中華民國第59屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組　生物科

探究精神獎

080311

我要帶你到處去飛翔—鳥類啄食和榕屬植物種子發芽關係之探討

學校名稱：高雄市岡山區壽天國民小學

作者：	指導老師：
小五 林芊妤 小五 呂又晴	林茂德

關鍵詞：榕屬植物、鳥類啄食、種子發芽

摘要

我們常在榕樹的四周看到掉落許多果實，但很少看到有小榕樹在榕樹四周長出來，卻經常看到校園的牆角、樹縫中長出榕樹苗，因此懷疑是鳥類啄食榕果造成，所以本實驗主要探討『鳥類啄食』在榕屬植物種子發芽的過程中所扮演的角色。

實驗會採集榕屬植物周圍鳥類糞便，收集其中榕屬植物種子種植；再採集成熟榕果，取出其中種子，模擬鳥類消化的過程來處理種子再種植，比較兩者種子發芽情形，探討鳥類消化的過程中，是否有哪個階段會對榕屬植物的種子發芽產生影響。從其中 5 種有發芽的種子觀察推論，『鳥類啄食』在榕屬植物種子發芽的過程中，主要作用是將種子從果實中分離出來，讓種子可以直接和土壤接觸以利發芽，並隨著鳥類的移動將種子散布到遠處。

壹、研究動機

五年級第一學期上『自然與生活科技課』第二單元『植物世界面面觀』時，老師帶我們到校園做校園植物介紹，看到校園中的榕樹，掉了滿地的果實，我們撿起來觀察，發現每個果實中都有好多小種子，同學說應該會長出滿地的小榕樹；可是過了一段時間，卻完全沒有任何的小榕樹在這裏長出來，在校園中其他榕樹下也都找不到任何小榕樹，但我和同學卻在校園中許多的牆角看到榕樹的小幼苗，老師說這是因為鳥類吃了榕樹果實以後，隨著鳥糞把榕樹種子排出來，被雨水沖刷卡在牆角或樹縫，就在牆角或樹縫長出小榕樹來了。不過我們想，如果榕樹這麼容易發芽，為什麼大榕樹旁邊掉了很多的果實卻都幾乎沒有長出小榕樹來？我們在網路上查資料，有人說榕樹種子要經過鳥類啄食才會發芽；但也有人說，鳥類啄食的作用主要是將種子和果實分離，並且將種子帶到遠處(張心怡[03])。所以究竟鳥類啄食對於榕屬植物種子的發芽扮演著什麼樣的角色呢？是讓原本不會發芽的種子變成會發芽嗎？如果是這樣，那榕屬植物種子在鳥類的消化道中，到底是發生了什麼事，讓種子產生了這種變化？還是鳥類啄食扮演的只是將種子從榕果中分離出來，並且散布到遠處的作用？我們真的很好奇，所以就在老師的帶領之下，開始著手實驗觀察。又因為我們學校除了榕樹外，也有其他榕屬植物，所以我們除了觀察榕樹之外，也收集其他榕屬植物的果實和種子來觀察比較，看看不同的榕屬植物種子，對於鳥類啄食是否有不同的反應。

貳、研究目的

一、探討自然掉落之榕屬植物果實，種子是否可以自然發芽。

二、探討經由鳥類啄食的榕屬植物，種子是否可以自然發芽。

三、探討模擬鳥類啄食過程中『種子停留在嗉囊』，對於榕屬植物種子發芽之影響。

四、探討模擬鳥類啄食過程中『種子停留在砂囊』，對於榕屬植物種子發芽之影響。

五、採討榕屬植物種子掉在地面時，有沒有覆土是否會影響其發芽。

六、探討模擬鳥類啄食過程中『將種子與果實分離』，對於榕屬植物種子發芽之影響。

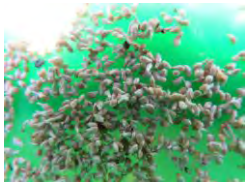
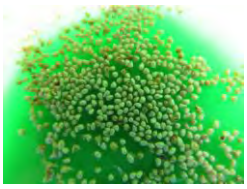
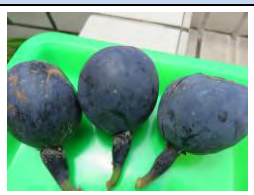
七、探討『鳥類啄食』在榕屬植物種子發芽所扮演的角色。

參、研究器材及設備：

表 1.本實驗使用的器材、耗材和實驗榕屬植物

器材		採集植物	
10cm 塑膠培養皿	計時器	雀榕	菩提
鑷子	熱水瓶	稜果榕	無花果
噴水器	鳥籠	正榕	台灣榕
計數器	保溫杯	垂榕	琴葉榕
數位相機	溫度計	薜荔	愛玉子
大孔篩子	小孔篩子	高山榕	
水桶			
耗材			
土壤	記錄用表格	其他	
600P 砂紙	簽字筆	榕屬植物下鳥類糞便	
3 號夾鍊袋	鉛筆		
塑膠手套	口罩		

表 2.本實驗榕屬植物果實和其採集來源

名稱	雀榕	稜果榕	菩提	正榕
果實圖片				
採集種子				
採集來源	○○市 ○○國小校園	○○都會公園	○○市 ○○國小校園	○○市 ○○國小校園
名稱	垂榕	無花果	高山榕	琴葉榕
果實圖片				
採集種子				
採集來源	○○市○○區 ○○公園	○○市○○區 ○○果園	○○都會公園	○○都會公園
名稱	台灣榕	薜荔	愛玉子	
果實圖片				
採集種子				
採集來源	○○市○○區 ○○里住家庭園	○○○○工廠 宿舍區外牆	○○市 ○○區市場購買	

肆、研究方法與結果

因為榕屬植物果實成熟的時間不一樣，所以我們的實驗只能隨著季節的變化，採集可供研究的榕果來研究，剛開始作實驗時，剛好是有大量的雀榕果實成熟，所以先用雀榕來作實驗，以建立一個實驗模組。後來接著又採集到稜果榕、琴葉榕和無花果……，所以本實驗就依採到的榕果來分別探討榕屬植物種子發芽和鳥類啄食關係。

一、自然掉落榕果的種子發芽觀察（一）：

(一)研究方法：

本實驗採集榕屬植物果實時，會先撿拾地上掉落的果實，將其放置於戶外泥土上（如圖 1.、圖 2.），觀察 21 天，看果實中種子是否可以自然發芽。

圖 1.放置在地上的菩提果實

圖 2.放置了超過 21 天的稜果榕果實

(二)研究結果：

由表 3.的結果，除了愛玉沒有採到榕果之外，其他榕果採用自然的方式放置於戶外泥土上 21 天，隨著天氣變化雖然有時會下雨果實吸水變大，但出太陽時果實又會變乾燥縮小，所以大部分果實都會變小變硬(如圖 2.)，雖然有些果實會開始產生破損，但大部分果皮變硬的果實都使得種子的發芽變得更困難，21 天後仍然沒有觀察到任何種子發芽。實驗結果將在實驗討論中討論。

表 3.榕屬植物自然掉落果實的種子發芽記錄表(1)　(○：有發芽；　╳：沒有發芽)

名稱	雀榕	稜果榕	菩提	正榕	薜荔	垂榕	無花果	琴葉榕	高山榕	台灣榕
發芽	╳	╳	╳	╳	╳	╳	╳	╳	╳	╳

二、自然掉落榕果種子發芽觀察（二）：

(一)研究方法：

因為步驟一，所以我們將部分果實較小的榕屬植物果實，放置於放入泥土的培養皿中，每天噴水並蓋上蓋子保濕，加快果實腐爛的速度（如圖 3.），放置觀察 21 天之後，探討種子發芽的情況。（薜荔、無花果、琴葉榕因為果實太大而無法直接放入培養皿中，愛玉子則沒有採集到果實，而無法操作此實驗）

圖 3.將雀榕果實整個種在培養皿中

(二)研究結果：

由表 4.的結果，雀榕種子有發芽，其他的榕屬植物還是沒有發芽，可見即使每天噴水保濕，加快榕果的腐爛速度，可是自然掉落的榕果中的種子還是很難發芽，即使雀榕種子有發芽，發芽的日期（第 13 天開始發芽）還是比用除去果皮果肉的雀榕種子來得晚（第 5 天開始發芽），而且發芽數量也少很多(21 天，12 個果實，發芽數 6)。實驗結果將在實驗討論中討論。

表 4.榕屬植物自然掉落果實的種子發芽記錄表(2)　(○：有發芽；　╳：沒有發芽)

名稱	雀榕	稜果榕	菩提	正榕	垂榕	高山榕	台灣榕
發芽	○	╳	╳	╳	╳	╳	╳

三、榕屬植物果實經鳥類啄食，再隨糞便排出的種子發芽率之探討：

(一)研究方法：

戴上口罩和手套，將在榕屬植物體周圍收集到的鳥糞用篩網加以清洗，收集榕屬植物果實經鳥類啄食再隨糞便排出的種子(如圖 4.)，先在一個直徑 10 公分，高 1.5 公分的培養皿中分別放入八分滿的泥土，噴水潤濕，再在每個培養皿中置入 100 顆從鳥糞中收集到的榕屬植物種子，蓋上蓋子後保持濕度，並在蓋子上標示，每天適時噴水，連續觀察三個星期，記錄種子發芽的情形。

圖 4.在稜果榕四周收集到的包含稜果榕種子的鳥糞

(二)研究結果：

因為只有在雀榕、稜果榕、菩提、正榕、垂榕、高山榕六種榕屬植物周圍有收集到鳥糞，另外薜荔、無花果、台灣榕、琴葉榕和愛玉則沒有收集到鳥糞。將從六種鳥糞中採集的種子，進行榕屬植物種子經過鳥類消化道，再隨鳥糞排出的種子發芽率觀察實驗，實驗結果如表 5.、圖 5.，雀榕、稜果榕、菩提和正榕四種果實經由鳥類啄食再排出的種子，經播種後，都有很好的發芽率，垂榕和高山榕的種子則完全沒有發芽，實驗結果會在實驗討論的部分加以討論。

