

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生物科

佳作

080301

雨後精靈現形記

學校名稱：高雄市左營區新莊國民小學

作者： 小六 劉祉岑 小六 胡勝清	指導老師： 陳嘉雯 曾健評
-------------------------	---------------------

關鍵詞：菇類、孢子、傳播方式

雨後精靈現形記

摘要

本研究調查校園與鄉野的菇類分佈，並透過栽培觀察菇的成長；另設計觀測箱，觀察孢子的彈射及影響因素。研究發現：

- 一、我的校園發現菇類共 13 種，地點多在草皮。
- 二、鄉間發現菇類共 15 種，墾丁海邊 6 種，地點多在枯木。
- 三、四種食用菇從出菇到成熟約數天，且採下後還會再長出，以簡易方式栽培，維持高濕度也可長出美味的菇。
- 四、柳松菇的孢子彈射約持續 2-3 日，濕度高可增加彈射距離，菌傘會傾斜增加彈射的高度。
- 五、柳松菇孢子彈射利用水的表面張力，彈射前菌傘充滿水份，彈射時間愈久，菌傘變薄變寬，逐漸傾斜，蓋緣皺褶，由豐厚鮮潤變為乾癟凹陷，菌褶變長。

由於野菇平常不易觀察，因此我們請專家協助鑑定，並製作網頁及發表分享研究成果。

壹、研究動機

下過雨後，校園的草地上冒出一個個可愛的小白球，幾天後小白球的頂端破了一個洞，輕輕一按還會噴出褐色的煙，有趣極了，過了幾天，小白球卻不見了。老師說那是冬季馬勃，一種菇類，六下的「生物與環境」單元可補充相關的知識。我們曾試著佈置冬季馬勃生長的环境並撒上孢子粉每天噴水，但只有出現幾顆白色小菇，沒有成熟就枯掉了，爲了觀察菇的生長過程，我們購買菇的太空包實際栽培，發現孢子的傳播距離出乎意料的遠，我們想知道孢子的傳播有多遠？有哪些方式及受到哪些因素影響？希望深入探討並將研究成果與同學們分享。

貳、研究目的

- 一、調查校園與鄉野發現菇的種類
- 二、校園與鄉野發現菇類的分類與比較
 - (一) 校園常見菇類分類
 - (二) 鄉野常見菇類分類
 - (三) 校園與鄉野發現菇類的比較
- 三、比較四種食用菇（太空包）的生長過程
 - (一) 太空包菌絲的成長
 - (二) 菌傘生長速度
 - (三) 菇生長週期
- 四、探討菇類孢子傳播的方式
 - (一) 觀察菇類孢子傳播的方式
 - (二) 柳松菇的孢子彈射方式與距離
 - (三) 彈射前後菌褶的比較



※研究範圍：

- 1.本研究所稱校園指的是研究者就讀學校的校園。
- 2.本研究所稱鄉野的範圍是南部某市郊與墾丁海邊。

叁、文獻探討

一、菇的種類與外形

菇類分為擔子菌和子囊菌兩大群，再分為五大類包括：褶菌類、非褶菌類、腹菌類、膠質菌類、子囊菌類。根據外形與微細特徵分科別，菇類一般的外形由上而下為：菌蓋、菌褶、菌環、菌柄、菌托、菌索(周文能，2005)。有些菇類不完全具有這些部位，或是有不同的花紋與質地等，成為分類與辨別的特徵。



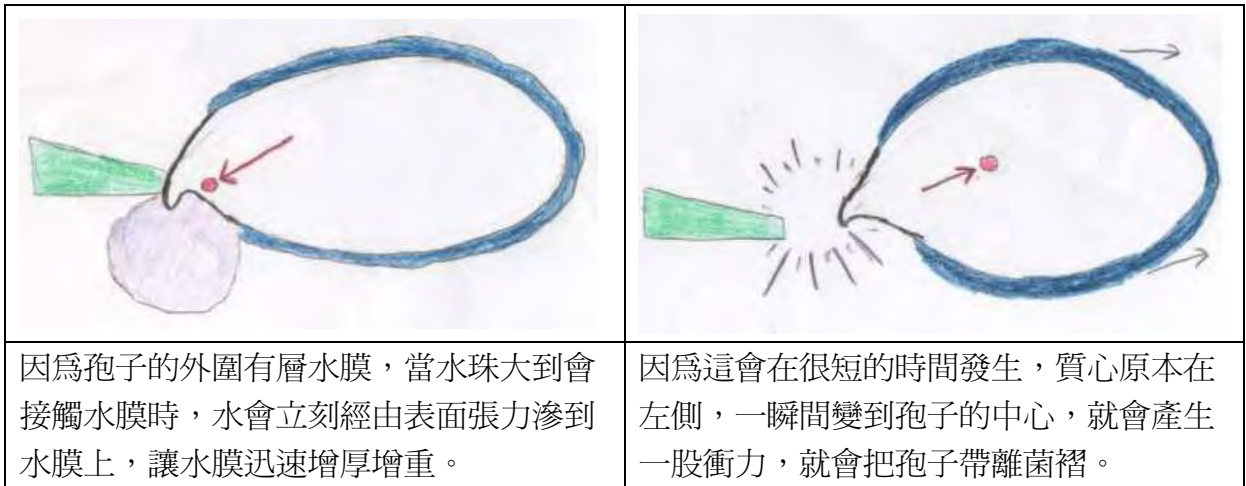
二、菇的相關研究

校園裡發現菇的主要地點在草皮與枯木，種類最多在 8、9 月，溫度高、雨量多的時候(黃舒迪等，2008)。關於菇的栽培，主要有溫度、濕度、光線與二氧化碳濃度這四個要素，多份文獻提到菇的栽培要保持良好的通風，不同種類的菇適合的溫度不同，但都需要較高的濕度約維持 80%-95%。

三、孢子傳播方式

孢子傳播的方式主要分為主動（破裂釋出、彈射）與被動（氣流、風、水、昆蟲等）。多數文獻提到褶菌類的孢子先彈射孢子，再藉由風將孢子帶到較遠的地方（吹春俊光，2006；張東柱、周文能，2005；黃秀雯、劉啓揚，2001）；有份澳洲的文獻對彈射過程有詳細的說明，我們翻譯後將它圖解如下(Heino Lepp，2007)：

<p>紅色點是質量中心(質心)，孢子分泌糖到凸出的孢子梗，糖會吸收水分，水分就聚集在孢子梗。</p>	<p>孢子繼續分泌糖，水珠繼續聚集，同時孢子的質心偏移到靠近菌褶處的孢子梗，有時水珠會聚集到和孢子一樣大，這樣就會把質心一直移到水珠和孢子的中間。</p>



這是部分褶菌類孢子彈射的過程，孢子成熟階段需維持較多的水分，才能讓孢子彈射較遠。

肆、研究設備與器材

4 個大紙箱、灑水器、溫度計、溼度計、捲尺、量角器、數位相機、顯微鏡、電腦、壁報紙數張、菇太空包（直徑 10 公分高 20 公分）（柳松、珊瑚、白螺、黑螺）各 2 包、菇類圖鑑、菇類記錄表、栽培記錄表。

伍、研究方法與過程

一、研究方法：調查、實作、觀察、實驗

二、研究過程：

（一）調查校園與鄉野發現菇的種類

1. 從 99 年 9 月至 100 年 2 月的每次下過雨後，將校園分為東、西、南、北四區，進行菇類調查
2. 利用假日在市郊的菜園（鄉間）、墾丁海邊（野外）、農場養菇房，觀察菇類
3. 運用『菇類記錄表』記錄資料並繪圖
4. 對照菇類圖鑑進行菇種類的辨識
5. 將發現的菇類分類並運用『excel』軟體繪製統計圖分析





菇類記錄表

採集號:

中名及學名	柔膜菌	採集者	
		編號	
		習性	地上、(腐木、腐枝、腐葉、枝葉、立木、糞土、地下)
		生態	單生、散生、群生、簇生
		產地	
		日期	1/18
		附記	
		孢子印	白、淡紅、黃、褐、黑

