

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱： 閒雲「菇」鶴—蕈類孢子的傳播
一、摘要：
據實驗結果，孢子質量大的，會吹較近且彈跳幅度較大，孢子質量小的，會吹較遠且彈跳幅度較小又頻繁；角度小的會因傾斜幅度較小，所以孢子會正常的吹近吹遠，角度大的會因傾斜幅度較大，所以只能吹到近距離。
二、探究題目與動機
在一個晴空萬里的白天，我們三人一起走在路上，發現潮濕的樹上或是陰暗的角落裡，竟然長滿了各種奇形怪狀的香菇，所以我們就對蕈類產生了強大的好奇心，想知道蕈類的構造是什麼？孢子又是如何傳播的？而它的傳播軌跡又是如何呢？
三、探究目的與假設
(一) 觀察校園中的蕈類 (二) 使用 tinkercad 製作出香菇的模型然後印製出來 (三) 模擬各種蕈類孢子(使用保麗龍球模擬)在各種環境下的傳播，並進行攝影 (四) 利用 tracker 分析影片孢子的傳播
四、探究方法與驗證步驟
一、觀察校園中的蕈類： 我們前幾個禮拜都會去校園的後山以及其他地方，觀察蕈類，為以後的孢子模擬傳播做預習。我們總共找到了四種蕈類（以下以菇編號相稱，四種分別為多年臥孔

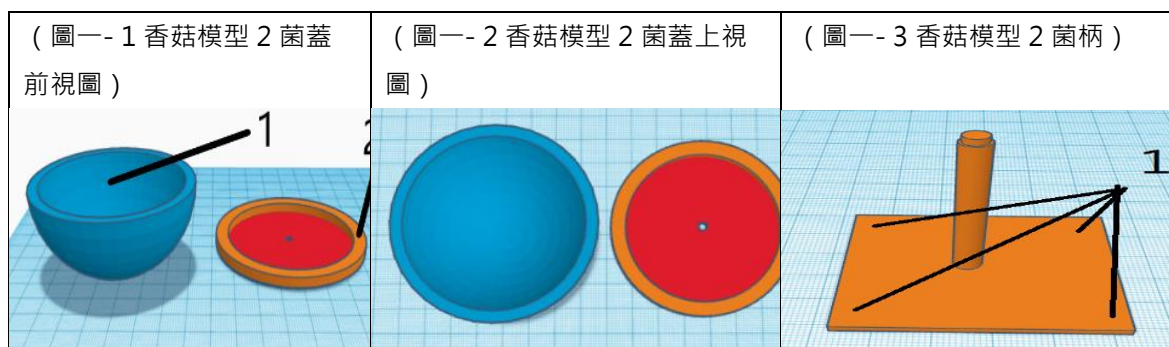
菌、毛木耳、雞肉絲菇、裂褶菌)。

二、使用 Tinkercad 建造出香菇的模型然後印製出來：

我們採用菇 3 形狀的蕈類使用 Tinkercad 進行建模，再透過 3D 列印機印出了

Tinkercad 所製的模型，我們先初步設計香菇模型(以下依香菇模型編號相稱)。

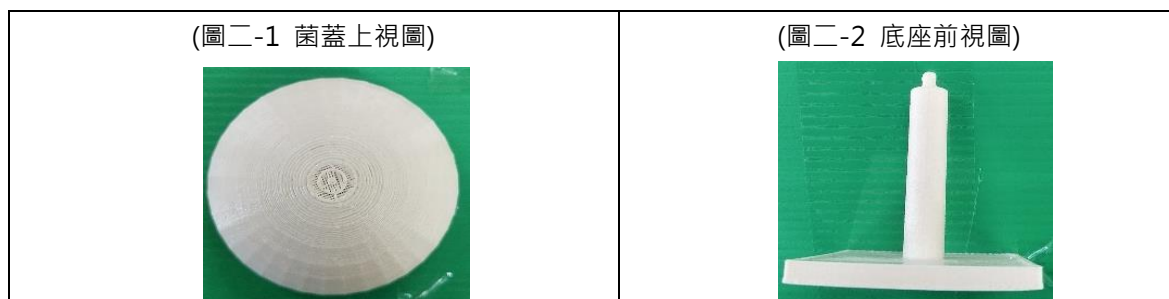
1. 香菇模型 2 設計：



我們把菌蓋分成兩部分印製出來，印製出來之後再用熱熔膠將兩者黏製起來。因為我們要把菌蓋設計成空心的，節省時間。為了更進一步的模擬真實的香菇，我們於菌蓋的底部設計一個往內摺的構造。菌柄的部分沒有太大的改變，唯一的不同是把原本四個角落的洞刪除，原因是後來發現風速不足以影響到它，便不採用這個設計。