表 5.四種榕屬植物果實經鳥類啄食，再隨糞便排出的種子發芽率記錄表

植物名稱	雀榕	稜果榕	菩提	正榕
處理方式	鳥糞取出種子	鳥糞取出種子	鳥糞取出種子	鳥糞取出種子
3 天發芽率	0%	0%	0%	0%
6 天發芽率	31%	3%	6%	52%
9 天發芽率	84%	68%	36%	60%
12 天發芽率	93%	98%	52%	65%
15 天發芽率	94%	100%	58%	65%
18 天發芽率	94%	100%	58%	65%
21 天發芽率	94%	100%	61%	65%

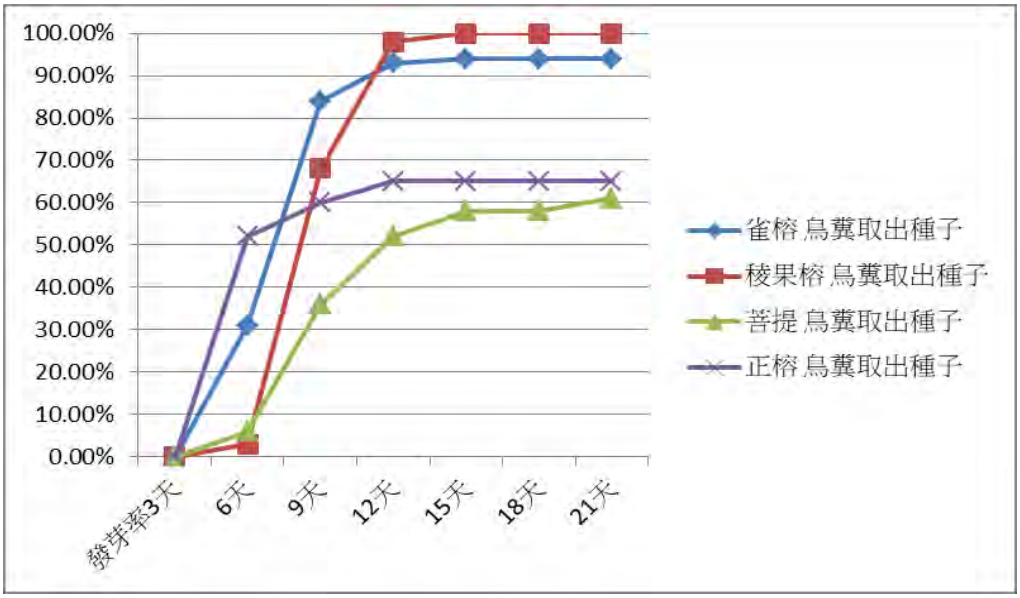


圖 5.四種榕屬植物果實經鳥類啄食，再隨糞便排出的種子發芽率折線圖

四、模擬鳥類啄食消化過程，對於榕屬植物種子發芽之影響：

(一)研究方法：

1.採集適量的成熟雀榕果實，將雀榕果實先搗爛，再用大孔篩網在水中過濾，這時種子會通過孔洞掉入水中，丟棄留在篩網上的果皮、果梗。將有大量雜質和種子的水多次加水傾析後，可以除去水中大部分的雜質和浮在水面上品質不良的種子，只保留沉在底部的飽滿種子，最後用細孔的篩網過濾，得到雀榕的種

子，並加以曬乾，裝入夾鍊袋備用。(如圖 6.、圖 7.、圖 8.、圖 9.)

圖 6.採集到的雀榕果實

圖 7.先把雀榕果實搗爛

圖 8.在大篩孔的篩網中清洗

圖 9.曬乾後的雀榕種子

2.用大約 44℃的溫水加入保溫杯和放入雀榕種子的夾鍊袋中，再將夾鍊袋密封後放入保溫杯中（如圖 10.、圖 11.），保持溫度，並分別浸泡雀榕種子 1 小時、2 小時、4 小時，此步驟為模擬雀榕種子在鳥類嗉囊的情形。

圖 10.將雀榕種子入夾鍊袋中，再將 44 度 C 的溫水倒入夾鍊袋和保溫杯中。

圖 11.保溫杯再放入熱水中保持溫度

3.在三個直徑 10 公分，高 1.5 公分的培養皿中分別放入八分滿的泥土，噴水潤濕，再在每個培養皿中置入處理過的 100 顆雀榕種子，蓋上蓋子後保持濕度，並在蓋子上標示，每天適時噴水，連續觀察三個星期，記錄種子發芽的情形。(如圖 12.、圖 13.)。

圖 12.把土壤噴濕後，置入雀榕種子

圖 13.培養皿置入種子後，蓋上蓋子保持濕度

4.用 P600 號砂紙稍微將雀榕種子表面磨過，直到表面不光滑為止(如圖 14.、圖 15.)，再用步驟 3 的方式完成三個培養皿，並持續觀察三個星期，並記錄種子發芽的情形，此步驟為模擬雀榕種子在鳥類砂囊的情形。(為用砂紙磨種子，是因為收集到的隨鳥類糞便排出的種子，幾乎都沒有光澤)

圖 14. P600 砂紙

圖 15.將雀榕種子放在砂紙上磨去種皮

5.種植同步驟 3，但在培養皿中置入步驟 1 得到的雀榕種子之後，再在雀榕種子上覆蓋一層約 0.05 公分的薄土，將種子覆蓋住（如圖 16.），蓋上蓋子後保持濕度，每天適時噴水，連續觀察三個星期，記錄種子發芽的情形。並和步驟 6 比較兩者的差異，看看種子發芽時是否需要光線；或討厭光線；或不受有無光線的影響，以決定接下來的實驗處理過的各種種子播種需不需要覆土。

圖 16.培養皿置入種子後，並覆蓋約 0.05 公分的土壤

6.用步驟 1 的方式，處理取得的 11 種榕屬植物果實，取得 11 種和果實分離的種子，再將這些種子，用步驟 3 的方式，在三個直徑 10 公分，高 1.5 公分的培養皿中分別放入八分滿的泥土，噴水潤濕，再在每個培養皿中置入處理過的 100 顆雀榕種子，蓋上蓋子後保持濕度，並在蓋子上標示，每天適時噴水，連續觀察三個星期，記錄種子發芽的情形。(如圖 12.、圖 13.)。這是模擬鳥類啄食之後，將榕屬植物果實和種子分離，種子是否能自然發芽的實驗觀察。

(二)研究結果：

由表 6.和圖 17.的結果可知，雀榕種子不論是在播種時加以覆土，或是播種前經過浸泡溫水處理，或是用砂紙磨表皮處理後，都可以順利發芽，其中播種後再加以覆土的發芽率最低，浸泡溫水處理後的雀榕種子都有很高的發芽率，而用砂紙磨檫雀榕種子表皮的處理，則也會使雀榕種子的發芽率降低。以上的這些結果，也將會在本實驗討論中加以討論。

表 6.雀榕種子經特殊方式處理後發芽率比較

植物名稱	雀榕				
處理方式	種子覆土	44° C 溫水浸泡 1 小時	44° C 溫水浸泡 2 小時	44° C 溫水浸泡 4 小時	用 600P 砂紙磨擦表皮
3 天發芽率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
6 天發芽率	0.00%	40.00%	41.33%	22.33%	26.67%
9 天發芽率	3.00%	79.67%	91.00%	79.67%	56.33%
12 天發芽率	12.00%	82.67%	95.33%	86.67%	61.00%
15 天發芽率	23.33%	83.33%	96.67%	88.00%	61.33%
18 天發芽率	26.00%	83.33%	96.67%	88.00%	61.33%
21 天發芽率	28.33%	83.33%	96.67%	88.00%	61.33%

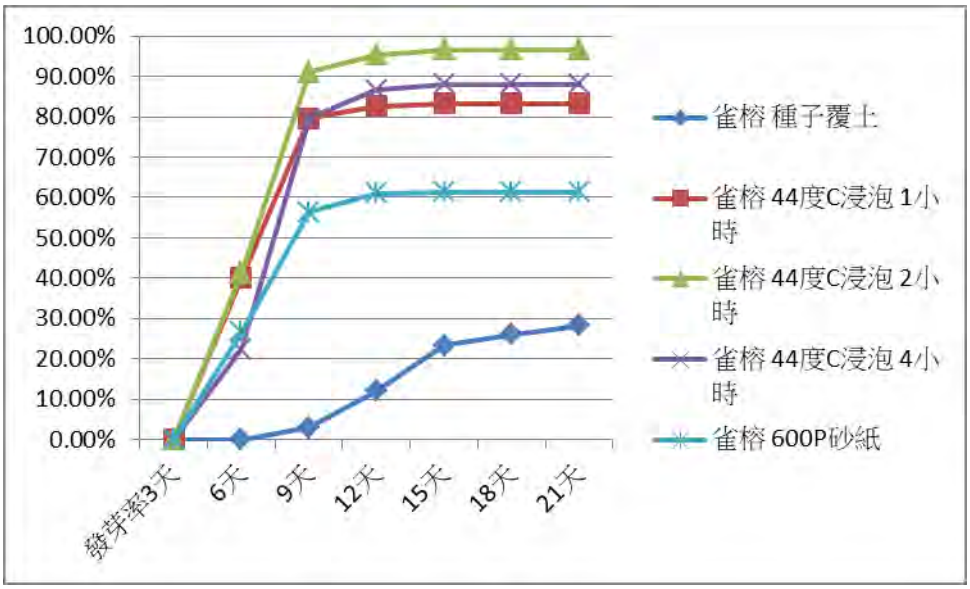


圖 17. 雀榕種子經特殊方式處理後發芽率比較折線圖

由表 7.和圖 18.的結果可知，這五種榕屬植物種子單純將果實和種子分離而沒有做其他處理，播種後都可以在實驗過程中得到很好的發芽率。另外還有垂

榕、無花果、高山榕、琴葉榕、台灣榕、愛玉這六種榕屬植物種子播種後，完全沒有任何種子發芽，這些結果會在實驗討論的部分加以討論。

表 7.將果實和種子分離的不同榕屬植物種子發芽率比較

植物名稱	雀榕	稜果榕	菩提	正榕	薜荔
處理方式	果實和種子分離	果實和種子分離	果實和種子分離	果實和種子分離	果實和種子分離
3 天發芽率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
6 天發芽率	2.00%	0.00%	3.33%	74.67%	3.33%
9 天發芽率	19.00%	5.67%	46.67%	78.33%	40.33%
12 天發芽率	65.67%	49.33%	72.33%	81.33%	78.67%
15 天發芽率	73.00%	78.33%	75.33%	81.33%	92.67%
18 天發芽率	77.00%	93.00%	78.33%	81.33%	95.67%
21 天發芽率	77.00%	96.67%	79.67%	81.33%	95.67%

