

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生物科

佳作

030315

「鬚」換成林

—榕樹氣生根形態構造及功能之探究

學校名稱：臺中市立至善國民中學

作者： 國二 李照宇 國二 施品存 國二 鍾宜婷	指導老師： 蔡芳婷
---	------------------

關鍵詞：白榕、氣生根、維管束

摘要

本研究詳細觀察榕樹氣生根不同環境下外部形態及內部構造變化、進一步測量不同部位吸水量，最後並探討濕度對氣生根生長的影響。研究發現氣生根下端新生部分呈黃白色，根尖具有根冠保護，溼度高時亦可長出根毛。往上表層漸木質化呈細長深褐色，接觸、斷裂、分支可使其增粗呈灰白色，型態已極似莖。氣生根木質部具 6~8 個輻射角，但中央一直具有髓，其與皮層、中柱內等薄壁細胞常含有葉綠體，明顯與多數雙子葉植物根中央為木質部有所不同。氣生根吸水主要供應本身生長，平均每週相對吸水量下段(0~5cm)約為 0.125ml、上段(20~25cm)為 0.104ml。在較高的相對溼度 (>95%) 下，會誘導氣生根長出根毛並加速伸長，每週可伸長達 1.58cm。

壹、研究動機

在校園籃球場旁有一排榕樹,打完球在樹下總會感到格外陰涼。那一條條像鬚鬚的構造，老師說是氣生根，會吸收空氣中水分。看那乾扁枯槁的樣子，真的會吸水嗎？那吸水速率又有多快呢？這長鬚飄飄的模樣,得長多久呢？我們決定一探究竟！

貳、研究目的

查閱文獻及植物分類圖鑑得知，我們研究的榕樹屬於桑科榕屬中的白榕，亦稱垂榕，學名為 *Ficus benjamina* (文獻一)；莖上長出的氣生根屬於不定根，會吸收空氣中的水分；氣生根若深入土裡，變粗可形成支柱根，甚至有單樹成林的現象(文獻二)。從一般的學術論文中對氣生根的研究多半集中於建築硬體、行道地磚的破壞(文獻五)，較少針對榕樹氣生根的型態構造及功能做進一步深入的探討，我們查到唯一相關的文章是第四十四屆全國科展高中組作品「樹鬚變身-環境刺激對榕樹氣根生長發育形態發生的影響探討」(文獻三)，其內容主要提到「氣生根的內部構造上段像莖，下段像根」，並針對生長激素與土壤介質顆粒大小探討對氣生根發芽率的影響。文中並未針對氣生根的功能做進一步探討；其構造與功能間關聯又是如何？亦未與榕樹的地下根，及莖上枝條作結構上的差異比較。因此，我們進一步提出了幾點問題：氣生根在不同環境生長過程中，其外部型態有何差異？氣生根由根尖往上一連串的內部結構到底如何變化；它不同部位都能吸水？吸水速率為何？空氣中的濕度是否影響它的生長？它的生長速率為何？希望藉此建立榕樹氣生根生長的基本數據。據此，我們列出下列四點研究目的：

- 一、觀察氣生根的外部型態
- 二、測量氣生根不同部位的吸水速率
- 三、探討氣生根不同部位內部構造之差異
- 四、探討不同溼度對氣生根生長速率之影響

參、研究設備及器材



圖一 研究相關器材圖示

上左:切片機及刀片

上右:溫溼度計

中左: Dino Light 手持式顯微測量照相器

中右:塑膠滴管、1ml 針筒、三路活塞

下左:照像顯微鏡

肆、研究方法、結果及討論

一、觀察氣生根的外部型態

(一)研究方法

- 1.我們針對校園籃球場旁一排榕樹每天中午時間做長期持續的定時定點的觀察，例假日則到社區及植物園內尋找榕樹，仔細觀察記錄榕樹氣生根在不同的環境、氣候下其外部型態及生長狀況之變化。
- 2.取一些氣生根，放在有刻度的墊板上，用顯微測量照像器(Dino Lite)更進一步檢視其細部形態特徵及變化。

(二)結果及討論



A 社區榕樹氣生根茂盛



B 植物園白榕氣生根接觸土壤



C 氣生根觸地而增粗



D 氣生根增粗後亦呈灰白色極似莖



E 雨後貼在樹幹上的氣生根生長更快



F 貼在樹幹上長粗的氣生根



1. 大多數臨空垂下的氣生根呈細長枯瘦的鬚狀型態，近深褐色(如圖二 A)；尖端若有新長出的幼根呈淡黃色，根冠則呈咖啡色，此型態與一般的根相同(如圖二 I、J)。
2. 緊貼樹幹的氣生根可能因接觸故較易吸水，生長較快，下段淡黃色部分較長(可達一、二十公分)；一旦深入土裡變粗，即形成貼著樹幹凸起的狀況；相較於懸空呈細長鬚狀的氣生根，看起來較像莖(如圖二 E、F)。
3. 氣生根若斷裂或其他原因，就有可能會長出分枝(如圖二 G)，殘留的原枝似乎生長得較快，增粗老化後亦較像莖。分枝後較粗的氣生根，有可能會再分枝，形成一氣生根分出很多根氣生根的情況(如圖二 H)。

二、測量氣生根不同部位的吸水速率

綜合研究一的觀察，不同的生長環境刺激，極可能促使氣生根長成不同的形態，其中佔最大多數的，主要仍為長鬚狀的氣生根；其大部分木質化的部位能否吸水？尖端幼根部位(圖二 I)又能吸多少水？吸水速率為何？在我們蒐集文獻的過程中一直未能找到相關的基本數據。

(一)研究方法

- 1.至校園尋找持續生長的氣生根共 5 根，其中 5 根從根尖往上二十公分處,用簽字筆標示,將 1ml 針筒尖端剪掉後套入氣生根至畫記處，用保鮮膜和三秒膠封住針筒底部。
- 2.加入紅墨水至 0.8ml 刻度後，再用保鮮膜和三秒膠封住針筒上端，測得浸潤於紅墨水的部分為 20~25cm 區段，此為上段。
- 3.將上述氣生根的根尖放入 1ml 針筒至 0.2ml 刻度處，並將針筒底部裝上三路活塞後，注入紅墨水至 1ml 刻度處，再用保鮮膜和三秒膠封住針筒上端，測得浸潤於紅墨水的部分為 0~5cm 區段，此為下段。
- 4.剩餘 1 根，同上裝置，但不加入紅墨水作為對照組。
- 5.每天中午記錄紅墨水剩餘量並拍照，共計 14 天。



圖三 氣生根不同部位的吸水速率實驗裝置。
(每根氣生根皆裝置 2 支含紅墨水針筒，分為上段及下段，共 5 組)

上段對照組	上段實驗組	下段對照組	下段實驗組	
				<p>保鮮膜</p> <p>氣生根</p> <p>1ml 針筒</p> <p>紅墨水</p> <p>三路活塞</p>

圖四 吸水速率實驗，分為氣生根下段(根尖 0~5cm)及上段(20~25cm)兩部位

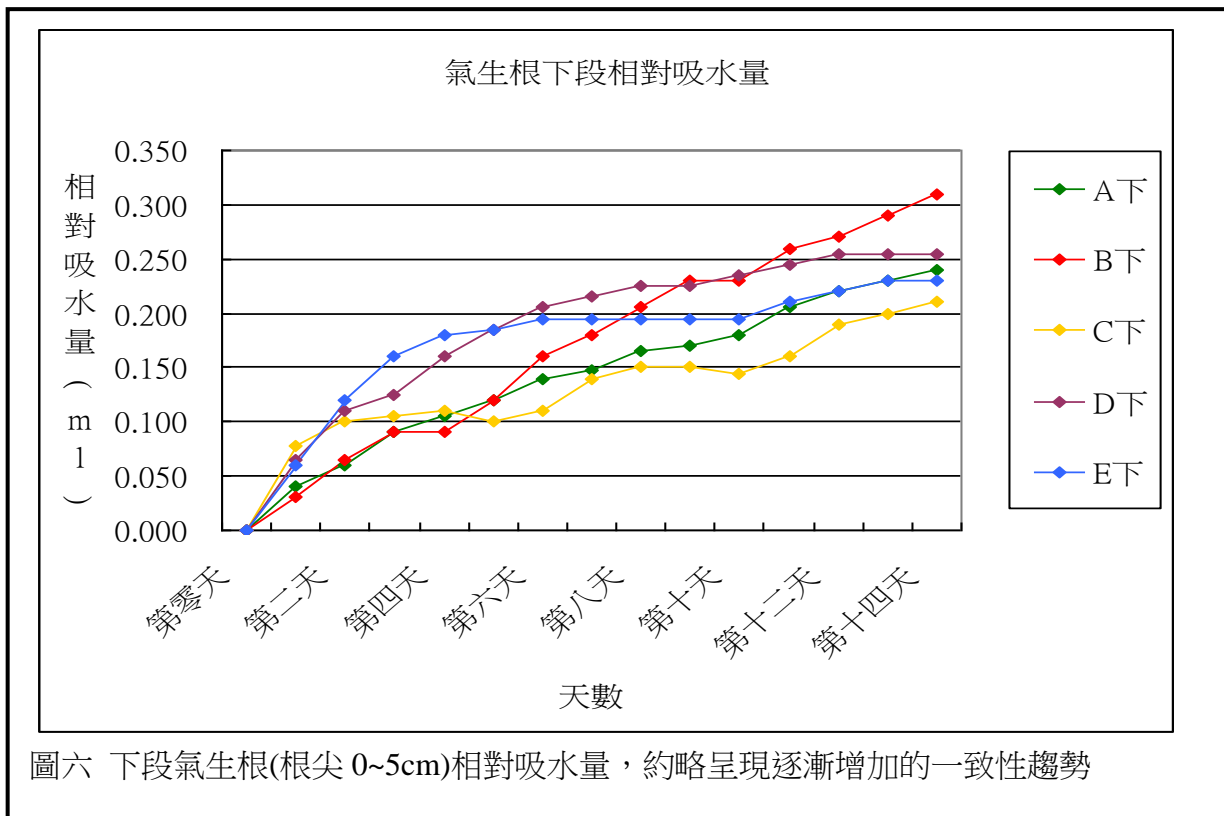
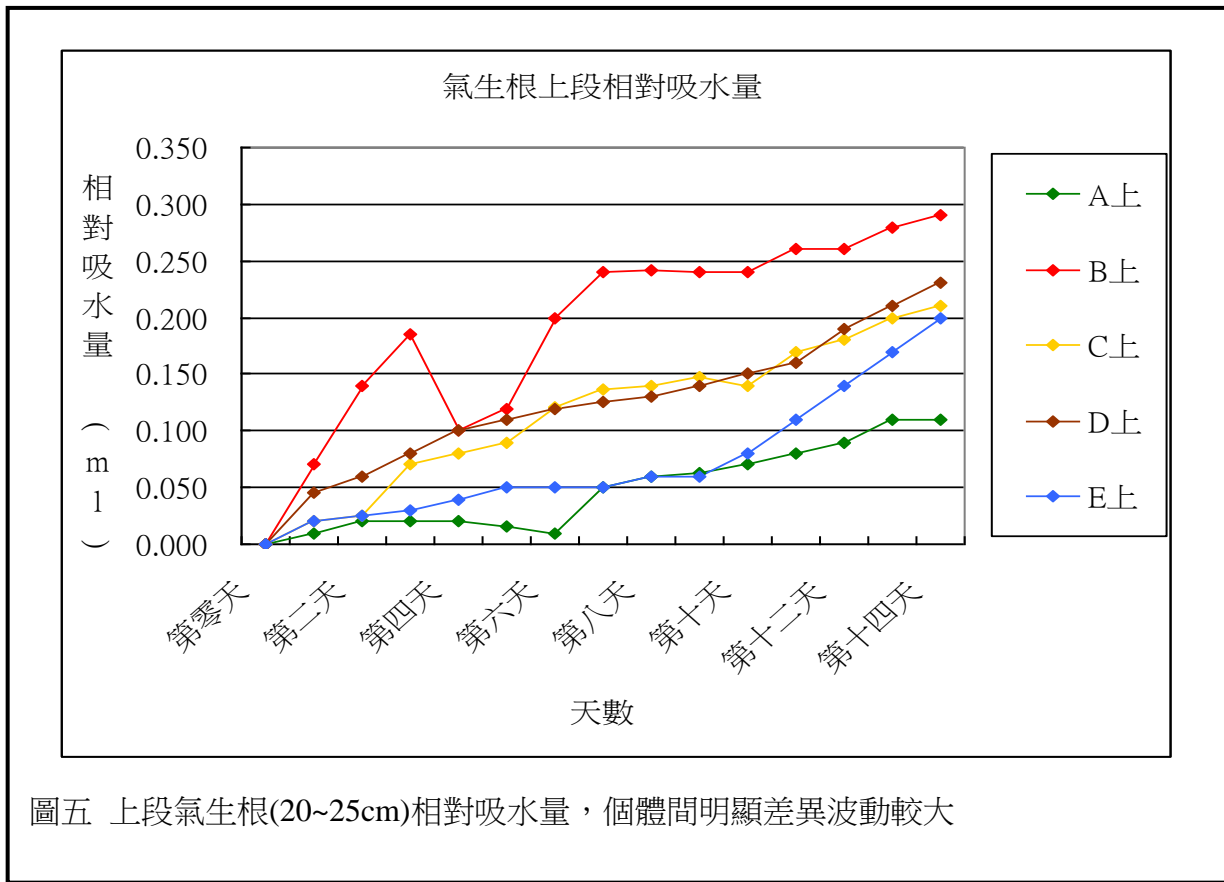
(二)結果