菌蓋	菌柄	菌褶(孔)
顏色: 白、紅、黃、紫、黑、橙、灰、綠	顏色: 白、紅、黃、紫、黑、褐、橙、灰、綠	顏色: 白、紅、黃、紫、黑、褐、橙、灰、綠
形狀: 鐘、扁、半球、半圓、漏斗、中凸(中凹)、中腰、平展、吊鐘	形狀: 圓錐、棒狀、紡錘、粗筒	著生: 離生、真生、延生、凹生
邊緣: 平滑、條紋、殘膜、溝紋、波浪、角裂殘條	基部: 假根、圓頭、杵狀	褶緣: 全緣、鋸齒、波狀、波浪狀、毛狀
直徑: 2.5 公分	表面: 平滑、粉粒、角鱗、鱗片、毛鱗、網紋	變色: 黑、藍、紫、紅
表面: 光滑、塊鱗、角鱗、毛鱗、絨毛、疣狀、粉狀、黏滑、蠟質、龜裂、環紋、纖維絲條	大小: 長: 0.2 cm, 徑: cm	乳汁: 白、黃、紅
菌肉: 變色、香味	柄肉: 纖維、粉粒、特異、中空、內實、網洞	密度: 中、稀、密、小褶、分叉、橫脈
菌環: 廣質、絲膜、(下垂)上舉	柄色: 變色、中生、(離生)側生、其他	形狀: 平弧、廣弧、厚、後彎、蠟質
菌托: 花苞、環瓣、粉末、角鱗、球莖	顏色: 變色	菌蓋直徑: 實/虛 mm, 菌蓋形狀: 圓形、橢圓形、角形

將校園分為東、西、南、北四區調查菇類記錄

將觀察的菇類做記錄進行辨識

(二) 比較四種食用菇的生長過程

1. 於教室內佈置養菇箱，放置溫度計與濕度計維持適當濕度，並作測量記錄
2. 栽培菇類太空包 (柳松、珊瑚、白螺、黑螺) 各 2 包，將每種菇各編碼為 (A)、(B) 組，每天觀察測量四種菇類的生長過程
3. 運用『excel』軟體繪製生長過程統計圖並分析



記錄者:	栽培名稱: 柳松、珊瑚、白螺、黑螺	採種日期: 1/12
觀察日期: 1/12	溫度: 26°C	濕度: 80%
生長變化		
發現問題	為什麼每一種太空包白色部份(菌絲)高度不同?	
處理方法	可能是菌絲總合的速度不同, 所以白色的部份黑螺菇也會比較慢會呈現。	
觀察心得	每一種菇的品種顏色都有點不同, 像是黑螺的菌絲就(很)透明, 但是白螺的菌絲就有點黃黃的。	

長 50cm 寬 36cm 高 50cm，上蓋加上三角支架保持通風，上蓋可掀起，前後各四種菇，前排放 A 組，後排放 B 組

觀察記錄表內容包括：名稱、日期、溫度、濕度、生長變化、發現問題、處理方法、觀察心得等項目

(三) 探討菇類孢子傳播的方式

1. 觀察並查閱不同菇類孢子傳播方式
2. 採集菇類孢子做顯微觀察比較分析
3. 以栽培的柳松菇 (A)、(B) 做實驗觀測記錄

(1) 設計製作『孢子彈射觀察箱』：將數個大型紙箱合併成一個長 108 公分寬 108 公分高 110 公分的觀測箱，從上方垂下 5 條高度測量條，以箱子的對角線均分 5 個位置垂吊，測量條高 90 公分，每 5 公分放一個測量紙片觀察孢子彈射高度，地上放置壁報紙測量孢子彈射的長度，箱子前面可以打開觀察測量。



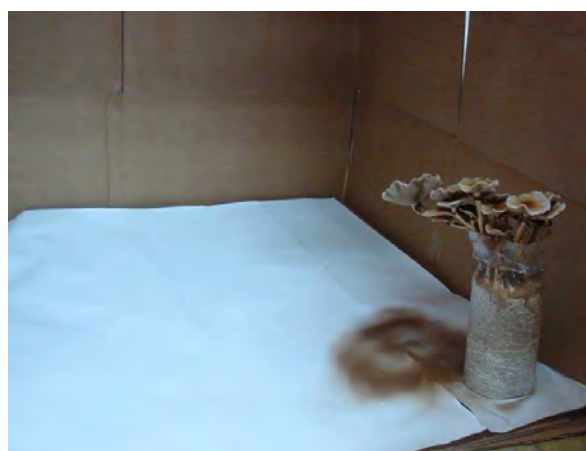
(2) 第一次觀測：

將柳松 A 放入觀測箱最裡面左前方，第二天發現彈射後測量紀錄長度，而測量高度條沒有發現孢子，將菇拿出觀測箱，觀察彈射後菇的菌蓋與菌褶有明顯變化，因此修改觀測方式，做第二次觀測。(濕度約 78%)



(3) 第二次觀測：

將柳松 B 放入觀測箱最外面右後方，以方便觀察菌褶變化。但因通風，使溼度較低，孢子粉大多落在近處，觀測 2 天已到最遠距離。閱讀了澳洲文獻後，知道彈射時水分很重要，因此修改觀測方式再進行第三次觀測。(濕度約 64%)



(4) 第三次觀測：

這次將柳松 A 放入左前方最底，而且周圍掛 2 條濕毛巾和一杯水以增加溼度，另外將高度測量條改爲垂吊在太空包周圍，而且放入後每天定時噴水。放入後第三天發現噴射的高度與距離都超出測量條與壁報紙的距離，因此決定再進行第四次觀測。(濕度約 85%)



(5) 第四次觀測：




這次將箱子加大，增加壁報紙測量長度，再將柳松 B 一樣放在左前方最底，周圍掛 2 條濕毛巾和一杯水以增加溼度，另外將高度測量條增加到 100cm，而且放入後每天定時噴水，觀測四天不再增加高度與距離。(濕度約 87%)




陸、研究結果

一、校園發現菇的種類


(一) 草地

1.絲絨狀垂齒菌	2.褶紋鬼傘	3.口磨科金錢菇屬
		
<p>菌蓋有突圓形或具臍突，顏色呈現褐灰色至赭土色，表面有絨毛。</p>	<p>透明的菌蓋表面有溝紋，成熟後會出現自溶現象，菌傘殘破。</p>	<p>肉質軟韌，半球形至平展，米黃至黃褐色，蓋緣具條紋。</p>

4.綠褶菇	5.粗柄白鬼傘	6.純白微皮傘
		
菌蓋中央為褐色，其他白底密布易脫落的褐色塊鱗，菌蓋稍具條紋， 有毒勿食 。	菌蓋為半球形至平展，中稍凸，覆白色角鱗，蓋緣具條紋，菌環白色， 有毒 。	白色，有小褶，褶緣全緣，像一座張開的降落傘。

7.硬柄小皮傘	8.冬季馬勃	9.隆紋黑蛋巢菌
		
菌蓋為半球形，土黃褐色，光滑，蓋緣稍具條紋。	全株白色，表面稍具角錐鱗，內部孢子成熟，頂部裂開一個小孔，黃褐色的孢子粉由此散出。	小型腹菌，灰黑色的內壁有明顯隆起縱紋，數個黑色小孢體。

(二) 樹幹

10.白小菇	11.松木層孔菌	12.韋伯靈芝
		
白小菇整株白白的，常叢生一群，菌柄透明中生。	菌蓋平伏至半圓、馬蹄形。顏色為淡紅色、暗黑色，覆有絨毛。	菌蓋為扇形、貝殼形或近圓形，顏色為黃褐、黑褐色略帶紫藍色澤。

二、鄉間發現菇的種類

(一) 鄉間草地與空地

13.亞鐵羅小包腳菇	14.小皮傘	15.阿地盤菌
		
<p>一開始為鐘形，後平展，菌蓋顏色為黑白至黑褐色。</p>	<p>菌蓋呈鐘形至平展，光滑，蓋緣具溝紋。</p>	<p>不規則盤狀，無柄，盤裡淡棕色，外皮顏色較淡。</p>

