

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

030310

高雄市立五福國民中學

指導老師姓名

陳富堅

李正媚

作者姓名

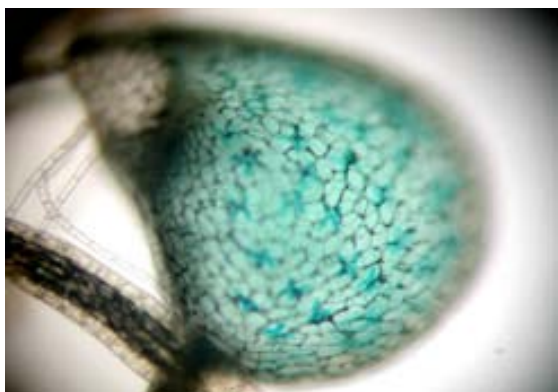
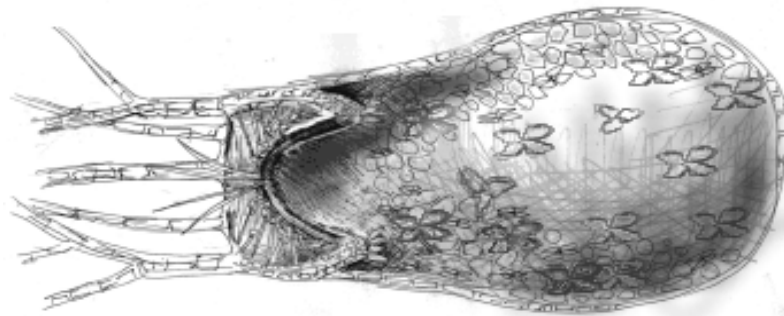
莊迪喬

摘要

絲葉狸藻(*Utricularia gibba*)為台灣本土水生食蟲植物。無根，整簇浮於水面。主要構造為一長莖，每隔 1.0~1.5 cm，兩旁會長出 V 型絲狀葉。生長速率約為 1.56 cm /day，長可達 20~30 cm。花高出水面，黃色無味，花期約 3 天。葉片旁會長出捕蟲囊，能捕食水中的小生物。

捕蟲囊發育完全需 10 天，大小約 0.3~1.0 mm。入口邊緣頂端有兩支天線般的細枝，是由捕蟲囊的主體延伸而來。另有單獨較小的細枝，可能用來吸引水中生物或阻擋雜物流入捕蟲囊。在入口瓣蓋上有細小的觸發毛，當捕蟲囊處於收縮狀態下，小生物碰觸到觸發毛，捕蟲囊的瓣蓋向內打開，吸入小生物，1/30 秒內即可完成捕捉過程。約 40~60 分後恢復負壓蓄勢待發，準備下一次的捕捉。即使未被觸發，仍也會有自發性的舒張。

捕蟲囊囊口內壁及瓣蓋上有數種不同形態的腺毛。囊口壁腺毛具長柄、頭為燈泡狀；愈往內部柄愈短，頭部略呈橢圓形。囊的頸部佈滿二爪腺毛，囊內充滿四爪腺毛及三爪腺毛。查閱文獻資料均未提到此三爪腺毛。利用彩色墨水及食用色素來觀察及探討四爪腺毛的排水及消化吸收功能，發現四爪腺毛的細胞質有奇特的變化。



壹、研究動機

植物在食物網中常扮演著生產者的角色，而食蟲植物卻能以特化的構造，捕捉昆蟲或浮游生物，補充氮的營養成分。國一的自然與生活科技課本中，介紹了「形形色色的生物」，另外從高雄懸鳥松溼地的解說看板，知道狸藻是台灣原生的水生食蟲植物，使我們對台灣的狸藻產生了極大的興趣，試圖以各種實驗來認識這水中不起眼的小植物。

貳、研究目的

- 一、探討台灣絲葉狸藻的分類地位
- 二、觀察絲葉狸藻各部位的形態
- 三、探討絲葉狸藻及捕蟲囊的生長情形
- 四、觀察捕蟲囊的形態與內部構造
- 五、觀察捕蟲囊的捕蟲機制
- 六、探討捕蟲囊中四爪腺毛的排水及消化吸收功能

參、設備及器材

- 一、設備：教材提示機(Sc-980)、解剖顯微鏡(Motic X40)、複式照相顯微鏡(Alphaphot-2 YS2)、數位相機(Nikon Coolpix 990)、數位攝影機(Sony Dcr-pc100)、腳架、電視、照相機、冷光裝置(Potop)、電腦影像軟體(Video Studio、Flash MX)
- 二、器材：解剖用具、載玻片、甘油、培養皿、試紙、吸管、蓋玻片、自製頭髮探針、轉接頭、測微尺、圓規、尺、中性紅、綠色彩色墨水(Artone)、特級紅色 6 號食用色料(雙十牌)、紅、藍食用色素(Food club)
- 三、採集地點：

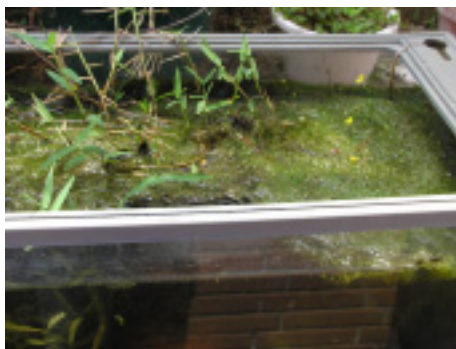


圖 1 成功大學生物館溫室



圖 2 屏東縣麟洛鄉田心生態園區

肆、研究過程或方法

一、蒐集台灣本土的食蟲植物資料及文獻

二、探討台灣絲葉狸藻的分類地位

三、觀察絲葉狸藻各部位的形態

我們將剛採集回來的絲葉狸藻及花，先由肉眼觀察並記錄它的特徵，再用解剖顯微鏡及複式照相顯微鏡觀察細部構造。

四、探討絲葉狸藻的生長情形及捕蟲囊的發育過程

(一) 將絲葉狸藻放在池塘水溶液中培養(pH=6)，選定兩株生長良好，且具有生長前端的狸藻，定時拍攝莖的生長情形，共觀察記錄十天。

(二) 依照片中的比例尺大小丈量狸藻的長度，並記錄作成圖表。

(三) 選定正在發育的捕蟲囊，每天定時拍攝它的生長變化。共觀察記錄十二天。

五、觀察捕蟲囊的形態與內部構造

(一) 在解剖顯微鏡下將成熟捕蟲囊解剖作成切片，包括縱切及橫切。

(二) 以中性紅染色或直接以顯微鏡觀察各部分的形態及內部構造，

(三) 比對文獻資料，加以分辨其特徵及功能。

六、觀察捕蟲囊的捕蟲機制

捕蟲囊能在極短的時間內完成捕蟲的動作，此高效率的行為，實無法單憑肉眼就能觀察清楚，因此我們利用靜態及動態的實驗設計，做進一步的探討。

(一) 靜態觀察

1. 利用自製的頭髮探針，刺激捕蟲囊的觸發毛，使其舒張，以顯微鏡觀察並記錄外型變化。

2. 利用面積的變化來估算捕蟲囊舒張前後的體積變化。

(二) 動態觀察

利用冷光裝置及解剖顯微鏡(X40)，接上教材提示機及數位攝影機，長時間攝錄捕蟲囊的形態並記錄。

七、探討捕蟲囊中四爪腺毛的排水及消化吸收功能

在所蒐集到的文獻資料中，針對捕蟲囊內排水功能及消化吸收機能的研究很少，部分學者認為是囊中四爪腺毛的功用，我們嘗試以不同顏色的水溶液來求證這些現象。

(一) 四爪腺毛排水功能的探討—以美術用綠色墨水進行實驗

1. 將 6 滴綠色墨水滴入裝有 30cc 水的培養皿中。
2. 將狸藻株放入培養皿，在解剖顯微鏡下以自製頭髮探針刺激觸發毛，使捕蟲囊打開瓣蓋吸入墨水。
3. 取出狸藻，於清水中洗掉外層的墨水，靜置於清水中一小時後觀察捕蟲囊並記錄拍照。
4. 當捕蟲囊兩側已內凹、負壓形成時，重覆 2、3 的步驟共三次。
5. 每隔 24hr 再拍照記錄一次，觀察狸藻外觀的變化，共三天。

(二) 四爪腺毛消化吸收機能的探討—以特級紅色 6 號食用色料及紅、藍食用色素進行實驗

1. 將 100mg 紅色 6 號食用色料、6 滴紅及藍食用色素，分別溶於 30cc 的水中。
2. 將狸藻株放入上列各培養皿中，以自製頭髮探針刺激捕蟲囊，使捕蟲囊吸入色素。
3. 取出狸藻株放入清水中靜置 8hr、24hr 及 48hr 後，觀察捕蟲囊的外觀並加以解剖，在高倍顯微鏡下觀察四爪腺毛有何變化。
4. 持續觀察並拍攝四爪腺毛細胞質內有色液胞的變化。



伍、研究結果

一、探討台灣絲葉狸藻的分類地位

(一) 食蟲植物：全世界約有七科五百餘種

類別	科別	分布情形
1	豬籠草科	約有八十餘種，分布於東南亞、澳洲及馬達加斯加
2	瓶子草科	分布於北美及南美北部
3	土瓶草科	分布於澳洲
4	茅膏菜科	泛分布於熱帶、亞熱帶
5	比伯里科	分布於澳洲及新幾內亞
6	Dioncophyllacea	分布於非洲西部
7	狸藻科	泛分布於熱帶、亞熱帶及溫帶

(二) 台灣本土的食蟲植物：共有二科十二種

	茅膏菜科(Droseraceae)	狸藻科(Utriculariaceae)
小毛氈苔與絲葉狸藻		
基本資料	多年生之草本植物，葉互生或基生而密集成蓮座狀。	一年生或多年生草本雙子葉植物，莖或葉具捕蟲囊。
生長環境	泥沼、濕地、潮濕、岩壁。	池塘、水田、水溝、溼地及潮濕的岩壁上。
捕蟲方式	以葉片上分泌黏液的腺毛將小蟲黏住消化。	以捕蟲囊的負壓將小生物吸入。
在臺灣的種類	金錢草、長葉茅膏菜、茅膏菜及小毛氈苔，目前族群數量稀少。	台灣產的狸藻有八種：紫花挖耳草、黃花挖耳草、挖耳草、絲葉狸藻、小狸藻、圓葉挖耳草、長距挖耳草、及臺灣狸藻。