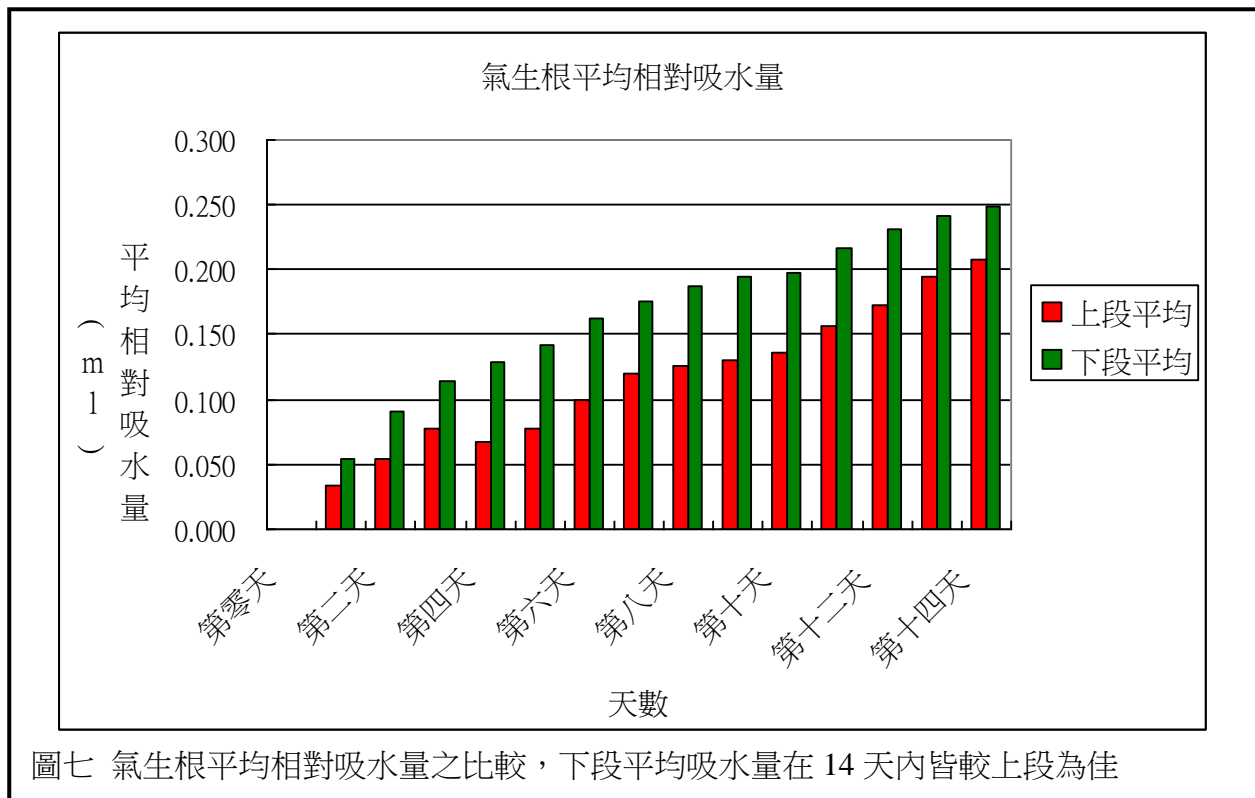
1.氣生根上、下段吸水量記錄表(表一、表二)

天數	A 上	B 上	C 上	D 上	E 上	上段平均
第零天	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
第一天	0.010	0.070	0.020	0.045	0.020	0.033
第二天	0.020	0.140	0.025	0.060	0.025	0.054
第三天	0.020	0.185	0.070	0.080	0.030	0.077
第四天	0.020	0.100	0.080	0.100	0.040	0.068
第五天	0.015	0.120	0.090	0.110	0.050	0.077
第六天	0.010	0.200	0.121	0.120	0.050	0.100
第七天	0.050	0.240	0.136	0.125	0.050	0.120
第八天	0.060	0.241	0.140	0.130	0.060	0.126
第九天	0.062	0.240	0.147	0.140	0.060	0.130
第十天	0.070	0.240	0.140	0.150	0.080	0.136
第十一天	0.080	0.260	0.170	0.160	0.110	0.156
第十二天	0.090	0.260	0.180	0.190	0.140	0.172
第十三天	0.110	0.280	0.200	0.210	0.170	0.194
第十四天	0.110	0.290	0.210	0.230	0.200	0.208

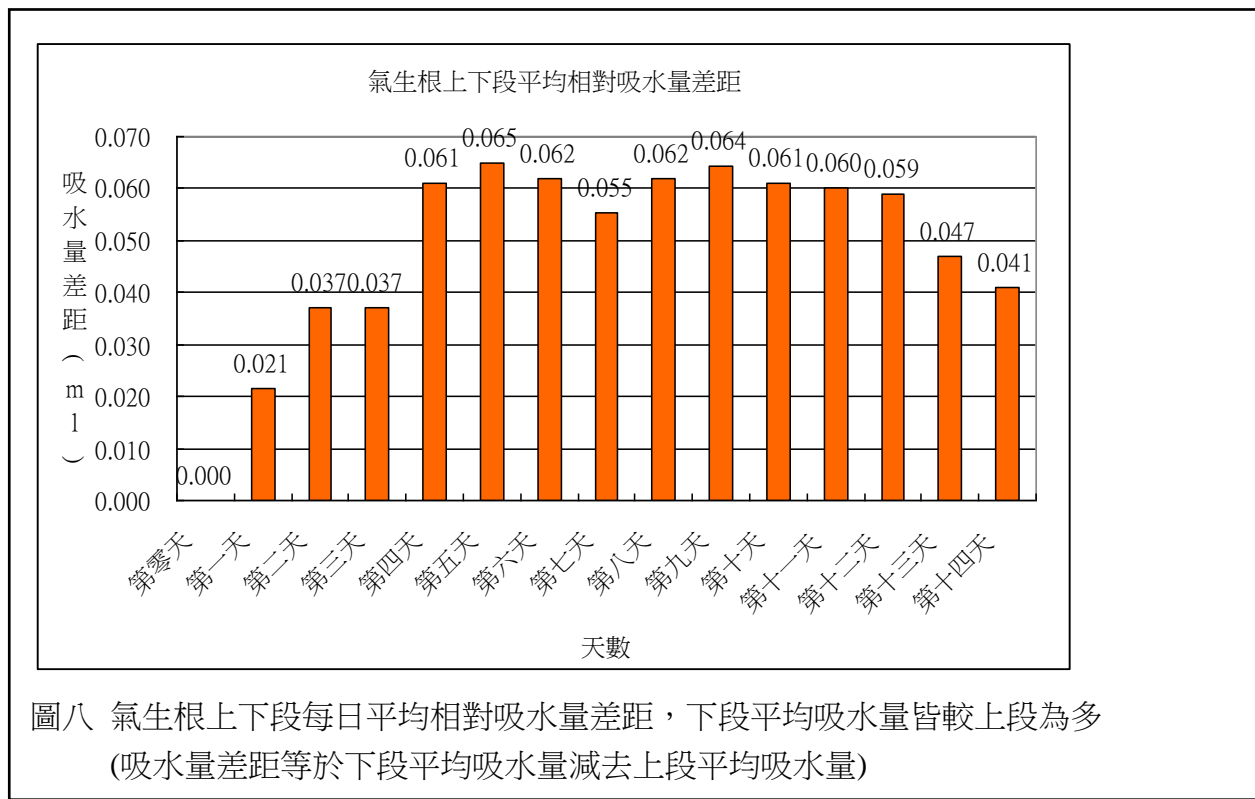
天數	A 下	B 下	C 下	D 下	E 下	下段平均
第零天	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
第一天	0.040	0.030	0.077	0.065	0.060	0.054
第二天	0.060	0.065	0.100	0.110	0.120	0.091
第三天	0.090	0.090	0.105	0.125	0.160	0.114
第四天	0.105	0.090	0.110	0.160	0.180	0.129
第五天	0.120	0.120	0.100	0.185	0.185	0.142
第六天	0.140	0.160	0.110	0.205	0.195	0.162
第七天	0.147	0.180	0.140	0.215	0.195	0.175
第八天	0.165	0.205	0.150	0.225	0.195	0.188
第九天	0.170	0.230	0.150	0.225	0.195	0.194
第十天	0.180	0.230	0.145	0.235	0.195	0.197
第十一天	0.205	0.260	0.160	0.245	0.210	0.216
第十二天	0.220	0.270	0.190	0.255	0.220	0.231
第十三天	0.230	0.290	0.200	0.255	0.230	0.241
第十四天	0.240	0.310	0.210	0.255	0.230	0.249