(二) 鄉間枯木

16.粗毛擬革蓋菌	17.裂褶菌	18.非褶菌類 (一)
		
<p>半圓形，深褐、咖啡至紅褐色，覆粗毛，有時消失，菌肉鏽褐色。</p>	<p>菌蓋扇形至半圓形，顏色為乳白色至灰色，密覆白色絨毛或粗毛，菌蓋邊緣有不規則龜裂及具深溝紋。</p>	<p>菌蓋為平伏至半圓形，顏色為乳白色至乳黃色，具環紋，初覆細絨毛，後漸消失。</p>

19.略薄多孔菌	20.黃褐革蓋菌	21.血紅密孔菌
		
<p>菌蓋為半圓形，初為白色，後為乳白至淡黃色，表面光滑無環紋，有時有不明顯的放射線條紋。</p>	<p>菌蓋平伏至扇形，深褐色，具絨毛環紋。</p>	<p>近圓形和半圓形，菌孔近圓形，與菌蓋同色。</p>

22.褐環褶菌	23.黑木耳	24.毛木耳
		
菌蓋為半圓形至貝殼形，顏色為紅褐至暗褐色，具有絨毛環紋。	耳狀至淺緣盤形，平滑或略帶短毛，略有皺褶。	耳狀至淺緣盤形，覆明顯灰褐色常絨毛，略有皺褶。

25.桂花耳	26.南方靈芝	
		
舌狀或匙形，橘黃色，平滑，菇體小。	硬木質，半圓至馬蹄形，灰至黃褐色，具同心環稜或環帶。	




三、墾丁海邊發現菇的種類

27.桑實杯盤菌	28.蠟韌革菌	29.相鄰小孔菌
		
肉質，杯狀至淺盤狀，有柄，棕色。	菌蓋為扇形，顏色為亮黃棕至黃褐色，具有絨毛和環帶。	半圓形至扇形，蓋緣常呈鋸齒狀。

30.薄邊蜂窩菌	31.粗硬春孔菌	32.非褶菌類（二）
		
<p>菌蓋平伏至半圓形、扇形，土黃、黃褐至紅褐色，無毛，具環帶。</p>	<p>菌蓋平伏至半圓形，初乳白色，菌肉與菌孔同色。</p>	<p>菌蓋為平伏至半圓形，深褐色，覆細絨毛。</p>

四、養菇場

33.柳松菇	34.袖珍菇	35.鮑魚菇
		
<p>菌體叢生，菌蓋棕褐色，柄瘦長，有菌環。</p>	<p>半圓形或扇形，蓋緣全緣。菌肉白色。</p>	<p>半圓形或扇形，菌肉白色。側生，平滑。</p>

36.珊瑚菇	36.酒杯菇	37.靈芝
		
<p>菇體叢生或疊生，草黃至鮮黃色，光滑，邊緣內捲。</p>	<p>肉厚，菇傘中央凹陷外觀酷似酒杯而得名</p>	<p>腎形至圓形，有同心環紋，菌孔近圓形，平展或微內捲。</p>

1.發現：菇出現的時間主要在連續下過幾天雨後天晴時，我們從 9 月開學後開始半年調查期，大部份的菇類調查結果在 9.10 月觀察到，這與文獻探討的結果相符。校園裡主要以草地上的菇類為主，共有 13 種；鄉間的菇類以枯木上的較多，共有 15 種；墾丁海

邊發現的菇都在枯木上，共有 6 種；養菇場裡有 6 種；鳥巢菌與裂褶菌在校園與鄉間都有發現，所以僅列一處發現照片。

2.推論：發現地點以鄉間的數量較多，主要是範圍較廣，而且天然的環境裡腐生的土壤與樹木較多，所以發現菇的數量和種類也較多。

四、校園與鄉野菇類的分類與比較

(一) 校園發現菇類分類

編號	類別	科別	名稱	生長習性
1	褶菌類	鬼傘科	絲絨狀垂齒菌	土棲腐生
2			褶紋鬼傘	
3		口蘑科	金錢菇屬	木棲腐生
4		環柄菇科	綠褶菇	土棲腐生
5			粗柄白鬼傘	
6		口蘑科	純白微皮傘	木棲腐生
7			硬柄小皮傘	土棲腐生
8	腹菌類	馬勃科	冬季馬勃	土、木棲腐生
9		鳥巢菌科	隆紋黑蛋巢菌	
10	褶菌類	口蘑科	白小菇	木棲腐生
11	非褶菌類	刺革菌科	松木層孔菌	
12		靈芝科	韋伯靈芝	木棲寄生
		裂褶菌科	裂褶菌	木棲腐生

(二) 鄉間發現菇類分類

編號	類別	科別	名稱	生長習性	
13	褶菌類	光柄菇科	亞鐵羅小包腳菇	土棲腐生	
14		口蘑科	小皮傘	木棲腐生	
15	子囊菌類	盤菌科	阿地盤菌	土棲腐生	
16	非褶菌類	多孔菌科	粗毛擬革蓋菌	木棲腐生	
17		裂褶菌科	裂褶菌		
18		未知	非褶菌類(一)		
19		多孔菌科	略薄多孔菌		
20			黃褐革蓋菌		
21			血紅密孔菌		
22		刺革菌科	褐環褶菌		
26		靈芝科	南方靈芝		
23		膠質菌類	花耳科		桂花耳
24			木耳科		黑木耳
25	毛木耳				
	腹菌類	鳥巢菌科	隆紋黑蛋巢菌	土、木棲腐生	

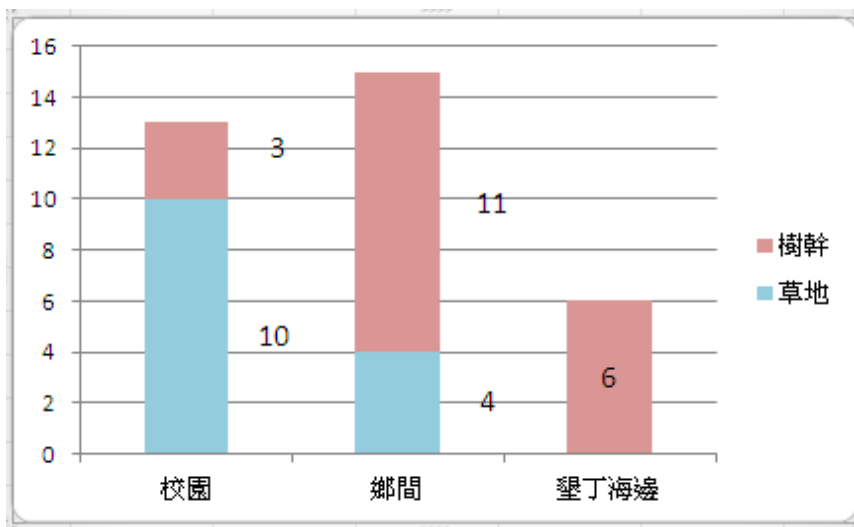
(三) 墾丁海邊矮樹林發現菇類分類

編號	類別	科別	名稱	生長習性
27	子囊菌類	核盤菌科	桑實杯盤菌	木 棲 腐 生
28	非褶菌類	皮革菌科	蠟韌革菌	
29		多孔菌科	相鄰小孔菌	
30			薄邊蜂窩菌	
31			粗硬春孔菌	
32		未知	非褶菌類(二)	

(四) 校園與鄉野菇類的差異

1. 校園與鄉野菇類發現地點的差異

校園與鄉野發現地點統計圖



(1)發現：校園菇類發現的主要地點在草皮與枯木，與文獻探討相同；鄉間發現的最多菇類的地點在枯木；墾丁海邊發現的都在枯木上。

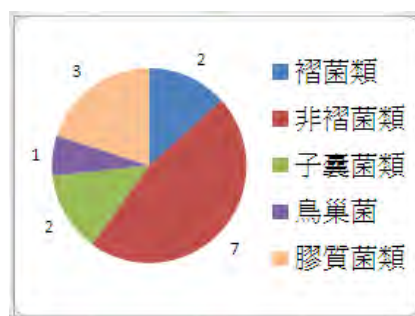
(2)推論：主要是因為校園裡人工培植的草地多，適合土棲習性的菇生長，而鄉野較多枯木而且乏人整理，使木棲習性的菇類容易生存，也較少人為破壞。

