔絕，因此我們推測氣孔與海綿組織之間應會存在一個溝通管道，在做過幾次葉的橫切之後終於發現此溝通管道的存在（見照片4）。



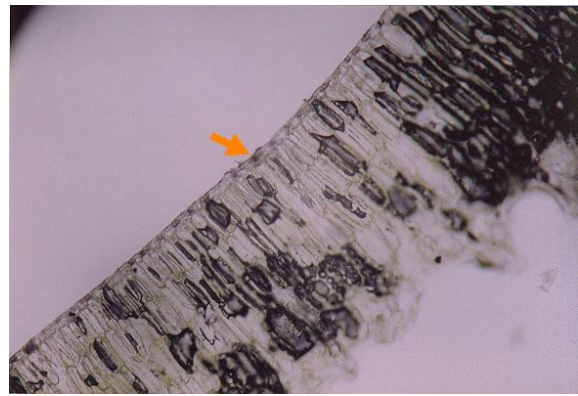
照片1：印度苔菜的葉片呈心形
與睡蓮葉片相似



照片2：葉之上表皮，顏色較淡的區域內
有氣孔(40X)

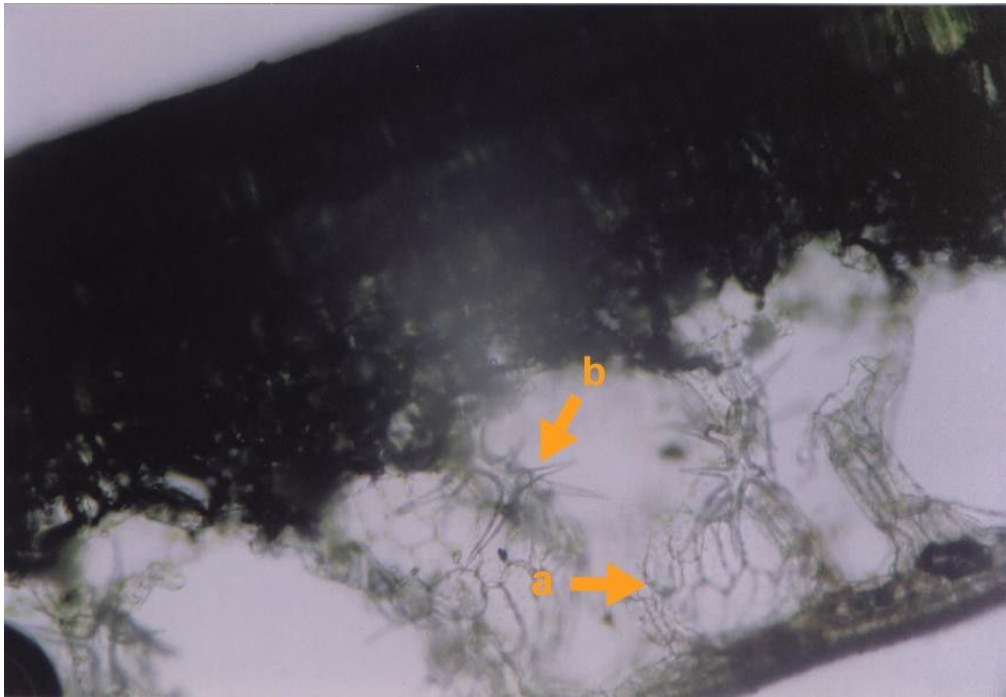


照片3：葉之下表皮，只有表皮細胞，沒有氣
孔 (40X)

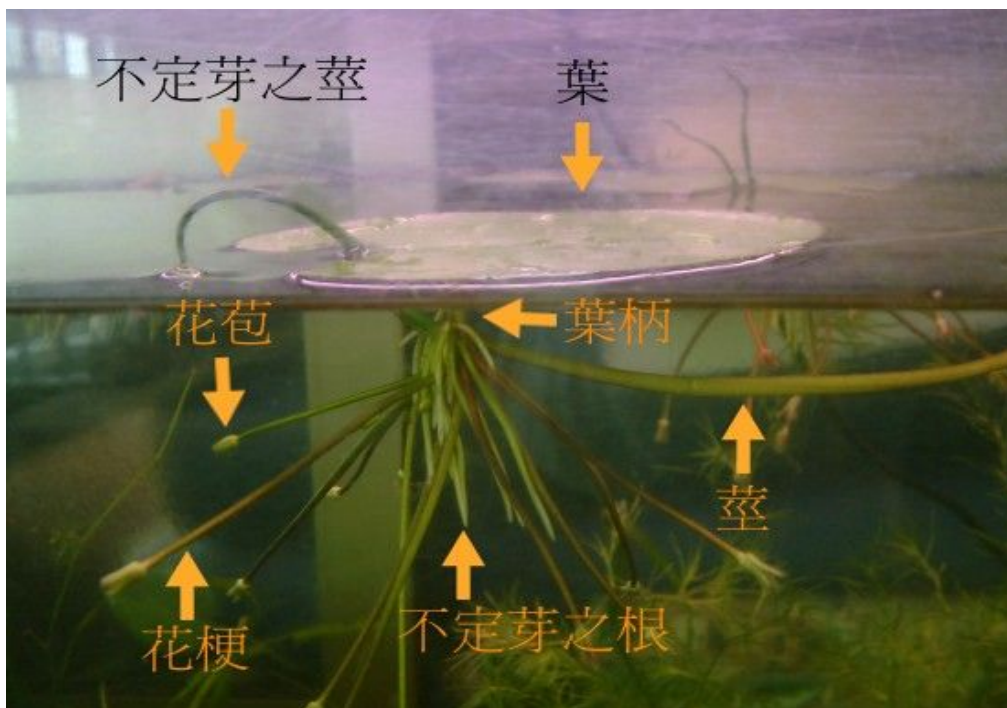


照片4：葉片橫切可見到由氣孔通到氣室
的縫隙 (100X)

(二)、在葉的切片中發現在氣室間隔細胞中夾雜著星狀厚壁細胞，此星狀細胞具備一個中軸，軸的兩端各有三個棘（見照片5），在葉片中這些星狀厚壁細胞一部分夾在氣室縱向間隔細胞之間，由文獻中得知它們可能的功能應是提供氣室間隔的支撐力量避免垮陷。



照片 5：葉片橫切圖；氣室間隔細胞 a 間存在著星狀厚壁細胞 b (100X)