二、絲葉狸藻各部位型態的觀察結果

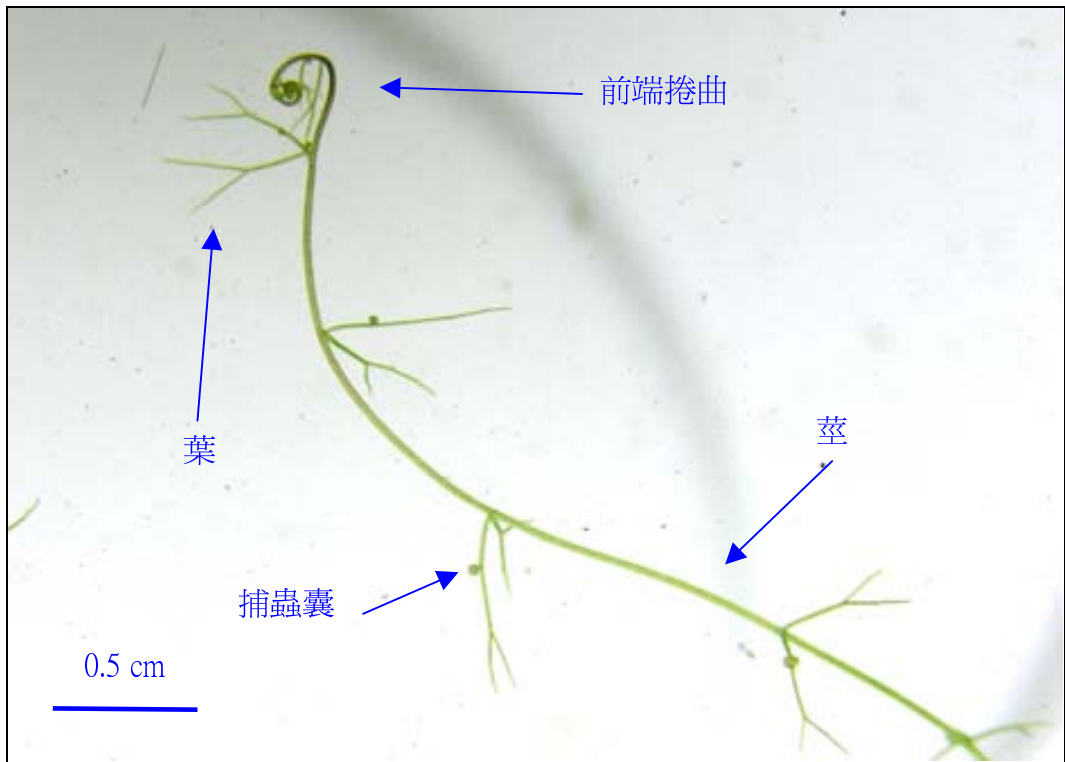


圖 3 單株狸藻的全貌圖

(一) 莖

狸藻無根，漂浮於水面(圖 3)。主要為一長莖，每隔約 1.0 ~ 1.5 cm，兩旁會長出絲狀小葉。前端呈捲曲狀(圖 4)，不停的由前端向前成長，長可達 20~30 cm，尾端會慢慢老化掉落(圖 5)。

狸藻本身不斷的分枝成長，互相纏繞成簇(圖 6)，會勾住附近的植物(類似台灣萍蓬草)，有助於固定狸藻群的位置。莖在剖開放大後可見許多空腔，腔內充滿空氣(圖 7)，是為莖會漂浮在水面之原因。莖上常見寄生藻類(圖 8、9)。

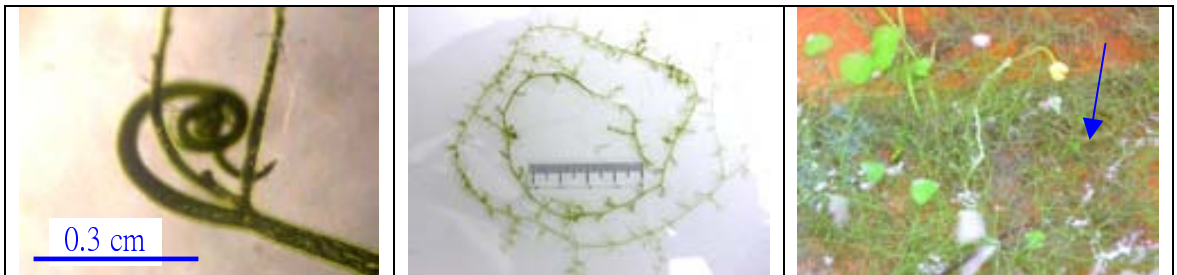


圖 4 莖前端成捲曲狀

圖 5 完整的狸藻全株

圖 6 互相纏繞成簇

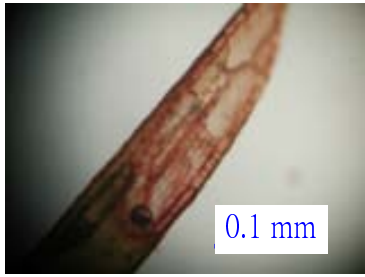


圖 7 莖斜切面的空腔

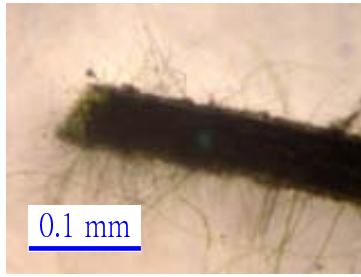


圖 8 莖上寄生的藻類

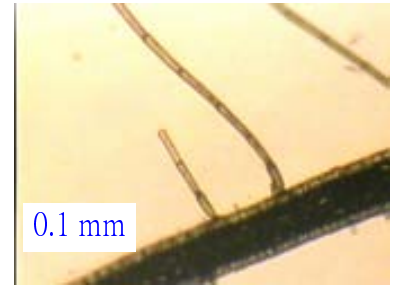


圖 9 莖上寄生的藻類

(二) 葉

葉細短，約 0.3~1.0 cm，從莖側面長出，互生的羽狀複葉，呈 V 型狀，葉均在不同的平面上。部分葉的分叉處會出芽(圖 10)，發展出側枝。顯微鏡下可見葉側及葉尖有細小突刺(圖 11、12)。



圖 10 葉成 V-型狀

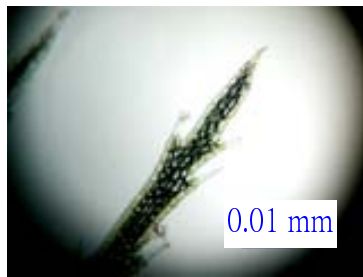


圖 11 葉末及葉緣的突刺

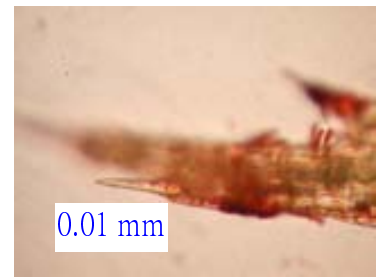


圖 12 葉末及葉緣的突刺

(三) 捕蟲囊

分佈在莖兩側的細葉上，每一對葉可長出淡綠色的捕蟲囊(圖 13、14)，外表類似甲蟲(圖 14)，大小約 0.3~1.0 mm，可以捕食水中小生物(圖 15)，有葉綠體可以行光合作用(圖 16)。有時在囊內可見到空氣泡(圖 13)。捕蟲囊外壁可見到寄生藻類(圖 17、18)。

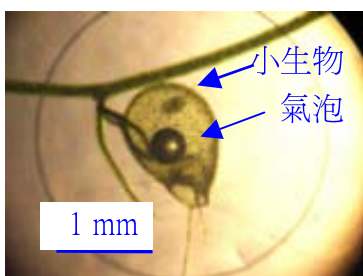


圖 13 囊內小生物及氣泡

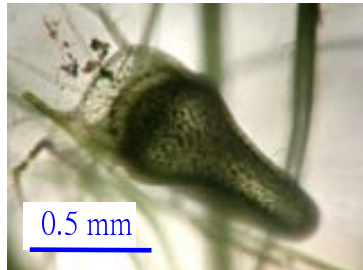


圖 14 捕蟲囊鳥瞰



圖 15 被捕食的小生物

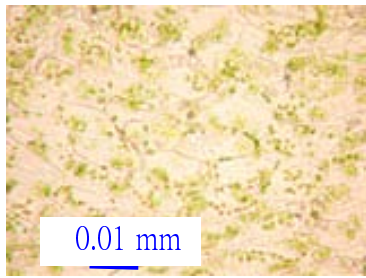


圖 16 捕蟲囊的葉綠體

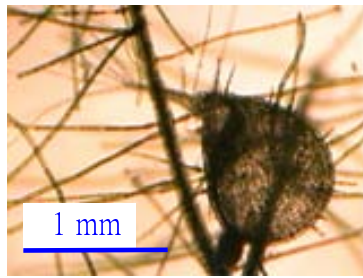


圖 17 囊外壁寄生的藻類

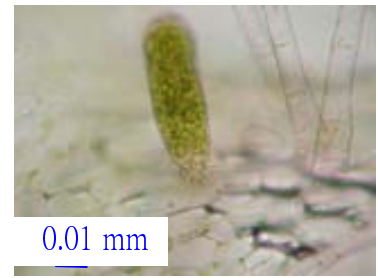


圖 18 囊外壁寄生的藻類

(四) 花

狸藻通常在夏季開黃色花，大小約 0.5 cm，無味，花期約三天。分上下圓形花瓣，像小貝殼，且上花瓣較下花瓣大，下花瓣向中間延伸成爲子房(圖 19-20)。花梗細長直立可分枝，約 5~6 cm 高，並高出水面(圖 21-22)。基部有放射狀的莖(圖 23)，此特殊的構造得以支撐花軸向上生長(圖 24)。在花梗四周莖的捕蟲囊特別明顯且大(圖 23)。

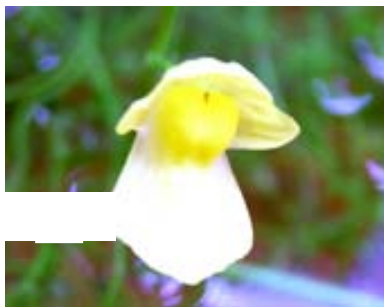


圖 19 狸藻的花正面圖

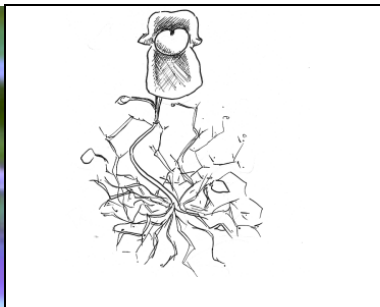


圖 20 手繪狸藻花正面圖

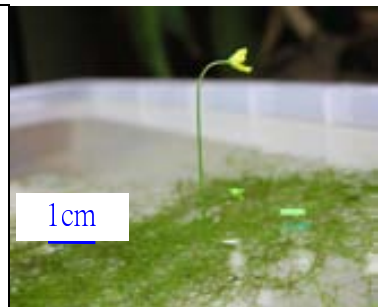


圖 21 狸藻花側面圖

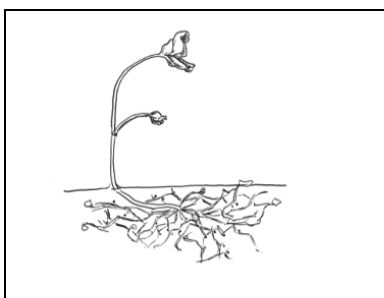


圖 22 手繪狸藻花側面圖

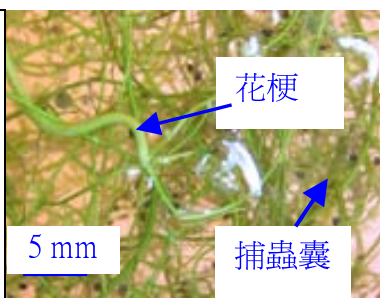


圖 23 支撐花軸生長的莖

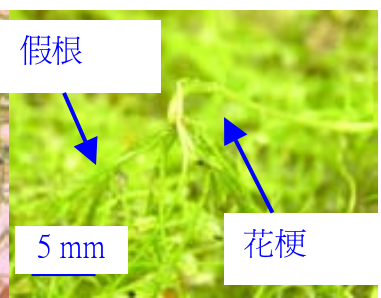


圖 24 花軸基部莖放射狀

三、探討絲葉狸藻的生長情形及捕蟲囊發育過程

(一) 狸藻的成長情形(圖 25-26)