2 校園與鄉野發現菇類科別的差異

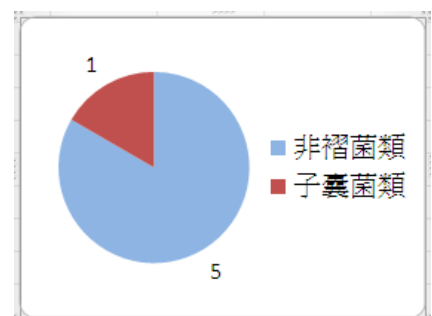
校園類別統計圖



鄉間類別統計圖



墾丁海邊類別統計圖



- (1)發現：校園裡主要為褶菌類，科別多樣性，包括褶菌類 8 種、腹菌類 2 種、非褶菌類 3 種，共有三類 13 種。鄉間發現的最多菇類為非褶菌類 8 種，其次為膠質菌類 3 種，褶菌類 2 種，子囊菌與腹菌類各 1 種，共有五類 15 種。墾丁海邊發現子囊菌類 1 種，非褶菌類 5 種，共有兩類 6 種。
- (2)推論：「生物與環境」單元談到不同的環境，棲息的生物種類不同，鄉野發現的菇種類較多，主要是因為生長環境較多元使各種菇較容易生存。墾丁海邊的鹽分較高，濕度較低，所以發現的種類最少。

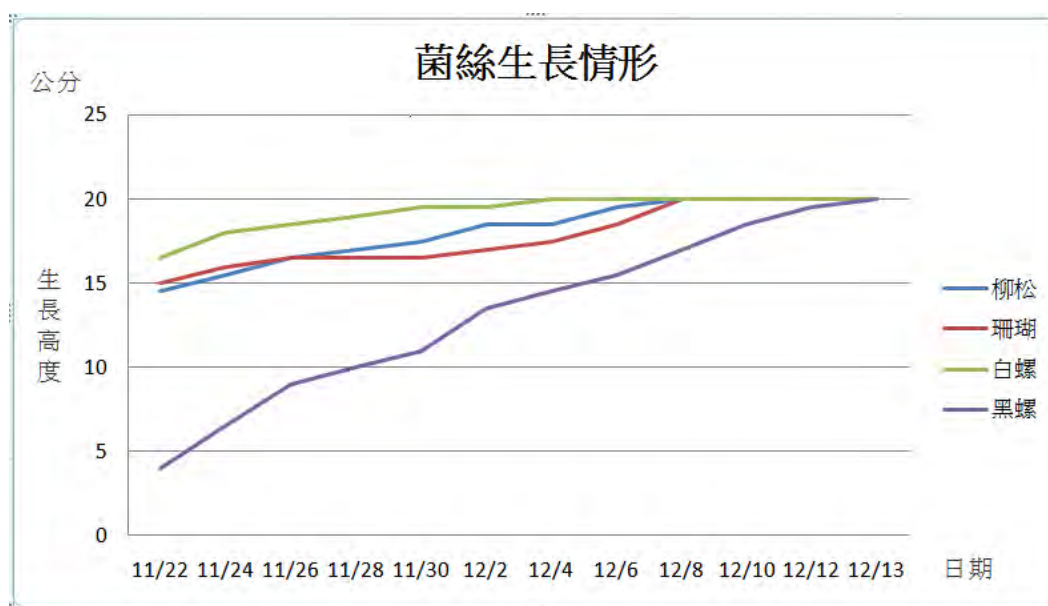
五、四種食用菇（太空包）的生長過程。

我們在教室以自然環境方式栽培，栽培箱環境為溫度約 20-26 度，溼度 70-85%。

(一) 菌絲生長情形

太空包的直徑約 10 公分，高度約 20 公分，測量每種菇 A.B 兩包菌絲生長的平均數二天一次的方式紀錄如下表：

公分	11/22	11/24	11/26	11/28	11/30	12/2	12/4	12/6	12/8	12/10	12/12	12/13
柳松	14.5	15.5	16.5	17	17.5	18.5	18.5	19.5	20	20	20	20
珊瑚	15	16	16.5	16.5	16.5	17	17.5	18.5	20	20	20	20
白螺	16.5	18	18.5	19	19.5	19.5	20	20	20	20	20	20
黑螺	4	6.5	9	10	11	13.5	14.5	15.5	17	18.5	19.5	20

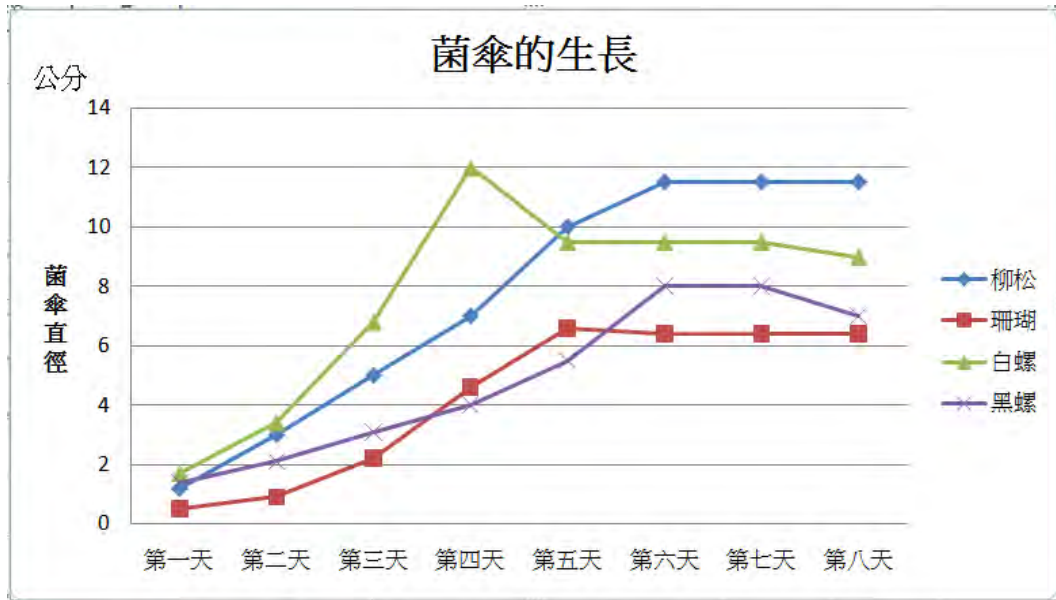


從以上表和圖可看出柳松、珊瑚和白螺菌絲的生長速度相似，每天成長 0-1.5 公分；黑螺菌絲的生長速度較快，平均約 1.5 公分（太空包直徑 10 公分高 20 公分）。

(二) 菌傘的生長


以每種菇的最大一個菌傘的最大直徑作為測量記錄

	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天	第八天
柳松	1.2	3	5	7	10	11.5	11.5	11.5
珊瑚	0.5	0.9	2.2	4.6	6.6	6.4	6.4	6.4
白螺	1.7	3.4	6.8	12	9.5	9.5	9.5	9
黑螺	1.4	2.1	3.1	4	5.5	8	8	7