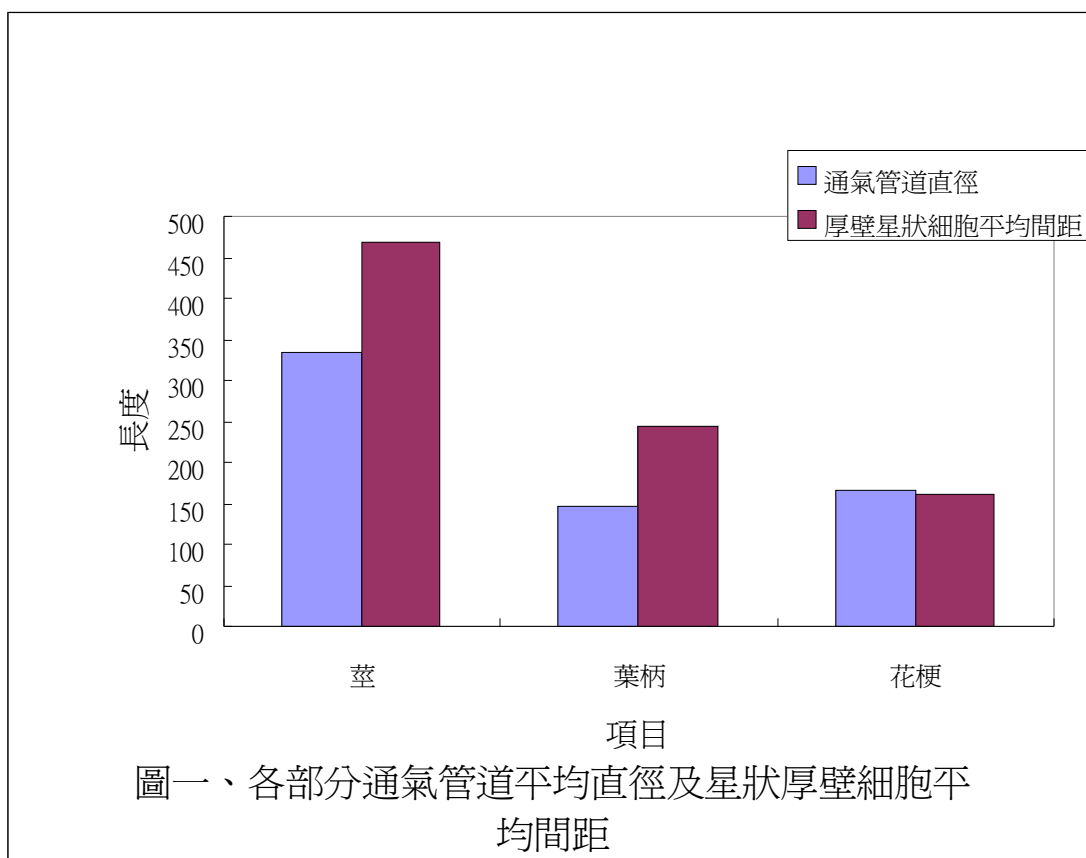
照片 6：長出花梗的位置以上的部分是葉柄，以下部分是莖

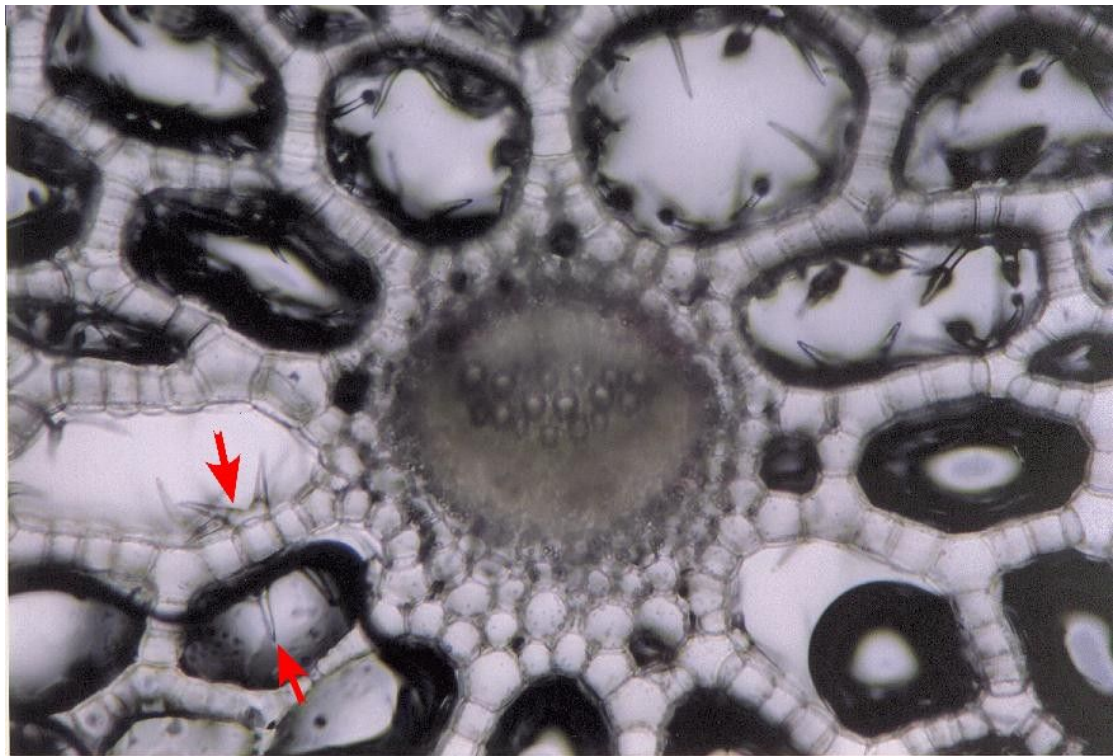
(三)、印度苔菜的莖很像葉柄很容易讓人誤認，真正的葉柄是從產生花梗及不定芽的位置往上到葉子這段約一公分的區域，而往下的區域則是屬於莖（見照片 6），這是苔菜類植物獨豎一格的特徵。在葉柄的切片中我們看到了高度發達的通氣構造，在通氣管道的中隔間同樣發現星狀厚壁細胞的存在（見照片 7、8、9），此厚壁細胞在這兒的分佈較其他部位密集（見圖一），它們中軸的

部分夾在通氣管道的壁中，將三叉狀的棘分別露在兩個通氣管道之中，我們推測「星狀厚壁細胞如此之安排應可避免通氣管道塌陷而失去功能」，葉柄正中間有一個大型的維管束，而在其周圍環繞著通氣管道，在通氣管道之間又分佈著一些較小型的維管束。

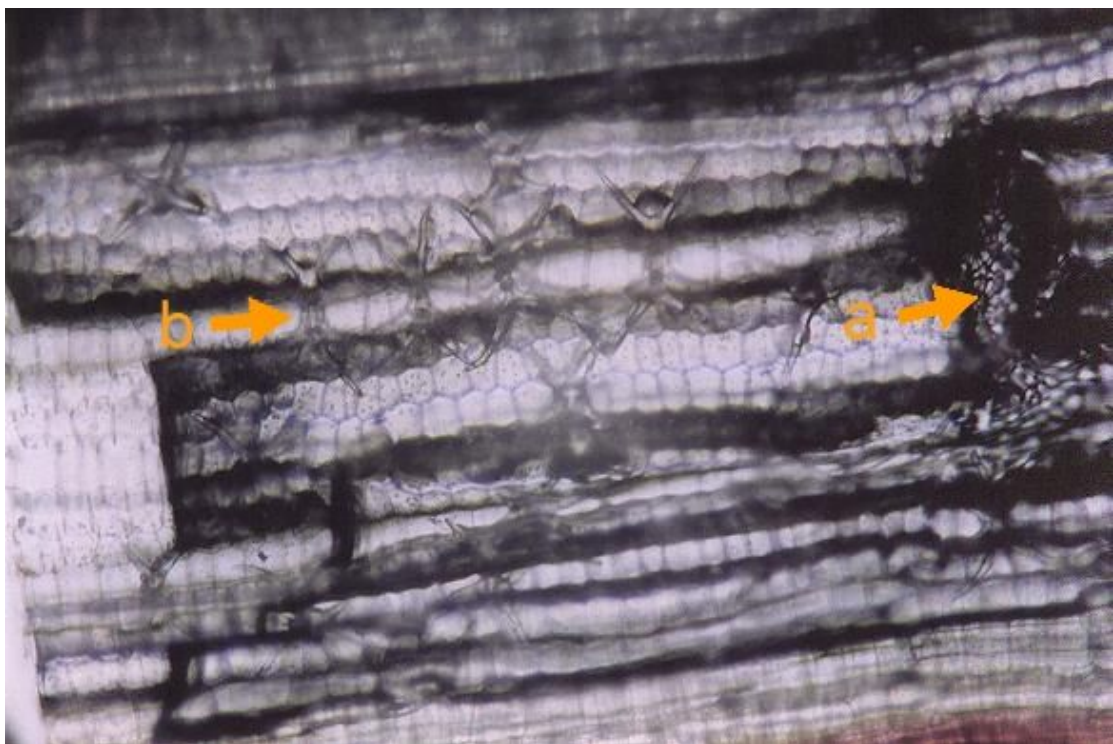


照片 7：葉柄之橫切見照片，a 正中央具一最大的維管束，b 通氣管道小而多 (40X)