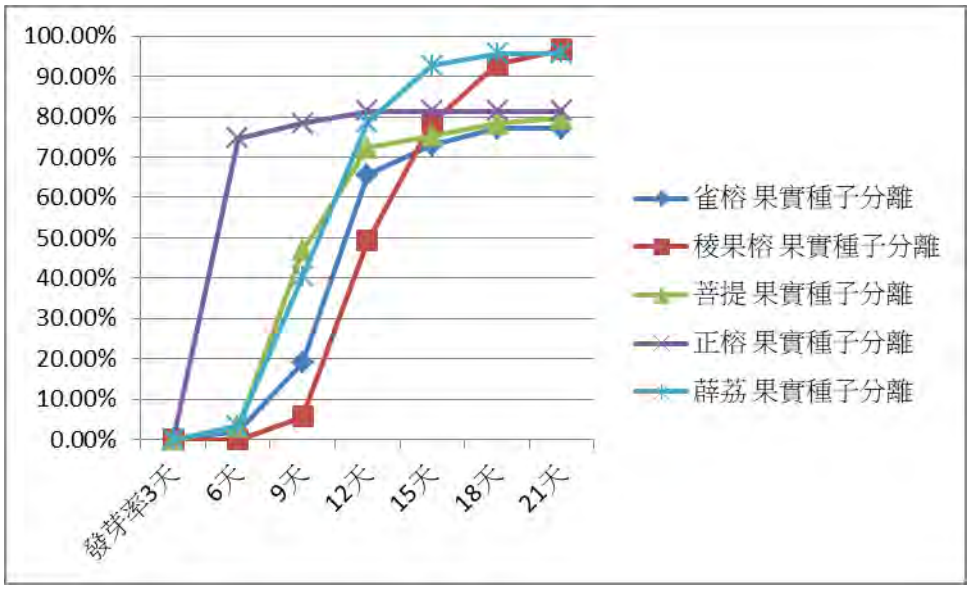


圖 18. 將果實和種子分離的不同榕屬植物種子發芽率折線圖比較

伍、研究討論

一、由表 3.的結果，我們發現當榕果掉落在地面時，21 天的時間經過每天風吹日曬雨淋，果實雖然會慢慢破損裸露種子，可是種子卻仍然不容易發芽。如果是在自然狀態，在這段時間果實可能早就被鳥類或昆蟲吃掉，或是被人掃地掃掉。再由表 4.的結果，雖然在實驗中每天給予潮濕的環境加快榕果的腐爛，可是也只有雀榕的種子發芽，而且是在第 13 天才發芽，比直接將果實和種子分離的雀榕種子在第 5 天開始發芽要慢很多，而且實驗時 12 個果實最少包含 500 個種子，在第 21 天卻只有 6 個種子發芽，發芽率實在很低。綜合以上兩個結果，可見如果要自然掉落的榕果在榕屬植物周圍自然發芽，即使校園中常看到掉滿果實的榕屬植物(圖 19.)，種子發芽的難度還是很高的，尤其還可能有其他的負面原因，例如人為清掃、其他動物採食，甚至榕屬植物自己的抑制作用（汪書平、舒偉傑[02]），這些都可能是造成無法在榕屬植物旁邊找到小榕樹苗的原因。

圖 19.菩提樹四周掉滿菩提果實

二、因為我們愛玉種子是直接從市場買來可以用來洗愛玉的，所以買來時種子已經是被裝在夾鏈袋中，並不是果實的樣貌，所以實驗步驟一、二、三的部分都無法做，只能做步驟四，當作是果實和種子分離後的種子，觀察其發芽的狀況。

三、關於如何從鳥糞中蒐集到我們要的榕屬植物種子，根據我們的觀察，當榕果成熟時，常會有很多的鳥（例如白頭翁、綠繡眼……等）飛到樹上採食榕果，採食的過程，也會留下很多的鳥糞便。我們先從榕果中採集這些榕屬植物的種子，然後觀察記住它的樣子，這樣就可以在從鳥糞中採到的一些種子中，找出我們需要的種子了。通常在某一種榕屬植物下，找到的鳥糞中包含該種類的種子數量也會較多（如圖 4.）。

四、由表 5.和圖 5.的結果，我們發現，從鳥糞中採集到的種子種植後，雀榕、稜果榕、菩提、正榕的種子都可以正常發芽，而且發芽率也很高(63.11%~100%)，表示經由鳥類將榕果吃下後，本來在果實中放置 21 天也不會發芽的種子，從鳥糞分離出來的種子的確可以很容易的就發芽，也就是說鳥類啄食榕屬植物果實之後，的確成功幫助讓榕屬植物種子發芽了。另外垂榕和高山榕雖然也有從鳥糞中採集到種子，但這些種子大部分在清洗時都浮在水面上，表示可能不是飽滿的種子，而且有些種子打開發現它裏面是空心的，可見種子的品質不佳，即使再重複收集鳥糞再重做實驗，也都沒有辦法找到可以發芽的種子，這部分會再留到討論八的部分再討論。而薜荔、無花果、琴葉榕因為果實太大，或是果實太硬，鳥類無法直接啄食，所以也無法在植物體周圍找到含有種子的鳥糞。而台灣榕（天仙果）則是因為種在住家庭院，棵數不多而且植物體較小，雖然有果實，可是數量有限，鳥類啄食完可能直接離開，所以也沒有找到有種子的鳥糞。至於愛玉則是因為直接購買市場上包裝的種子，所以也不會有鳥啄食而留下鳥糞。

五、本實驗在設計之初，原本預期榕屬植物的發芽，「確實」會受是否曾經由鳥類啄食，再隨糞便排出的關鍵影響，所以考慮到如果榕樹種子經過鳥類的消化道之後真的讓不會發芽的種子變成會發芽，那榕樹種子在鳥類消化道中到底發生了什麼事呢？因此本實驗先假設種子進入鳥類消化道時先經過嗉囊的貯存，然後砂囊的研磨，再來經過胃的消化，所以本實驗設定的實驗探討項目包括：1.模仿在嗉囊貯存情況用溫水浸泡（因為鳥類的體溫接近 42℃）;2.模仿鳥類砂囊的研磨，用砂紙把榕樹種子外層膜磨掉，並磨到種子失去光澤；3.最後模仿種子在鳥類胃中被消化，用 PH 值=2 的鹽酸浸泡（因為無法查到鳥類胃液的 PH 值，所以以人的胃液 PH 值約等於 2 當作實驗標準）。其中用鹽酸浸泡的部分，因為有一定危險性，所以老師建議我們晚一點再做，後來因為表 7.單純把榕果果實和種子分離，種子就會發芽的實驗結果，推翻了我們認為榕屬植物的種子要發芽，一定得要經過鳥類啄食的假設，所以鹽酸部分的實驗，後來就沒有再做了。

六、由表 6.和圖 17.，雀榕種子不論經過浸泡溫水處理，或是用砂紙磨去表皮處理，都可以發芽，溫水處理的發芽率和時間長短差異不大，而且經過觀察，榕果被鳥類啄

食後，留在鳥類消化器官的時間並不長，甚至不會過一個小時，所以這個處理對雀榕種子的發芽率影響有限。用砂紙磨種子表皮的處理，使發芽率降低了許多，可能是因為用砂紙磨種子表皮時，不小心傷害到種子的胚芽，導致種子的發芽率降低了。

七、因為表 6.和圖 17.的結果，顯示不論是泡溫水模擬嗉囊；或是用砂紙磨種子外皮模擬砂囊的實驗結果，榕屬植物種子都可以發芽，這是否代表只要將榕屬植物的種子從榕果中分離出來，種子即可發芽，所以本實驗就再加入單純將 11 種榕屬植物的種子從果實中分離，再直接播種的實驗觀察。由表 7.和圖 18.的實驗結果，我們發現在將榕屬植物果實和種子用人為方式分離之後，雀榕、稜果榕、菩提、正榕和薜荔的種子就可以正常發芽（發芽率 77%~96.67%），而且完全不用經由鳥類啄食，可見只要將榕屬植物的種子從果實和果肉中分離出來，不經鳥類食，榕屬植物種子就可以自然發芽。

八、五種榕屬植物種子(包含垂榕、無花果、琴葉榕、高山榕、台灣榕)，經過實驗種子都沒有發芽。經過觀察，這五種果實和其他五種種子有發芽的果實最大的差別，在於當採集到這些果實時，把果實打開，它們並不像種子有發芽的榕屬植物果實一樣，常常在果實內看到榕果小蜂的存在（如圖 20.、圖 21.），也就是說有可能這些種子不會發芽的榕屬植物種類可能是外來種，在台灣沒有可以幫它授粉的榕果小蜂，或是它被移植到離原生地較遠的地方單獨種植，雖然會長出榕果，但沒有被榕果小蜂找到，所以沒無完成授粉發育成成熟的種子。也因此，這五種不會發芽的榕屬植物種子，在一般採集水洗時，種子常常全都是浮在水面上的，把種子打破也常是空心的（如圖 22.），也更證明這些種子並沒有授粉成功，所以也不能發育成健康的種子，更不能發芽長成一棵幼苗。