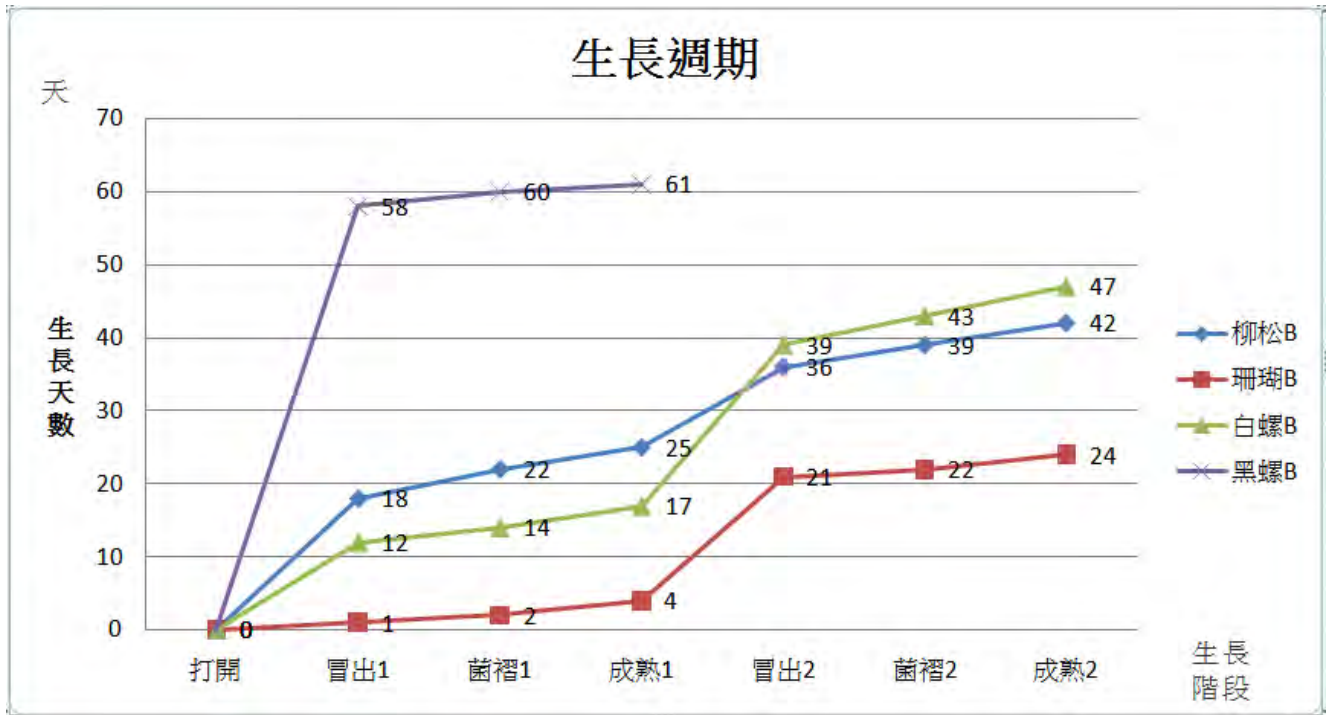
從以上表和圖可看出四種菇的菌傘的生長速度不同，從測量第一天開始每天都有變大，平均約 5 天長到最大，白螺和黑螺菌傘長到最大後，周圍向上捲起明顯，所以最大直徑會變小。

(三) 菇生長週期

	冒出子實體	形成菌褶	成熟 (或枯萎)
柳松			
	會從白色菌絲較多地方冒出，白色菌柄頂端咖啡色	較長的菌柄中生，高約 10 公分，菌蓋呈半球形	菌環脫落，菌蓋漸平展，周圍漸產生皺褶

珊瑚			
	冒出一團一團白色的，一開始看不出形體	每一團白色長出很多短菌柄側生和中凹型的小菌傘	菌蓋變黃變大，菌蓋周圍向下捲，有些蓋緣有小殘膜
白螺			
	冒出白色光滑像珊瑚形狀，一叢一叢的	中凹型菌蓋，菌柄側生，白色光滑看起來水份很多	菌蓋周圍變薄上捲，菌褶延生明顯易見
黑螺			
	之前冒出多次都無法形成菌傘而枯掉，這次冒出的頂端比較黑	形成菌傘後顏色變成淺灰色，白色菌柄側生，	菌蓋周圍先向下後再上捲，菌褶延生明顯易見


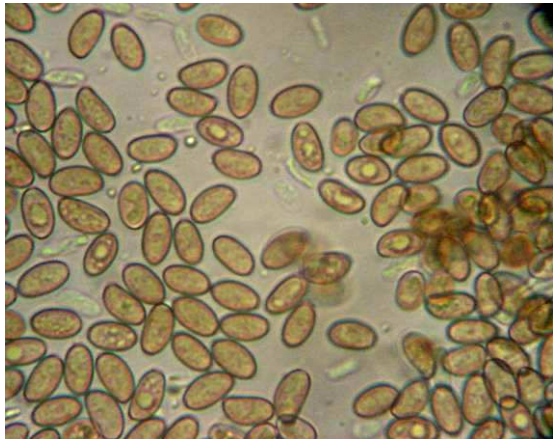
	打開	第一次出菇			第二次出菇		
	日期	冒出	菌褶	成熟	冒出	菌褶	成熟
柳松 B	99.11.26	99.12.15	99.12.19	99.12.22	100.1.3	100.1.6	100.1.9
日數	18	4	3	11	3	3	
珊瑚 B	99.11.22	99.11.23	99.11.24	99.11.26	99.12.14	99.12.15	99.12.17
日數	1	1	2	17	1	2	
白螺 B	99.11.22	99.12.5	99.12.7	99.12.10	100.1.2	100.1.6	100.1.10 (枯)
日數	12	2	3	22	4	4	
黑螺 B	99.12.9	100.2.6	100.2.8	100.2.9			
日數	58	2	1				



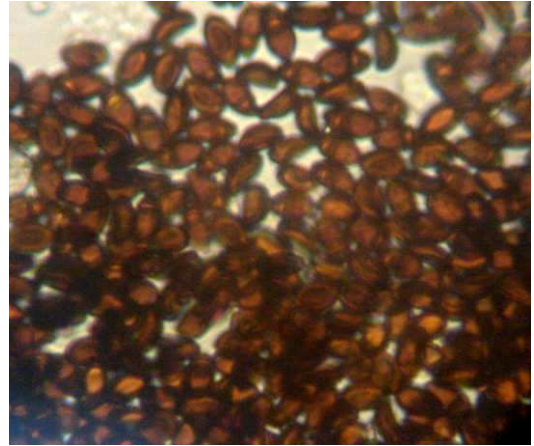
1. 四種菇的生長週期數不同，目前珊瑚有 4 個週期，柳松有三個週期，白螺 2 個週期，黑螺 1 個週期，週期次數愈多，爲了清楚呈現週期間的日數差距與曲線只取前 2 個週期的日數紀錄。
2. 子實體從冒出到成熟只有數日，與圖鑑文獻資料相同。
3. 從子實體成熟到下次再冒出大約需要沉寂 2-3 週的時間。
 - (1)發現：週期次數愈多，等待下次再冒出的日數愈久，而且數量少，菌蓋較小。
 - (2)推論：太空包內子實體成長所需的養分已經逐漸減少，所以生長逐漸緩慢，子實體也因週期數愈多而愈小。