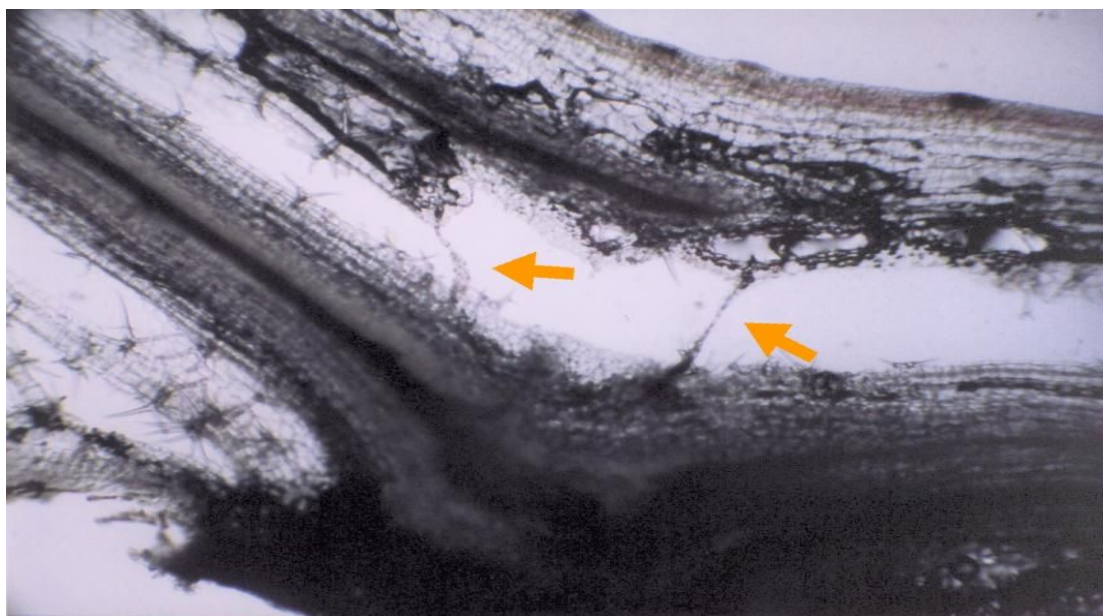




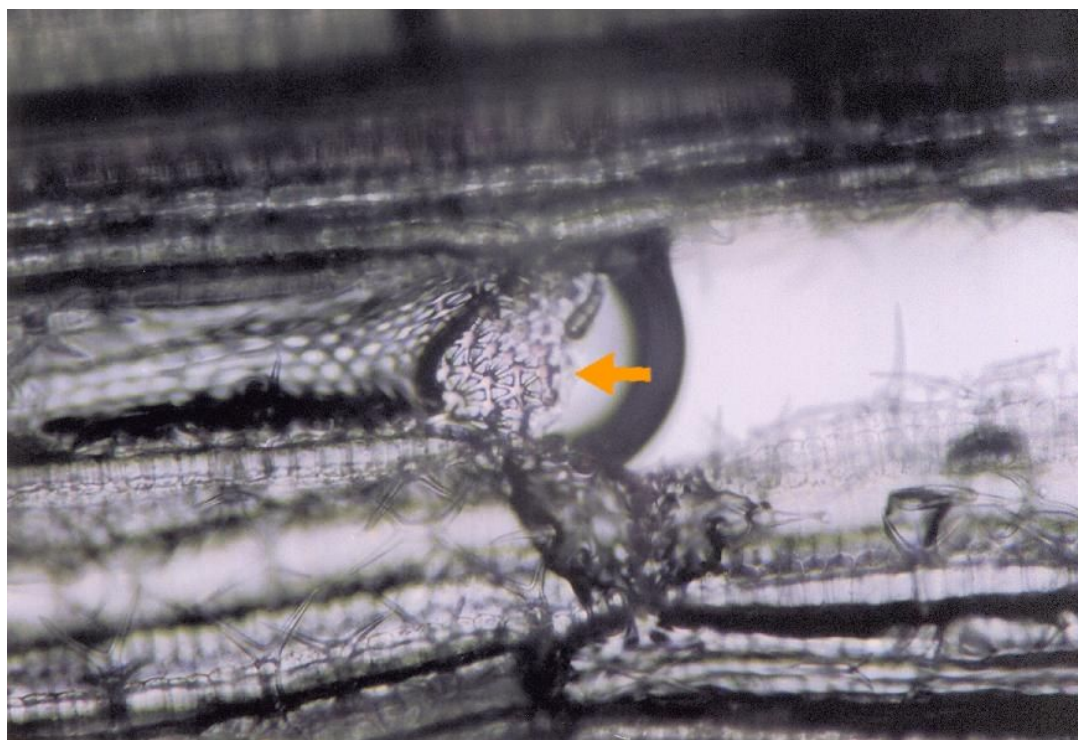
照片 8：圖中央維管束附近清楚地看到星狀厚壁細胞(100X)



照片 9：葉柄縱切可見到右側網狀之橫隔板 a，星狀細胞 b 之中軸夾在通氣管道壁中間 (100X)



照片 10：葉柄和莖交界處縱切面，右邊為莖，左邊為葉柄，前者通氣道較大星狀細胞少，後者相反，中央可看到兩個橫隔 (40X)



照片 11：橫隔之放大圖，可見到網狀結構 (100X)

- (四)、將葉柄與莖的交界處做縱切來觀察，發現葉柄的星狀厚壁細胞明顯的比莖內的還多（見照片 10），葉柄的這段位置較為垂直，需承受較大的水流力量。而具有較多的厚壁細胞也符合我們推測這些厚壁細胞具有支持防止塌陷的功能。
- (五)、在莖連接葉柄的位置附近，出現較密的橫隔，這些橫隔具有網狀結構（見照片 10.11）。這類的橫隔通氣構造在沉水時期的葉柄、莖中均可發現，在花梗中則未找到此種構造（見照片 10.12.13.25）。橫隔較密集的区域是不定芽接

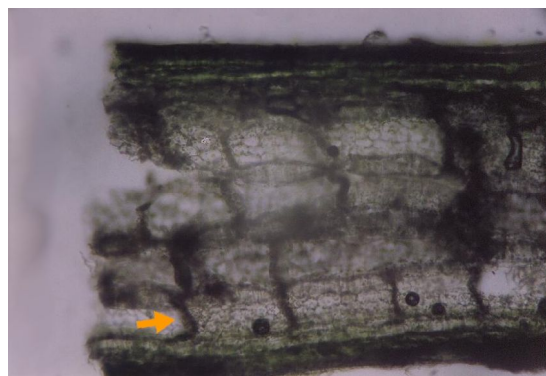
近新葉葉柄的莖。除了沉水型莖的前段外，其他區域僅有橫隔卻找不到明顯的星狀厚壁細胞，可見橫隔可以提供通氣管道的橫向支撐（見照片 12.13、表一）。

表一、各部位橫隔的平均間距

項目	橫隔平均間距(μm)
沉水型的莖前段	157.5
沉水型的莖末段	58.8
浮水型的莖	21832.5
浮水型的葉柄	1008.4
沉水型的葉柄	336.2
根	無橫隔
花梗	無橫隔