圖 20.雀榕果實和小蜂

圖 21.棱果榕果實和小蜂

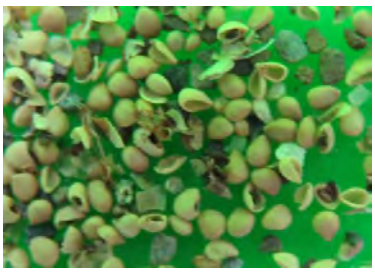


圖 22.無花果種子都空殼

九、愛玉的種子發芽率是「0」，根據我們查到的資料，因為愛玉和薜荔是不同的變種，我們根據種植薜荔的經驗來推論，當初我們採集薜荔時，一開始採集到的薜荔果實是綠色的，果實打開裏面幾乎沒有膠質（如圖 23.、圖 24.），雖然也可以收集到很多種子，可是種子不論有沒有經過任何處理，發芽率也都是「0」。後來再查資料，原來薜荔成熟後的果實是紫色的，所以我們等了好長一段時間再去採，終於找到紫色的成熟果實，而且打開果實裏面都是膠質(如圖 25.、圖 26.)，取出的種子發芽率都高達九成以上。所以我們推論，愛玉種子我們是在市場直接採買袋裝用來洗愛玉用的種子（因為我們沒辦法上山去採愛玉），而一般介紹採愛玉的影片看到的採下來的愛玉果實都是綠色的，以薜荔來說，就是還沒成熟的果實，所以種子自然還沒成熟，因此我們買回來的愛玉種子也都不能發芽。

圖 23.未成熟綠色薜荔果實

圖 25.成熟紫色薜荔果實

圖 24.未成熟薜荔果實內沒有膠質

圖 26.成熟薜荔果實內充滿膠質

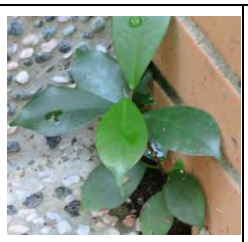
十、由結果表 6.和圖 17.，雀榕種子經過覆土，發芽率大大的降低，但還是會發芽，所以發芽率降低可能和是否照光有關係。另外因為我們這個實驗，對榕樹種子發芽的定義，是只要長出根來就算有發芽，如果任由榕樹種子繼續生長，可能過程中有些種子會死亡。而覆蓋在泥土中的種子，或許早已經發芽了，但是在種子發芽穿出土壤層的過程中，可能因為疾病就死亡了，但在計算發芽數的時候，並不會計算到這些看不到的發芽個體，所以就影響了最後的發芽率計算了，這可能是發芽率大大的降低的原因(圖 27.、圖 28.)。另外，如果發芽率和光照有關係，則相對的也可以部分解釋因為榕屬植物的樹葉常常都很茂密，而且落葉也很多，這使得樹下的地面常常曬不到陽光，甚至被落葉覆蓋，所以相對的如果是在榕樹下，榕屬植物種子發芽的機率就會降低許多。

圖 27.雀榕種子長出根部就算發芽

圖 28.有覆土的種子要長出土壤層才算發芽，種子發芽的時間差異很大

十一、實驗一開始我們會假設榕屬植物的種子發芽，必須經過鳥類的啄食，是因為我們找遍了校園，真的不曾在掉滿果實的榕樹四周找到小榕樹苗，卻常常在牆角找到榕屬植物的幼苗(如表 8.)，老師也說他在大學時期的植物形態學老師也說過，榕屬植物種子的發芽，必須經過鳥類消化道的刺激，而我們在網路上查的資料，也發現有許多人支持這樣的論點。不過實驗的結果，證明我們的推論並不正確，可見自然界的奧妙，要真正去探究了，才能知道真正的真象。

表 8.常在校園牆角長出來的榕屬植物

植物圖片				
植物名	菩提	島榕	正榕	雀榕

十二、實驗過程中發現，鳥類啄食榕樹果實之後，果實停留在鳥類消化器官中的時間並不長，尤其像無花果、薜荔、稜果榕這類膠質比較豐富的榕屬植物(如圖 29.)，常常鳥類在啄食之後，不到一個小時就把種子排出，因此常常還可以在鳥糞中看到大量未消化的膠質，所以鳥類消化器官可以在榕樹種子上作用的時間就很少。相對的果實內的膠質也保護了榕果中的種子，因為榕屬植物的果實多半擁有或多或少的膠質，所以種子在鳥類的消化器官中才不會被消化，又加上停留的時間不長，所以可以隨著鳥類的移動被散布到其他地方，而且隨著鳥類排出來的鳥糞，也可以提供外型不是很大的種子在成長階段所需的一部分營養。

圖 29,充滿膠質的成熟薜荔果實

十三、因為實驗時需要採集鳥糞中的榕屬植物種子，而野鳥是否健康也無法確知，所以在採集種子時一定要戴口罩和手套，雖然很麻煩，不過也是一種重要的自我保護措施。採集完也要用肥皂把手洗乾淨，另外要用 75%酒精消毒過手之後才可以作其他的事情，以確保安全。

十四、因為是用培養皿種植，所以土壤只有大約 1 公分薄薄一層，很容易曬乾，造成種

子的死亡，所以不可把培養皿移到太陽直射的地方，而且要一直蓋著蓋子以防水分蒸發，並且隨時注意補充水分。且因為種子一直沒有直接曬到陽光，所以較早發芽的種子會有徒長的現象，培養皿中都是榕樹幼苗的莖，造成計算上的困難。

十五、在實驗中採用的不同種類榕樹果實，因為不是一年四季都會結果，有些甚至一年只有一小段的結果時間，錯過了就要等明年（例如雀榕），所以必須在果實成熟時大量採取，並留下種子備用。為了避免誤判發芽率，所以要把採得的種子曬乾保存，並每隔一段時間檢查發芽率有沒有改變，並且早日把實驗完成，以免種子可能因為保存過久而死亡，影響最後的觀察結果。但不同批的種子發芽率也會不同，所以實驗時最好使用一株榕樹所採下來的同一批種子，才不會產生太大的誤差。除了愛玉，其他的果實是直接從樹上採下，或是撿取剛掉落不久的，立刻處理收集種子，所以種子應該都是新鮮的。

十六、這次實驗，只要種子長出根來就算是有發芽，但是在觀察的時候，並沒有把已經發芽的種子拿出培養皿，所以每次計數時，都會重新再算一次，這可能會因為發芽的種子愈來愈多而造成計數上的困擾（如圖 30.），而且如果有原本發芽並被計數的種子，在接下來幾天中死亡，可是在一堆發芽的種子中，並不容易被發現，所以造成計算錯誤的情形出現，降低了發芽率，因此或許可以採用一發芽就將種子移出培養皿的方式，然後用每日累加的方法計算發芽數，或許可以解決這個問題。

圖 30.大量的稜果榕幼苗，不容易計數

十七、每次要計算發芽的種子數，真的是非常難，常常算錯了又要重算，就算算對了也要再算好幾次才能確定數字，後來發現，如果在播撒種子時，可以先將培養皿分成幾個區塊，對將來的發芽數計算會有很大的幫助。(如圖 31.、圖 32.)

圖 31.先將培養皿分成幾個區塊再播種

圖 32.種子發芽後會比較好計算

十八、會訂定發芽觀察為三個星期(21 天)，是因為觀察前面的幾種榕屬植物，發現過了三個星期之後，會發芽的種子幾乎都已經發芽，不會再有其他再發芽的情形，所以將觀察種子發芽期間訂為三個星期。

十九、雖然我們的實驗結果證明，榕屬植物的種子發芽，只要能將種子從果實中分離，不論有沒有經過鳥類啄食，就可以自然發芽，而且從榕樹的周圍找到的鳥糞中取出的種子，的確也可以發芽，甚至可以在生長環境非常不佳的牆縫中生存。相反的掉了滿地的榕果，常常也可以看到有些榕果被踩破而有種子掉出來(如圖 33.)，既然種子已經和果實分離，應該可以發芽，可是就是在榕屬植物的周圍找不到小榕樹苗，這部分在後來找到的文獻中，看到有人提出榕樹的葉子中含有會抑制其他植物種子芽生長的物質（汪書平、舒偉傑[02]），這或許也是為什麼榕樹種子無法在榕樹周圍發芽的原因；再加上榕屬植物多半樹葉繁茂，樹下環境常缺乏陽光、水分和養分，這也可能是造成種子無法發芽和幼苗無法成長的其他原因。

圖 33.掉了一地的菩提果實和從果實中散落的種子

陸、研究結論

一、經由十種榕屬植物的觀察發現，自然掉落在地面的榕屬植物果實中的種子，很難在地上自然發芽成長。

二、經由四種從鳥糞中採集到的榕屬植物種子觀察發現，鳥糞中的榕屬植物種子只要環境適合，是可以自然發芽生長的。

三、經由雀榕種子模擬鳥類啄食過程中『種子停留在嗉囊』，實驗過程觀察發現，泡過溫水的雀榕種子只要環境適合，是可以自然發芽生長的。

四、經由雀榕種子模擬鳥類啄食過程中『種子停留在砂囊』，實驗過程觀察發現，用砂紙磨掉雀榕種子表皮，失去光澤的雀榕種子只要環境適合，是可以自然發芽生長的。

五、經由雀榕種子的實驗觀察發現，當雀榕種子掉在地面上並加以覆蓋一層約 0.05 公分的泥土時，雀榕種子雖然還是有部分會發芽，但發芽率會大大的降低。

六、經由五種榕屬植物模擬鳥類啄食過程中『將種子與果實分離』觀察發現，只要將榕果和種子分離，即使沒有經過鳥類啄食，榕屬植物種子只要環境適合，是可以自然發芽生長的。

七、經由本實驗一系列的觀察發現，『鳥類啄食』在榕屬植物的種子發芽所扮演的角色，並不是會讓原本不會發芽的種子，經過鳥類的消化道刺激就變成會發芽；而是經過鳥類的消化道的作用後，讓榕屬植物的果實和種子分離，讓榕樹種子更容易直接接觸到土壤，相對的也增加了種子發芽的機會。而且隨著鳥類的移動，將種子帶到遠離母樹的地方，只要環境適合，種子就會發芽成長，而鳥糞也可能可以提供一部分幼苗成長所需的養分。