2.氣生根上、下段吸水量圖表(圖五~圖八)





圖七 氣生根平均相對吸水量之比較，下段平均吸水量在 14 天內皆較上段為佳



圖八 氣生根上下段每日平均相對吸水量差距，下段平均吸水量皆較上段為多 (吸水量差距等於下段平均吸水量減去上段平均吸水量)

(三)討論

1.研究一顯示氣生根表層會逐漸木栓化，文獻中曾提及木栓化會阻礙外界物質進入根內，推測應無法吸水或吸水量應很少；反之，下段幼根部分吸水量應會較多。

- 2.由表一結果顯示，氣生根上段木質化部分仍能吸水，且14天內平均相對吸水量皆較下段為低(圖七)，上下段每天吸水量差距介於0.021~0.065ml之間(圖八)。
- 3.上段相對吸水量在個體間呈現較大的差異。B上段14天時的0.29ml較A上段的0.11ml，差距達兩倍以上，推測可能與其木栓化程度不同有關。過程中亦發現D、E上段在第11天時開始長出白色的氣生根，且E上段氣生根分支並逐漸伸長，而且有明顯的根毛，其吸水速率(第11~14天)亦較前面幾天明顯增加(每天達0.03ml，表一)。
- 4.下段黃白色幼根部分相對吸水量在個體間呈現較為一致性的趨勢(圖六)，尤其在初期吸水速率最快，第2天平均相對吸水量即達0.091ml(表二)，此後才漸趨平緩。



圖九 左為氣生根上段E、右為上段D，第11天後皆長出新的氣生根分支(黃色箭頭處)。

三. 探討榕樹氣生根不同部位內部構造之差異

由研究一的外部型態觀察，發現氣生根根底像根，沒入土裡後變支柱根的時候，外觀似莖，具有莖的支持作用；且氣生根為不定根，由莖分化而來，因此我們懷疑氣生根的內部構造是否與莖有相似之處，其由根尖往上的內部構造有何變化？此外，研究二的相對吸水量若扣除氣生根本身所佔的體積，評估其吸收量其實不多。這些水分會往上繼續運送？還是主要供氣生根本身利用？其與地下根、莖枝及其他植物的氣生根又有何差異？

(一) 研究方法

1.氣生根不同部位內部構造觀察：

- (1)至校園採集狀況相近且生長良好，細長鬚狀的榕樹氣生根。
- (2)將氣生根放置於切割板上測量長度後由根尖往上切(0~0.5、0.5~1、1~3、5~6、10~11、15.5~17.5、27.5~28.5、34.5~35.5、46~49cm)。
- (3)將各段氣生根放到切片機裡旋轉刻度鈕後切片，所得切片放到分格的製冰盒裡，製作成玻片後用顯微鏡觀察(12.8X, 32X, 128X)。

2.氣生根輸送水分構造觀察：

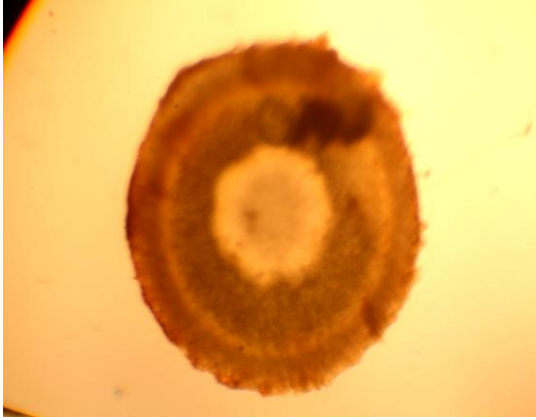
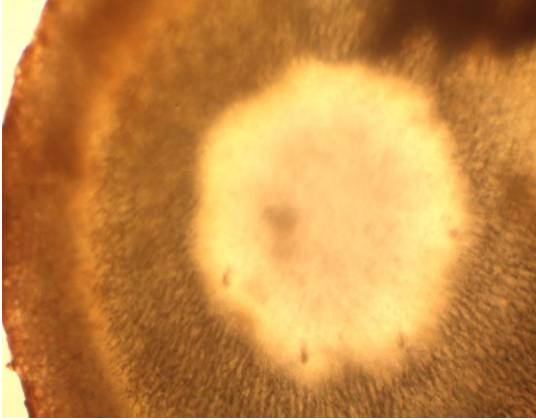
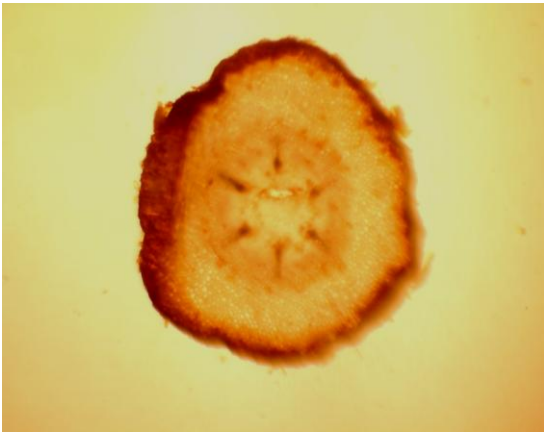
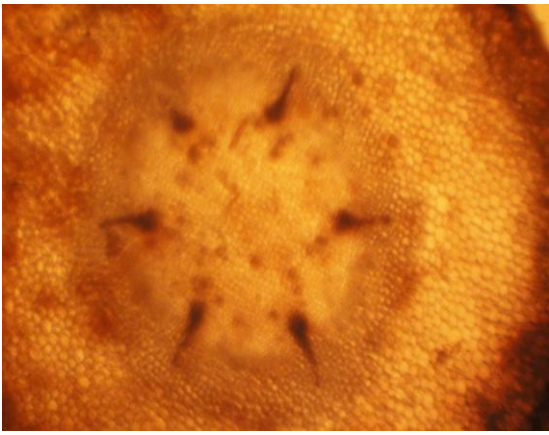
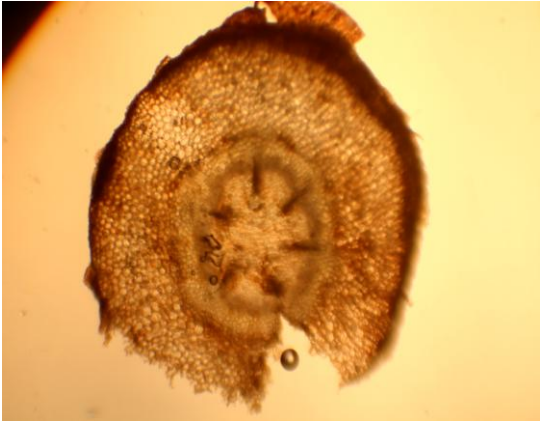
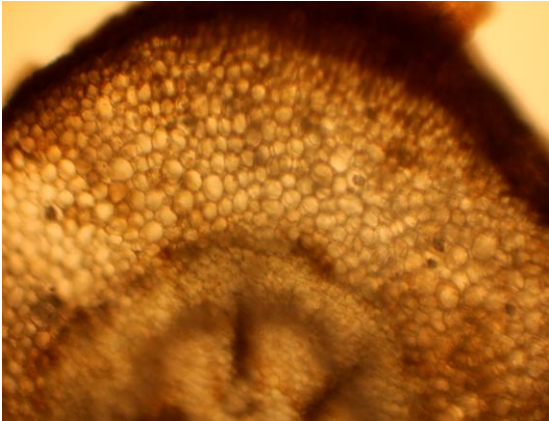
- (1)將研究二泡在紅墨水針筒內氣生根上段 23cm、26cm、30cm 及下段 3cm、6cm 處分別做切片。
- (2)比較上述氣生根不同部位紅墨水的分布區域、濃度及位置，藉此研判其輸送水分的狀況。



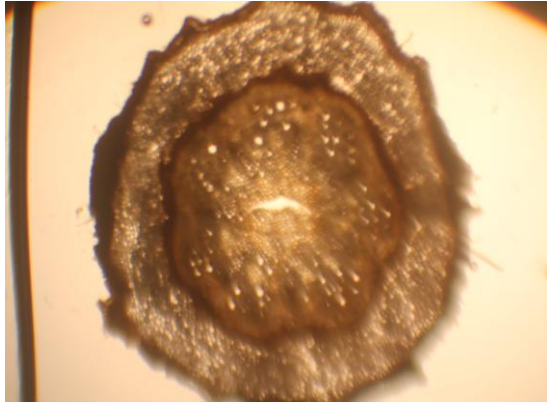
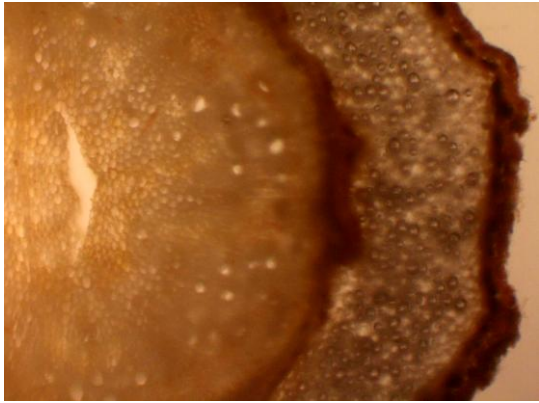
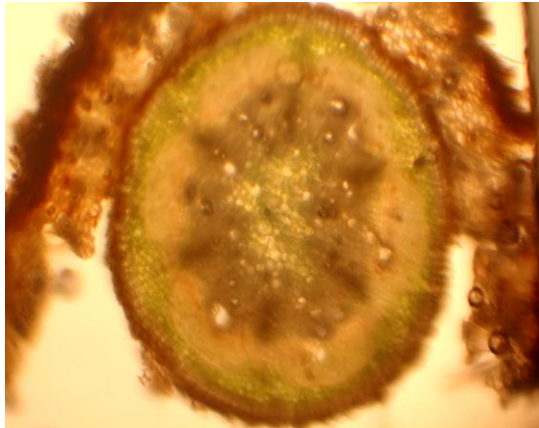
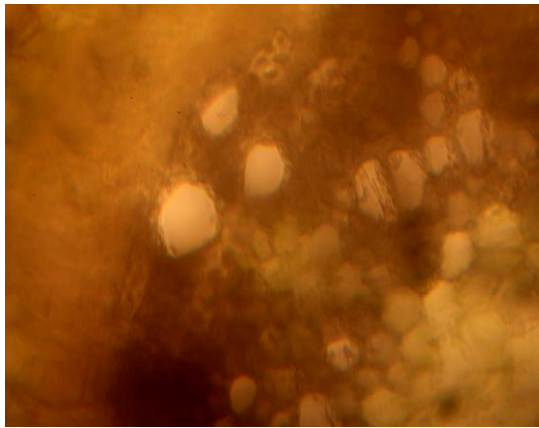
3.比較氣生根與地下根、莖枝及黃金葛氣生根內部構造之差異：