2. 香菇模型 2 列印：

以下是我們香菇模型 2 列印出來的圖片：



說明：我們決定拿香菇模型 2 進行接下來的實驗

三、模擬各種蕈類孢子在各種環境下的傳播，並進行攝影：

(一) 自製風洞：

1. 風洞設計與製作：

(圖三-3
已裝集風扇風洞右視圖)



在開始我們的實驗之前，我們要把我們的風洞架設起來，我們這個風洞由瓦楞板還有塑膠片製作，我們製作了三個支架支撐塑膠片的部分（後來因為會擋到錄影設備錄製孢子，所以拆掉了），另外我們在風洞的底部寫上刻度，以利於之後的實驗，我們也在風洞的左側設計了一個可以開關的小門，方便把模擬香菇放進風洞。

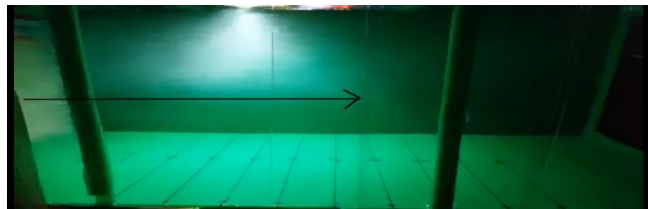
2. 風洞測試：

先將周圍所有的燈光先關掉，只留下風洞上方的一盞燈以便觀察煙霧，將線香用打火機點燃然後置於電風扇的前方，開啟電風扇的前方點燃的線香所製造出的煙霧吹進風洞(圖十-1)，觀察煙霧的軌跡是否呈線狀，如果煙霧呈線狀軌跡，就代表風洞製作成功。

(圖四-1 實驗方式示意圖)



(圖四-2 煙霧軌跡)



(二) 研究何種材質較適合用來模擬香菇(哪種材質最快把孢子全部吹落)

材質：我們選擇壓克力板、木板、紙板為我們實驗的材質。

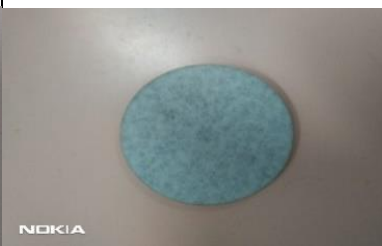
(圖五-1 壓克力板)



(圖五-2 木板)



(圖五-3 紙板)