柒、參考資料

[01]李幸祥（2001）。台灣校園植物。台北市：稻田出版。

[02]汪書平、舒偉傑(2005)。榕樹粗萃取液對種子萌發及生長之影響。2005 年臺灣國際科展作品說明書

[03]張心怡(2010)。五色鳥食物資源利用及其對種子傳播的影響。國立成功大學生物多樣性研究所碩士論文。台南市。

[04]張永仁（2002）。野花圖鑑。台北市：遠流出版。

[05]章錦瑜（2004）。景觀喬木賞花圖鑑。台北市：晨星文化。

[06]痞客邦-ㄚ啟的部落格(2008)。榕種—大盆種子盆栽。2018 年 7 月 21 日,取自 http://achiblog.pixnet.net/blog/post/3613504-%E6%A6%95%E6%A8%B9%EF%BC%8D%E5%A4%A7%E7%9B%86%E7%A8%AE%E5%AD%90%E7%9B%86%E6%A0%BD。

[07]臺灣環境資訊協會(2016)。臺灣天仙果。2018 年 10 月 2 日,取自 https://teia.tw/zh-hant/natural-valley/species/9626。

[08]蔡福貴（1988）。木本觀賞植物（一）。台北市：渡假出版。

[09]蔡福貴（1988）。木本觀賞植物（二）。台北市：渡假出版。

[10]鄭元春（1980)。台灣的常見野花（一）。台北市：渡假出版。

[11]鄭元春（1984)。台灣的常見野花（二）。台北市：渡假出版。

[12]觀點種子網(2015)。一般種子發芽方法。2018 年 9 月 12 日,取自 http://seed.agron.ntu.edu.tw/vtseed/technology/z02.html。

【評語】080311

1. 此作品主要在於探討鳥類消化的過程中，是否有哪個階段會對榕屬植物的種子發芽產生影響。結果發現，經由鳥類將榕果吃下後，從鳥糞分離出來的種子的比較容易發芽。但後來驗證出不同於原先的假設。能探究榕果發芽原因，設計實驗予以驗證並討論推理其研究結果，具有科學精神，值得鼓勵。

2. 觀察及比較鳥類啄食對榕屬植物種子發芽的影響，觀察仔細，記錄詳實，有系統性收集數據及分析，並能加以統整及討論。

3. 研究主題清楚但較不聚焦。實驗設計宜嚴謹，如種植的土質、光線等控制變因宜敘明清楚。實驗過程一些外在干擾因素沒有排除，數據無法呈現正確性。實驗結果無適當地應用數學及統計方法，分析其差異性。隨糞便排出的種子發芽率之實驗，沒有設置非鳥啄食之種子作對照組。研究中缺乏酸鹼度處理的實驗無法進行，是比較遺憾的部分。

作品海報

摘　要

我們常在榕樹的四周看到掉落許多果實，但很少看到有小榕樹在榕樹四周長出來，卻經常看到校園的牆角、樹縫中長出榕樹苗，因此懷疑是鳥類啄食榕果造成，所以本實驗主要探討『鳥類啄食』在榕屬植物種子發芽的過程中所扮演的角色。

實驗會採集榕屬植物周圍鳥類糞便，收集其中榕屬植物種子種植；再採集成熟榕果，取出其中種子，模擬鳥類消化的過程來處理種子再種植，比較兩者種子發芽情形，探討鳥類消化的過程中，是否有哪個階段會對榕屬植物的種子發芽產生影響。從其中5種有發芽的種子觀察推論，『鳥類啄食』在榕屬植物種子發芽的過程中，主要作用是將種子從果實中分離出來，讓種子可以直接和土壤接觸以利發芽，並隨著鳥類的移動將種子散布到遠處。

壹、研究動機

五年級第一學期上『自然與生活科技課』第二單元『植物世界面面觀』時，老師帶我們到校園做校園植物介紹，看到校園中的榕樹，掉了滿地的果實，我們撿起來觀察，發現每個果實中都有好多小種子，同學說應該會長出滿地的小榕樹；可是過了一段時間，卻完全沒有任何的小榕樹在這裏長出來，在校園中其他榕樹下也都找不到任何小榕樹，但我和同學卻在校園中許多的牆角看到榕樹的小幼苗，老師說這是因為鳥類吃了榕樹果實以後，隨著鳥糞把榕樹種子排出來，被雨水沖刷卡在牆角或樹縫，就在牆角或樹縫長出小榕樹來了。不過我們想，如果榕樹這麼容易發芽，為什麼大榕樹旁邊掉了很多的果實卻都幾乎沒有長出小榕樹來？我們在網路上查資料，有人說榕樹種子要經過鳥類啄食才會發芽；但也有人說，鳥類啄食的作用主要是將種子和果實分離，並且將種子帶到遠處(張心怡[03])。所以究竟鳥類啄食對於榕屬植物種子的發芽扮演著什麼樣的角色呢？是讓原本不會發芽的種子變成會發芽嗎？如果是這樣，那榕屬植物種子在鳥類的消化道中，到底是發生了什麼事，讓種子產生了這種變化？還是鳥類啄食扮演的只是將種子從榕果中分離出來，並且散布到遠處的作用？我們真的很好奇，所以就在老師的帶領之下，開始著手實驗觀察。又因為我們學校除了榕樹外，也有其他榕屬植物，所以我們除了觀察榕樹之外，也收集其他榕屬植物的果實和種子來觀察比較，看看不同的榕屬植物種子，對於鳥類啄食是否有不同的反應。

貳、研究目的

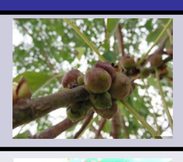
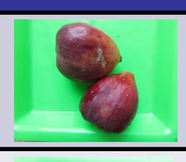
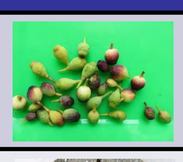
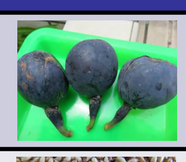
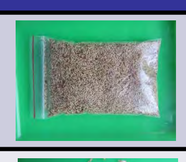
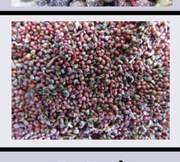
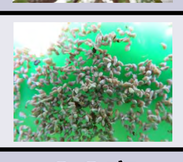
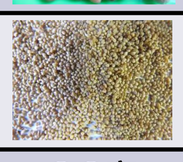
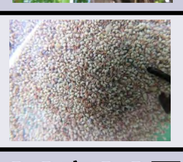
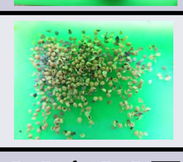
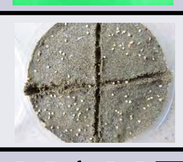
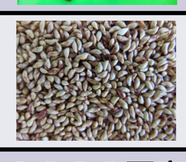
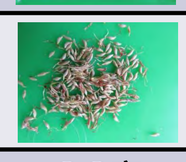
一、探討自然掉落之榕屬植物果實，種子是否可以自然發芽。
二、探討經由鳥類啄食的榕屬植物，種子是否可以自然發芽。
三、探討模擬鳥類啄食過程中『種子停留在嗉囊』，對於榕屬植物種子發芽之影響。
四、探討模擬鳥類啄食過程中『種子停留在砂囊』，對於榕屬植物種子發芽之影響。
五、探討榕屬植物種子掉在地面時，有沒有覆土是否會影響其發芽。
六、探討模擬鳥類啄食過程中『將種子與果實分離』，對於榕屬植物種子發芽之影響。
七、探討『鳥類啄食』在榕屬植物種子發芽所扮演的角色。

參、研究設備及器材

表 1.本實驗使用的器材、耗材和實驗榕屬植物

器材			耗材		採集植物			其他
10cm塑膠培養皿	計時器	大孔篩子	土壤	簽字筆	雀榕	菩提	高山榕	榕屬植物周圍鳥類糞便
鑷子	熱水瓶	小孔篩子	600P砂紙	鉛筆	稜果榕	無花果		
噴水器	水桶		3號夾鍊袋	口罩	正榕	台灣榕		
計數器	保溫杯		塑膠手套		垂榕	琴葉榕		
數位相機	溫度計		記錄用表格		薜荔	愛玉子		

表 2.本實驗榕屬植物果實和其採集來源

名稱	雀榕	稜果榕	菩提	正榕	垂榕	無花果	高山榕	琴葉榕	台灣榕	薜荔	愛玉子
果實圖片											
採集種子											
採集來源	○○市○○國小校園	○○市○○都會公園	○○市○○國小校園	○○市○○國小校園	○○市○○區○○公園	○○市○○區○○里果園	○○都會公園	○○都會公園	○○市○○區○○里住家	○○○○工廠宿舍區外牆	○○市○○市場購買

肆、研究方法及結果

因為榕屬植物果實成熟的時間不一樣，所以我們的實驗只能隨著季節的變化，採集可供研究的榕果來研究，剛開始作實驗時，剛好是有大量的雀榕果實成熟，所以先用雀榕來作實驗，以建立一個實驗模組。後來接著又採集到稜果榕、琴葉榕和無花果.....，所以本實驗就依採到的榕果來分別探討榕屬植物種子發芽和鳥類啄食關係。

一、自然掉落榕果的種子發芽觀察（一）：

(一)研究方法：

本實驗採集榕屬植物果實時，會先撿拾地上掉落的果實，將其放置於戶外泥土上（如圖 1.、圖 2.），觀察21天，看果實中種子是否可以自然發芽。

(二)研究結果：

由表 3.的結果，除了愛玉沒有採到榕果之外，其他榕果採用自然的方式放置於戶外泥土上21天，隨著天氣變化雖然有時會下雨果實吸水變大，但出太陽時果實又會變乾燥縮小，所以大部分果實都會變小變硬(如圖 2.)，雖然有些果實會開始產生破損，但大部分果皮變硬的果實都使得種子的發芽變得更困難，21天後仍然沒有觀察到任何種子發芽。實驗結果將在實驗討論中討論。

圖 1.放置在地上的菩提果實

圖 2.放置了超過21天的稜果榕果實

二、自然掉落榕果種子發芽觀察（二）：

(一)研究方法：

因為步驟一，所以我們將部分果實較小的榕屬植物果實，放置於放入泥土的培養皿中，每天噴水並蓋上蓋子保濕，加快果實腐爛的速度（如圖 3.），放置觀察21天之後，探討種子發芽的情況。（薜荔、無花果、琴葉榕因為果實太大而無法直接放入培養皿中，愛玉子則沒有採集到果實，而無法操作此實驗）