狸藻的生長速率爲 1.56 cm/day (表 1)，由日生長速率可發現狸藻初期生長快速，第四日增加最多，但第五日後變慢。

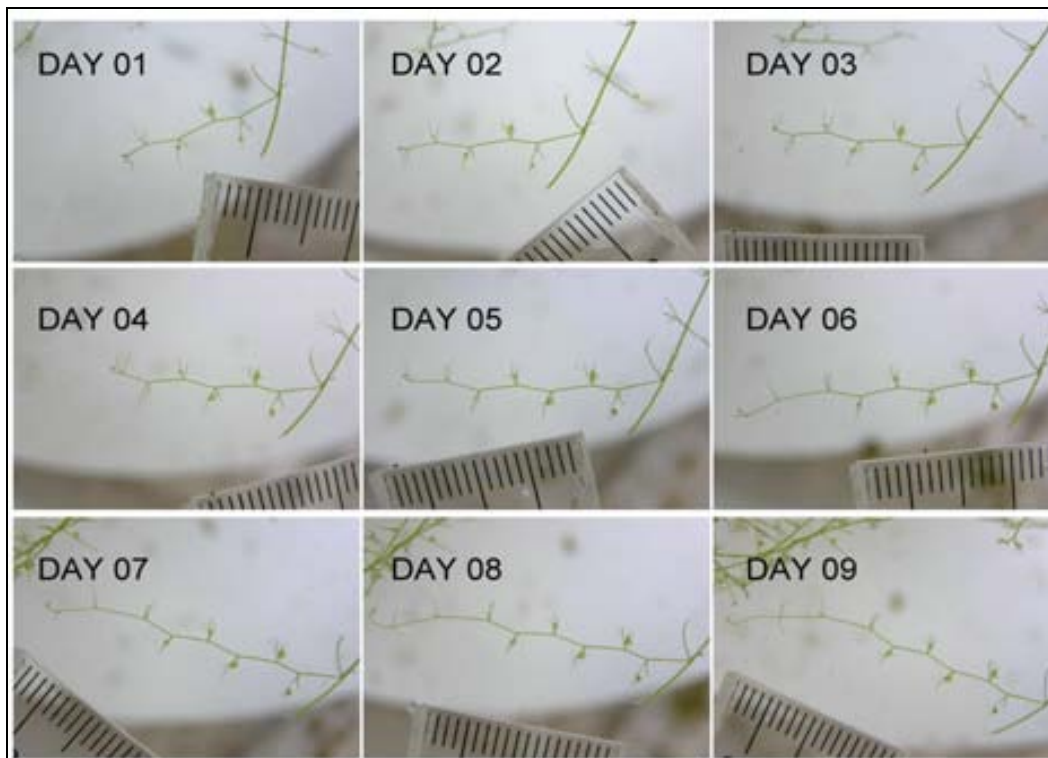


圖 25 絲葉狸藻十天的生長情形

項目 \ 天數	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
第一株莖長度(cm)	18	18.2	19	20.5	25.3	26.6	29.5	29.9	31.5	32
第二株莖長度(cm)	17.8	19.1	21.4	23.7	25.8	26.6	29.4	30.1	31.5	31.8
平均莖長度	17.9	18.7	20.2	22.1	25.6	26.6	29.5	30	31.5	31.9
莖長度日增加率	0%	4%	8%	11%	16%	6%	11%	3%	5%	2%
莖長度增加率	0%	4%	13%	23%	43%	49%	65%	68%	76%	78%