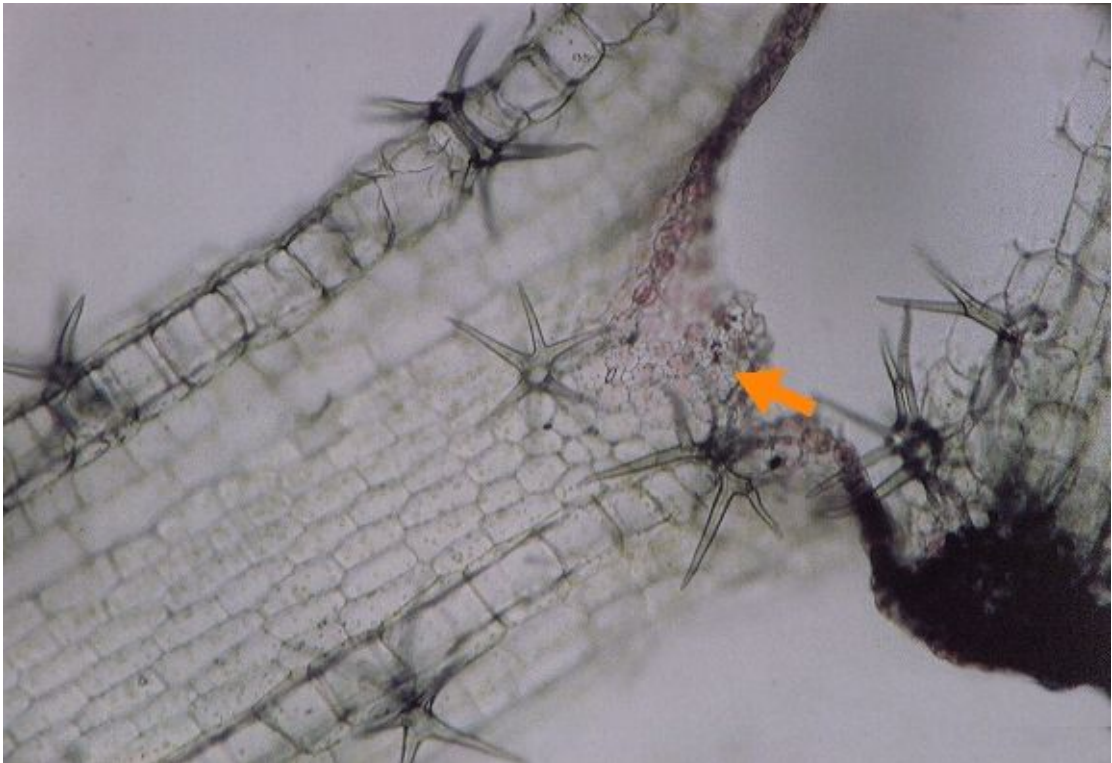
照片 12：沈水不定芽之莖部中段縱切，可見到橫隔，無星狀細胞 (40X)



照片 13：沈水不定芽之莖部後段橫隔更密集，無星狀細胞 (40X)



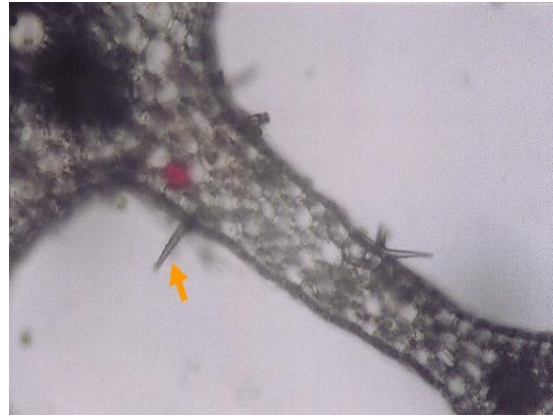
照片 14：沉水型的莖前段橫切，左上方可見到通氣管中有網狀之橫隔板(40X)



照片 15：浮水型的莖縱切，可見到分化中的橫隔(100X)



照片 16：睡蓮之葉柄橫切面，中央擁有四個大型的通氣管道，內壁橫切僅見少量厚壁細胞 a 周圍則有一圈小型的管道 b (40X)



照片 17：觀察倍數放大後可見到星狀厚壁細胞上具有微小草酸鈣結晶，外表成粗糙狀 (100X)

- (五)、莖和葉柄的個別橫切也可看出兩者的差異，前者的通氣管道平均數量較少，但平均口徑大了許多，相對的葉柄則擁有數量較多、口徑較小的通氣管道（見圖一）。葉柄的正中央存在著一個最大的維管束，其他的維管束如同衛星般排列在較邊緣處；浮水型的莖在正中央的維管束，而是由三個較大的維管束排成一圈，在外圍則有較小的排成一圈，連接沉水葉的莖則和葉柄一樣（見照片 7.14）。
- (六)、花梗之構造和葉柄較為相似，一樣具備為數較多的星狀厚細胞，由於花梗會有周期性的升降現象，故須擁有較大量的星狀厚壁細胞於其中支撐。橫切面正中央具備一個最大的維管束，不過其周圍並無一整圈的較小維管束，只有在外側一方擁有半圈很小的維管束。通氣管道方面則只有一兩圈環繞於中央的維管束周圍，排列上比莖和葉柄簡單（見照片 7.14. 20）。
- (七)、在印度荇菜的各種顯微結構中我們對於星狀厚壁胞印像深刻，其他的水生植物是否也有這種細胞存在？我們在 *Ultrastructural study on the formation of sclereids in the floating leaves of *Nymphaoid coreana* and *Nuphar schimadai** (Ling-Long Kuo-Huang, Su-Hwa Chen, and Shiang-Jiuun Chen, 1999) 這篇報告中得知”小荇菜和台灣萍蓬草均具有星狀厚壁細胞，台灣萍蓬草的星狀厚壁細胞上具有草酸鈣晶體，小荇菜的星狀厚壁細胞則沒有”。而這次的主角印度荇菜的星狀厚壁細胞和小荇菜中的相同，沒有草酸鈣晶體在它的表面。爲了多比較一些水生植物，我們又對睡蓮及大萍進行切片觀察，在睡蓮的葉柄中擁有中央的四個大型通氣管道及周圍一圈小型的通氣管道，在管道壁中我們也找到了星狀厚壁細胞，不過它的出現的數量遠不如印度荇菜那麼多，和台灣萍蓬草相同的是睡蓮的星狀厚壁細胞上也出現了草酸鈣結晶而呈現裸粒狀（見照片 16.17）。睡蓮的葉肉具有非常大的氣室，我們也在其氣室壁上找到了少量的星狀厚壁細胞。不過在大萍的切片內找不到任何的星狀厚壁細胞（見照片 4.附圖 1.2）。可推知印度荇菜的纖維細胞大多在維管束兩側，其他部位較少，星

狀厚壁細胞提供了植物相當的支撐能力。

- (八) 印度芥菜的萼片五枚其基部癒合在一起，前端鈍。質地為膜質，花瓣數為五至八枚（我們這次採到的均為五枚）顏色為白色，至基部則轉為深黃色，花瓣的全面及邊緣均長滿了鬚狀的白色長毛頗為特殊，，在開白花的芥菜屬植物中是花朵最大的一種。它們的雄蕊均為五枚，花藥呈銹黃色，花粉為黃色的三角形。根據文獻記載「印度芥菜具有明顯的二型花柱，分為長花柱型及短花柱型，在兩者各自隔離的情況下，短花柱型具有強烈的自交不親和性」，我們所採到的植株均開出短花柱型的花朵授粉困難（見照片 18.19），花謝之後均未能繼續發育。