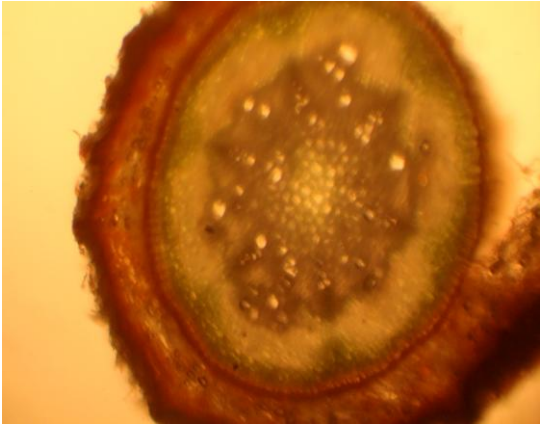
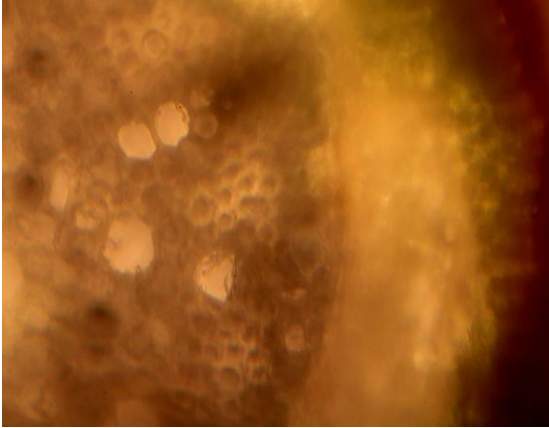
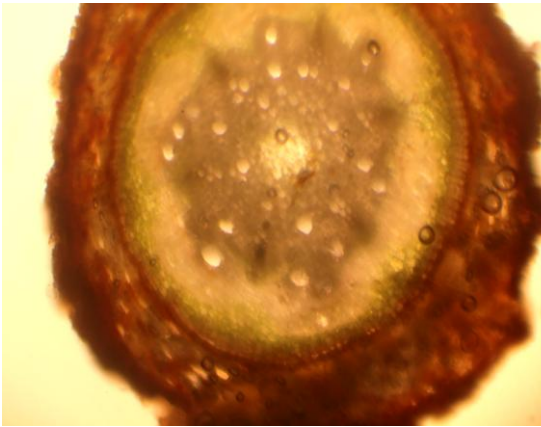
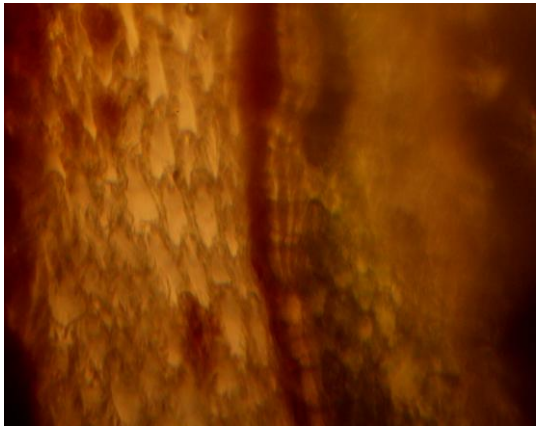
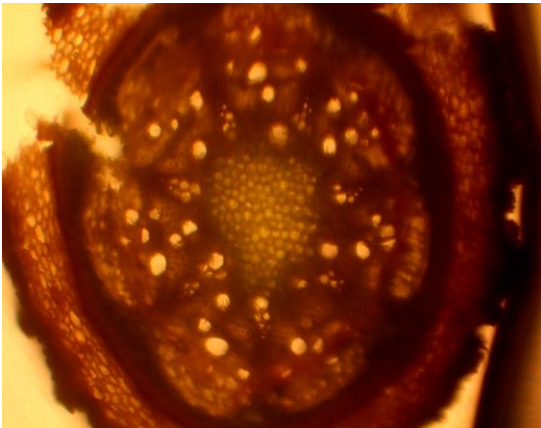
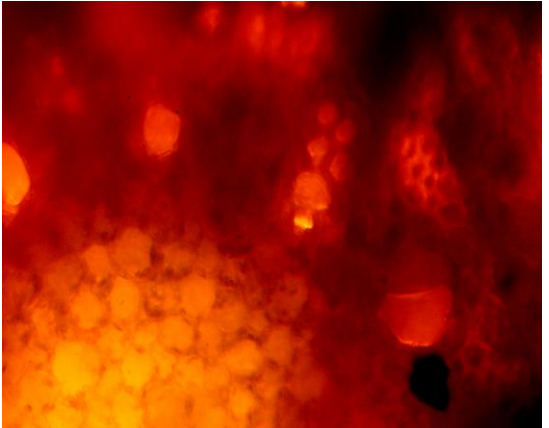
至校園內挖取榕樹的地下根、剪取一段生長良好的莖枝及黃金葛氣生根做切片比較。

(二)研究結果

1.榕樹氣生根距根尖不同距離之連續橫切剖面圖(圖十)

根尖 距離	放大倍率	
	12.8X	32X 或 128X
0cm 0.5cm		
0.5cm 1cm		
1cm 3cm		

根尖 距離	放大倍率	
	12.8X	32X 或 128X
5cm 6cm		
10cm 11cm		
15.5cm 17.5cm		

根尖 距離	放大倍率	
	12.8X	32X 或 128X
27.5cm 28.5cm		
34.5cm 35.5cm		
46cm 49cm		

圖十 榕樹氣生根距根尖不同距離(0 ~ 49cm)下，連續橫切剖面圖之內部構造比較

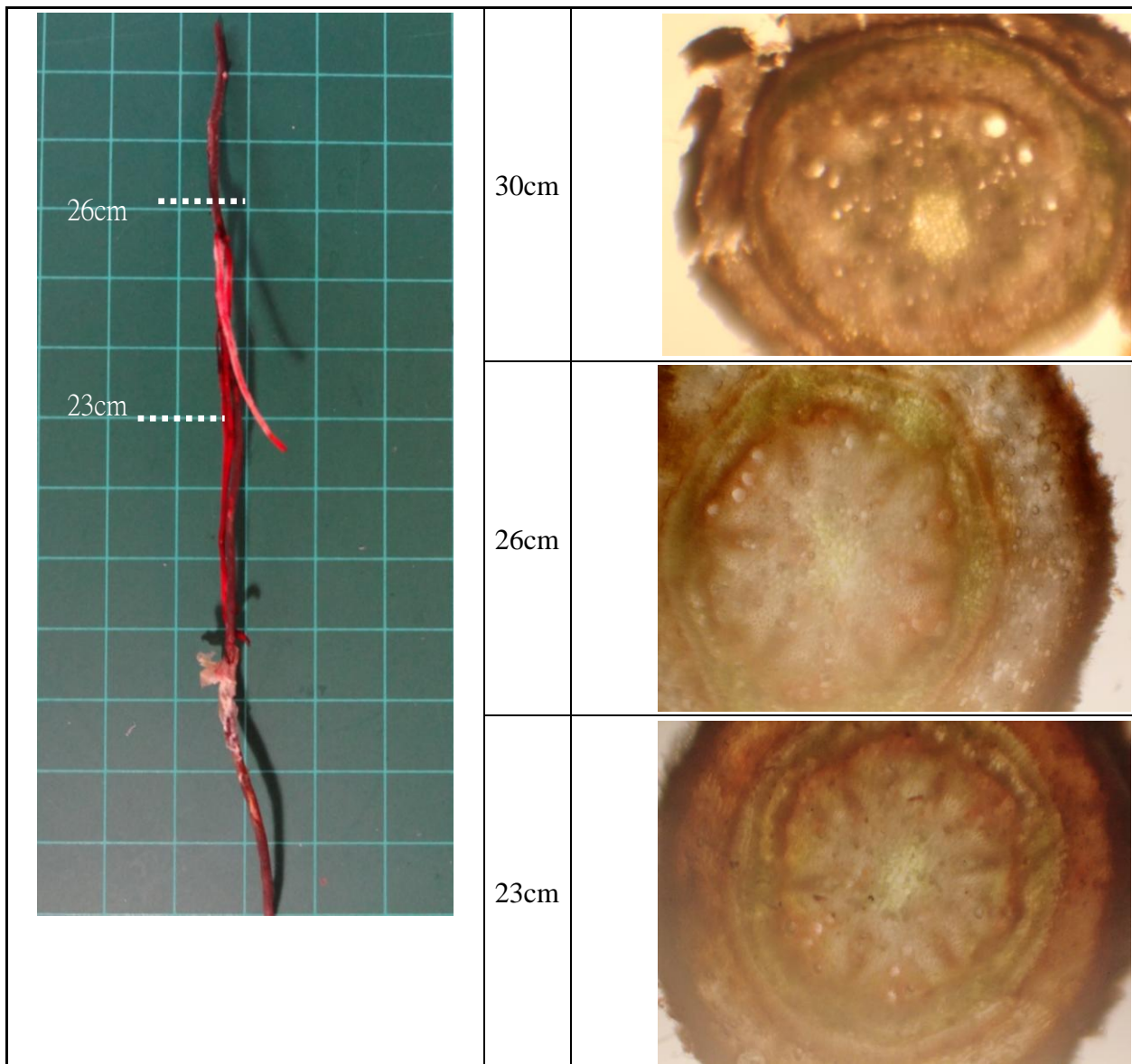
2. 榕樹氣生根根尖、中段、上段橫切剖面內部構造之比較(圖十一)

<p>根尖 0cm 0.5cm</p>		<p>原形成層 基本分生組織</p>
<p>中段 15.5cm 17.5cm</p>		<p>內皮層卡氏帶 木質化外皮層 髓 初生木質部 輻射角 薄壁組織</p>
<p>上段 46cm 49cm</p>		<p>厚壁皮層細胞 木栓層 初生木質部 次生木質部 形成層 髓</p>

圖十一 氣生根根尖(0~0.5cm)、中段(15.5~17.5cm)、上段(46~49cm)橫剖面構造之比較

3. 浸泡於紅墨水中氣生根上段及下段內部構造(圖十二、圖十三)