表 1 莖的成長記錄

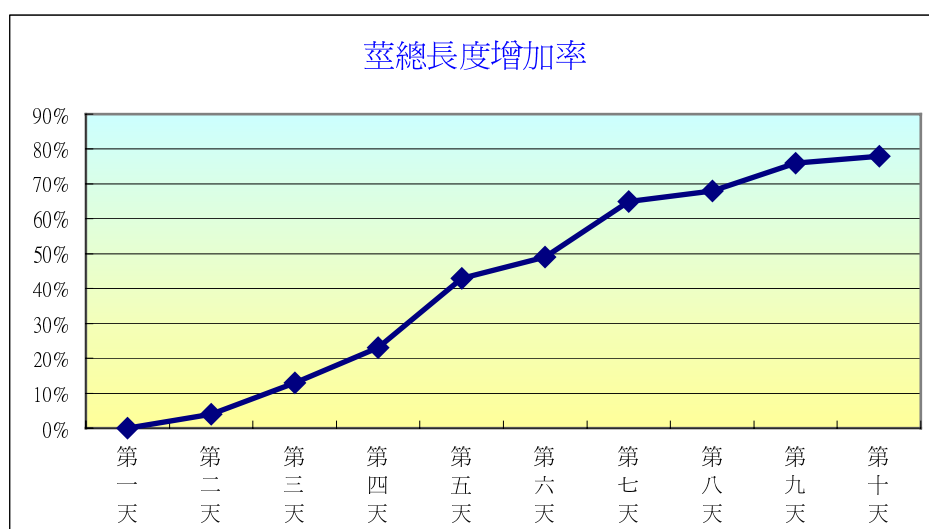


圖 26 莖總長度增加率

(二) 捕蟲囊的發育觀察紀錄

捕蟲囊發育完成約需 10 天(圖 27)。新的捕蟲囊較青翠透明，已捕食小蟲或老化的捕蟲囊，顏色變深，最後脫落(圖 28)。

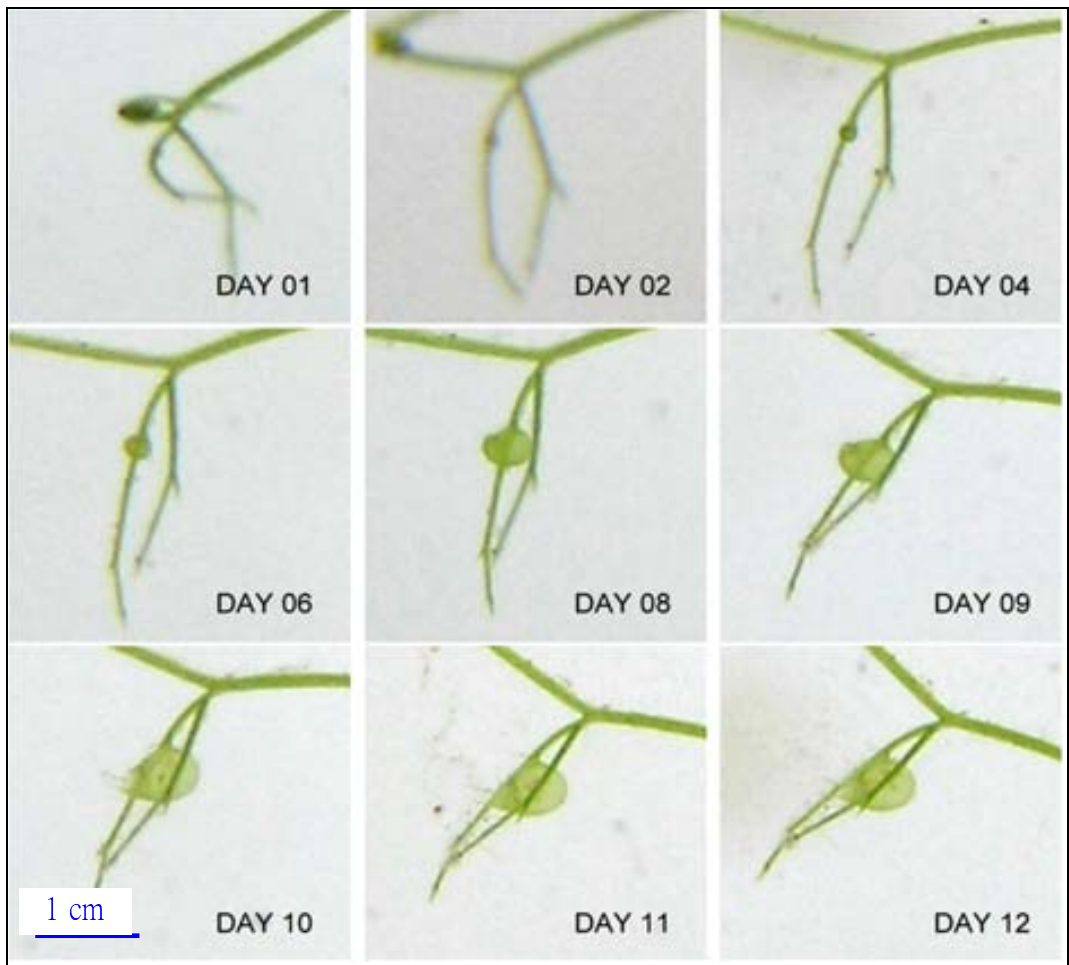


圖 27 捕蟲囊發育過程的形態變化



圖 28 右側成熟的捕蟲囊顏色較深，最後慢慢脫落

四、觀察捕蟲囊的形態與內部構造

將捕蟲囊縱切可看到囊口緣、囊口內部、瓣蓋及觸發毛、捕蟲囊內部及捕蟲囊壁(圖 29-30)。

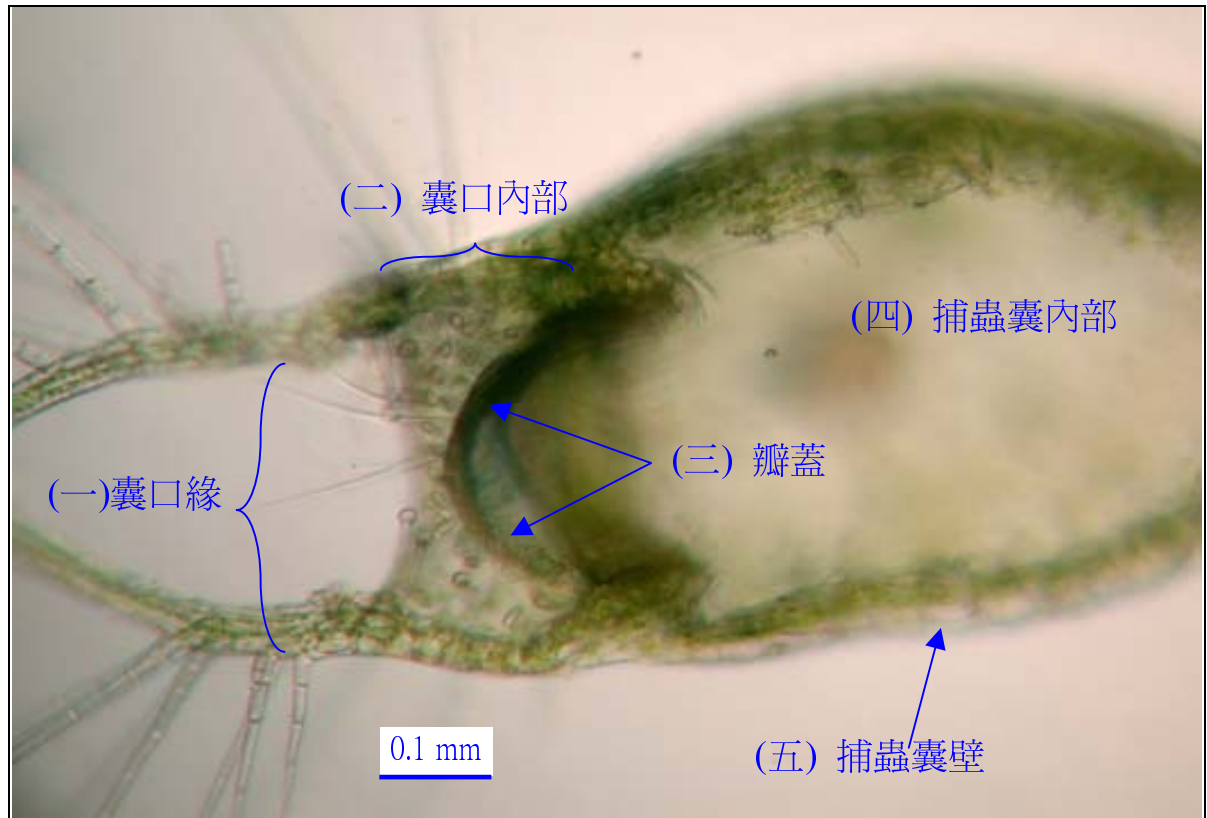


圖 29 捕蟲囊內部結構

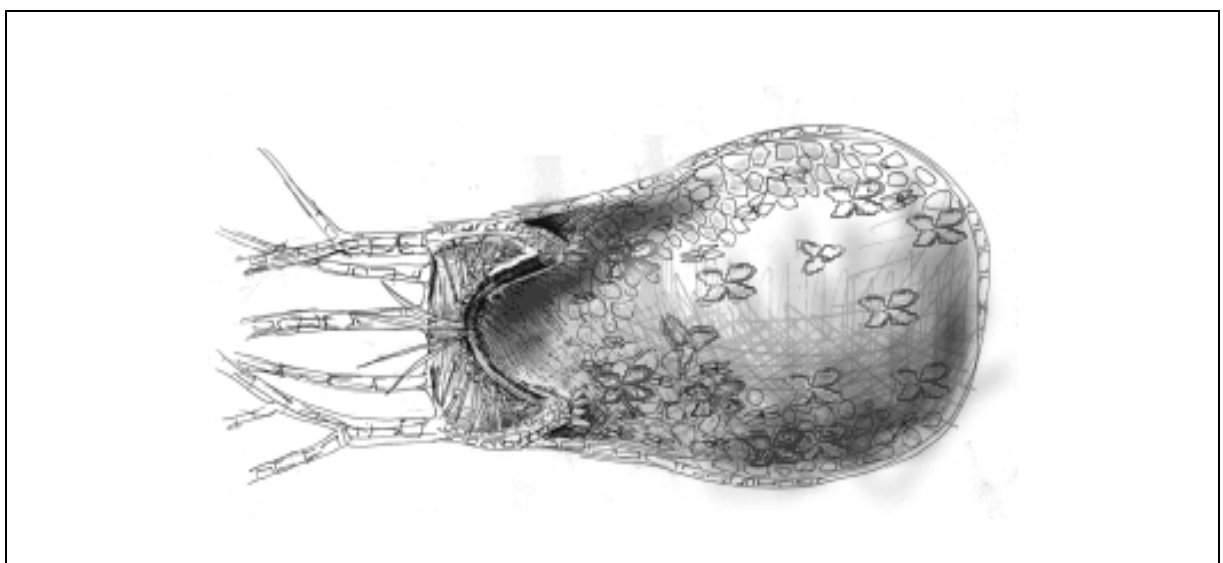


圖 30 手繪捕蟲囊剖面圖

(一) 捕蟲囊囊口：(圖 31)

1. 天線細枝：在囊口邊緣，由捕蟲囊背部延伸而來，如甲蟲類觸角，內含葉綠體，有分枝(圖 32、34)。
2. 一般細枝：位於天線細枝間的透明狀毛，5 支(圖 33、35)，可用來吸引水中生物或阻擋雜物流入囊口。
3. 觸發毛的頂端：囊口緣可見到四支觸發毛的頂端(圖 36)。

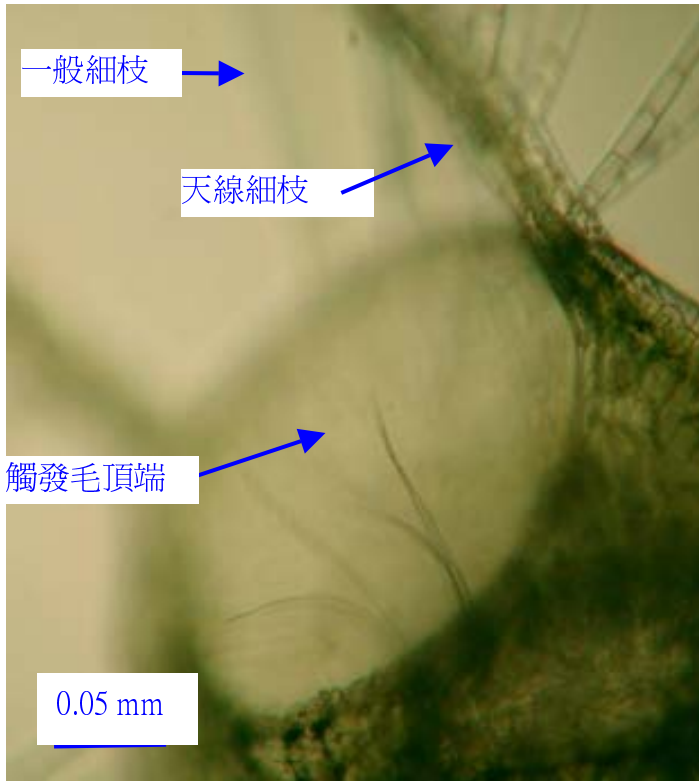


圖 31 捕蟲囊囊口緣

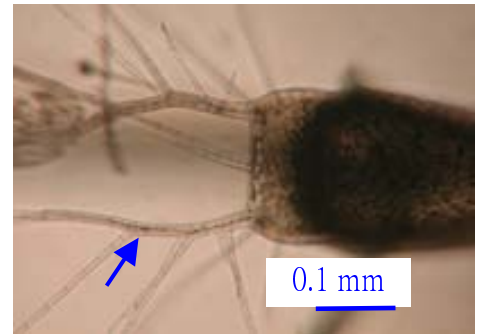


圖 32 天線細枝

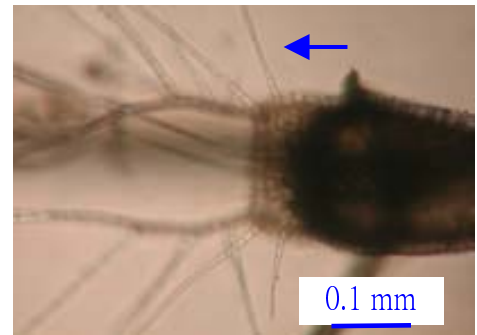


圖 33 一般細枝

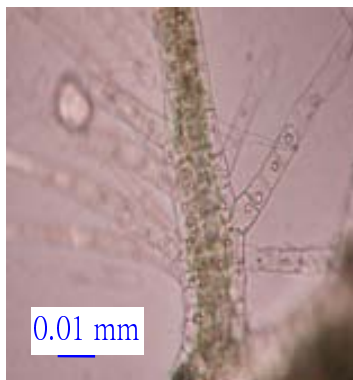


圖 34 天線細枝(放大)

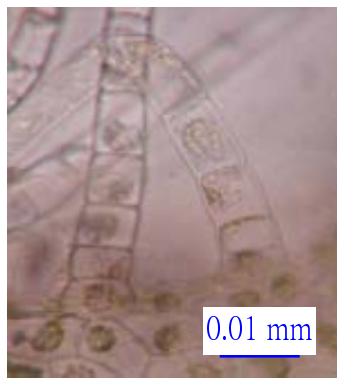


圖 35 一般細枝(放大)