(圖五-4 壓克力板掉落時間)	(圖五-5 木板掉落時間)	(圖五-6 紙板掉落時間)																																																																																										
1. 壓克力板： 壓克力板 A 組： <table border="1"> <tr><td>A1</td><td>A2</td><td>A3</td><td>A4</td><td>A5</td></tr> <tr><td>7分38秒</td><td>12分26秒</td><td>15分25秒</td><td>17分21秒</td><td>19分14秒</td></tr> </table> 壓克力板 B 組： <table border="1"> <tr><td>B1</td><td>B2</td><td>B3</td><td>B4</td><td>B5</td></tr> <tr><td>7分37秒</td><td>12分26秒</td><td>15分25秒</td><td>17分21秒</td><td>19分21秒</td></tr> </table> 壓克力板 C 組： <table border="1"> <tr><td>C1</td><td>C2</td><td>C3</td><td>C4</td><td>C5</td></tr> <tr><td>9分35秒</td><td>10分52秒</td><td>12分55秒</td><td>15分22秒</td><td>16分24秒</td></tr> </table> 說明：平均掉落時間為 12 分 24 秒	A1	A2	A3	A4	A5	7分38秒	12分26秒	15分25秒	17分21秒	19分14秒	B1	B2	B3	B4	B5	7分37秒	12分26秒	15分25秒	17分21秒	19分21秒	C1	C2	C3	C4	C5	9分35秒	10分52秒	12分55秒	15分22秒	16分24秒	2. 木板： 木板 A 組： <table border="1"> <tr><td>A1</td><td>A2</td><td>A3</td><td>A4</td><td>A5</td></tr> <tr><td>1秒</td><td>2秒</td><td>2秒</td><td>2秒</td><td>12秒</td></tr> </table> 木板 B 組： <table border="1"> <tr><td>B1</td><td>B2</td><td>B3</td><td>B4</td><td>B5</td></tr> <tr><td>1秒</td><td>2秒</td><td>16秒</td><td>1分10秒</td><td>1分25秒</td></tr> </table> 木板 C 組： <table border="1"> <tr><td>C1</td><td>C2</td><td>C3</td><td>C4</td><td>C5</td></tr> <tr><td>1秒</td><td>2秒</td><td>18秒</td><td>51秒</td><td>1分15秒</td></tr> </table>	A1	A2	A3	A4	A5	1秒	2秒	2秒	2秒	12秒	B1	B2	B3	B4	B5	1秒	2秒	16秒	1分10秒	1分25秒	C1	C2	C3	C4	C5	1秒	2秒	18秒	51秒	1分15秒	3. 紙板： 紙板 A 組： <table border="1"> <tr><td>A1</td><td>A2</td><td>A3</td><td>A4</td><td>A5</td></tr> <tr><td>57秒</td><td>2分43秒</td><td>2分59秒</td><td>2分59秒</td><td>3分28秒</td></tr> </table> 紙板 B 組： <table border="1"> <tr><td>B1</td><td>B2</td><td>B3</td><td>B4</td><td>B5</td></tr> <tr><td>43秒</td><td>2分11秒</td><td>2分19秒</td><td>3分40秒</td><td>5分11秒</td></tr> </table> 紙板 C 組： <table border="1"> <tr><td>C1</td><td>C2</td><td>C3</td><td>C4</td><td>C5</td></tr> <tr><td>3秒</td><td>12秒</td><td>1分07秒</td><td>2分36秒</td><td>4分30秒</td></tr> </table>	A1	A2	A3	A4	A5	57秒	2分43秒	2分59秒	2分59秒	3分28秒	B1	B2	B3	B4	B5	43秒	2分11秒	2分19秒	3分40秒	5分11秒	C1	C2	C3	C4	C5	3秒	12秒	1分07秒	2分36秒	4分30秒
A1	A2	A3	A4	A5																																																																																								
7分38秒	12分26秒	15分25秒	17分21秒	19分14秒																																																																																								
B1	B2	B3	B4	B5																																																																																								
7分37秒	12分26秒	15分25秒	17分21秒	19分21秒																																																																																								
C1	C2	C3	C4	C5																																																																																								
9分35秒	10分52秒	12分55秒	15分22秒	16分24秒																																																																																								
A1	A2	A3	A4	A5																																																																																								
1秒	2秒	2秒	2秒	12秒																																																																																								
B1	B2	B3	B4	B5																																																																																								
1秒	2秒	16秒	1分10秒	1分25秒																																																																																								
C1	C2	C3	C4	C5																																																																																								
1秒	2秒	18秒	51秒	1分15秒																																																																																								
A1	A2	A3	A4	A5																																																																																								
57秒	2分43秒	2分59秒	2分59秒	3分28秒																																																																																								
B1	B2	B3	B4	B5																																																																																								
43秒	2分11秒	2分19秒	3分40秒	5分11秒																																																																																								
C1	C2	C3	C4	C5																																																																																								
3秒	12秒	1分07秒	2分36秒	4分30秒																																																																																								