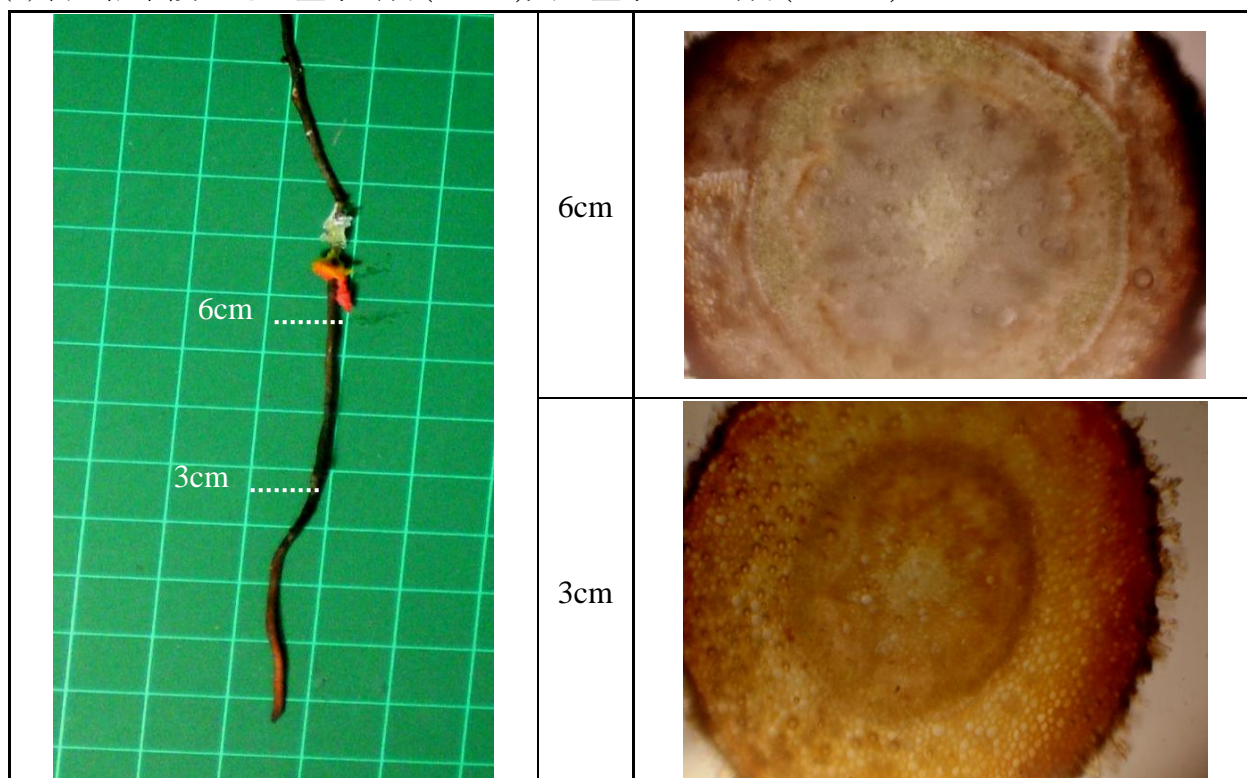
(1)氣生根上段：泡紅墨水部分(20~25cm)與紅墨水之上部分(25~30cm)



圖十二 浸泡於紅墨水中氣生根上段內部構造剖面。

23cm 處(沒入紅墨水)大部分呈現紅色；26cm 處(紅墨水之上)紅色部分明顯減少

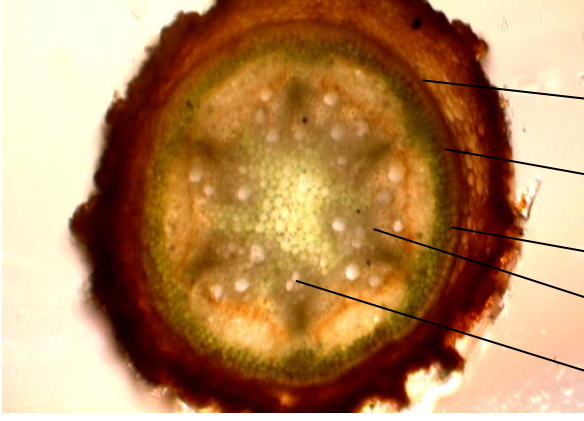
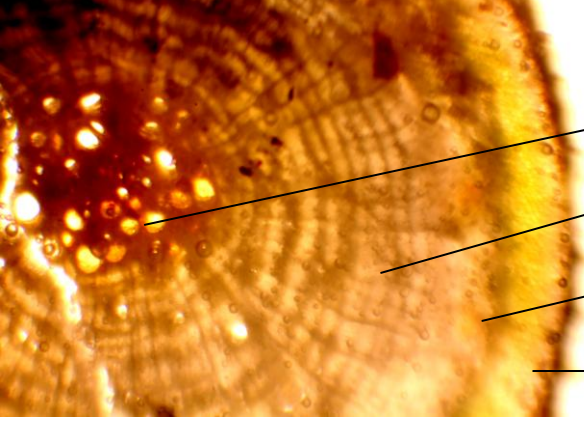
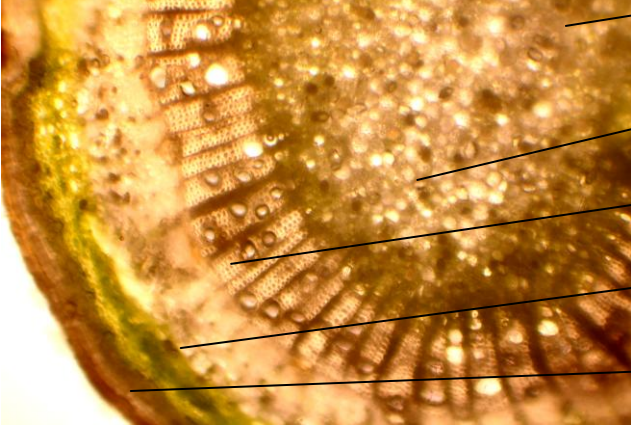
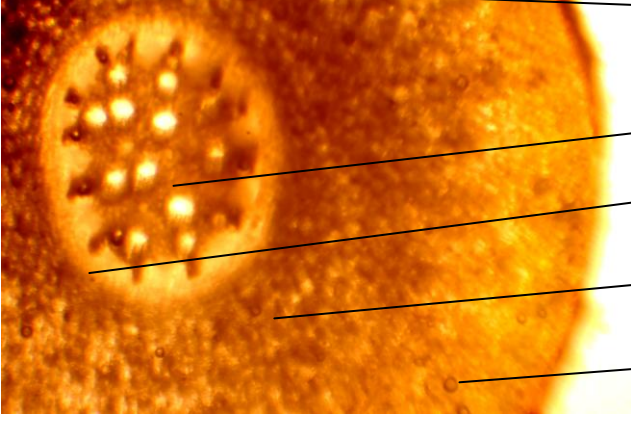
(2)氣生根下段：泡紅墨水部分(0~5cm)與紅墨水之上部分(5~10cm)



圖十三 浸泡於紅墨水中氣生根下段內部構造剖面。

3cm 處(沒入紅墨水)呈現較大紅色部分；6cm 處(紅墨水之上)只剩次生木質部呈現斷斷續續紅色部分。

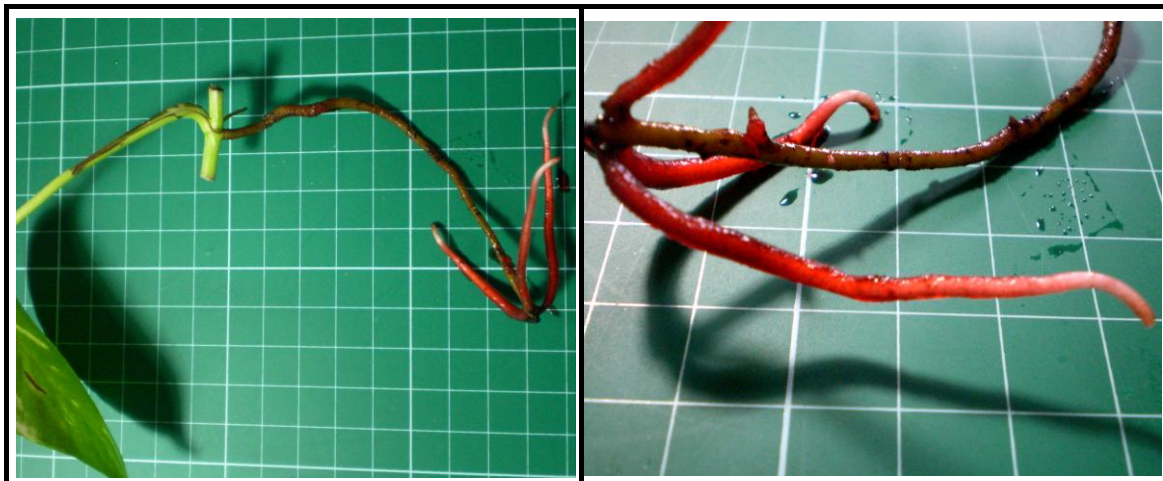
4. 榕樹氣生根、地下根、莖枝、黃金葛氣生根的內部構造切片圖(圖十四)

<p>氣生根</p>		<p>木質化外皮層</p> <p>內皮層</p> <p>卡氏帶</p> <p>木質部輻射角</p> <p>髓</p>
<p>地下根</p>		<p>初生木質部</p> <p>次生木質部</p> <p>形成層</p> <p>韌皮部</p>
<p>莖</p>		<p>表皮</p> <p>髓</p> <p>木質部</p> <p>形成層</p> <p>韌皮部</p>
<p>黃金葛</p>		<p>木栓層</p> <p>初生木質部</p> <p>木質部輻射角</p> <p>中柱</p> <p>皮層</p>