六、菇類孢子的保護與傳播方式

(一) 菇類孢子傳播的方式

柳松	
	
<p>菌褶上成熟的孢子藉由彈射的方式脫離菌褶，再藉由風力等其他媒介散播開來</p>	<p>孢子約 1000 倍 擔孢子橢圓形至長橢圓形，淡橙紅色，平滑</p>

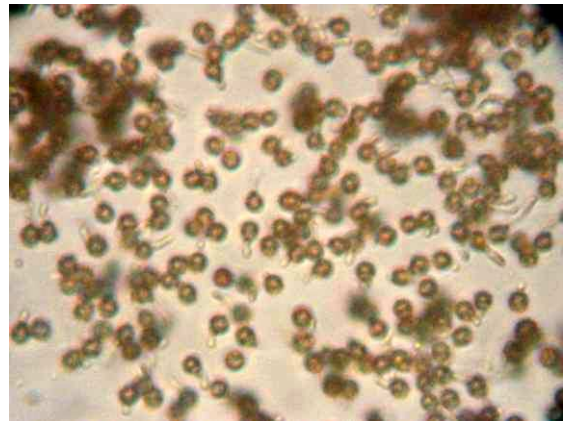
褶紋鬼傘



菌傘最外緣逐漸溶為墨汁狀的黑色汁液，成熟的孢子隨著流入草地中

孢子約 1000 倍
擔孢子梨圓形，黑褐色，平滑

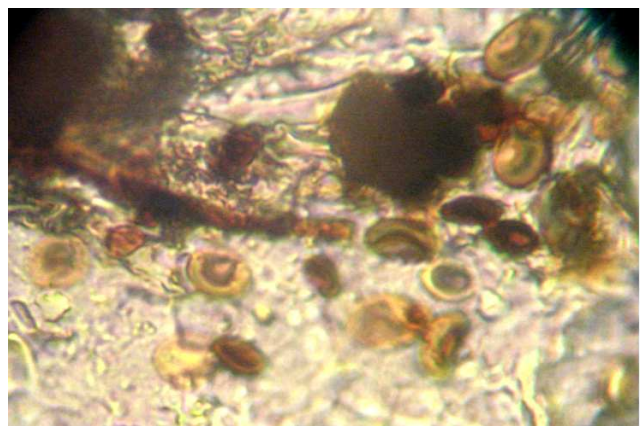
冬季馬勃



成熟馬勃菇體上方產生破洞，當雨水落下會讓菇體產生壓力，將孢子噴出，藉由風傳播

孢子約 1000 倍
擔孢子球形，橙紅色，孢絲無色，壁厚

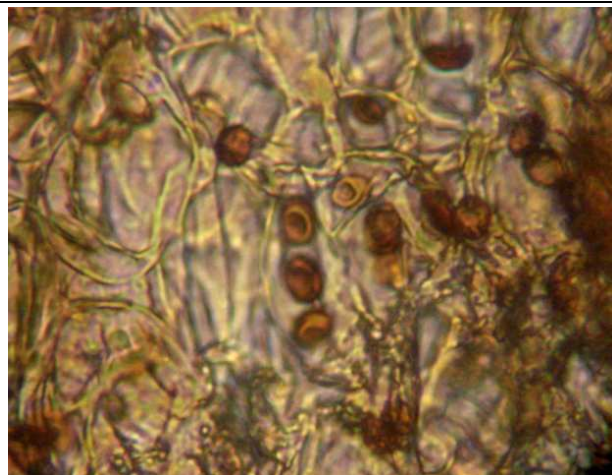
木耳



子實層位於耳朵狀的表面，成熟後孢子主動釋出，藉由風或水傳播

孢子約 1000 倍
擔孢子橢圓形略彎曲，淡褐色，平滑

裂褶菌



孢子於菌褶內成熟後藉由風或水傳播

孢子約 1000 倍
擔孢子圓柱形，褐色，平滑

血紅密孔菌



孢子於菌孔中成熟後藉由風或水傳播

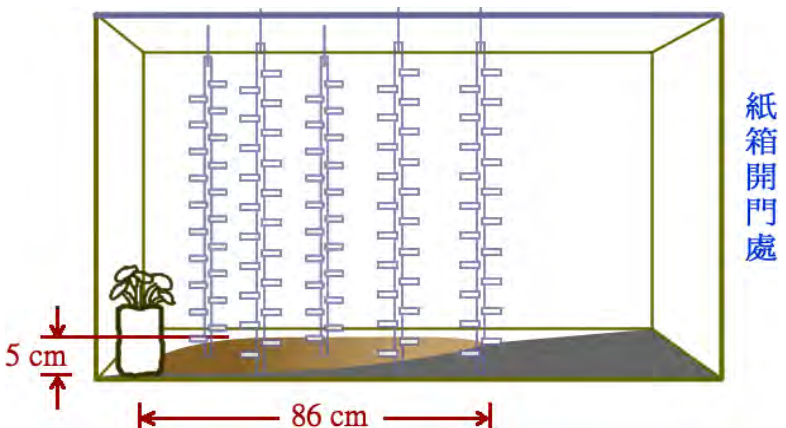
孢子約 1000 倍
擔孢子球形，淡褐色，平滑

(二) 柳松菇的孢子彈射方式與距離

1. 第一次觀察測量

【密閉觀測箱透視圖】

柳松 A	第一次觀測	
	1 日	2 日
放入	1 日	2 日
菌蓋 (cm)	9.3	10.5
最遠 (cm)	0	86
最高 (cm)	0	5

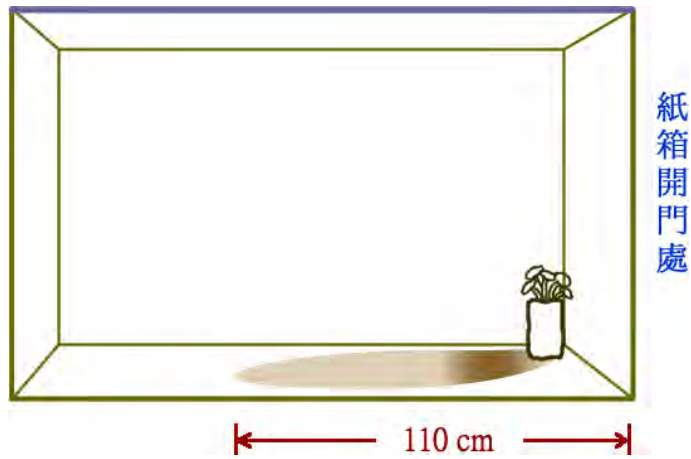


孢子彈射後，在底部的紙張上出現褐色的孢子粉，呈現輻射、波浪狀。

2. 第二次觀察測量

【密閉觀測箱透視圖】

柳松 B	第二次觀測	
	1 日	2 日
放入	1 日	2 日
菌蓋 (cm)	8.7	9.5
最遠 (cm)	57	大於 110
最高 (cm)		

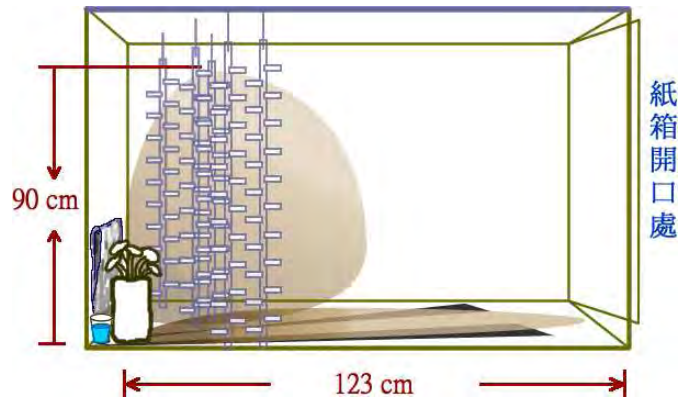


將菇移到箱子口以方便觀察菌傘的變化。結果多數的孢子落在距離菇體 35 公分半徑之內的距離，並沒有充分彈射開來。

3. 第三次觀察測量

【密閉觀測箱透視圖】

柳松 A	第三次觀測		
	1 日	2 日	3 日
放入	1 日	2 日	3 日
菌蓋 (cm)	10	11.5	11.5 (轉 90 度)
最遠 (cm)	70	105	大於 123
最高 (cm)	10	15	大於 90

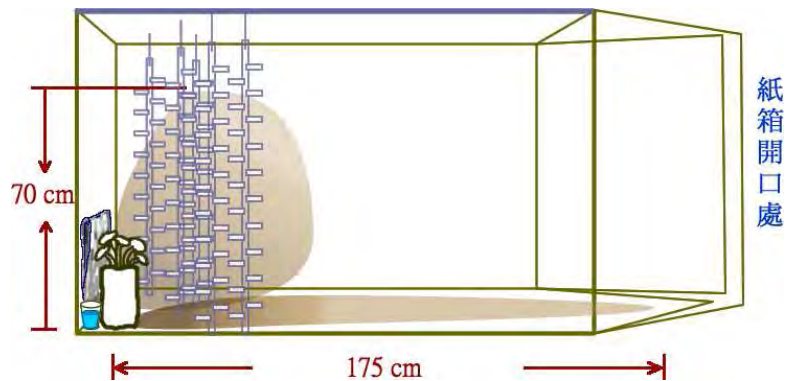


把菇移到箱子內部的角落，並吊掛濕毛巾提高濕度，結果彈射的狀況比第二次更為理想，超出觀察箱的長度（123 公分），後來菌傘自動轉為 90 度，將孢子往上彈射，高度也超出測量紙片的高度（90 公分）。