因木板的平均掉落時間較快，選用木板作為模擬香菇的材料。

(三) 研究三種孢子在模擬中的差異性：

1. 測量模擬的孢子質量：

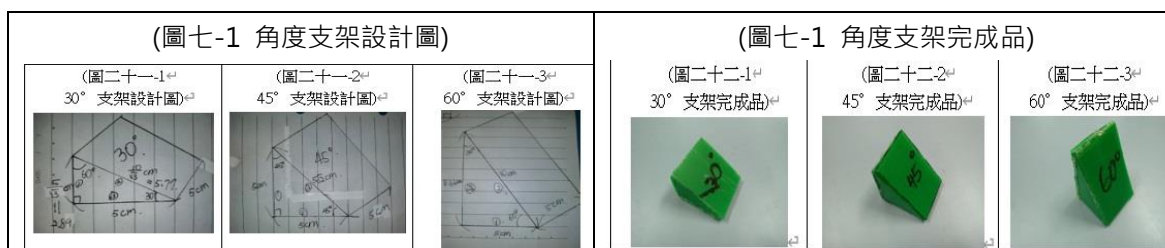
說明：三種孢子的質量，小型孢子每顆 0.35mg，中型孢子每顆 0.44mg，大型孢子每顆 0.75mg。

2. 以下是大孢子、中孢子、小孢子各自三組的落地位置

(圖六-1 大孢子落地位置)	(圖六-2 中孢子落地位置)	(圖六-3 小孢子落地位置)																																																																																										
(1) 大型孢子： 大型孢子 A 組： <table border="1"> <tr><td>A1</td><td>A2</td><td>A3</td><td>A4</td><td>A5</td></tr> <tr><td>17.5公分處</td><td>27.5公分處</td><td>32.5公分處</td><td>120公分處</td><td>107.5公分處</td></tr> </table> 大型孢子 B 組： <table border="1"> <tr><td>B1</td><td>B2</td><td>B3</td><td>B4</td><td>B5</td></tr> <tr><td>17.5公分處</td><td>32.5公分處</td><td>120公分處</td><td>82.5公分處</td><td>120公分處</td></tr> </table> 大型孢子 C 組： <table border="1"> <tr><td>C1</td><td>C2</td><td>C3</td><td>C4</td><td>C5</td></tr> <tr><td>112.5公分</td><td>42.5公分處</td><td>112.5公分</td><td>97.5公分處</td><td>47.5公分處</td></tr> </table>	A1	A2	A3	A4	A5	17.5公分處	27.5公分處	32.5公分處	120公分處	107.5公分處	B1	B2	B3	B4	B5	17.5公分處	32.5公分處	120公分處	82.5公分處	120公分處	C1	C2	C3	C4	C5	112.5公分	42.5公分處	112.5公分	97.5公分處	47.5公分處	(2) 中型孢子： 中型孢子 A 組： <table border="1"> <tr><td>A1</td><td>A2</td><td>A3</td><td>A4</td><td>A5</td></tr> <tr><td>57.5公分處</td><td>97.5公分處</td><td>12.5公分處</td><td>37.5公分處</td><td>37.5公分處</td></tr> </table> 中型孢子 B 組： <table border="1"> <tr><td>B1</td><td>B2</td><td>B3</td><td>B4</td><td>B5</td></tr> <tr><td>12.5公分處</td><td>112.5公分</td><td>117.5公分</td><td>42.5公分處</td><td>97.5公分處</td></tr> </table> 中型孢子 C 組： <table border="1"> <tr><td>C1</td><td>C2</td><td>C3</td><td>C4</td><td>C5</td></tr> <tr><td>7.5公分處</td><td>120公分處</td><td>117.5公分</td><td>62.5公分處</td><td>120公分處</td></tr> </table>	A1	A2	A3	A4	A5	57.5公分處	97.5公分處	12.5公分處	37.5公分處	37.5公分處	B1	B2	B3	B4	B5	12.5公分處	112.5公分	117.5公分	42.5公分處	97.5公分處	C1	C2	C3	C4	C5	7.5公分處	120公分處	117.5公分	62.5公分處	120公分處	(3) 小型孢子： 小型孢子 A 組： <table border="1"> <tr><td>A1</td><td>A2</td><td>A3</td><td>A4</td><td>A5</td></tr> <tr><td>27.5公分處</td><td>112.5公分</td><td>112.5公分</td><td>120公分處</td><td>120公分處</td></tr> </table> 小型孢子 B 組： <table border="1"> <tr><td>B1</td><td>B2</td><td>B3</td><td>B4</td><td>B5</td></tr> <tr><td>82.5公分處</td><td>92.5公分處</td><td>50公分處</td><td>75公分處</td><td>37.5公分處</td></tr> </table> 小型孢子 C 組： <table border="1"> <tr><td>C1</td><td>C2</td><td>C3</td><td>C4</td><td>C5</td></tr> <tr><td>105公分處</td><td>105公分處</td><td>102.5公分</td><td>100公分處</td><td>120公分處</td></tr> </table>	A1	A2	A3	A4	A5	27.5公分處	112.5公分	112.5公分	120公分處	120公分處	B1	B2	B3	B4	B5	82.5公分處	92.5公分處	50公分處	75公分處	37.5公分處	C1	C2	C3	C4	C5	105公分處	105公分處	102.5公分	100公分處	120公分處