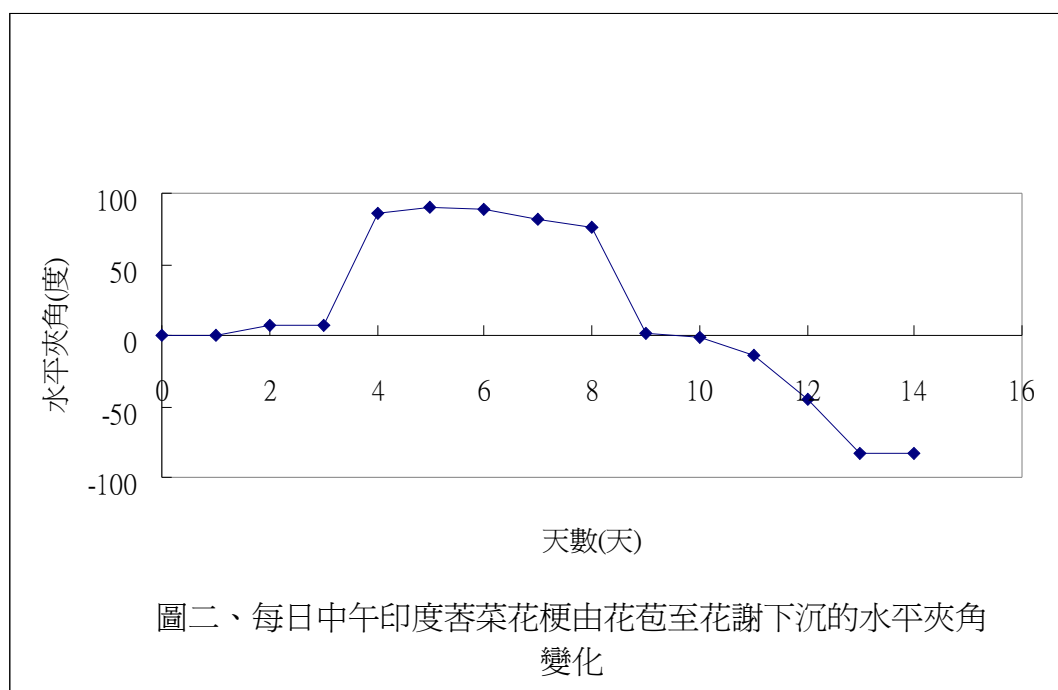
照片 18：短花柱型的雄蕊

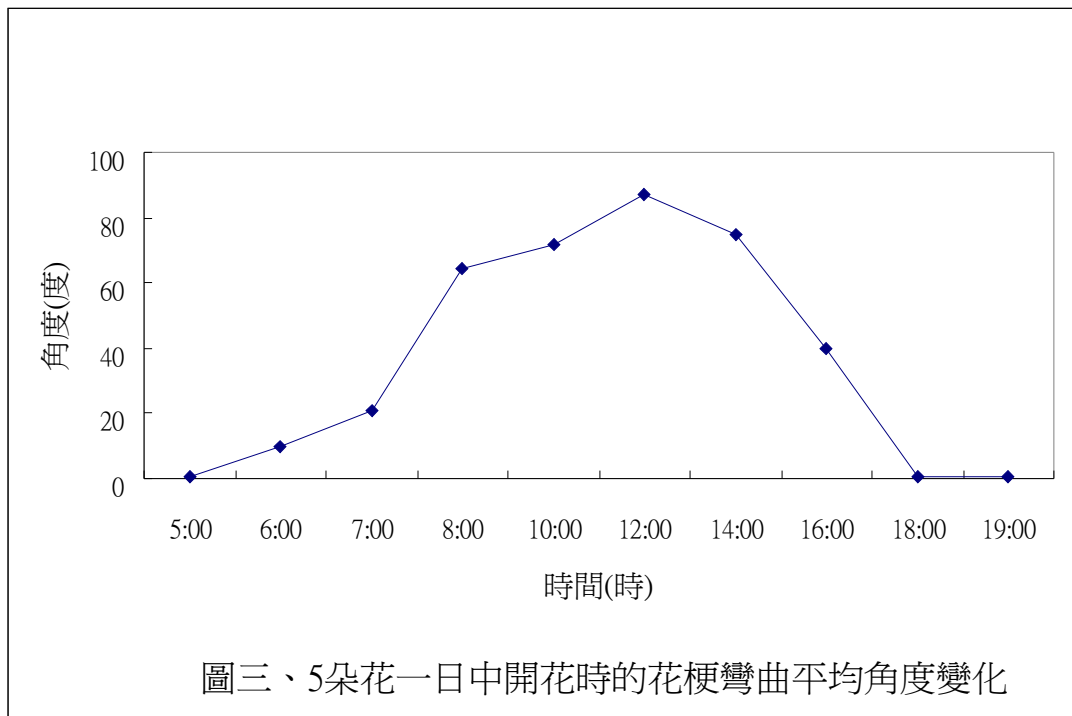


照片 19：花粉 (100X)

二、花梗的升降規律性探索

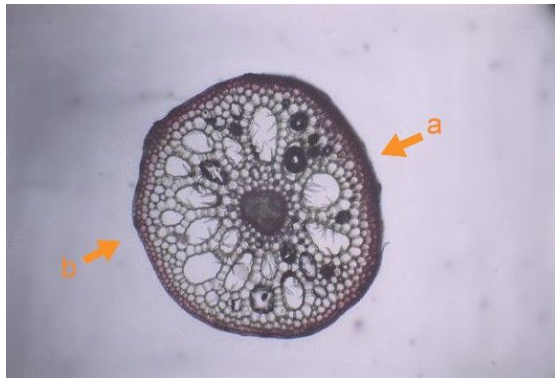
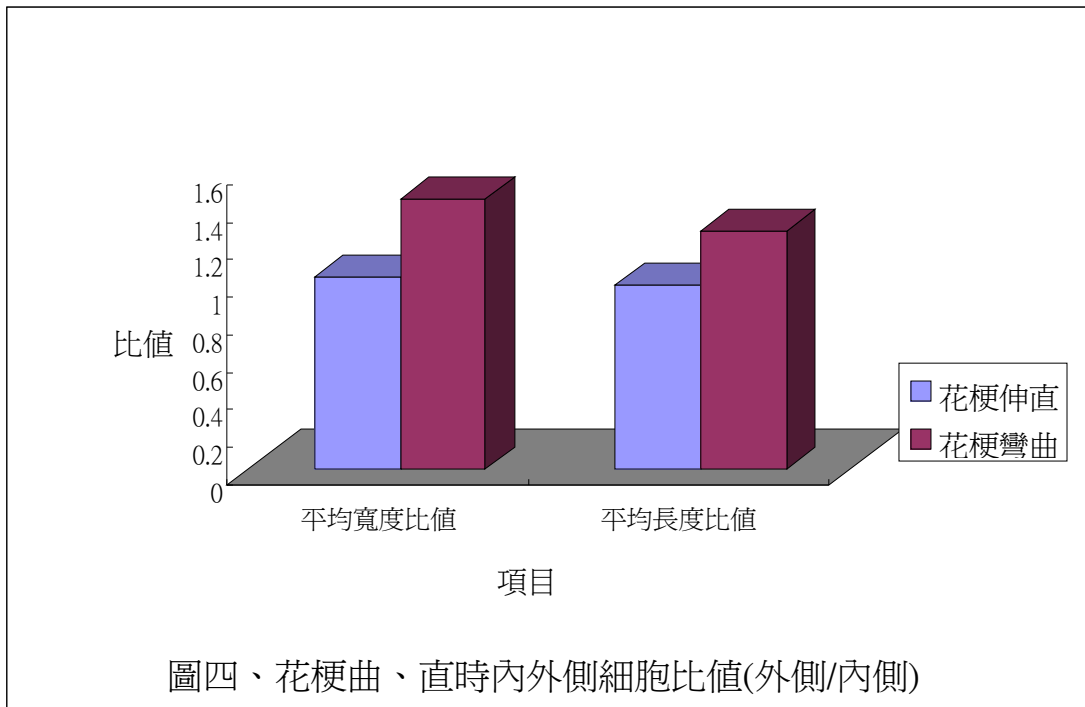
在秋季它的花朵壽命可達五天之久，每日開花會有週期性的變化，開花時在中午 12：00 會挺出水面近 90° ，再降回水面，閉合花瓣最後逐漸沈入水中（見圖二、三、附圖 5-12）。