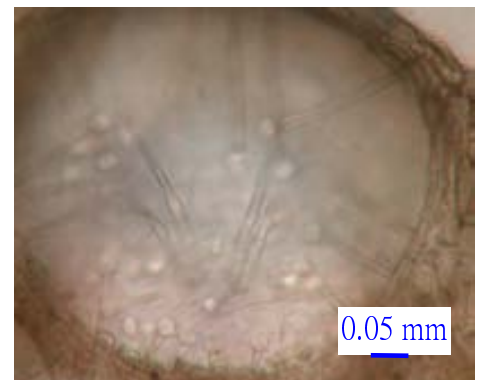


圖 36 觸發毛的頂端

(二) 囊口內部：內壁佈滿腺毛(圖 37)，腺毛具長柄、燈泡狀頭部(圖 38)；越接近瓣蓋，柄越短，頭部呈橢圓形(圖 39、40)。

圖 37 從囊口緣到瓣蓋之間的不同剖面 (1)~(5) 的腺毛

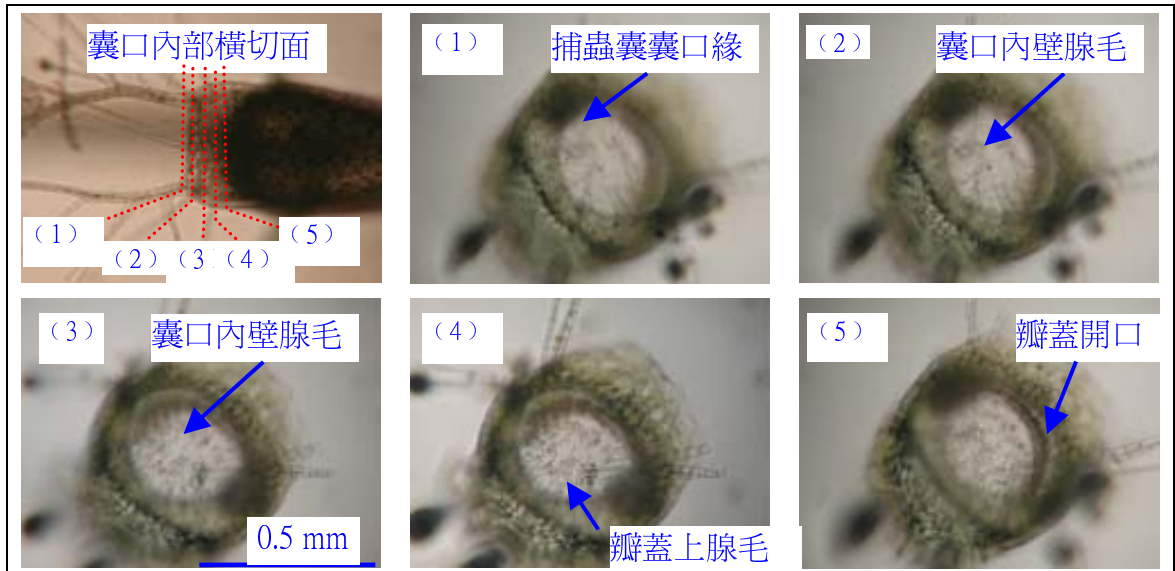


圖 38 長柄燈泡狀的腺毛

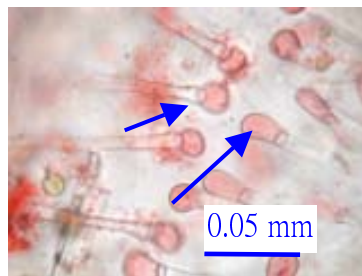


圖 39 燈泡狀及橢圓形頭部的腺毛

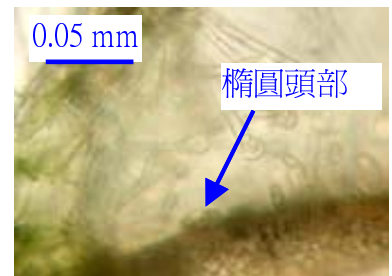


圖 40 橢圓頭部的腺毛

(三) 瓣蓋及觸發毛：瓣蓋為單層細胞(圖 41)，位於囊入口處，其下緣光滑平整與囊的頸部密合，上有四支觸發毛(圖 42)，當觸發毛被碰觸時，瓣蓋即向內打開，且立刻閉合。瓣蓋上有短柄腺毛，邊緣有橢圓形的細胞(圖 43)。

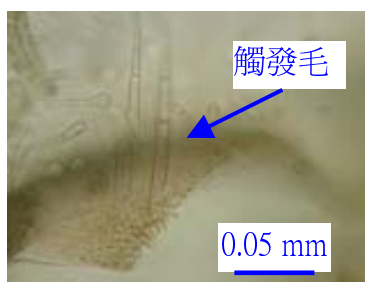


圖 41 單層細胞的瓣蓋

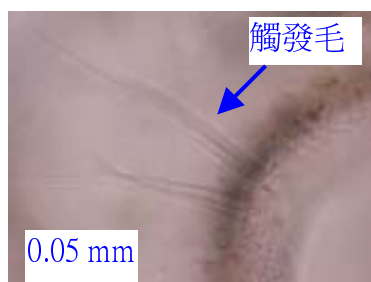


圖 42 瓣蓋上觸發毛

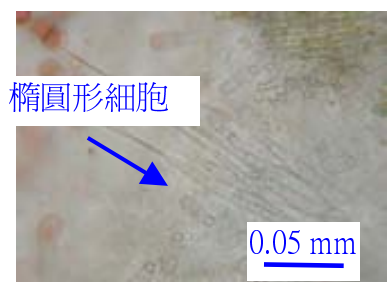


圖 43 瓣蓋上橢圓形細胞

(四) 捕蟲囊內部：

1. 二爪腺毛：分佈在瓣蓋開口下方，可阻擋小生物從此處爬出(圖 44-45)。
2. 三爪腺毛：文獻上無相關資料，可能為四爪腺毛的變異(圖 46-47)。
3. 四爪腺毛：平均分佈在內壁上，長軸與捕蟲囊細胞走向平行。每一長臂略呈三角形，分成兩邊(一邊兩瓣)(圖 48-49)。由四個長臂細胞結合在一短柄上，固定在內壁細胞上(圖 49)。

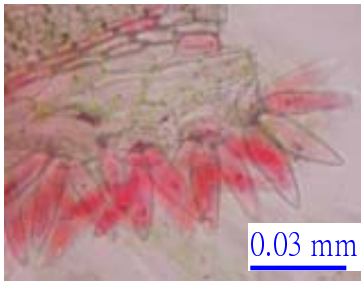


圖44 二爪腺毛(中性紅染色)

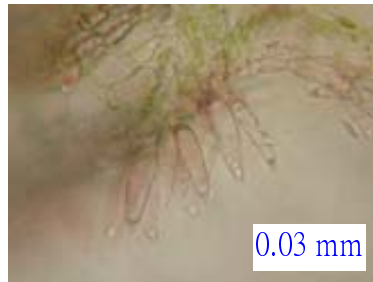


圖 45 二爪腺毛

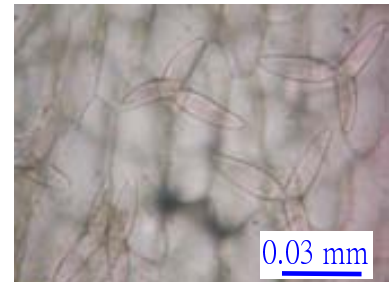


圖 46 內壁三爪及四爪腺毛



圖 47 三爪腺毛

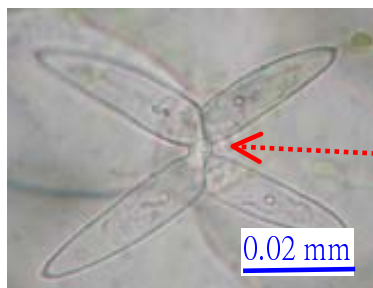


圖 48 四爪腺毛



圖 49 四爪腺毛(有短柄)

(五) 捕蟲囊壁：由二層細胞所構成(圖 50)，外層為扁平多角形，間隙有顆粒狀細胞，臆測為鞏固作用或擔任囊壁內外物質的交通橋樑(圖 51)。內壁細胞較小(圖 52)，上面佈滿了四爪腺毛。

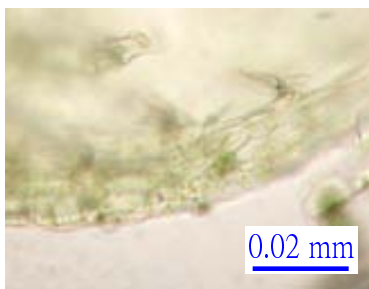


圖 50 捕蟲囊壁

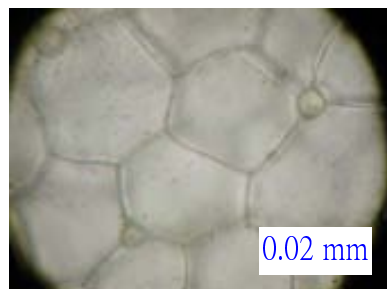


圖 51 捕蟲囊外壁細胞

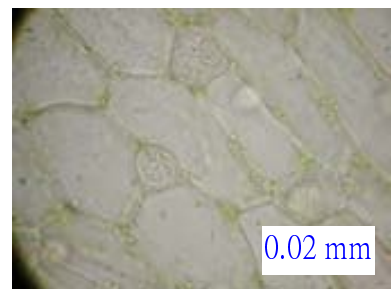


圖 52 捕蟲囊內壁細胞

(六) 捕蟲囊內小生物：捕蟲囊內發現的眼蟲，可在囊內活動長達 7~10 天，且數量愈來愈多，像是把捕蟲囊當作繁殖的家(圖 53-54)。

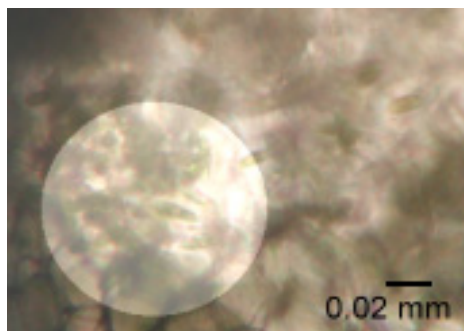


圖 53 囊中眼蟲群落

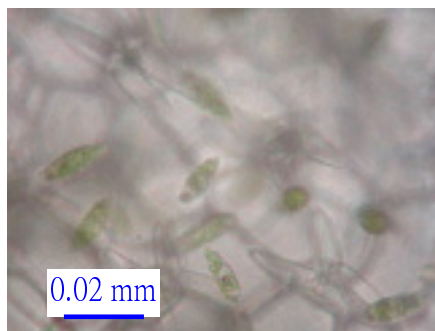


圖 54 囊中的小生物(眼蟲)

五、捕蟲囊捕蟲機制的觀察結果

(一) 靜態觀察

分析不同捕蟲囊收縮前後，根據面積變化估算出他們的體積改變(圖 55-58)。發現捕蟲囊約有 12~25%體積的變化，形成吸入小生物的負壓。

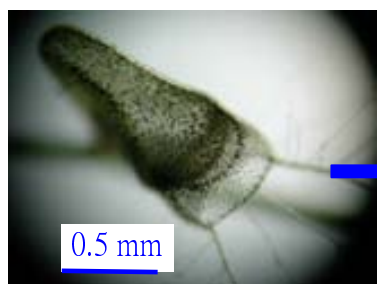


圖55 內凹的捕蟲囊(狩獵期)



圖56 鼓起的捕蟲囊(舒張期)

+25%
體積變化(略估)

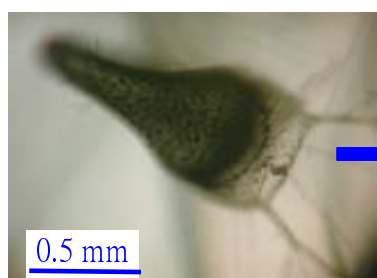


圖57 內凹的捕蟲囊(狩獵期)