圖十四 榕樹氣生根、地下根、莖枝、黃金葛氣生根的內部構造切片圖

(三)討論

- 1.氣生根根尖往上 0 公分至 0.5 公分切片時我們發現，與一般根尖構造相似。原分生組織分為三層：第一層為原形成層，將來會分化成中柱；第二層為基本分生組織，將來形成皮層；第三層為原表皮形成表皮及根冠（文獻四）。
- 2.根底往上 0.5 公分至 1 公分切片時發現初生木質部纖維已呈輻射狀排列，稱為輻射角，一般有 6 個（6 源型），中柱也在此段形成，中央有許多原形成層尚未分化。
- 3.根底往上 1 至 3 公分切片，內皮層上的卡氏帶已逐漸出現。木質纖維旁可能已分化出灰色模糊的形成層。
- 4.根底往上 10 公分至 11 公分，數層外皮層已明顯木質化，內皮層上的卡氏帶已圍出明顯的中柱結構。部份中柱鞘已開始木栓化形成周皮，這也代表皮層會逐漸脫落。
- 5.根底往上 15 公分至 17.5 公分，原本中柱的中央在 10 公分至 11 公分的灰色薄壁細胞此時分化成具有葉綠體的髓，輻射角初生木質部旁已出現明顯的次生木質部。周皮更加明顯增厚。
- 6.最後 46.5 公分至 49.5 公分我們發現輻射角可達 7~8 個，中央的髓更加明顯，木栓層周皮非常厚實，初生及次生木質部口徑增大許多。
- 7.接續實驗二針管的實驗後，我們將泡紅墨水的氣生根做切片確認木質部的位置。發現不論氣生根上段(23cm)、下段(3cm)沒入紅墨水部分，紅色區域較大；往上 3cm 處(6cm、26cm)則於中柱鞘內次生木質部處呈現一圈紅色區域；再往上至 30cm 處則只剩小部分帶狀紅色。據此，我們推測氣生根吸收水分主要供本身生長所需，對植株本體水分供應量極少。
- 8.其它雙子葉植物的氣生根又是如何？我們取室內易取得黃金葛氣生根(圖十四、十五)切片發現其與一般文獻上所提根的結構較相似，中央為細胞壁增厚的輻射狀木質部，與榕樹的氣生根中央為髓明顯不同。



圖十五 紅墨水中的黃金葛及其氣生根

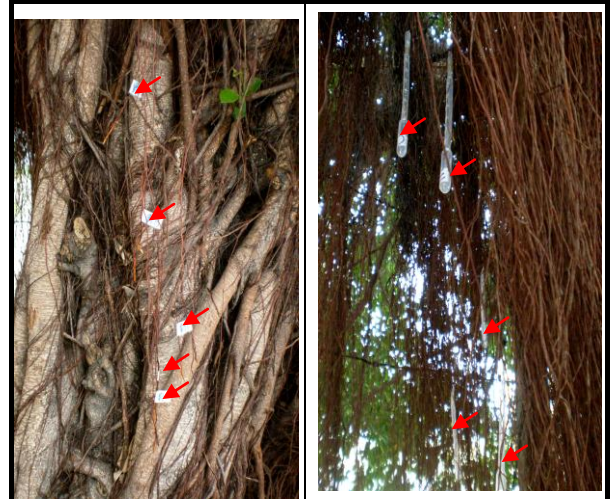
- 9.由圖十至圖十四綜合來看，就氣生根整體而言，其大部分區段中央具有髓，似雙子葉植物莖構造，再進一步形成層次級生長後實有加強支撐的功用；而其根的末梢存有雙子葉植物根構造，可能將有助於未來在觸地後萌發成完整的根系。但因仍然屬於榕樹地表上的部分，故其皮層薄壁組織及髓存有葉綠體應該是合理的，至於已深入地下部分的氣生根其皮層是否仍有葉綠體？髓仍然存在否？皆值得進一步探究。

四、探討不同溼度對氣生根生長速率之影響

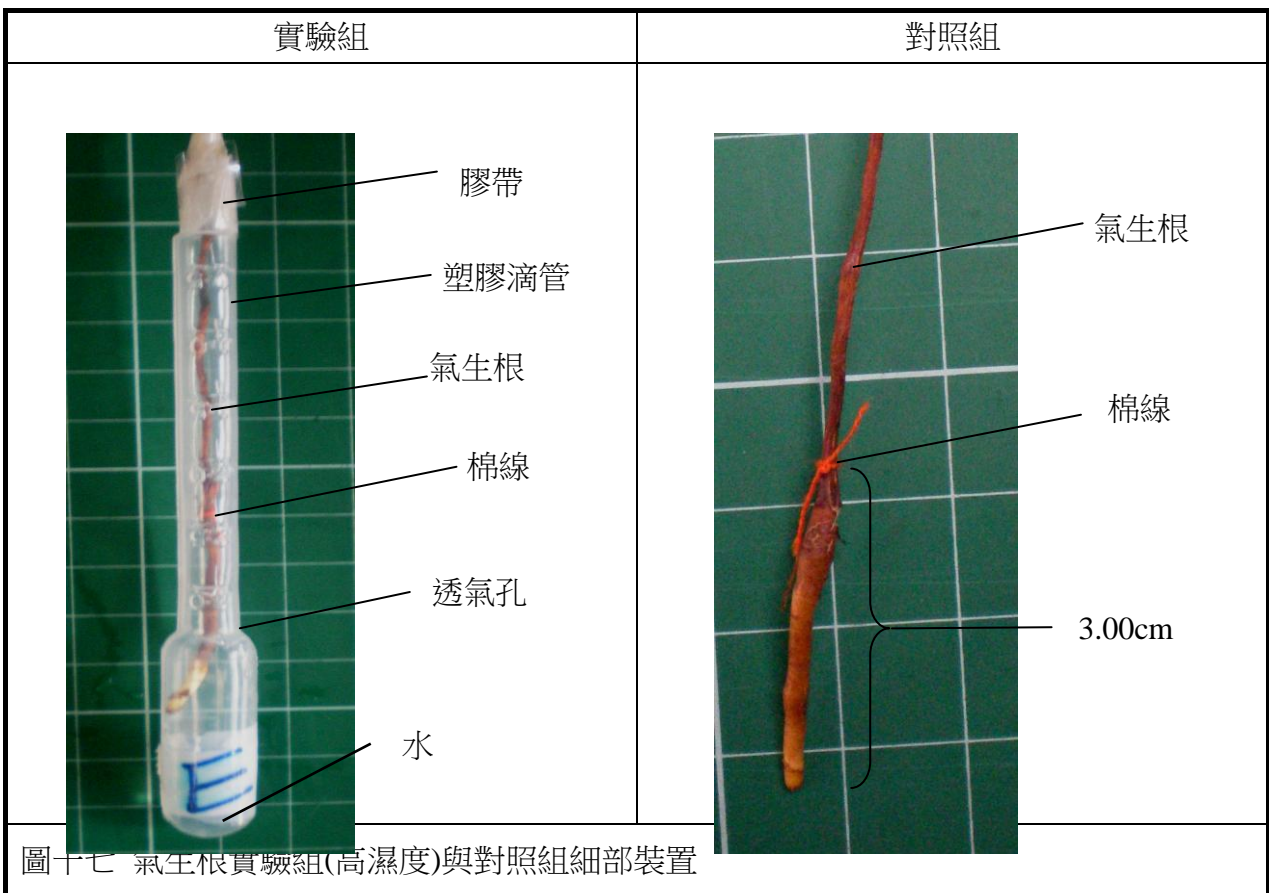
文獻四中記載溼度會影響氣生根生長速率。但我們在實驗二中發現，整段泡在水中的氣生根生長速率並不快，因此我們想測量氣生根在溼度較高的空氣中的生長速率到底有多快。

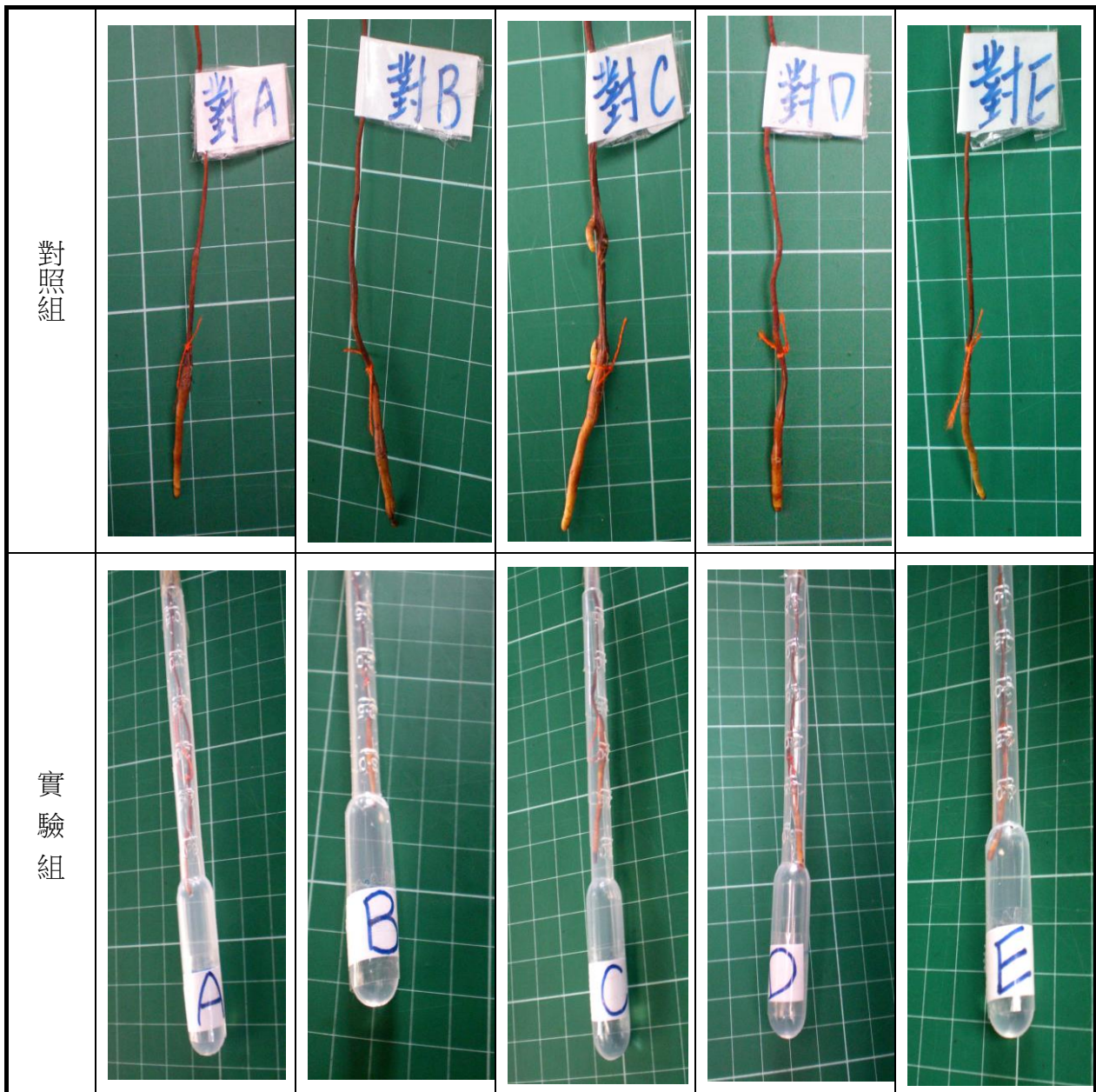
(一)研究方法

1. 選十根長度外觀相近的氣生根分為二組，一為實驗組，另一為對照組。準備 5 支塑膠滴管剪數個小孔作為透氣之用。
2. 實驗組(圖十六右圖紅色箭頭處)：
測量氣生根根尖以上 3cm 處綁一棉線後，放入塑膠滴管中，根尖具底端 4cm 後用雙面膠固定住；用針管注入 1ml 的水至塑膠滴管底部，並貼上標籤紙分組。
3. 對照組(圖十六左圖紅色箭頭處)：
只在氣生根根尖以上 3cm 處綁一棉線。
4. 共記錄三個禮拜,每七天記錄實驗組與對照組的生長長度、附近溼度、滴管內溼度。第十四天將實驗組滴管裝水部份剪下，使溼度降低，第二十天時再測量其變化