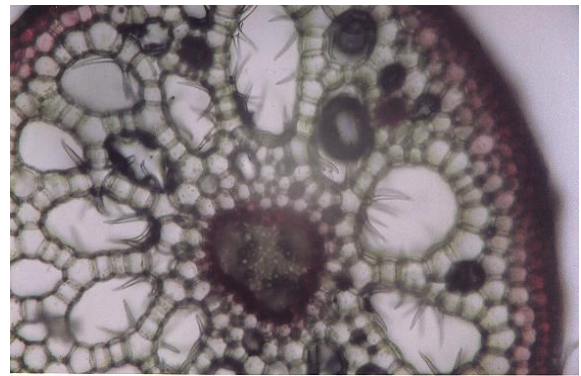


三、由顯微結構探討花梗的彎曲、伸直機制

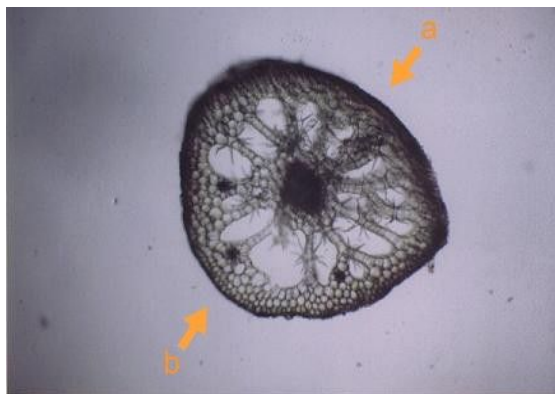
- (一)、由花梗彎曲處之橫切面見照片明顯的可以看到整個彎曲內側部分有扁平化之情形（見照片 20.22），也就是說由中心維管束到彎曲內側表皮的直線距離（ $600\ \mu\text{m}$ ） $<$ 中心維管束到彎曲外側表皮的直線距離（ $710\ \mu\text{m}$ ）。
- (二)、於花梗垂直升起至近 90° 及水平伸直時對花梗彎曲處進行縱切觀察（見照片 23-26），發現花梗彎曲處外側細胞 / 內側細胞無論寬度或長度均明顯 > 1 ，而且寬度的比例較大，顯然的在彎曲處外側的細胞體積有明顯的膨脹；而在花梗重新伸直時原來彎曲處的內外兩側細胞寬度、長度比值並無明顯差異，也就是說細胞體積無明顯差異存在。因此我們得知花梗的彎曲、伸直的週期性變化乃是通過控制細胞之大小來達成的，至於造成兩側細胞體積短時間如此大的變化的原因，可見它是以調整細胞內膨壓變化來達成的（見圖四）。



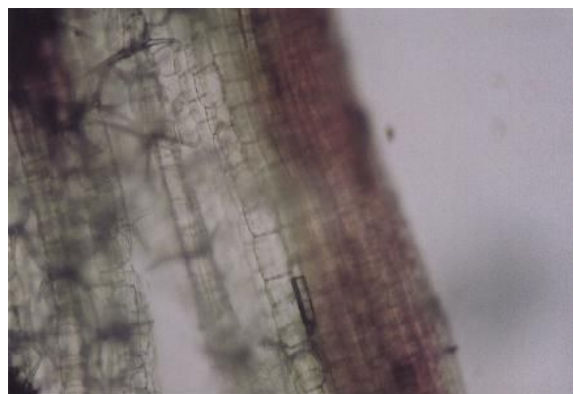
照片 20：花梗伸直時橫切，中央有一大型維管束，a 為內側，b 為外側(40X)



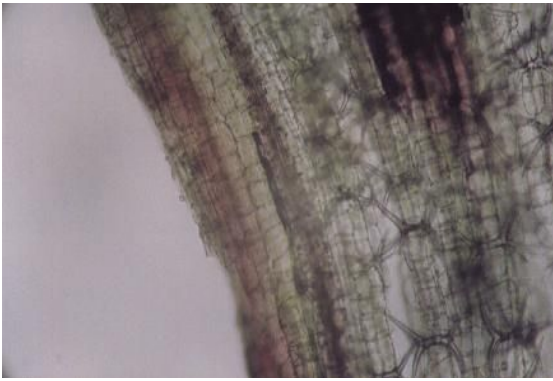
照片 21：橫切觀察倍數放大後可看見密集的星狀厚壁細胞分佈在通氣管道間(100X)



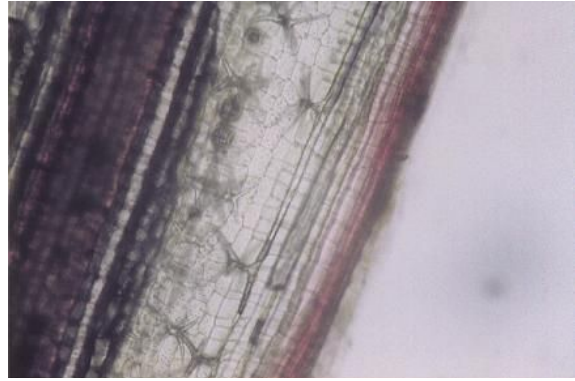
照片 22：花梗彎曲處之橫切面，a 為內側，b 為外側 (40X)



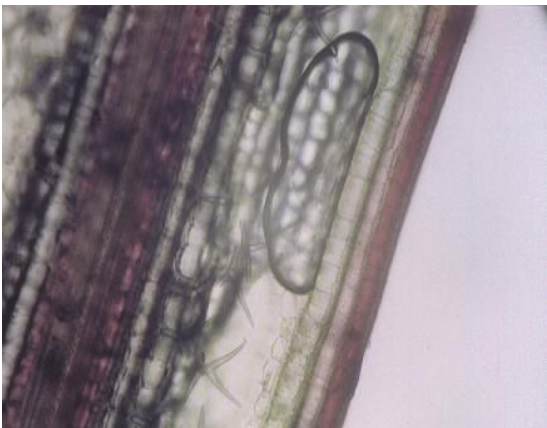
照片 23：花梗彎曲處外側縱切(100X)



照片 24：花梗伸直時先前彎曲處
內側縱切 (100X)



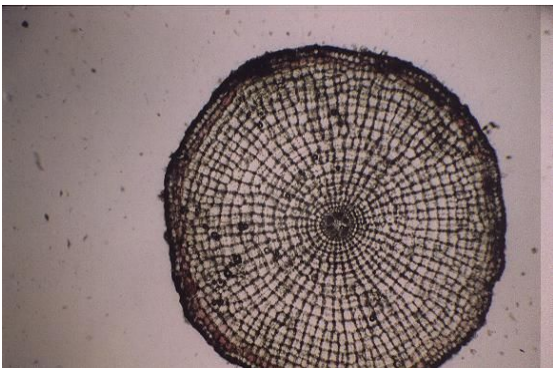
照片 25：花梗伸直時外側縱切 (100X)



照片 26：花梗伸直時內側縱切(100X)



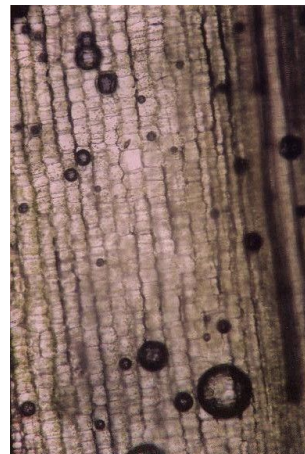
照片 27：不定芽株之錐狀根 a 及根 b



照片 28：根之橫切 (40X)



照片 29：錐狀根橫切(100X)



照片 30：浮水型的根縱切
(100X)

照片 31：沈水型的根縱切 (100X)