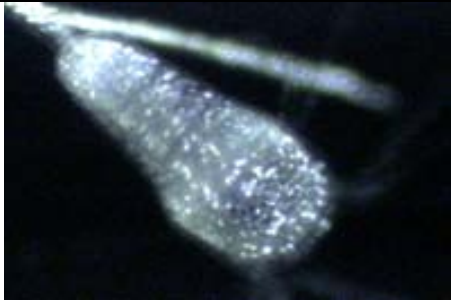
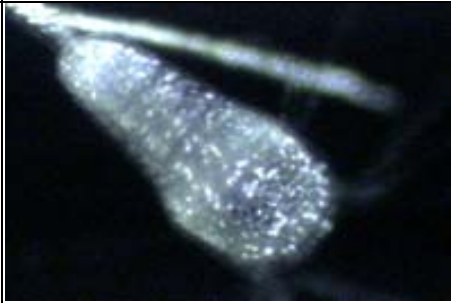
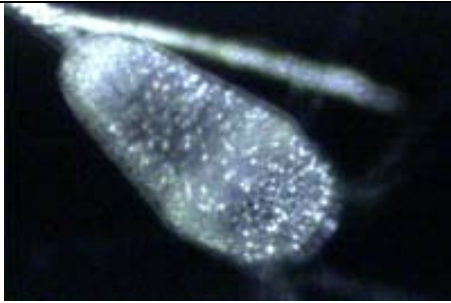
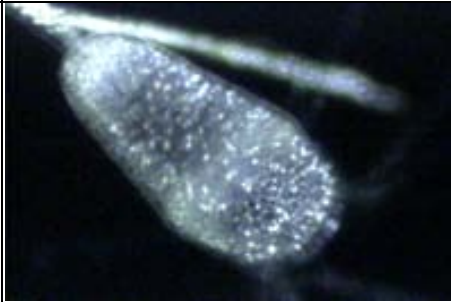

圖58 鼓起的捕蟲囊(舒張期)

+12%
體積變化(略估)

(二) 動態觀察(表 2)

1. 捕蟲囊在捕蟲之前兩側壁是內凹的，保持在負壓狀態。攝錄過程中，拍攝到捕蟲囊瞬間鼓起舒張，顯示水被吸入。全部過程僅在 1/30 秒內，非常迅速。
2. 分析捕蟲囊活動的影像結果如下（詳細影片請見筆記型電腦檔案畫面）：捕蟲囊自發性在 1/30 秒內舒張，45 分鐘後恢復負壓處於狩獵等待狀態，無獵物上鈎時，數小時後再自發性的舒張，依(表 2)三個時期反覆進行。

表 2 捕蟲囊收縮及舒張的外形變化及所需時間

狩獵期		<p>時間 維持數 小時</p> <p>↔</p>	
兩側壁內凹，等待小生物靠近			
瞬間舒張期		<p>1/30 秒內</p> <p>→</p>	
內縮→膨脹，瓣蓋開啓又關閉，將水吸入			
復原期		<p>30~50 分鐘內</p> <p>→</p>	
膨脹→內縮，恢復負壓，兩側壁內凹			

3. 推測小生物被吸入的手繪流程圖(圖 59)。

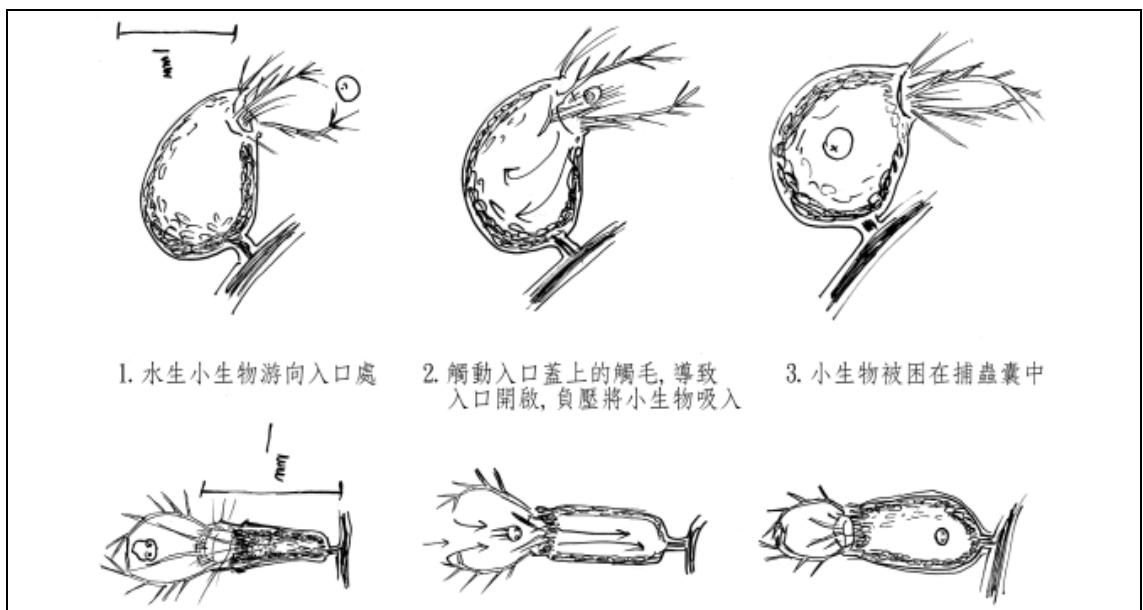


圖 59 捕蟲囊捕捉生物的手繪流程圖 (上)側面 (下)俯視

六、探討捕蟲囊中四爪腺毛的排水及消化吸收功能

【想法】：我們嘗試觸發捕蟲囊吸入各種有色溶液，觀察囊內液體及四爪腺毛的變化，來求證捕蟲囊的排水及消化吸收功能。

(一) 四爪腺毛排水功能的探討：以美術用綠色墨水為例

1. 捕蟲囊經三次人為吸入綠色墨水後，囊內顏色愈來愈深(圖 60-62)。顯示囊內墨水濃度越來越高，顏色也愈深。

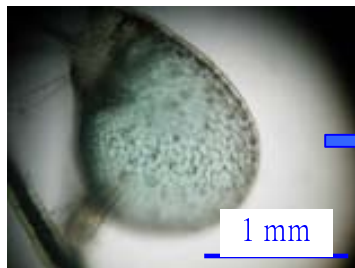


圖 60 第一次吸入墨水後

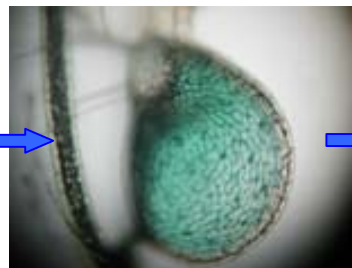


圖 61 第二次吸入墨水後

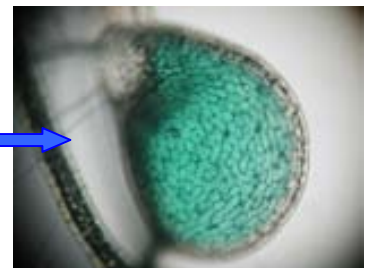


圖 62 第三次吸入墨水後

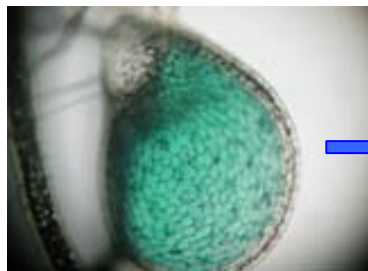


圖 63 吸入三次墨水後 24 小時

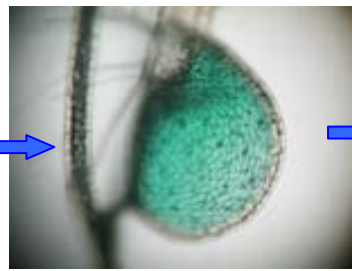


圖 64 48 小時後

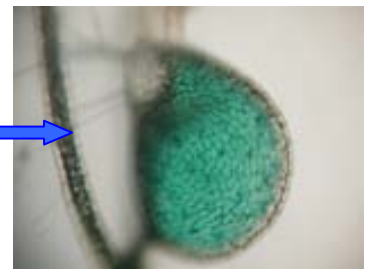


圖 65 72 小時後

2. 靜置一～三天，囊內的顏色持續存在(圖 63-65)，四天後捕蟲囊內的顏色依然存在，但是狸藻的莖及葉都變得較蒼白，且易斷落，顯示綠色墨水會對狸藻產生傷害。
3. 藉由捕蟲囊的舒張與收縮，可推論出大分子的色素殘留在囊內，水則被排出囊外，間接證明了它有排水功能。

(二) 四爪腺毛消化吸收機能探討：以特級紅色 6 號食用色料及紅、藍食用色素為例

1. 捕蟲囊在吸入不同的色素後，其共同的現象是：囊內充滿有色液體(圖 66、69、72)。之後，顏色逐漸變淡(圖 67-68，70-71，73-74)，在 72 小時後則全部消失。此囊內色素變淡的過程中，在顯微鏡下可觀察到四爪腺毛仍充滿色素，與美術用綠色墨水的實驗結果不同。

(1) 捕蟲囊吸入特級紅色 6 號食用色料的連續變化(囊內色素變淡，四爪腺毛趨明顯)

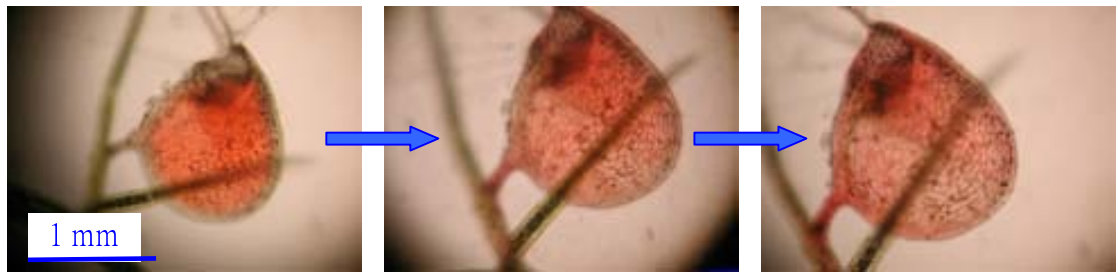


圖 66 吸入紅色食用色素

圖 67 24 小時後

圖 68 48 小時後

(2) 捕蟲囊吸入紅色食用色素的連續變化(囊內色素變淡，四爪腺毛趨明顯)

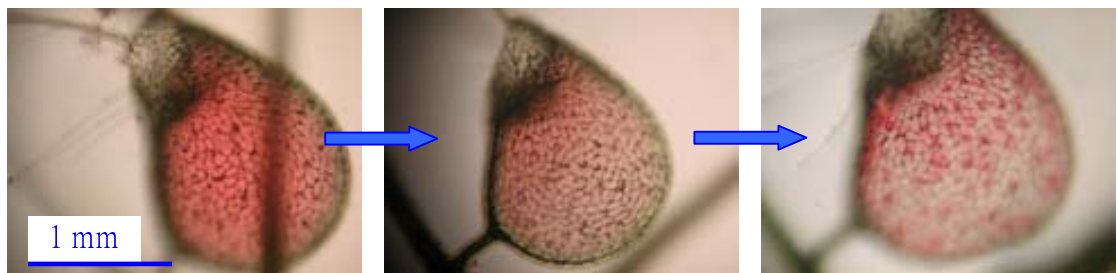


圖 69 吸入紅色食用色素

圖 70 24 小時後

圖 71 48 小時後

(3) 捕蟲囊吸入藍色食用色素的連續變化(囊內色素變淡，四爪腺毛趨明顯)