圖十六 不同空氣濕度下對氣生根生長之影響；左為對照組，右為實驗組

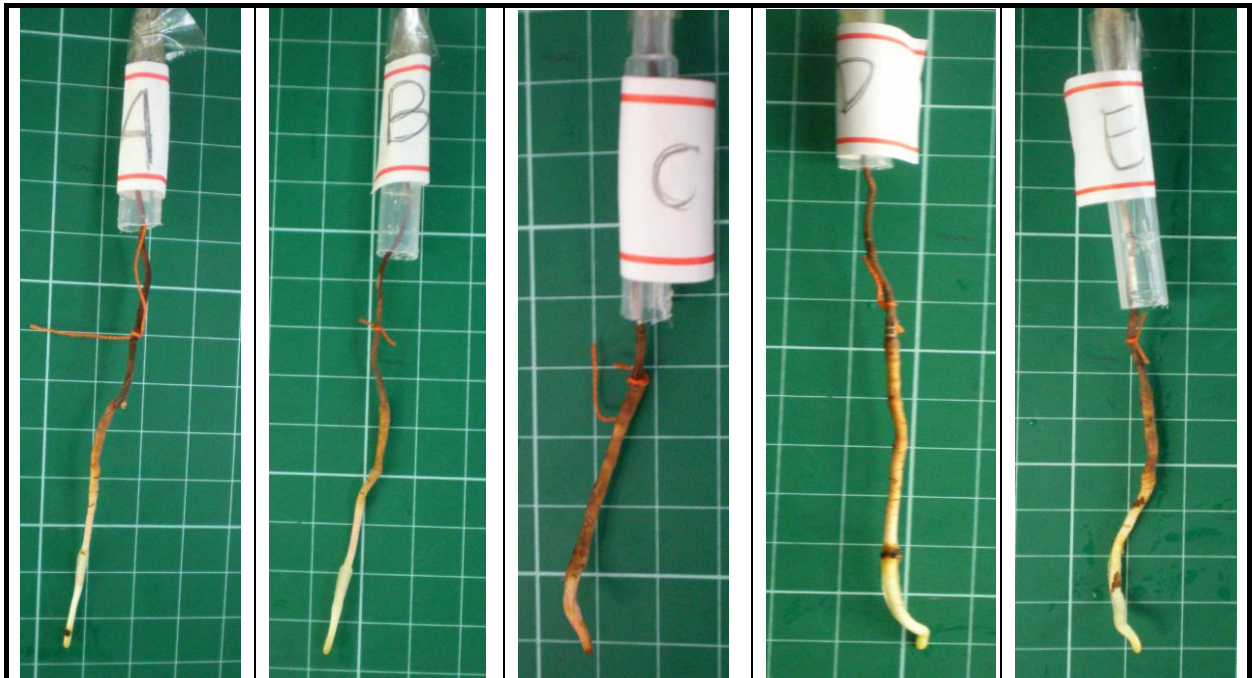




圖十八 生長速率實驗中，對照組與實驗組個別裝置情形

(二)結果

1. 實驗組 14 天後，氣生根生長情形



圖十九 實驗組(高濕度)14 天後將滴管剪下，可見其黃白色幼根部分明顯伸長，並長出大量的根毛

2. 實驗組 21 天後，氣生根生長情形



圖二十 實驗組 21 天後因溼度降低，根尖明顯萎縮並木質化

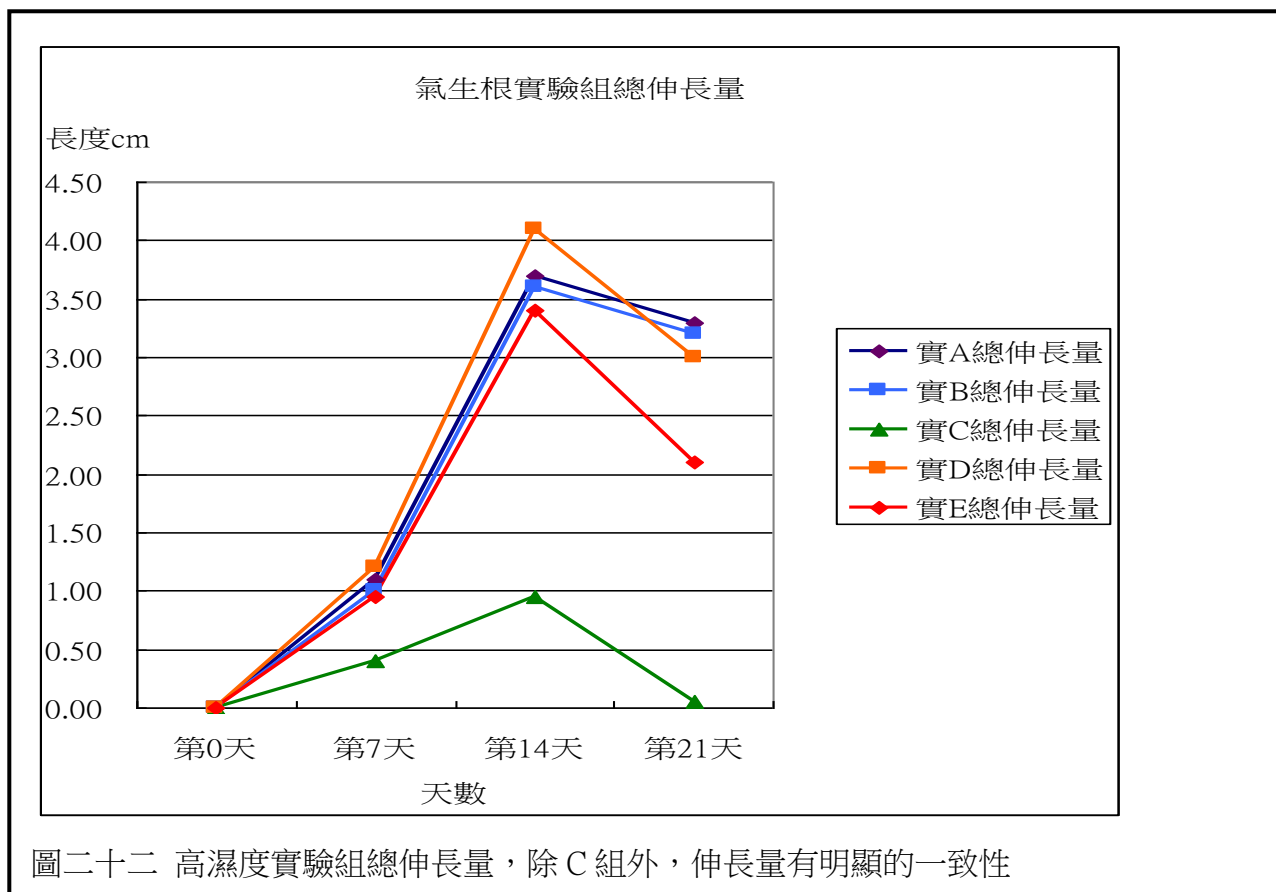
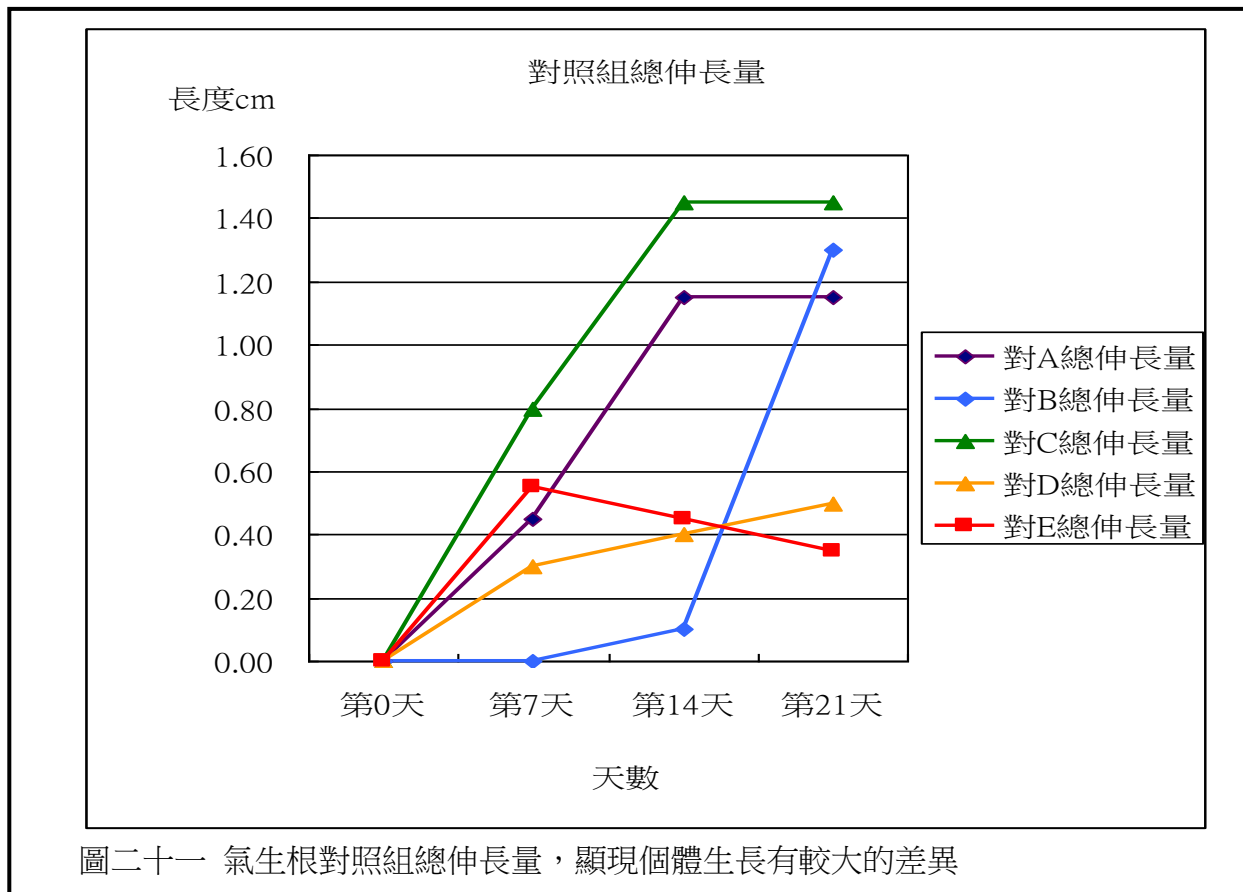
3. 不同濕度下氣生根平均總伸長量記錄表