4. 第四次觀察測量

【密閉觀測箱透視圖】

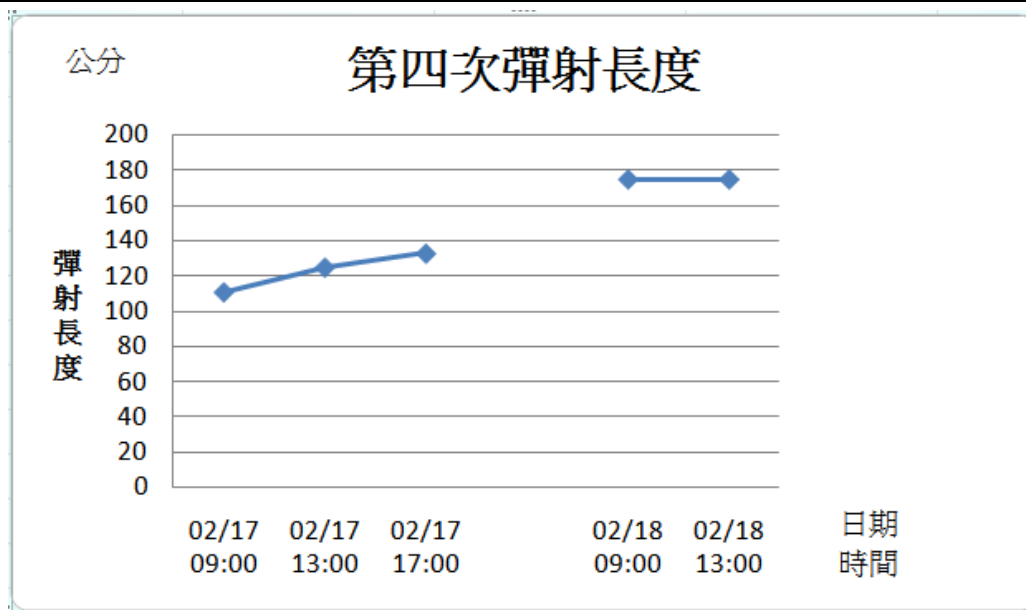
柳松 B	第四次觀測			
	1 日	2 日	3 日	4 日
放入	1 日	2 日	3 日	4 日
菌蓋 (cm)	7	8.5	8.3	8.3
最遠 (cm)	0	133	175	175
最高 (cm)	0	30	70	70



加長箱子的長度到 200 公分，結果彈射的距離最遠到達 175 公分，高度則到達 70 公分。

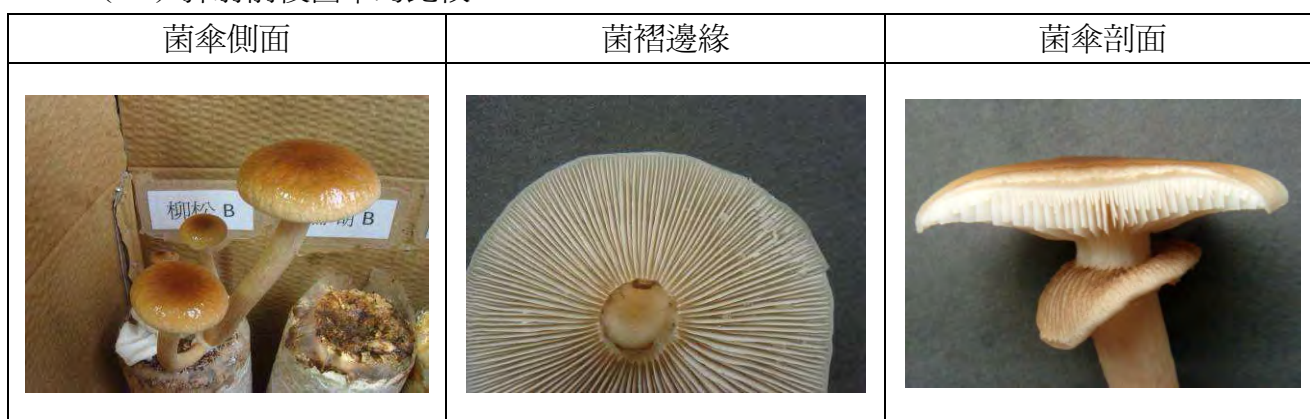
第四次彈射長度表與圖

時間	02/17 09:00	02/17 13:00	02/17 17:00	02/18 09:00	02/18 13:00
長度(公分)	111	125	133	175	175



- (1)發現：彈射的進程大約持續 2-3 日，彈射時若提高溼度，可加長彈射的距離。彈射的高度，隨著菌傘傾斜，孢子粉會逐漸落到較高的位置。
- (2)推論：如文獻提到，孢子的彈射會靠著孢子所分泌的糖來吸取空氣中的水分，用以儲備彈射所需的能量，所以在第二次彈射觀測，因為濕度不足，所以孢子大多散落在 35 公分半徑的距離。第三、四次則因在旁邊吊掛濕毛巾，提高濕度，所以彈射分佈較遠。

(三) 彈射前後菌傘的比較





		
<p>菌傘變薄、寬，且傾斜</p>	<p>周圍的菌褶呈現複雜的皺褶</p>	<p>中央由豐厚鮮潤變為乾癟、凹陷，菌褶變長</p>


柒、研究討論

一、調查菇類辨別困難

校園和鄉野調查菇類時都發現相同的困難，就是菇類的辨別很不容易，因為菇在不同的時期或環境時，外形差異大，而且菇的種類很多，有時觀察到的菇的外形或種類，圖鑑並沒有介紹，所以編號第 18 與第 32 的菇類尚未確定名稱，只能根據特徵分類為非褶菌類。以下是觀察菇在不同時期，外形差異的比較：

<p>韋伯靈芝</p>	
	
<p>初生狀</p>	<p>成熟狀</p>

<p>裂褶菌</p>	
	
<p>初生狀</p>	<p>成熟狀</p>

木耳	
	
乾燥時的樣子	濕度足夠時

隆紋黑蛋巢菌	
	
孢子傳播前	孢子傳播後

二、自行栽培菇類的困難

(一) 我們發現冬季馬勃孢子傳播時，採集了數個破了洞的菇體，並蒐集其生長環境的土和枯葉佈置培養盆，罩上黑色塑膠袋並挖孔以保濕，並且每日噴水數次。過了 15 日 (9/23-10/8)，發現有數個聚集的白色子實體，但沒幾天就枯黃了，我們將子實體切開做顯微觀察，並沒有發現孢子，可見子實體尚未成熟。因此我們瞭解野菇的人工栽培不容易。

		
冬季馬勃栽培盆	群聚的白色小菇體	1000 倍的小菇體顯微觀察

- (二) 專業栽培需配合溫度、溼度、光線與二氧化碳濃度，我們以簡易栽培箱不易控制，可能因此影響菇體的生長速度與週期。但是盡量維持高濕度還是可以長出可愛又美味的菇。
- (三) 數種菇類在同一個栽培箱，影響彼此的生長，尤其孢子彈射時會覆蓋在另一菇體菌絲上，影響其本身菌絲的生長，甚至因此而有發霉或變黑的情形，影響後續的生長週期，因此以同一種菇類放置一起栽培較適當。



三、菇類孢子傳播的距離與高度

(一) 柳松菇孢子彈射的距離




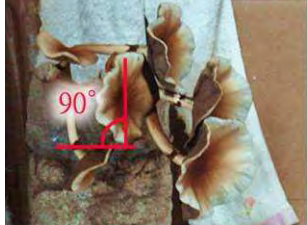
密閉的實驗箱，減少了氣流與風的影響，測得的孢子分布距離最遠達 175 公分，與一般文獻提到孢子向下掉落的說法不同，而每次彈射時的濕度不同，觀測柳松孢子彈射的遠近與分布不同，因此我們推論主要與環境溼度和水的表面張力的影響有關。因為孢子粉末的顏色深淺呈現波浪狀，我們可看出彈射的次數不只一次，而且遠近不同，未來可針對水份對彈射距離的影響，設計相關實驗做更深入的了解。