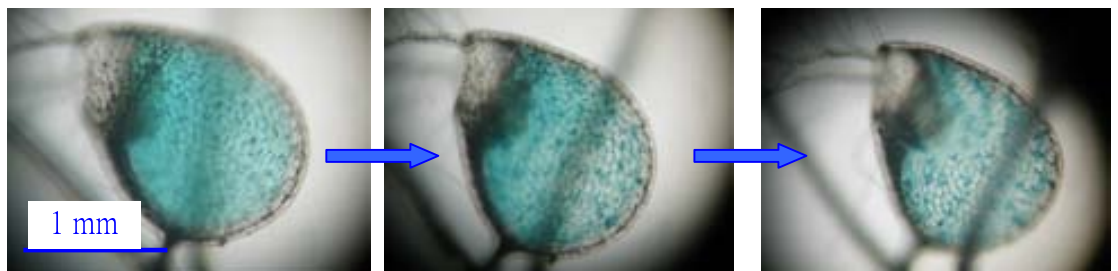


圖 72 吸入藍色食用色素

圖 73 24 小時後

圖 74 48 小時後

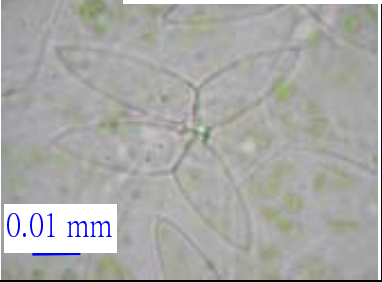





2. 捕蟲囊經人為的吸入色素後靜置

(1) 在 8 小時後切開，觀察囊內細胞及四爪腺毛均無明顯變化。

(2) 在 24 小時後切開，觀察到四爪腺毛的細胞質被染色，但幾分鐘後快速消失。

(3) 在 48 小時後囊內液體顏色變淡，切開後觀察到四爪腺毛充滿色素，但是囊內的其他細胞則未被染色(表 3)。

表 3 捕蟲囊內四爪腺毛的細胞質色素變化

結果 時間	囊內 液體	囊內四爪腺毛細胞質	
		紅色食用色素	藍色食用色素
8 小時	有色素		
		無色素	
24 小時	有色素		
		有色素，但數分鐘內消失不見	
48 小時	有色素		
		充滿有色的液體，慢慢次序性消失	

3. 持續觀察，四爪腺毛內的色素在數分鐘內向細胞中間聚縮成團，顏色也逐漸加深，之後慢慢膨脹且顏色變淡，最後色素全部消失，全部過程約 2 小時(圖 75-76)。

(1) 細胞質內液胞的紅色食用色素消失過程(圖片依序是由左至右，由上至下)

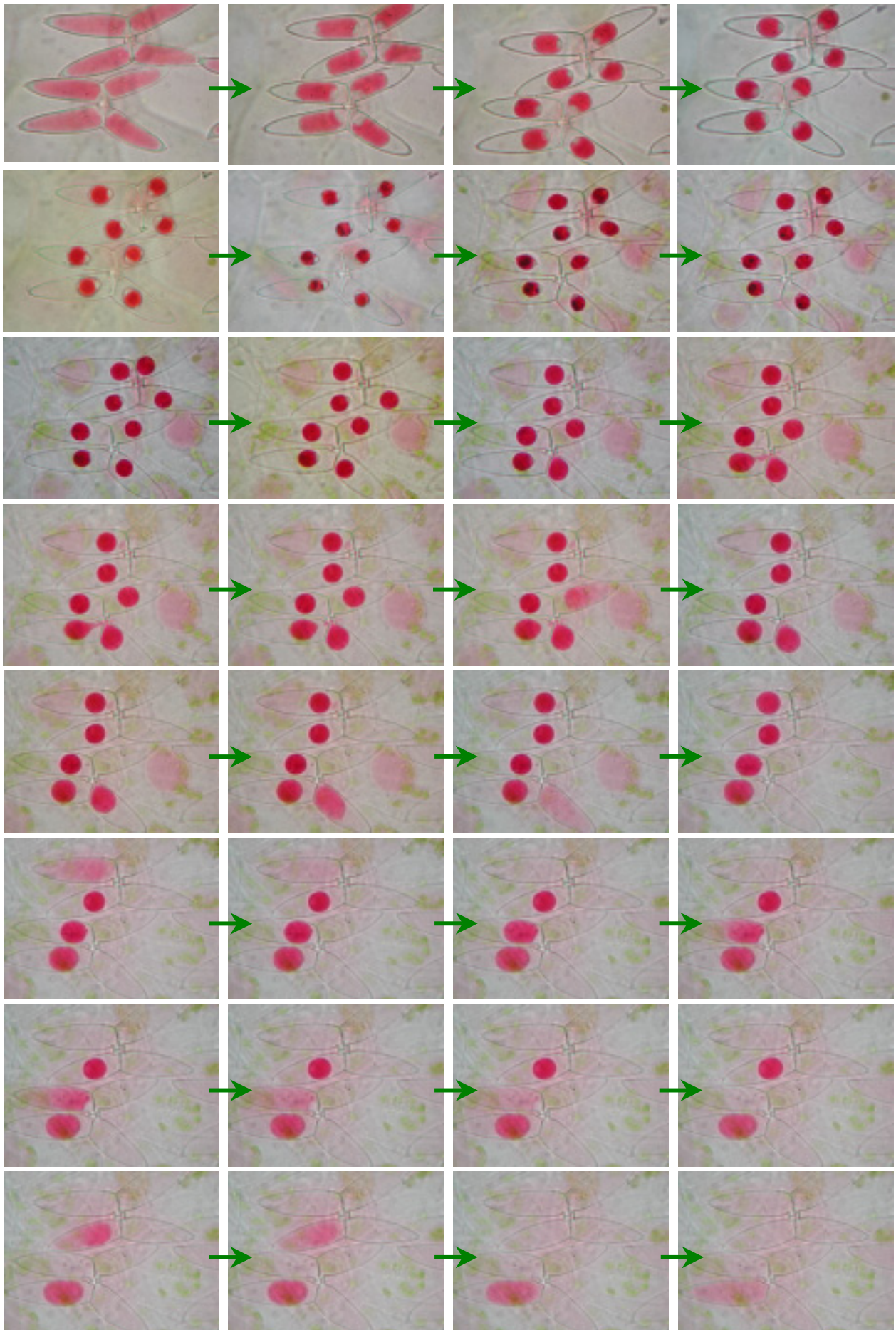


圖 75 囊內的四爪腺毛中細胞質充滿紅色食用色素，從內縮到消失的過程

(2) 細胞質內液胞的藍色食用色素消失過程(圖片依序是由左至右，由上至下)

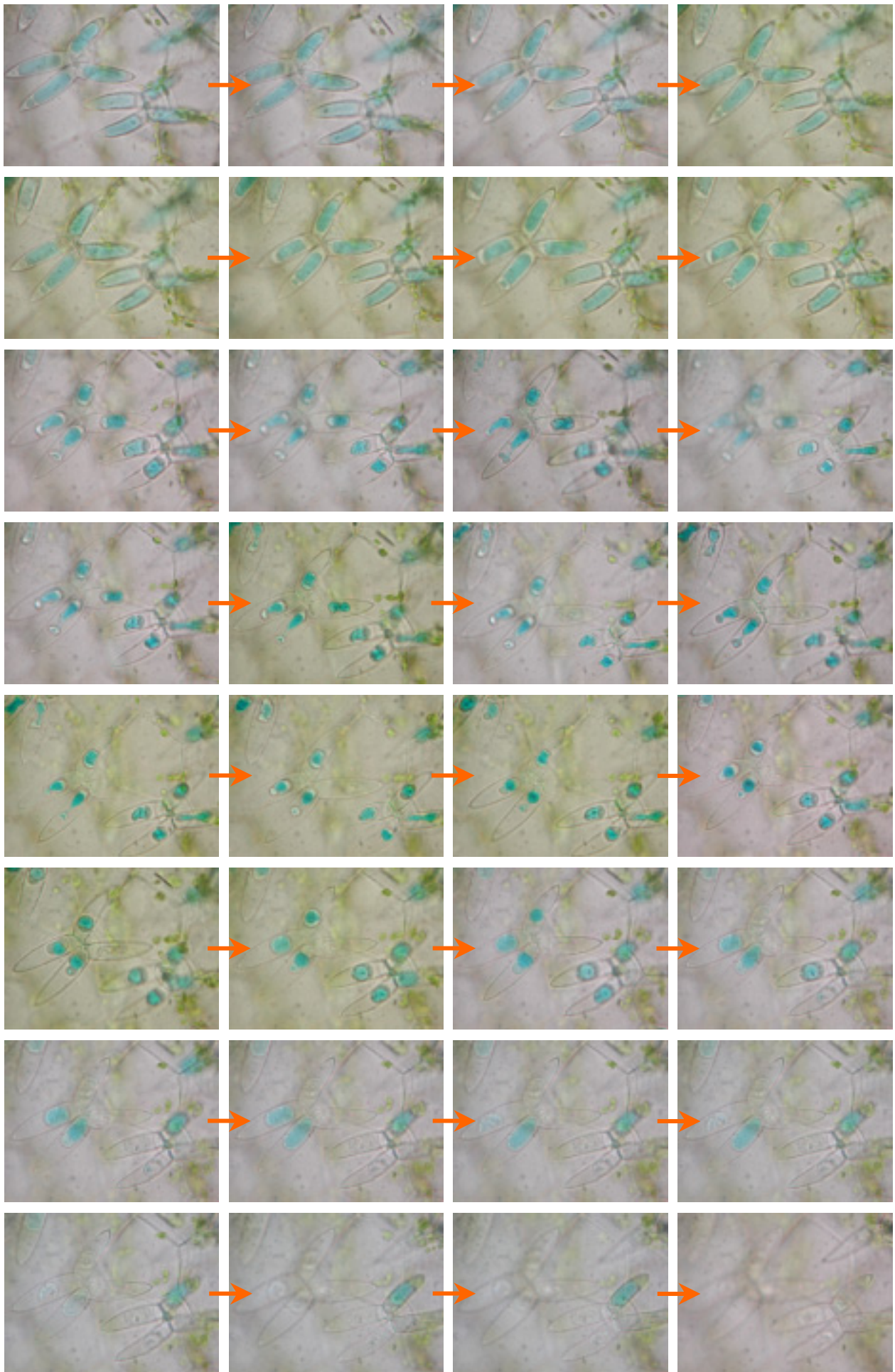


圖 76 囊內的四爪腺毛中細胞質充滿藍色食用色素，從內縮到消失的過程

4. 同一個捕蟲囊中四爪腺毛內的四個液胞，色素在不同的時間消失，似乎都有次序性的變化。

細胞質內充滿紅色食用色素液胞消失的順序是：

A1→**A2**→**B1**→**B2**→**A3**→**B3**→**A4**→**B4** (圖 77)

藍色食用色素的液胞，消失的順序則是：

C2→**D2**→**C1**→**D4**→**D3**→**C3**→**C4**→**D1** (圖 78)