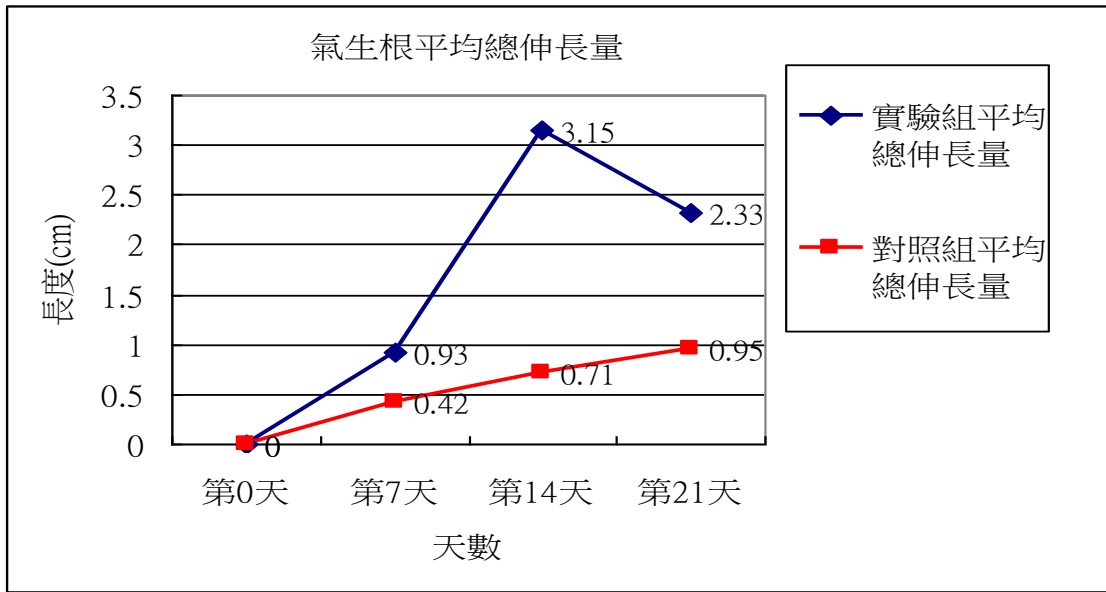
表三 不同濕度下氣生根平均總伸長量(cm)						
天數	實 A 總伸 長量	實 B 總伸長 量	實 C 總伸長 量	實 D 總伸 長量	實 E 總伸長 量	實驗組平均 總伸長量
第 7 天	1.10	1.00	0.40	1.20	0.95	0.93
第 14 天	3.70	3.60	0.95	4.10	3.40	3.15
第 21 天	3.30	3.20	0.05	3.00	2.10	2.33
天數	對 A 總伸 長量	對 B 總伸長 量	對 C 總伸長 量	對 D 總伸 長量	對 E 總伸長 量	對照組平均 總伸長量
第 7 天	0.45	0.00	0.80	0.30	0.55	0.42
第 14 天	1.15	0.10	1.45	0.40	0.45	0.71
第 21 天	1.15	1.30	1.45	0.50	0.35	0.95

4. 不同濕度下氣生根平均每週伸長量記錄表

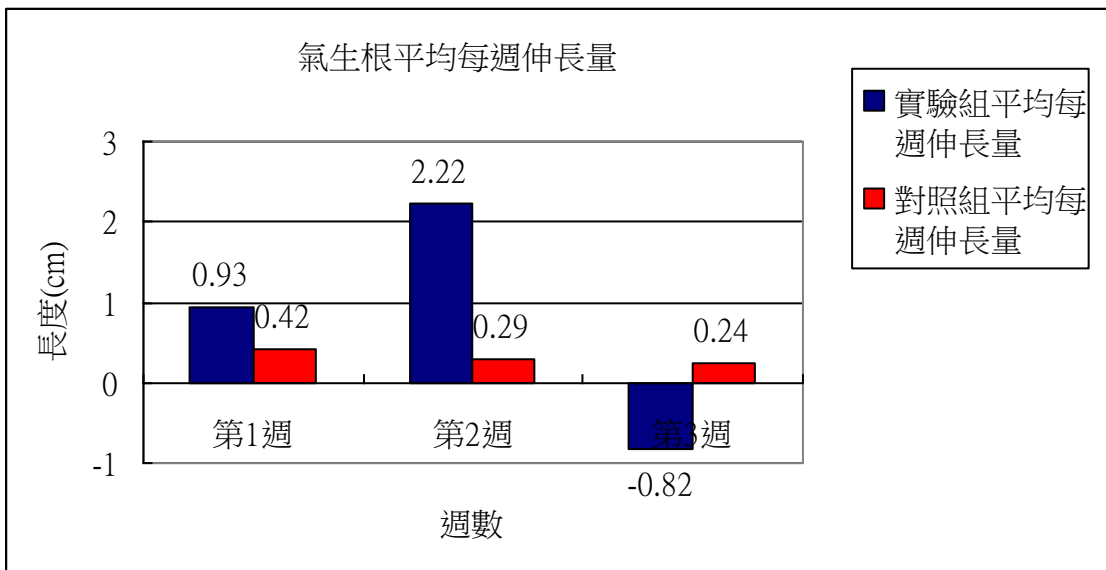
表四 不同濕度下氣生根平均每週伸長量(cm)						
天數	實 A 每週伸 長量	實 B 每週 伸長量	實 C 每週 伸長量	實 D 每週 伸長量	實 E 每週 伸長量	實驗組平均 每週伸長量
第 1 週	1.10	1.00	0.40	1.20	0.95	0.93
第 2 週	2.60	2.60	0.55	2.90	2.45	2.22
第 3 週	-0.40	-0.40	-0.90	-1.10	-1.30	-0.82
天數	對 A 每週 伸長量	對 B 每週 伸長量	對 C 每週 伸長量	對 D 每週 伸長量	對 E 每週 伸長量	對照組平均 每週伸長量
第 1 週	0.45	0.00	0.80	0.30	0.55	0.42
第 2 週	0.70	0.10	0.65	0.10	-0.10	0.29
第 3 週	0.00	1.20	0.00	0.10	-0.10	0.24

5.實驗組與對照組氣生根總伸長量圖表(圖二十一 ~ 圖二十四)





圖二十三 氣生根平均總伸長量，高溼度下的實驗組伸長量明顯比對照組多 2~4 倍



圖二十四 氣生根平均每週伸長量，第二週實驗組伸長量幾乎為對照組的 10 倍；第三週實驗組因剪下滴管，溼度恢復與對照組相同，且明顯萎縮

(三)討論

- 1.我們測量實驗組滴管內的相對溼度約在 95~99%之間，而對照組受氣候影響相對溼度變動極大，約介於 70~90%之間。平均而言，實驗組的相對溼度仍遠高於對照組。
- 2.我們將實驗組和對照組的數據整理成每週伸長量及每週總伸長量，由表三、四中得知實驗組在第七天時，即可明顯看出氣生根在高溼度的環境中生長速率(0.93cm)比對照組(0.42cm)快約 2 倍(圖二十三)。
- 3.第二週的生長速率差距更為驚人，圖二十四顯示實驗組第二週伸長 2.22cm，幾乎 10 倍於對照組的 0.29cm。此結果證明空氣的濕度的確會明顯影響氣生根的生長。
- 4.實驗組外觀上也有明顯的變化，第十四天時，我們觀察到根尖附近已經長出許多細小的根毛，顯示高濕度的空氣的確會誘導促進根毛的生長(如圖二十五)。



- 5.為了避免個體差異所造成的影響，在第十四天的時候將滴管底部裝水部份剪掉，讓溼度下降至與對照組相同。結果在第二十一天時我們發現實驗組的根尖不只停止生長，且長度還明顯萎縮(圖十九、二十)；我們推測氣生根在溼度由高到低的劇烈變化中，會將表層木質化，以保護內部組織避免脫水而死亡。

伍、結論

- 一、榕樹氣生根在高濕度環境下長出的根呈黃白色，根尖具有根冠保護，成熟區亦可長出根毛。
- 二、空氣乾燥會加速氣生根表皮、外皮層細胞壁增厚、老化甚至萎縮脫落，由增生的木栓層取代而呈細長深褐色鬚狀外觀。
- 三、當氣生根接觸地面、附著莖幹或斷裂分支可使其直徑增粗，最後呈灰白色，型態極似莖。
- 四、氣生根具有根的基本構造:表皮、皮層與中柱，分生區由外向內形成初生木質部，初始具 6 個輻射角(6 源型)，其後可增至 7~8 個。
- 五、成熟氣生根(約根尖 1cm 以上部分)中央具有薄壁組織--「髓」的構造，其與皮層、中柱內等薄壁細胞亦常含有葉綠體，此又與雙子葉植物「莖」的構造相似；但與多數雙子葉植物「根」中央為木質部明顯有所不同。
- 六、氣生根老根區內部構造即使木栓化嚴重，在高濕度的環境下仍具有分生側支的能力，且仍有吸收水分的功能。
- 七、氣生根吸水主要供應本身生長，下段幼根部份(約 5cm)吸水速率較快，每週吸水量約為 0.125ml；上段因木質化吸水較慢，每週為 0.104ml，但差異並不明顯。
- 八、空氣中相對溼度較高(大於 95%)的環境下，氣生根會吸收水氣快速生長，每週可達 1.58cm，遠大於對照組(平均約小於 75%)的 0.36cm。

陸、參考文獻

- 一、黃增泉(1993)。桑科,榕屬。載於植物分類學—台灣維管束植物科誌(123~124頁)。國立編譯館。
- 二、鄭元春(1999)。白榕。載於臺灣的海濱植物(51~52頁)。渡假出版社有限公司。
- 三、謝廷松，林子揚，張哲維，張肇烜(2006)。樹鬚變身—環境刺激對榕樹氣根生長發育、形態發生的影響探討。第四十四屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 四、強勝(2006)。植物組織及營養器官-根、莖。載於植物學(61~124 頁)。高等教育出版社。
- 五、張錦瑜、林怡凡(2010)。垂榕之地表氣生根對於不同鋪面之生長趨勢及其對硬體之破壞。林業研究季刊 32(3):75~88 頁。

【評語】 030315

榕樹之氣生根普遍存在於校園及日常生活環境中，研究者利用簡單的器材和實驗設計來探討氣生根之生長和環境中溼度的關係，利用簡單的染色切片來提供證據不錯之作品，然取樣之樣品數方面可再加強。