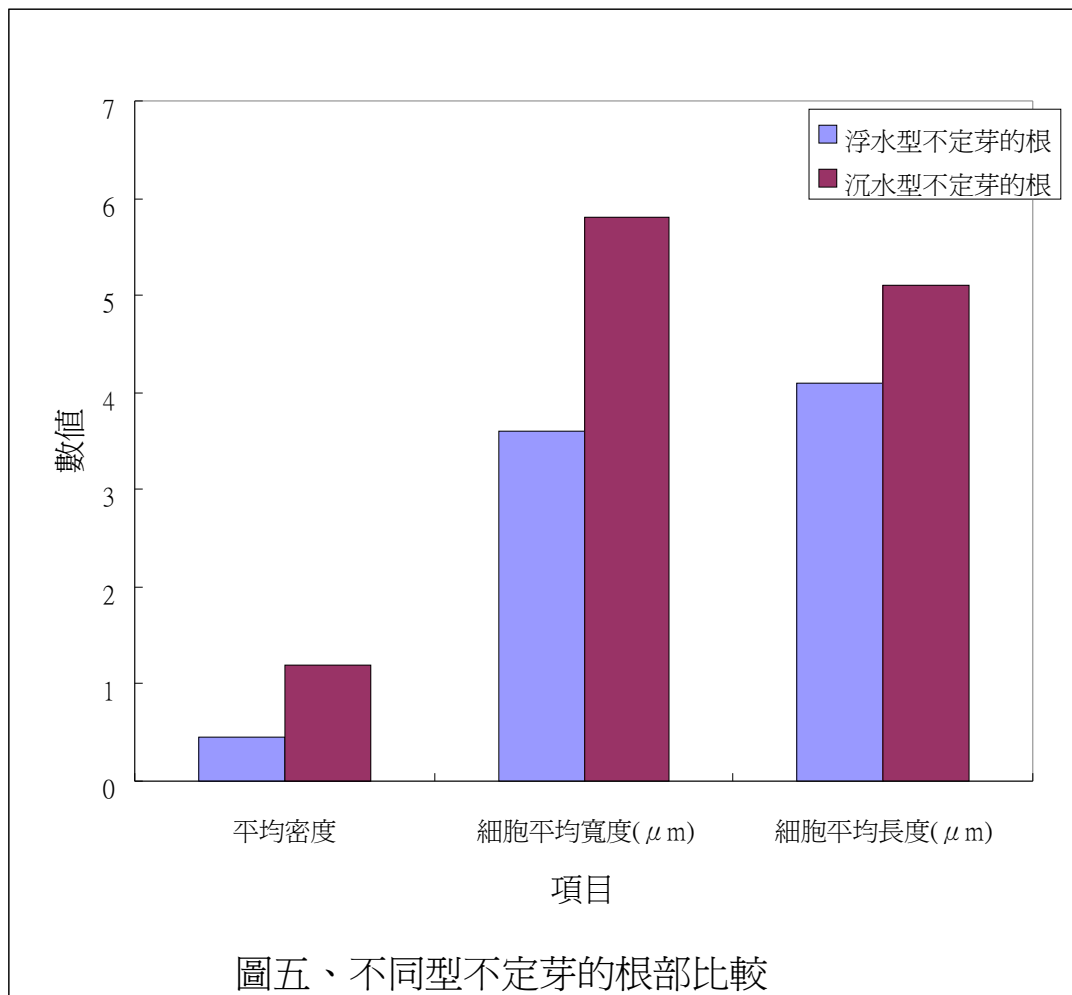
四、探討造成不定芽浮與沈的主要因素

- (一)、不定芽早期出現的錐狀芽體（見照片 27）到底是屬於根還是莖呢？經過切片進行顯微觀察之後，我們看到了此芽體具有很厚的皮層，並由大量的薄壁組織所構成的；和莖、葉柄、花梗及葉子有一個最大的不同點，那就是在皮層細胞之間找不到通氣組織形成的任何通氣用的管道。只有一束維管束（中柱）位於中正中央，和植物解剖書中根的結構相近，和莖的差異甚大，其結構和後來長出的根（見照片 28.29）是相類似的。
- (二)、針對浮在水面及沈入水底之不定芽進行密度測定結果如表二，整體之密度大小變化造成不定芽的沈與浮現象，而不定芽之沈與浮和所生長根的數量並無一定的影響關係存在。

表二、不定芽密度與根的數目關係

編號	狀態	平均密度(g/cm ³)	錐狀根數(條)
1	飄浮水面	0.43	16
2	飄浮水面	0.95	28
3	沉入水底	1.03	40
4	沉入水底	1.14	19
5	沉入水底	1.37	28

- (三)、既然沈浮和根數量無關，那在浮、沈兩種不定芽之間是否因為根之密度發生變化而造成下沈的現象？將沈、浮兩種不定芽去除莖、葉柄及葉片之後，只測量其根部之密度結果可發現沈底的不定芽根部密度遠大於浮在水面的不定芽根部密度，也就是不定芽的下沈是因為「根部的密度不斷地增加，最後導致整個芽體下沈。」（見圖五）。



(四) 到底是什麼原因造成不定芽的根部密度慢慢地增加到比水大呢？，我們針對上浮的根和下沈的根做切片，進行顯微觀察，發現兩者的細胞大小是不同的，沈底的根部細胞體積明顯的比浮在水面的根大了很多（見照片 30.31），在細胞成長的過程之中若在細胞質之中不斷累積密度較大的溶質（如礦物質類）如此即可有效地增加整體的密度。另外，在做切片時也明顯地感覺到在下刀時，沈底的根部是比較硬的，也就是說，就表皮來說沈底的根密度也明顯大於上浮的根。因此我們推測：在不定芽的根部成長的過程中表皮細胞壁成份發生變化變得較硬，根部整體的細胞體積加大不斷累積密度較大的溶質，這兩項因素是導致整個不定芽下沈的主要原因。

(五)、植株的浮與沉整體構造比較如表三。

表三、植株浮與沉之比較

項目	浮水型植株	沉水型植株
葉	氣室空間大，柵狀組織和海綿組織細胞空隙度大，星狀厚壁細胞明顯	氣室小而少，海綿組織較緊密
葉柄	明顯的星狀厚壁細胞及橫隔支撐通氣孔道	通氣孔道較小，橫隔間距較小，星狀厚壁細胞小而不明顯
莖	橫隔間距大，通氣孔道較多，星狀厚壁細胞大而明顯	通氣孔道較小，橫隔間距較小，僅前段具有明顯的星狀厚壁細胞
根	皮層細胞體積較小、質量輕	皮層細胞體積較大、質量較重
密度	< 1	> 1

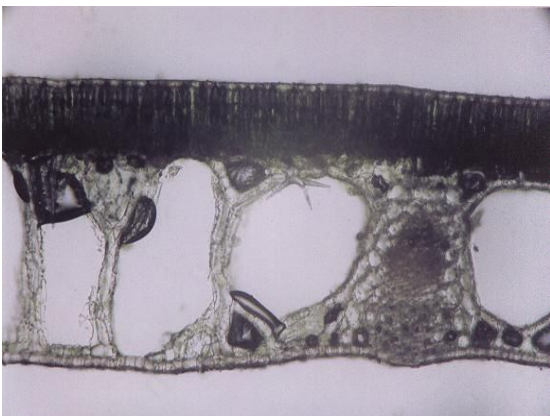
柒、結論

- 一、印度芥菜浮的水上葉，氣孔位於上表皮，其下緊接著柵狀組織，氣室則以氣室間的細胞間隙相通，氣室與氣孔之間的柵狀組織細胞有專門的縫隙用來暢通氣體。
- 二、葉片、葉柄、莖及花梗中均存在著光滑無草酸鈣晶體的星狀厚壁細胞，它的存在應可防止通氣管道塌陷並增強支撐力，也是使植株浮沉的成因之一。
- 三、在葉柄、莖部的通氣管道之中存在著橫隔，在較細的沉水型莖部末端及成株莖和葉柄的交接處等星狀厚壁細胞較少的位置可看到較密集的橫隔，橫隔為多個細胞構成之網狀結構，它與通氣管道的橫向支撐有關。
- 四、葉柄、不定芽的莖、花梗三者之維管束位在中央。通氣管道則以葉柄較小而多，花梗及不定芽的莖則只有一到二圈較大的通氣管道。連接水面葉的莖則無中央維管束，通氣管道最大最發達。
- 五、印度芥菜的花粉呈黃色三角形，其邊長約為 0.18mm 大小，短花柱型具自交不親和性無法自花授粉。
- 六、開花時之花梗升降週期依彎曲處兩側之細胞大小分析推測，其應是以細胞之膨壓來控制花梗之快速彎曲。
- 七、控制不定芽株之浮與沈，主要應是利用錐狀根表面的密度加大以及其皮層細胞質隨著體積加大而累積較多密度較大的物質，以使整個不定芽株密度大於水而沈入水底。