是否這代表某些意義或另有神秘機制，需再經實驗查證。

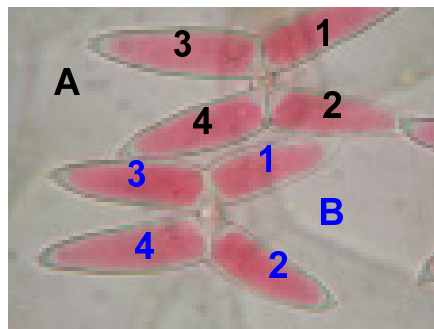


圖 77 細胞質內紅色色素
消失圖示



圖 78 細胞質內藍色色素
消失圖示

陸、討論

一、目前台灣絲葉狸藻的生長環境

- (一) 我們觀察成大生物館及屏東麟洛生態園區的狸藻生長環境，發現它們的共同點如下：(1)有充足的陽光日照、(2)其他魚類及水生植物共同生活、(3)水質清澈未受污染，因此我們認為，狸藻可以作為一個穩定健康生態環境的指標。
- (二) 臺灣的狸藻數量及種類正逐漸減少中，我們找遍了大高雄地區，均不見狸藻的蹤跡。學者曾做過調查，只剩 7 種。狸藻則是唯一的水中食蟲植物，不論在生態環境、或生物學上均有重要的意義。希望經由本次的研究探討，能喚起大眾對狸藻的注意，而加以珍惜及保育。

二、絲葉狸藻各部位的形態觀察

- (一) 比對其它狸藻類，發現只有絲葉狸藻有捲曲的前端。因此在分辨絲葉狸藻時，捲曲前端是其重要特徵。
- (二) 狸藻的外型易受環境影響，移植於學校與家裡培養箱的狸藻，九個月後，莖變細且長如髮絲一般；葉也變細變少、間距變長；捕蟲囊變小，數目也減少。顯見生存環境因空間、養分、代謝廢物的累積，會造成族群及外型的變化。再經過一個月，發現狸藻群中有細絲狀的藻類存在，整簇的狸藻堆中產生氣泡，導致狸藻變黃易斷，甚至死亡。
- (三) 花梗下莖的分枝處，捕蟲囊數量最多、體型也最大。據此推測植物開花需要更多的養分，而捕蟲囊的增加可以達到這個目的。

三、捕蟲囊的形態與內部構造

查閱文獻均未提到三爪腺毛，它單純是一種突變嗎？或是台灣絲葉狸藻獨有的特徵？在分類或命名上是否有特殊意義？有待進一步去查證。

四、捕蟲囊的捕蟲機制

- (一) 捕蟲囊漂浮在水中，不易捕捉到其兩側凹陷的畫面，我們經過長時期不斷的努力嘗試才得以克服困難，拍攝到精彩的畫面。
- (二) 經過長期的錄影觀察，原先期待可以觀察小蟲子被吸入的實景，卻一直都沒發

現。雖然曾懷疑顯微鏡的光源是否太熱或太亮，而改用冷光源，但還是未突破。卻意外發現捕蟲囊會自行舒張後再恢復負壓，這一點是狸藻與其它捕蟲植物不同之處。

(三) 如何觸發捕蟲囊吸入食用色素，是一項挑戰。我們曾利用各種材質試圖刺激觸發毛，但總是撥弄到一旁的側枝。最後，我們自製了一支以頭髮綁在竹籤上的探針，最能準確的刺激觸發毛，效果最好。

(四) 目前的文獻對捕蟲囊捕食前後體積及壓力的變化均未提到，我們以實際的例子描繪出捕蟲囊從收縮到舒張約有 12~25%的體積變化，形成囊內負壓來吸入水中生物。

(五) 整個捕蟲機制是捕蟲囊處於收縮狀態等待生物靠近，一旦生物觸動到瓣蓋上的觸發毛，瓣蓋立刻向內打開，因囊內負壓將生物吸入，瓣蓋隨即關閉，在 1/30 秒內完成捕蟲過程。

五、探討捕蟲囊中四爪腺毛的排水及消化吸收功能

(一) 在充滿食用色素的培養皿中操作，不易確定捕蟲囊是否吸入染料，但熟悉之後還是可以辨別出色素湧入囊內。

(二) 捕蟲囊由舒張到收縮，文獻資料認為是四爪腺毛將囊內的水排出囊外。在實驗中發現到：較大分子的色素不被排出，使得囊內的液體顏色逐漸加深，可證明排水功能的有趣現象。

(三) 曾有學者利用酵素螢光染色法，證明四爪腺毛中磷酸酵素的成份，這也說明了四爪腺毛的消化作用。在實驗室中如何以簡單的方法證明呢？經過多次嘗試，試圖以其他染料來進行實驗，發現一般染色用的染劑，均會對植物細胞產生傷害而無法繼續實驗，最後以食用色素才有突破的進展，進一步更觀察到四爪腺毛細胞質液胞，吸收消化色素的現象。

柒、結論

經過將近一年不斷的努力探索，以下是我們的研究結果

- 一、狸藻的英文俗名是 Bladderworts，意即「有囊袋的草」，無根，為一長莖，漂浮於水面，生長速率約 1.56 /day，前端捲曲狀為其特徵。葉極短，互生，從莖部分裂成 V 型狀的羽狀複葉。捕蟲囊分佈在莖兩側的葉上，發育完成約需 10 天，可捕食水中小生物，葉綠體可行光合作用。通常在夏季開黃色花，花梗細長直立，高於水面，無味，開花期可持續 3 天，上下花瓣像小貝殼，中間突起為子房。目前台灣的狸藻數目及種類已逐漸減少消失中，狸藻是很好的水中食蟲植物教材，因此保育工作刻不容緩。
- 二、捕蟲囊的結構分為：
 - (一) 囊口緣：緣上的細枝可阻止雜物或較大生物堵住囊口，又可提供小生物躲藏及覓食。
 - (二) 囊口：內側腺毛具長柄、燈泡狀的頭，向中間及瓣蓋入口生長，類似古時候有倒鉤的捕魚器具「魚筌」，小生物一旦游進去不易游出，進一步導引其碰觸瓣蓋上的觸發毛而被吸入囊內。愈往內部柄愈短，頭部略呈橢圓形。
 - (三) 瓣蓋及觸發毛：為進入捕蟲囊的門，只能向內開，上面有四根觸發毛及較短柄的腺毛；瓣蓋的開啓是由觸發毛所控制。
 - (四) 囊壁：含葉綠體，由二層細胞所構成，外層為扁平多角形，內壁細胞較小，佈滿各種腺毛。
 1. 二爪腺毛：接近瓣蓋口，能防止小生物游向開口脫逃。
 2. 四爪腺毛(部份有三爪腺毛)：充滿於內部，具吸收消化及排水功能。
- 三、捕蟲囊長期是以兩側內凹狀態等待獵物。捕捉過程瞬間舒張完成(1/30 秒內)，30~50 分後再度呈內凹狀態。約數小時後，即使沒有捕到水中生物也會有自發性舒張。這種自發性舒張解除囊內壓力，不同於其他食蟲植物。之後，四爪腺毛將囊內的水排出，兩側內凹，蓄勢待發，準備再一次的捕蟲任務。
- 四、捕蟲囊經三次人為吸入綠色墨水後，囊內液體顏色愈來愈深，顯示四爪腺毛能將水排出囊外，而將大分子的色素留在囊內。
- 五、吸入食用色素 48 小時後的捕蟲囊經剖開後，可觀察到四爪腺毛的細胞質充滿色素，細胞質內液胞很快聚縮成團，再慢慢膨脹，最後變淡消失。顯示四爪腺毛對食用色素產生吸收與消化作用。

捌、未來展望

- 一、狸藻的捕蟲囊如何吸引小生物靠近？如何從生物中擷取營養？囊內的小生物如何和狸藻和平相處？狸藻為何能在 1/30 秒內完成捕蟲的整個過程？是否有某種訊息的傳導，造成捕蟲囊的舒張及收縮？像我們的肌肉嗎？
- 二、近一年的實驗中，試圖去探討含氮化合物對狸藻的營養需求有何影響，曾使用各種銨鹽水溶液培養狸藻，始終得不到一個完善的結論，可預期狸藻的營養需求是複雜的。期望未來能尋求好的培養方法，探索狸藻的營養需求。
- 三、如何改良實驗方法，實際拍攝到捕捉生物的畫面，是我們未來努力的方向。

玖、參考資料

- 一、國中自然與生活科技 第一冊 第四章 第五節常見的植物 p82~87，附錄一 淡水中常見的小生物 p155~157 南一書局
- 二、林春吉 台灣水生植物(1) 初版 臺北市 田野影像出版社 p188~p194 2002
- 三、楊遠波 台灣維管束植物簡誌 第四卷 狸藻科 台北 行政院農業委員會 p193~p194 1999
- 四、邱少婷 吃葷的植物 國立自然科學博物館
<http://www.nmns.edu.tw/New/PubLib/NewsLetter/141/07.htm>
- 五、台灣有產哪些食蟲植物？食蟲植物記
http://www.cp-essay.com/faq/faq_document/faq_023/faq_023.htm
- 六、許再文 台灣的肉食植物 行政院農業委員會特有生物研究保育中心
http://www.ht.org.tw/htb/40/htb40_13.htm
- 七、國立彰化師範大學生物學系 食蟲植物
<http://www.bio.ncue.edu.tw/~88110740/teach/lung1/1-17.htm>
- 八、Utricularia gibba。Humped Bladderwort
<http://www.rook.org/earl/bwca/nature/aquatics/utriculariagib.html>
- 九、Darwin, CHAPTER XVII。UTRICULARIA。Insectivorous plants. New York, D. Appleton & Co., 1875。From The writings of Charles Darwin on the web by John van Wyhe Ph.D.)
<http://pages.britishlibrary.net/charles.darwin3/insectivorous/insect17.htm>
- 十、Yi-Shan Chao。A Taxonomic Study on Lentibulariaceae of Taiwan。
http://etd.lib.nsysu.edu.tw/ETD-db/ETD-search/view_etd?URN=etd-0128104-235544
- 十一、Dagmara Sirová, Lubomír Adamec and Jaroslav Vrba。Enzymatic activities in traps of four aquatic species of the carnivorous genus Utricularia。New Phytologist (2003) 159: 669–675
www.newphytologist.com
- 十二、Makoto Honda。Insectivorous Plants in the Wilderness。
<http://www.honda-e.com/TitlePages/T-0Introduction.htm>

拾、其他

實驗過程及使用器材圖片



狸藻的繁殖及培育



拍攝狸藻生長情形



利用解剖顯微鏡觀察狸藻



狸藻的生長情形對照



利用工具測量狸藻生長



用複式照相顯微鏡觀察狸藻



利用數位相機拍攝狸藻



利用攝影機拍攝捕蟲囊活動

評語

030310 國中組生物科 第一名

台灣本土水生食蟲植物—絲葉狸藻的囊裡乾坤

創意性高，實驗設計完整，有新發現可繼續深入研究。