A1	A2	A3	A4	A5																																																																																								
17.5公分處	27.5公分處	32.5公分處	120公分處	107.5公分處																																																																																								
B1	B2	B3	B4	B5																																																																																								
17.5公分處	32.5公分處	120公分處	82.5公分處	120公分處																																																																																								
C1	C2	C3	C4	C5																																																																																								
112.5公分	42.5公分處	112.5公分	97.5公分處	47.5公分處																																																																																								
A1	A2	A3	A4	A5																																																																																								
57.5公分處	97.5公分處	12.5公分處	37.5公分處	37.5公分處																																																																																								
B1	B2	B3	B4	B5																																																																																								
12.5公分處	112.5公分	117.5公分	42.5公分處	97.5公分處																																																																																								
C1	C2	C3	C4	C5																																																																																								
7.5公分處	120公分處	117.5公分	62.5公分處	120公分處																																																																																								
A1	A2	A3	A4	A5																																																																																								
27.5公分處	112.5公分	112.5公分	120公分處	120公分處																																																																																								
B1	B2	B3	B4	B5																																																																																								
82.5公分處	92.5公分處	50公分處	75公分處	37.5公分處																																																																																								
C1	C2	C3	C4	C5																																																																																								
105公分處	105公分處	102.5公分	100公分處	120公分處																																																																																								