(二)研究結果：

由表 4.的結果，雀榕種子有發芽，其他的榕屬植物還是沒有發芽，可見即使每天噴水保濕，加快榕果的腐爛速度，可是自然掉落的榕果中的種子還是很難發芽，即使雀榕種子有發芽，發芽的日期（第13天開始發芽）還是比用除去果皮果肉的雀榕種子來得晚（第5天開始發芽），而且發芽數量也少很多(21天，12個果實，發芽數6)。實驗結果將在實驗討論中討論。

圖 3.將雀榕果實整個種在培養皿中

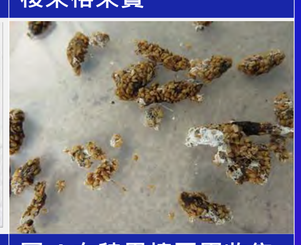


圖 4.在稜果榕四周收集到的包含稜果榕種子的鳥糞

三、榕屬植物果實經鳥類啄食，再隨糞便排出的種子發芽率之探討：

(一)研究方法：

戴上口罩和手套，將在榕屬植物體周圍收集到的鳥糞用篩網加以清洗，收集榕屬植物果實經鳥類啄食再隨糞便排出的種子（如圖 4.），先在一個直徑10公分，高1.5公分的培養皿中分別放入八分滿的泥土，噴水潤濕，再在每個培養皿中置入100顆從鳥糞中收集到的榕屬植物種子，蓋上蓋子後保持濕度，並在蓋子上標示，每天適時噴水，連續觀察三個星期，記錄種子發芽的情形。

(二)研究結果：

因為只有在雀榕、稜果榕、菩提、正榕、垂榕、高山榕六種榕屬植物周圍有收集到鳥糞，另外薜荔、無花果、台灣榕、琴葉榕和愛玉則沒有收集到鳥糞。將從六種鳥糞中採集的種子，進行榕屬植物種子經過鳥類消化道，再隨鳥糞排出的種子發芽率觀察實驗，實驗結果如表 5.、圖 5.，雀榕、稜果榕、菩提和正榕四種果實經由鳥類啄食再排出的種子，經播種後，都有很好的發芽率，垂榕和高山榕的種子則完全沒有發芽，實驗結果會在實驗討論的部分加以討論。

表 3.榕屬植物自然掉落果實的種子發芽記錄表(1)　(○：有發芽；　×：沒有發芽)

名稱	雀榕	稜果榕	菩提	正榕	薜荔	垂榕	無花果	琴葉榕	高山榕	台灣榕
發芽	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

表 4.榕屬植物自然掉落果實的種子發芽記錄表(2)　(○：有發芽；×：沒有發芽)

名稱	雀榕	稜果榕	菩提	正榕	垂榕	高山榕	台灣榕
發芽	○	×	×	×	×	×	×

表 5.四種榕屬植物果實經鳥類啄食，再隨糞便排出的種子發芽率記錄表

植物名稱	雀榕	稜果榕	菩提	正榕
處理方式	鳥糞取出種子	鳥糞取出種子	鳥糞取出種子	鳥糞取出種子
3天發芽率	0%	0%	0%	0%
6天發芽率	31%	3%	6%	52%
9天發芽率	84%	68%	36%	60%
12天發芽率	93%	98%	52%	65%
15天發芽率	94%	100%	58%	65%
18天發芽率	94%	100%	58%	65%
21天發芽率	94%	100%	61%	65%

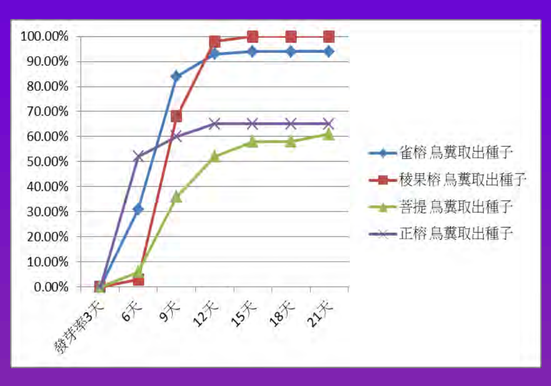


圖 5.四種榕屬植物果實經鳥類啄食，再隨糞便排出的種子發芽率折線圖

四、模擬鳥類啄食消化過程，對於榕屬植物種子發芽之影響：

(一)研究方法：

1. 採集適量的成熟雀榕果實，將雀榕果實先搗爛，再用大孔篩網在水中過濾，這時種子會通過孔洞掉入水中，丟棄留在篩網上的果皮、果梗。將有大量雜質和種子的水多次加水傾析後，可以除去水中大部分的雜質和浮在水面上品質不良的種子，只保留沉在底部的飽滿種子，最後用細孔的篩網過濾，得到雀榕的種子，並加以曬乾，裝入夾鍊袋備用。(如圖 6.、圖 7.、圖 8.、圖 9.)
2. 用大約44℃的溫水加入保溫杯和放入雀榕種子的夾鍊袋中，再將夾鍊袋密封後放入保溫杯中（如圖 10.、圖 11.），保持溫度，並分別浸泡雀榕種子1小時、2小時、4小時，此步驟為模擬雀榕種子在鳥類嗉囊的情形。
3. 在三個直徑10公分，高1.5公分的培養皿中分別放入八分滿的泥土，噴水潤濕，再在每個培養皿中置入處理過的100顆雀榕種子，蓋上蓋子後保持濕度，並在蓋子上標示，每天適時噴水，連續觀察三個星期，記錄種子發芽的情形。(如圖 12.、圖 13.)。
4. 用P600號砂紙稍微將雀榕種子表面磨過，直到表面不光滑為止(如圖 14.、圖 15.)，再用步驟3的方式完成三個培養皿，並持續觀察三個星期，並記錄種子發芽的情形，此步驟為模擬雀榕種子在鳥類砂囊的情形。(為用砂紙磨種子，是因為收集到的隨鳥類糞便排出的種子，幾乎都沒有光澤)
5. 種植同步驟3，但在培養皿中置入步驟1得到的雀榕種子之後，再在雀榕種子上覆蓋一層約0.05公分的薄土，將種子覆蓋住（如圖 16.），蓋上蓋子後保持濕度，每天適時噴水，連續觀察三個星期，記錄種子發芽的情形。並和步驟6比較兩者的差異，看看種子發芽時是否需要光線；或討厭光線；或不受有無光線的影響，以決定接下來的實驗處理過的各種種子播種需不需要覆土。
6. 用步驟1的方式，處理取得的11種榕屬植物果實，取得11種和果實分離的種子，再將這些種子，用步驟3的方式，在三個直徑10公分，高1.5公分的培養皿中分別放入八分滿的泥土，噴水潤濕，再在每個培養皿中置入處理過的100顆雀榕種子，蓋上蓋子後保持濕度，並在蓋子上標示，每天適時噴水，連續觀察三個星期，記錄種子發芽的情形。(如圖 12.、圖 13.)。這是模擬鳥類啄食之後，將榕屬植物果實和種子分離，種子是否能自然發芽的實驗觀察。

(二)研究結果：

由表 6.和圖 17.的結果可知，雀榕種子不論是在播種時加以覆土，或是播種前經過浸泡溫水處理，或是用砂紙磨表皮處理後，都可以順利發芽，其中播種後再加以覆土的發芽率最低，浸泡溫水處理後的雀榕種子都有很高的發芽率，而用砂紙磨擦雀榕種子表皮的處理，則也會使雀榕種子的發芽率降低。以上的這些結果，也將會在本實驗討論中加以討論。

由表 7.和圖 18.的結果可知，這五種榕屬植物種子將果實和種子分離而沒有做其他處理，播種後都可以在實驗過程中得到很好的發芽率。另外還有垂榕、無花果、高山榕、琴葉榕、台灣榕、愛玉這六種榕屬植物種子播種後，完全沒有任何種子發芽，這些結果會在實驗討論的部分加以討論。

圖 6.採集到的雀榕果實

圖 7.先把雀榕果實搗爛

圖 8.在大篩孔的篩網中清洗

圖 9.曬乾後的雀榕種子

圖 10.將雀榕種子入夾鍊袋中，再將44度C的溫水倒入夾鍊袋和保溫杯中。

圖 11.保溫杯再放入熱水中保持溫度

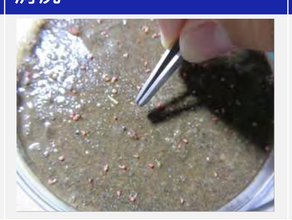


圖 12.把土壤噴濕後，置入雀榕種子

圖 13.培養皿置入種子後，蓋上蓋子保持濕度

圖 14. P600砂紙

圖 15.將雀榕種子放在砂紙上磨去種皮

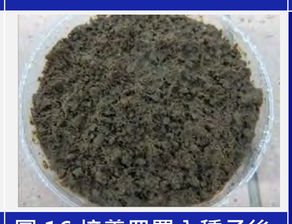


圖 16.培養皿置入種子後覆蓋約0.05公分的土壤

表 6.雀榕種子經特殊方式處理後發芽率比較

植物名稱	雀榕				
處理方式	種子覆土	44°C溫水浸泡1小時	44°C溫水浸泡2小時	44°C溫水浸泡4小時	用600P砂紙磨擦表皮
3天發芽率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
6天發芽率	0.00%	40.00%	41.33%	22.33%	26.67%
9天發芽率	3.00%	79.67%	91.00%	79.67%	56.33%
12天發芽率	12.00%	82.67%	95.33%	86.67%	61.00%
15天發芽率	23.33%	83.33%	96.67%	88.00%	61.33%
18天發芽率	26.00%	83.33%	96.67%	88.00%	61.33%
21天發芽率	28.33%	83.33%	96.67%	88.00%	61.33%