第一次彈射	第二次彈射	第三次彈射	第四次彈射
<p>放箱子內側，測試彈射方式，只測量一天</p>	<p>放箱子外側，較通風，容易乾燥，彈射集中於菌傘下方周圍</p>	<p>放箱子內側，加上杯水與濕毛巾，並固定噴水，彈射超越觀測箱範圍</p>	<p>加長觀測箱，放箱子內側，加上杯水與濕毛巾，並固定噴水，測量到彈射最遠距離</p>

(二) 柳松菇孢子彈射的高度

柳松菇成熟時的高度約 10 公分，加上太空包的高度，菌傘水平約離地面 30 公分高，我們觀察發現，隨著彈射的過程，菌傘會轉動角度，文獻也提到菌傘有時會稍微傾斜以增加孢子進入空氣中的機會 (Heino Lepp, 2007)。

第三次觀測菌傘角度變化：

放入 1 日	放入 2 日	放入 3 日	放入 4 日
			
菌蓋水平	菌蓋轉約 30 度	菌蓋轉約 60 度	菌蓋轉約 90 度

我們測量發現 30 公分高的菌傘能將孢子彈射到超過 90 公分的高度，文獻裡則提到孢子只要花費 1% 本身質量的糖分就能產生 25000 倍重力加速度(g)的力量，相對於太空梭，則要花費 50% 本身質量的燃料卻只能產生幾倍的重力加速度(g) (Heino Lepp, 2007)，真是讓我們讚嘆菇類的神奇！我們推論野生的柳松菇以主動與被動交互進行的方式，彈射後讓風將孢子傳播到更遠的地方。

捌、研究結論與建議

一、研究結論

(一) 校園與鄉野發現菇的種類

1. 校園常見菇類分類：發現有褶菌類 8 種、腹菌類 2 種、非褶菌類 3 種，共 13 種。
2. 鄉野常見菇類分類：發現有褶菌類 2 種、子囊菌類 2 種、腹菌類 1 種、非褶菌類 13 種、膠質菌類 3 種，共 21 種。

(二) 校園與鄉野發現菇類的差異

1. 校園菇類發現的地點大都在草皮，而鄉野發現的最多菇類的地點在枯木。推論是校園裡人工培植的草地多，適合土棲習性的菇生長，而鄉野較多枯木而且乏人整理，使木棲習性的菇類容易生存。
2. 鄉野發現菇的種類比校園多，因為鄉野範圍較大，環境較多元，適合菇生長的環境較多，也較少人為破壞。

(三) 四種食用菇（太空包）的生長過程

菇類的生長因素主要包括溫度、濕度、光照、通風等，自行栽培食用菇缺乏養菇標準的設備與環境，對菇的生長情形會有影響。以我們的栽培箱環境為溫度約 20-26 度，溼度 70-85% 栽培觀測發現：

1. 四種食用菇（柳松、珊瑚、白螺、黑螺）的菌絲生長速度相似，每天成長（太空包）高度約 0-1.5 公分。

- 2.菌傘生長速度不同，每天都有長大，從形成菌傘到最大，平均約 5 天，長到最大直徑，菌傘外緣會因成熟及孢子彈射而上捲或皺褶而變小。
- 3.菇的生長週期不同，從子實體成熟到下次再冒出大約需要沉寂 2-3 週的時間。週期次數愈多，等待下次再冒出的日數愈久，而且數量少，菌蓋較小。

四種研究的食用菇都是褶菌類，通常是數天生，從出菇到成熟約數天，而且採下後還會再長出，雖然以簡易方式自行栽培，維持高濕度還是可以長出可愛又美味的菇。

(四) 菇類孢子傳播的方式

- 1.菇類孢子的傳播方式概要分爲主動、被動或是主動與被動交互進行（孢子彈射後隨風傳播）。孢子傳播是藉由風（褶菌類、非褶菌類）、水（腹菌類）、動物（鬼筆科、腹菌等）、自體溶解（鬼傘科）與噴射（子囊菌）等使孢子散播更遠的地方。
- 2.我們的實驗觀測以密閉箱子進行，盡量避免風造成的影響，以觀察孢子彈射的距離，發現彈射的進程大約持續 2-3 日，水份對彈射距離影響大，彈射時若維持較高的濕度，有助於加長彈射的距離，我們觀測到最遠距離是 175 公分。彈射的高度隨菌傘傾斜角度達最高的位置，我們觀測到最高距離爲 90 公分。野生的柳松菇在大自然環境裡，以主動與被動交互進行的方式（孢子彈射後隨風傳播），可能讓孢子傳播到更遠的地方。
- 3.柳松菇孢子彈射受到水的表面張力作用，所以菇體成熟尚未彈射孢子前，菌傘飽滿，充滿水份，隨著彈射時間愈久，菌傘逐漸變薄變寬，且逐漸傾斜，蓋緣呈現皺褶，中央由豐厚鮮潤變爲乾癟、凹陷，菌褶變長。因此，菇農通常在菌蓋邊緣內捲，尚未彈射孢子前採收，才能有菌肉脆嫩，香味濃郁的菇。

二、應用與建議

- (一) 野菇常在多雨的季節冒出，時間短暫，因此多數人對它們並不熟悉，藉由野菇的調查研究，可以提供認識菇類的地點，及常見野菇特徵與類別的參考，尤其是校園及鄉野草地上常出現的綠褶菇有毒，是常被誤食中毒的菇，而常見的粗柄白鬼傘也有毒，如果能及早認識就能避免誤食的危險。
- (二) 菇屬於真菌界，在國小的課本裡缺乏單元介紹，所以同學們看到了野菇都不認識，甚至誤認爲植物，在校園栽培食用菇，觀察其生長與研究，可以讓同學們了解菇的相關知識，注意維持生長環境的高濕度，教室裡也可體驗養菇的樂趣。
- (三) 菇的孢子傳播方式很多元，可以作爲繁殖方法改良的參考；尤其柳松孢子彈射，利用水的表面張力造成質心轉移產生彈射的力量大，可再深入探究與運用。

玖、參考資料

- 王純姬等編寫（2011）。自然與生活科技六下。第三單元生物與環境。新北市：康軒文教。
- 吹春俊光（2006）。享受探索之樂-蕈菇樂園。臺北縣：瑞昇。
- 高愛菱（2006）。新視野學習百科-菌類與藻類。台中市：暢談國際文化。
- 張東柱、周文能（2005）。野菇入門。台北市：遠流。
- 張東柱、周文能（2005）。野菇圖鑑。台北市：遠流。
- 陳富智（2004）。秀珍菇趴趴走。第四十四屆中小學科學展覽會。

黃秀雯、劉啓揚（2001）。真菌家族的傳宗接代大事孢子及其傳播機制-自然保育季刊。特有生物保育中心。2011.01.10 檢索自：

http://tesri.coa.gov.tw/show_nature_detail.php?id=570

黃舒迪、黃秀慧、林建呈、沈欣宜（2008）。菇類傳奇-校園大型真菌的研究。第四十八屆中小學科學展覽會。

蕈類圖鑑(葉萬音譯)（1999）。台北市：貓頭鷹。(Thomas,1998)

Heino Lepp（2007）。Spore discharge and dispersal in mushrooms.Australian Fungi Website.20110.01.21 檢索自：

<http://www.anbg.gov.au/fungi/spore-discharge-mushrooms.html>

【評語】 080301

觀察柳松菇孢子彈射實驗結果具有參考價值，可惜與作品主題及其他實驗無相關性，導致作品主題不夠聚焦，另外發現溼度影響孢子彈射，卻未詳盡紀錄實驗之溼度，為一較需改正之處。