(四) 研究各種角度在模擬中的差異性：

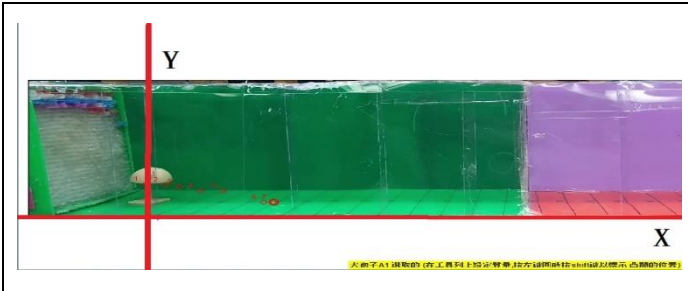
說明：我們在模擬香菇底下黏上 30°、45°、60° 的支架



(圖八-1 30° 落地位置)	(圖八-2 45° 落地位置)	(圖八-3 60° 落地位置)																																																																																										
(1) 30°角： 30°角 A 組： <table border="1"> <tr><td>A1</td><td>A2</td><td>A3</td><td>A4</td><td>A5</td></tr> <tr><td>17.5公分處</td><td>17.5公分處</td><td>110公分處</td><td>62.5公分處</td><td>102.5公分處</td></tr> </table> 30°角 B 組： <table border="1"> <tr><td>B1</td><td>B2</td><td>B3</td><td>B4</td><td>B5</td></tr> <tr><td>22.5公分處</td><td>10公分處</td><td>92.5公分處</td><td>115公分處</td><td>115公分處</td></tr> </table> 30°角 C 組： <table border="1"> <tr><td>C1</td><td>C2</td><td>C3</td><td>C4</td><td>C5</td></tr> <tr><td>115公分處</td><td>120公分處</td><td>115公分處</td><td>115公分處</td><td>97.5公分處</td></tr> </table>	A1	A2	A3	A4	A5	17.5公分處	17.5公分處	110公分處	62.5公分處	102.5公分處	B1	B2	B3	B4	B5	22.5公分處	10公分處	92.5公分處	115公分處	115公分處	C1	C2	C3	C4	C5	115公分處	120公分處	115公分處	115公分處	97.5公分處	(2) 45°角： 45°角 A 組： <table border="1"> <tr><td>A1</td><td>A2</td><td>A3</td><td>A4</td><td>A5</td></tr> <tr><td>7.5公分處</td><td>32.5公分處</td><td>45公分處</td><td>120公分處</td><td>110公分處</td></tr> </table> 45°角 B 組： <table border="1"> <tr><td>B1</td><td>B2</td><td>B3</td><td>B4</td><td>B5</td></tr> <tr><td>55公分處</td><td>62.5公分處</td><td>120公分處</td><td>120公分處</td><td>120公分處</td></tr> </table> 45°角 C 組： <table border="1"> <tr><td>C1</td><td>C2</td><td>C3</td><td>C4</td><td>C5</td></tr> <tr><td>7.5公分處</td><td>7.5公分處</td><td>102.5公分</td><td>85公分處</td><td>87.5公分處</td></tr> </table>	A1	A2	A3	A4	A5	7.5公分處	32.5公分處	45公分處	120公分處	110公分處	B1	B2	B3	B4	B5	55公分處	62.5公分處	120公分處	120公分處	120公分處	C1	C2	C3	C4	C5	7.5公分處	7.5公分處	102.5公分	85公分處	87.5公分處	(3) 60°角： 60°角 A 組： <table border="1"> <tr><td>A1</td><td>A2</td><td>A3</td><td>A4</td><td>A5</td></tr> <tr><td>2.5公分處</td><td>10公分處</td><td>62.5公分處</td><td>120公分處</td><td>47.5公分處</td></tr> </table> 60°角 B 組： <table border="1"> <tr><td>B1</td><td>B2</td><td>B3</td><td>B4</td><td>B5</td></tr> <tr><td>37.5公分處</td><td>30公分處</td><td>60公分處</td><td>115公分處</td><td>105公分處</td></tr> </table> 60°角 C 組： <table border="1"> <tr><td>C1</td><td>C2</td><td>C3</td><td>C4</td><td>C5</td></tr> <tr><td>7.5公分處</td><td>47.5公分處</td><td>12.5公分處</td><td>15公分處</td><td>35公分處</td></tr> </table>	A1	A2	A3	A4	A5	2.5公分處	10公分處	62.5公分處	120公分處	47.5公分處	B1	B2	B3	B4	B5	37.5公分處	30公分處	60公分處	115公分處	105公分處	C1	C2	C3	C4	C5	7.5公分處	47.5公分處	12.5公分處	15公分處	35公分處
A1	A2	A3	A4	A5																																																																																								
17.5公分處	17.5公分處	110公分處	62.5公分處	102.5公分處																																																																																								
B1	B2	B3	B4	B5																																																																																								
22.5公分處	10公分處	92.5公分處	115公分處	115公分處																																																																																								
C1	C2	C3	C4	C5																																																																																								
115公分處	120公分處	115公分處	115公分處	97.5公分處																																																																																								
A1	A2	A3	A4	A5																																																																																								
7.5公分處	32.5公分處	45公分處	120公分處	110公分處																																																																																								
B1	B2	B3	B4	B5																																																																																								
55公分處	62.5公分處	120公分處	120公分處	120公分處																																																																																								
C1	C2	C3	C4	C5																																																																																								
7.5公分處	7.5公分處	102.5公分	85公分處	87.5公分處																																																																																								
A1	A2	A3	A4	A5																																																																																								
2.5公分處	10公分處	62.5公分處	120公分處	47.5公分處																																																																																								
B1	B2	B3	B4	B5																																																																																								
37.5公分處	30公分處	60公分處	115公分處	105公分處																																																																																								
C1	C2	C3	C4	C5																																																																																								
7.5公分處	47.5公分處	12.5公分處	15公分處	35公分處																																																																																								