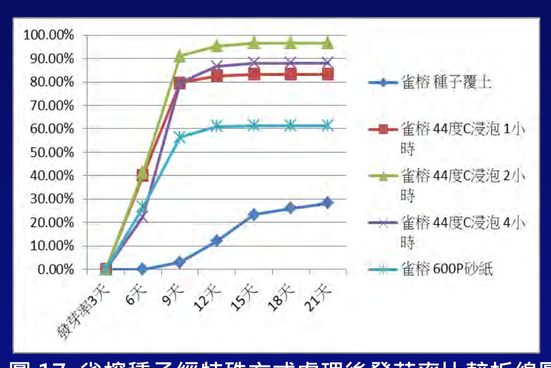


圖 17. 雀榕種子經特殊方式處理後發芽率比較折線圖

表 7.將果實和種子分離的不同榕屬植物種子發芽率比較

植物名稱	雀榕	稜果榕	菩提	正榕	薜荔
處理方式	果實和種子分離	果實和種子分離	果實和種子分離	果實和種子分離	果實和種子分離
3天發芽率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
6天發芽率	2.00%	0.00%	3.33%	74.67%	3.33%
9天發芽率	19.00%	5.67%	46.67%	78.33%	40.33%
12天發芽率	65.67%	49.33%	72.33%	81.33%	78.67%
15天發芽率	73.00%	78.33%	75.33%	81.33%	92.67%
18天發芽率	77.00%	93.00%	78.33%	81.33%	95.67%
21天發芽率	77.00%	96.67%	79.67%	81.33%	95.67%

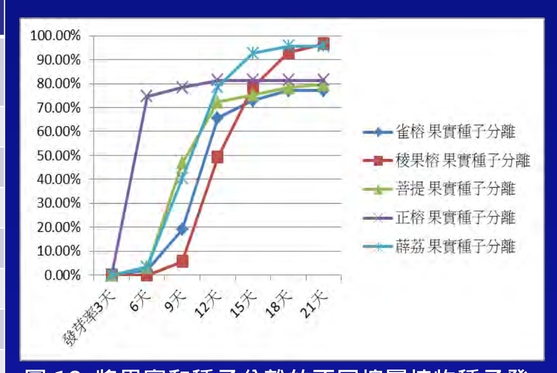


圖 18. 將果實和種子分離的不同榕屬植物種子發芽率折線圖比較

伍、討　論

一. 由表3.的結果，我們發現當榕果掉落在地面時，21天的時間經過每天風吹日曬雨淋，果實雖然會慢慢破損裸露種子，可是種子卻仍然不容易發芽。如果是在自然狀態，在這段時間果實可能早就被鳥類或昆蟲吃掉，或是被人掃地掃掉。再由表 4.的結果，雖然在實驗中每天給予潮濕的環境加快榕果的腐爛，可是也只有雀榕的種子發芽，而且是在第13天才發芽，比直接將果實和種子分離的雀榕種子在第5天開始發芽要慢很多，而且實驗時12個果實最少包含500個種子，在第21天卻只有6個種子發芽，發芽率實在很低。綜合以上兩個結果，可見如果要自然掉落的榕果在榕屬植物周圍自然發芽，即使校園中常看到掉滿果實的榕屬植物(圖 19.)，種子發芽的難度還是很高的，尤其還可能有其他的負面原因，例如人為清掃、其他動物採食，甚至榕屬植物自己的抑制作用（汪書平、舒偉傑[02]），這些都可能是造成無法在榕屬植物旁邊找到小榕樹苗的原因。

二. 因為我們愛玉種子是直接從市場買來可以用來洗愛玉的，所以買來時種子已經是被裝在夾鏈袋中，並不是果實的樣貌，所以實驗步驟一、二、三的部分都無法做，只能做步驟四，當作是果實和種子分離後的種子，觀察其發芽的狀況。

三. 關於如何從鳥糞中蒐集到我們要的榕屬植物種子，根據我們的觀察，當榕果成熟時，常會有很多的鳥（例如白頭翁、綠繡眼.....等）飛到樹上採食榕果，採食的過程，也會留下很多的鳥糞便。我們先從榕果中採集這些榕屬植物的種子，然後觀察記住它的樣子，這樣就可以在從鳥糞中採到的一些種子中，找出我們需要的種子了。通常在某一種榕屬植物下，找到的鳥糞中包含該種類的種子數量也會較多（如圖4.）

四. 由表 5.和圖 5.的結果，我們發現，從鳥糞中採集到的種子種植後，雀榕、稜果榕、菩提、正榕的種子都可以正常發芽，而且發芽率也很高(63.11%~100%)，表示經由鳥類將榕果吃下後，本來在果實中放置21天也不會發芽的種子，從鳥糞分離出來的種子的確可以很容易的就發芽，也就是說鳥類啄食榕屬植物果實之後，的確成功幫助讓榕屬植物種子發芽了。另外垂榕和高山榕雖然也有從鳥糞中採集到種子，但這些種子大部分在清洗時都浮在水面上，表示可能不是飽滿的種子，而且有些種子打開發現它裏面是空心的，可見種子的品質不佳，即使再重複收集鳥糞再重做實驗，也都沒有辦法找到可以發芽的種子，這部分會再留到討論八的部分再討論。而薜荔、無花果、琴葉榕因為果實太大，或是果實太硬，鳥類無法直接啄食，所以也無法在植物體周圍找到含有種子的鳥糞。而台灣榕（天仙果）則是因為種在住家庭院，棵數不多而且植物體較小，雖然有果實，可是數量有限，鳥類啄食完可能直接離開，所以也沒有找到有種子的鳥糞。至於愛玉則是因為直接購買市場上包裝的種子，所以也不會有鳥啄食而留下鳥糞。

五. 本實驗在設計之初，原本預期榕屬植物的發芽，「確實」會受是否曾經由鳥類啄食，再隨糞便排出的關鍵影響，所以考慮到如果榕樹種子經過鳥類的消化道之後真的讓不會發芽的種子變成會發芽，那榕樹種子在鳥類消化道中到底發生了什麼事呢？因此本實驗先假設種子進入鳥類消化道時先經過嗉囊的貯存，然後砂囊的研磨，再來經過胃的消化，所以本實驗設定的實驗探討項目包括：1.模仿在嗉囊貯存情況用溫水浸泡（因為鳥類的體溫接近42℃）;2.模仿鳥類砂囊的研磨，用砂紙把榕樹種子外層膜磨掉，並磨到種子失去光澤；3.最後模仿種子在鳥類胃中被消化，用PH值=2的鹽酸浸泡（因為無法查到鳥類胃液的PH值，所以以人的胃液PH值約等於2當作實驗標準）。其中用鹽酸浸泡的部分，因為有一定危險性，所以老師建議我們晚一點再做，後來因為表 7.單純把榕果果實和種子分離，種子就會發芽的實驗結果，推翻了我們認為榕屬植物的種子要發芽，一定得要經過鳥類啄食的假設，所以鹽酸部分的實驗，後來就沒有再做了。

六. 由表 6.和圖 17.，雀榕種子不論經過浸泡溫水處理，或是用砂紙磨去表皮處理，都可以發芽，溫水處理的發芽率和時間長短差異不大，而且經過觀察，榕果被鳥類啄食後，留在鳥類消化器官的時間並不長，甚至不會過一個小時，所以這個處理對雀榕種子的發芽率影響有限。用砂紙磨種子表皮的處理，使發芽率降低了許多，可能是因為用砂紙磨種子表皮時，不小心傷害到種子的胚芽，導致種子的發芽率降低了。

七. 因為表 6.和圖 17.的結果，顯示不論是泡溫水模擬嗉囊；或是用砂紙磨種子外皮模擬砂囊的實驗結果，榕屬植物種子都可以發芽，這是否代表只要將榕屬植物的種子從榕果中分離出來，種子即可發芽，所以本實驗就再加入單純將11種榕屬植物的種子從果實中分離，再直接播種的實驗觀察。由表 7.和圖 18.的實驗結果，我們發現在將榕屬植物果實和種子用人為方式分離之後，雀榕、稜果榕、菩提、正榕和薜荔的種子就可以正常發芽（發芽率77%~96.67%），而且完全不用經由鳥類啄食，可見只要將榕屬植物的種子從果實和果肉中分離出來，不經鳥類食，榕屬植物種子就可以自然發芽。

八. 五種榕屬植物種子(包含垂榕、無花果、琴葉榕、高山榕、台灣榕)，經過實驗種子都沒有發芽。經過觀察，這五種果實和其他五種種子有發芽的果實最大的差別，在於當採集到這些果實時，把果實打開，它們並不像種子有發芽的榕屬植物果實一樣，常常在果實內看到榕果小蜂的存在（如圖 20.、圖 21.），也就是說有可能這些種子不會發芽的榕屬植物種類可能是外來種，在台灣沒有可以幫它授粉的榕果小蜂，或是它被移植到離原生地較遠的地方單獨種植，雖然會長出榕果，但沒有被榕果小蜂找到，所以沒無完成授粉發育成成熟的種子。也因此，這五種不會發芽的榕屬植物種子，在一般採集水洗時，種子常常全都是浮在水面上的，把種子打破也常是空心的（如圖 22.），也更證明這些種子並沒有授粉成功，所以也不能發育成健康的種子，更不能發芽長成一棵幼苗。

圖 19.菩提樹四周掉滿菩提果實

圖 20.雀榕果實和小蜂

圖 21.稜果榕果實和小蜂

圖 22.無花果種子都是空殼

九.愛玉的種子發芽率是「0」，根據我們查到的資料，因為愛玉和薜荔是不同的變種，我們根據種植薜荔的經驗來推論，當初我們採集薜荔時，一開始採集到的薜荔果實是綠色的，果實打開裏面幾乎沒有膠質（如圖23.、圖 24.），雖然也可以收集到很多種子，可是種子不論有沒有經過任何處理，發芽率也都是「0」。後來再查資料，原來薜荔成熟後的果實是紫色的，所以我們等了好長一段時間再去採，終於找到紫色的成熟果實，而且打開果實裏面都是膠質(如圖 25.、圖 26.)，取出的種子發芽率都高達九成以上。所以我們推論，愛玉種子我們是在市場直接採買袋裝用來洗愛玉用的種子（因為我們沒辦法上山去採愛玉），而一般介紹採愛玉的影片看到的採下來的愛玉果實都是綠色的，以薜荔來說，就是還沒成熟的果實，所以種子自然還沒成熟，因此我們買回來的愛玉種子也都不能發芽。