捌、 參考文獻：

- 一、蔡淑華著，民 86，植物解剖學，國立編譯館，台北市
- 二、柯清水編著，民 88，水草全書上冊，正文書局，台北市
- 三、柯清水編著，民 88，水草全書下冊，正文書局，台北市
- 四、Ling-Long Kuo-Huang, Su-Hwa Chen, and Shiang-Jiuun Chen，1999，Ultrastructural study on the formation of sclereids in the floating leaves of *Nymphoid coreana* and *Nuphar schimadai*、2003/09/10 中午 12:40 <http://ejournal.sinica.edu.tw/bbas/content/2000/4/bot414-05.html>
- 五、特別介紹-水生植物、2003/09/22 下午 4:00、
http://www.nmns.edu.tw/botany/most/most_detail.php?bid=119&pid=15
- 六、開白花的荇菜屬(*Nymphoides*)植物、2003/9/24 中午 12:30、
<http://tnl.org.tw/article/column/hydro/009/009.htm>
- 七、印度荇菜、2003/09/26 中午 12:52、
http://www.protea.idv.tw/biodiversity/new_page_70.htm
- 八、印度荇菜、2003/10/2 中午 12:50、<http://www.yctsay1.idv.tw/yctsay1/html/9i/9i003.htm>
- 九、盆栽的家-印度荇菜栽培報告、2003/10/23 下午 13:10、
<http://freebsd.ntu.edu.tw/~city/kkindia/kkindia1.htm>

附件：



附圖 1：睡蓮葉片橫切，柵狀組織較薄，氣室較發達，星狀厚壁細胞數量很少，維管束內纖維細胞量多 (40X)



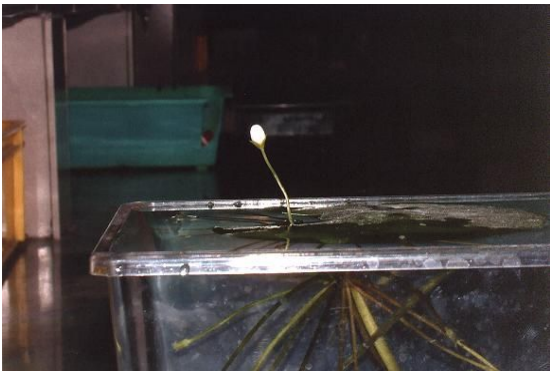
附圖 2：大萍葉之橫切面，維管束內之纖維細胞量多，沒有星狀厚壁細胞(40X)



附圖 3：花梗彎曲角度測量



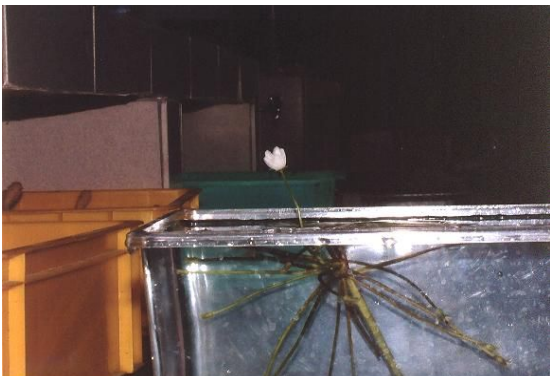
附圖 4：花梗彎曲角度測量



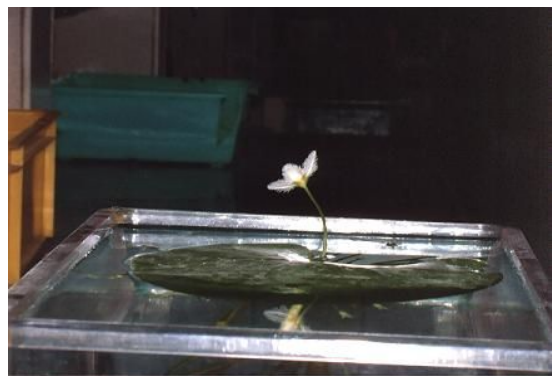
附圖 5：早上 7：00 時彎曲情形



附圖 6：早上 8：00 時彎曲情形



附圖 7：早上 10：00 時彎曲情形



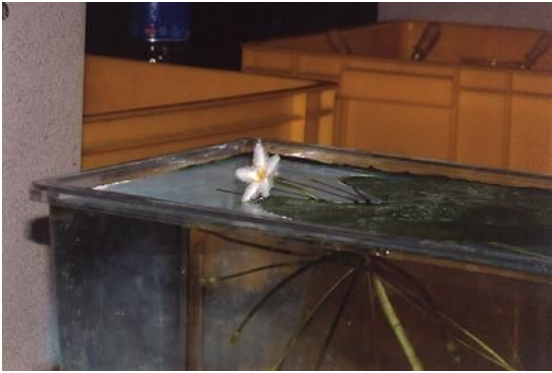
附圖 8：中午 12：00 時彎曲情形



附圖 9：下午 14：00 時彎曲情形



附圖 10：下午 16：00 時彎曲情形



附圖 11：傍晚 18：00 時彎曲情形



附圖 12：晚上 19：00 時彎曲情形



附圖 13：：上浮之不定芽株



附圖 14：：下沉之不定芽株



附圖 15：切片拍照情形



附圖 16：沉水型葉的橫切構造

附表一、通氣管道與星狀細胞間距平均長度

項目	通氣管道直徑 (μm)	厚壁星狀細胞平均間距 (μm)
莖	333.9	468.4
葉柄	145.6	243.6
花梗	165.9	160.2

附表二、一朵花開花成長的角度變化(度)

第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天	第八天
第九天	第十天	第十一天	第十二天	第十三天	第十四天	第十五天	

附表三、五朵花開花每小時的平均角度(度)

05:00	0.6
06:00	9.8
07:00	20.6
08:00	64.2
10:00	71.8
12:00	87.2
14:00	75
16:00	39.8
18:00	0.8
19:00	0.75

附表四、測量長度外側細胞 / 內側細胞的比值

	平均寬度比值	平均長度比值
花梗伸直	1.02	0.98
花梗彎曲	1.43	1.26

附表五、根部細胞測量結果

項目	平均密度(g/cm ³)	細胞平均寬度(μm)	細胞平均長度(μm)
浮水型不定芽的根	0.45	3.6	4.1
沉水型不定芽的根	1.2	5.8	5.1

附表六、浮水型不定芽測量

浮的蒼菜不定芽（含葉片）	第一株	第二株
質量（公克）	0.75	1.75
體積（立方公分）	1.75	1.85
密度（公克/立方公分）	0.43	0.95
根數（條）	16	28

附表七、沉水型不定芽測量

沉的蒼菜不定芽 （含葉片）	第一株	第二株	第三株
質量（公克）	6.27	3.32	2.6
體積（立方公分）	6.1	2.9	1.9
密度（公克/立方 公分）	1.03	1.14	1.37
根數（條）	40		28

附表八、浮水型與沉水型根部測量

根的種類	浮水型的根	沉水型的根
質量（公克）	0.50	1.69
體積（立方公分）	1.1	1.5
密度（公克/立方公分）	0.45	1.13

評語

030312 國中組生物科

似蓮非蓮—以顯微觀察探討印度苔菜的特殊結構、開花規律
及不定芽浮沉機制

1. 解剖研究甚完全，實驗數據亦可。
2. 未做綜合研判。