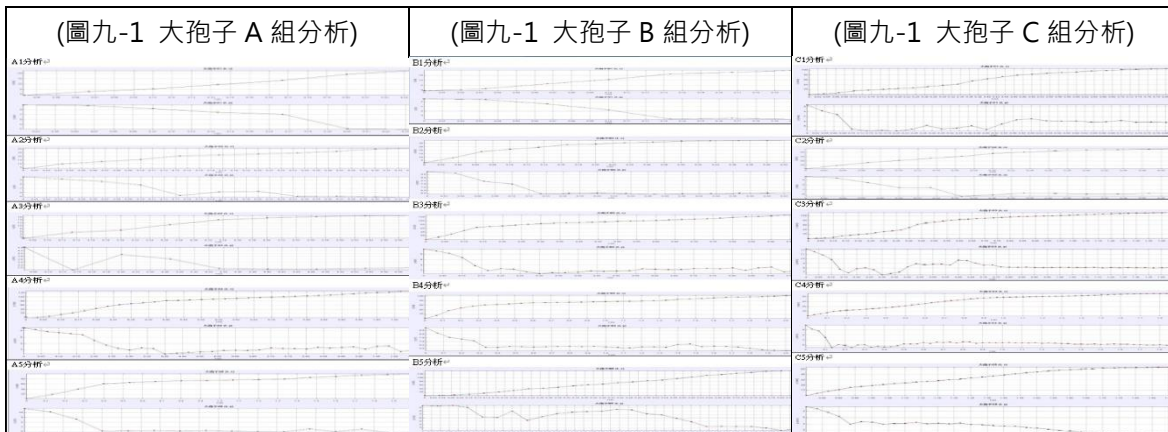
以上方法皆是將孢子沾水環狀黏在該材質上，然後放入風洞用吹風機吹，我們固定在菌蓋底部放上五顆孢子，都各做三組實驗，測試孢子掉落時間

四、利用 tracker 分析影片孢子的傳播



說明：我們以風洞底板為 X 軸，菌柄到底版的延伸為 Y 軸

1. 大孢子



A1：從菌蓋開始飛了 20 公分，緩緩落下定點。

A2：從菌蓋開始飛了 22.5 公分，與地面碰觸，使 A2 小幅彈跳一次，落下定點。

A3：從菌蓋開始飛了 6 公分，與地面碰觸，使 A3 大幅彈跳一次，落下定點。

A4：從菌蓋開始飛了 35 公分，與地面碰觸，使 A4 彈跳到右邊，一次彈跳後，多次頻繁彈跳，最後落到定點。

A5：從菌蓋開始飛了 65 公分，與地面碰觸，使 A5 二次彈跳後直飛一段距離後大幅彈跳兩次。

B1：從菌蓋開始飛了 17.5 公分，直接落地。

B2：從菌蓋開始飛了 20 公分，快速落地。

B3：從菌蓋開始飛了 67.5 公分，碰地後多次彈跳。

B4：從菌蓋開始飛了 65 公分，緩緩落地。

B5：從菌蓋開始飛了 25 公分，碰地後，大幅彈跳多次。

C1：從菌蓋開始飛了 15 公分，先往右飛，再落地彈了 3 下。

C2：從菌蓋開始飛了 25 公分，先往右平移，再落地。

C3：從菌蓋開始飛了 15 公分，大幅彈跳 3 下後落地。

C4：從菌蓋開始飛了 20 公分，緩緩落地。

C5：從菌蓋開始飛了 17.5 公分，緩緩落地。

因數據太多，所以只放上大孢子的數據。

五、結論與生活應用

一、針對目的一：蕈類的確都長在陰暗潮濕的地方，水分充足，便會一直長大，水分缺少，便會逐漸乾癟，直到消失。

二、針對目的二：蕈類的構造的確繁雜。

三、針對目的三：

(一) 孢子質量：大孢子因質量較大，所以吹較近，中孢子因質量在大小孢子之間，所以有近有遠，小孢子因質量最小，所以可以吹較遠。

(二) 角度：30 度因傾斜幅度較小，所以風吹時較沒有受到角度影響，可以吹到很遠，45 度因傾斜角度置中，所以有受到角度影響，吹遠距離逐漸減少，60 度因傾斜幅度較大，被風吹面積減少，所以大多落在蠻近的地方

四、針對目的四：

(一) 孢子質量：大孢子因質量較大，所以彈跳幅度大多是大而數次少，中孢子因質量在大小孢子之間，所以數據比較不固定，小孢子因質量最小，所以彈跳幅度大多是小而數次多。

參考資料

一、 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/48/senior/040716.pdf><https://mappingignorance.org/2013/12/09/how-spores-get-their-boarding-passes-many-organisms-such-as-fungi-and-plants-without-seeds-produce-spores-as-a-dispersal-mechanism-spores-are-usually-microscopic-propagules-many-of-them-are-able-t/>How spores get their boarding passes.