十.由結果表 6.和圖 17.，雀榕種子經過覆土，發芽率大大的降低，但還是會發芽，所以發芽率降低可能和是否照光有關係。另外因為我們這個實驗，對榕樹種子發芽的定義，是只要長出根來就算有發芽，如果任由榕樹種子繼續生長，可能過程中有些種子會死亡。而覆蓋在泥土中的種子，或許早已經發芽了，但是在種子發芽穿出土壤層的過程中，可能因為疾病就死亡了，但在計算發芽數的時候，並不會計算到這些看不到的發芽個體，所以就影響了最後的發芽率計算了，這可能是發芽率大大的降低的原因(圖27.、圖 28.)。另外，如果發芽率和光照有關係，則相對的也可以部分解釋因為榕屬植物的樹葉常常都很茂密，而且落葉也很多，這使得樹下的地面常常曬不到陽光，甚至被落葉覆蓋，所以相對的如果是在榕樹下，榕屬植物種子發芽的機率就會降低許多。

十一.實驗一開始我們會假設榕屬植物的種子發芽，必須經過鳥類的啄食，是因為我們找遍了校園，真的不曾在掉滿果實的榕樹四周找到小榕樹苗，卻常常在牆角找到榕屬植物的幼苗(如表 8.)，老師也說他在大學時期的植物形態學老師也說過，榕屬植物種子的發芽，必須經過鳥類消化道的刺激，而我們在網路上查的資料，也發現有許多人支持這樣的論點。不過實驗的結果，證明我們的推論並不正確，可見自然界的奧妙，要真正去探究了，才能知道真正的真象。

十二.實驗過程中發現，鳥類啄食榕樹果實之後，果實停留在鳥類消化器官中的時間並不長，尤其像無花果、薜荔、稜果榕這類膠質比較豐富的榕屬植物(如圖 29.)，常常鳥類在啄食之後，不到一個小時就把種子排出，因此常常還可以在鳥糞中看到大量未消化的膠質，所以鳥類消化器官可以在榕樹種子上作用的時間就很少。相對的果實內的膠質也保護了榕果中的種子，因為榕屬植物的果實多半擁有或多或少的膠質，所以種子在鳥類的消化器官中才不會被消化，又加上停留的時間不長，所以可以隨著鳥類的移動被散布到其他地方，而且隨著鳥類排出來的鳥糞，也可以提供外型不是很大的種子在成長階段所需的一部分營養。

十三.因為實驗時需要採集鳥糞中的榕屬植物種子，而野鳥是否健康無法確知，所以採集種子時一定要戴口罩和手套，雖然麻煩，不過也是一種重要的自我保護措施。採集完也要用肥皂把手洗乾淨，另外要用75%酒精消毒過手之後才可以作其他的事情，以確保安全。

十四.因為是用培養皿種植，所以土壤只有大約1公分薄薄一層，很容易曬乾，造成種子的死亡，所以不可把培養皿移到太陽直射的地方，而且要一直蓋著蓋子以防水分蒸發，並且隨時注意補充水分。且因為種子一直沒有直接曬到陽光，所以較早發芽的種子會有徒長的現象，培養皿中都是榕樹幼苗的莖，造成計算上的困難。

十五.在實驗中採用的不同種類榕樹果實，因為不是一年四季都會結果，有些甚至一年只有一小段的結果時間，錯過了就要等明年（例如雀榕），所以必須在果實成熟時大量採取，並留下種子備用。為了避免誤判發芽率，所以要把採得的種子曬乾保存，並每隔一段時間檢查發芽率有沒有改變，並且早日把實驗完成，以免種子可能因為保存過久而死亡，影響最後的觀察結果。但不同批的種子發芽率也會不同，所以實驗時最好使用一株榕樹所採下來的同一批種子，才不會產生太大的誤差。除了愛玉，其他的果實是直接從樹上採下，或是撿取剛掉落不久的，立刻處理收集種子，所以種子應該都是新鮮的。

十六.這次實驗，只要種子長出根來就算是有發芽，但是在觀察的時候，並沒有把已經發芽的種子拿出培養皿，所以每次計數時，都會重新再算一次，這可能會因為發芽的種子愈來愈多而造成計數上的困擾（如圖 30.），而且如果有原本發芽並被計數的種子，在接下來幾天中死亡，可是在一堆發芽的種子中，並不容易被發現，所以造成計算錯誤的情形出現，降低了發芽率，因此或許可以採用一發芽就將種子移出培養皿的方式，然後用每日累加的方法計算發芽數，或許可以解決這個問題。

十七.每次要計算發芽的種子數，真的是非常難，常常算錯了又要重算，就算算對了也要再算好幾次才能確定數字，後來發現，如果在播撒種子時，可以先將培養皿分成幾個區塊，對將來的發芽數計算會有很大的幫助。(如圖 31.、圖 32.)

十八.會訂定發芽觀察為三個星期(21天)，是因為觀察前面的幾種榕屬植物，發現過了三個星期之後，會發芽的種子幾乎都已經發芽，不會再有其他再發芽的情形，所以將觀察種子發芽期間訂為三個星期。

十九.雖然我們的實驗結果證明，榕屬植物的種子發芽，只要能將種子從果實中分離，不論有沒有經過鳥類啄食，就可以自然發芽，而且從榕樹的周圍找到的鳥糞中取出的種子，的確也可以發芽，甚至可以在生長環境非常不佳的牆縫中生存。相反的掉了滿地的榕果，常常也可以看到有些榕果被踩破而有種子掉出來(如圖 33.)，既然種子已經和果實分離，應該可以發芽，可是就是在榕屬植物的周圍找不到小榕樹苗，這部分在後來找到的文獻中，看到有人提出榕樹的葉子中含有會抑制其他植物種子芽生長的物質（汪書平、舒偉傑[02]），這或許也是為什麼榕樹種子無法在榕樹周圍發芽的原因；再加上榕屬植物多半樹葉繁茂，樹下環境常缺乏陽光、水分和養分，這也可能是造成種子無法發芽和幼苗無法成長的其他原因。

圖 23.未成熟綠色薜荔果實

圖 24.未成熟薜荔果實內沒有膠質

圖 25.成熟紫色薜荔果實

圖 26.成熟薜荔果實內充滿膠質

圖 27.雀榕種子長出根部就算發芽

圖 28.覆土的種子長出土壤才算發芽，發芽的時間差異很大

圖 29,充滿膠質的成熟薜荔果實

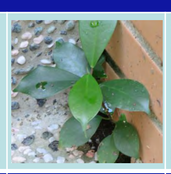
圖 30.大量的稜果榕幼苗，不容易計數

圖 31.先將培養皿分成幾個區塊再播種

圖 32.種子發芽後會比較好計算

圖 33.掉了一地的菩提果實和從果實中散落的種子

表 8.常在校園牆角長出來的榕屬植物

植物圖片				
植物名	菩提	島榕	正榕	雀榕

陸、結　論

一.經由十種榕屬植物的觀察發現，自然掉落在地面的榕屬植物果實中的種子，很難在地上自然發芽成長。

二.經由四種從鳥糞中採集到的榕屬植物種子觀察發現，鳥糞中的榕屬植物種子只要環境適合，是可以自然發芽生長的。

三.經由雀榕種子模擬鳥類啄食過程中『種子停留在嗉囊』，實驗過程觀察發現，泡過溫水的雀榕種子只要環境適合，是可以自然發芽生長的。

四.經由雀榕種子模擬鳥類啄食過程中『種子停留在砂囊』，實驗過程觀察發現，用砂紙磨掉雀榕種子表皮，失去光澤的雀榕種子只要環境適合，是可以自然發芽生長的。

五.經由雀榕種子的實驗觀察發現，當雀榕種子掉在地面上並加以覆蓋一層約0.05公分的泥土時，雀榕種子雖然還是有部分會發芽，但發芽率會大大的降低。

六.經由五種榕屬植物模擬鳥類啄食中『將種子與果實分離』觀察發現，只要將榕果和種子分離，即使沒有經過鳥類啄食，榕屬植物種子只要環境適合，是可以自然發芽生長的。

七.經由本實驗一系列的觀察發現，『鳥類啄食』在榕屬植物的種子發芽所扮演的角色，並不是會讓原本不會發芽的種子，經過鳥類的消化道刺激就變成會發芽；而是經過鳥類的消化道的作用後，讓榕屬植物的果實和種子分離，讓榕樹種子更容易直接接觸到土壤，相對的也增加了種子發芽的機會。而且隨著鳥類的移動，將種子帶到遠離母樹的地方，只要環境適合，種子就會發芽成長，而鳥糞也可能可以提供一部分幼苗成長所需的養分。

柒、參考資料及其他

[01]李幸祥（2001）。台灣校園植物。台北市：稻田出版。
[02]汪書平、舒偉傑(2005)。榕樹粗萃取液對種子萌發及生長之影響。2005年臺灣國際科展作品說明書
[03]張心怡(2010)。五色鳥食物資源利用及其對種子傳播的影響。國立成功大學生物多樣性研究所碩士論文。台南市。
[04]張永仁（2002）。野花圖鑑。台北市：遠流出版。
[05]章錦瑜（2004）。景觀喬木賞花圖鑑。台北市：晨星文化。
[06]痞客邦-ㄚ啟的部落格(2008)。榕種—大盆種子盆栽。2018年7月21日,取自http://achiblog.pixnet.net/blog/post/3613504-%E6%A6%95%E6%A8%B9%EF%BC%8D%E5%A4%A7%E7%9B%86%E7%A8%AE%E5%AD%90%E7%9B%86%E6%A0%B。
[07]臺灣環境資訊協會(2016)。臺灣天仙果。2018年10月2日,取自https://teia.tw/zh-hant/natural-valley/species/9626。
[08]蔡福貴（1988）。木本觀賞植物（一）。台北市：渡假出版。
[09]蔡福貴（1988）。木本觀賞植物（二）。台北市：渡假出版。
[10]鄭元春（1980)。台灣的常見野花（一）。台北市：渡假出版。
[11]鄭元春（1984)。台灣的常見野花（二）。台北市：渡假出版。
[12]觀點種子網(2015)。一般種子發芽方法。2018年9月12日,取自http://seed.agron.ntu.edu.tw/vtseed/technology/z02.html。