

# 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 生物科

## 團隊合作獎

030311

菇菇「蛋」自強—微型化菇類子實體培養實驗，探討不同逆境條件下的出菇表現

學校名稱：高雄市立仁武高級中學

作者：  國一 陳彥勳  國一 蔡長祐	指導老師：  蘇毓智
---------------------------------	------------------

關鍵詞：子實體、邊緣效應、側耳屬 (*Pleurotus*；亦稱蠔菇屬)

## 摘要

為了使菇類子實體培養微型化、觀察逆境下的出菇表現，我們將四種菇類太空包切割成不同大小，發現體積會影響產量，且撞碎的太空包修復後仍可發菇，於是我們將其分裝並進行「扭蛋菇」實驗。我們發現，將秀珍菇扭蛋菇通氣可使走菌加快、且體積越大走菌越久但產量高，最後選擇 7.5 cm 蛋殼填裝 150 克木屑作為對照。實驗發現，秀珍菇 24°C 發菇率高、無論是否照光菇蕾數上>下側，溫差、冰凍半顆、綑綁、電擊會刺激發菇，但產量不變；黑暗發菇率不變，火燒整顆、泡水、烘烤使發菇率與產量下降；此外，藍寶石菇和白雪菇最耐低溫，18-20°C 最適合發菇，珊瑚菇耐熱 28-30°C 一週內發菇率最高，但易捲縮，建議 24°C 培養，長得慢但品質好，最後我們提出四種扭蛋菇栽培建議。

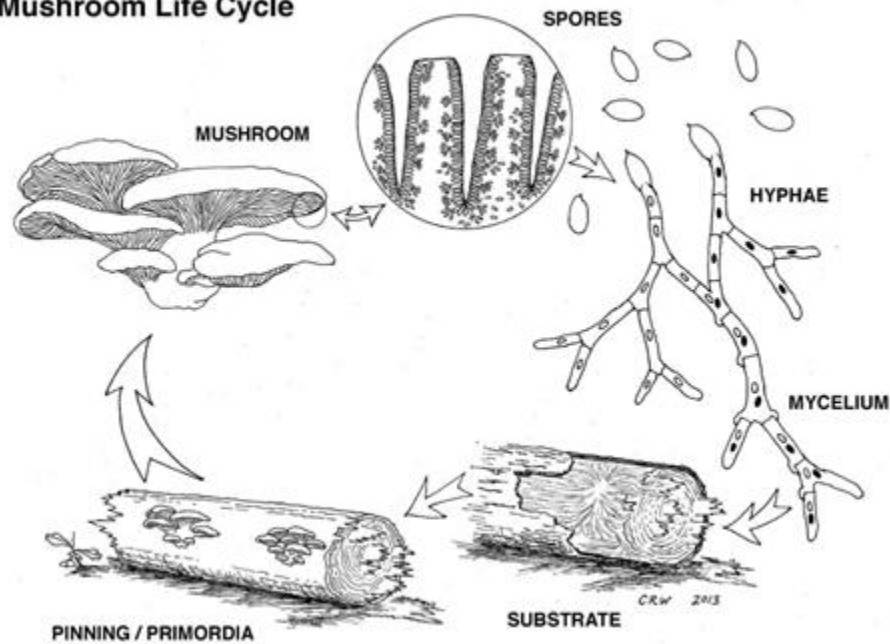
## 壹、研究動機

「菇類」是我們生活中常見的食品，有別於一般蔬菜，菇類具有豐富的膳食纖維，低脂、低熱量，且具有多種必需胺基酸、礦物質及維生素等，是非常健康的食品。

菇類的生活史中有分成單核時期與雙核時期（圖一），一般栽培菇類時使用的太空包木屑或段木栽培，是直接將菇類的雙核菌絲植入，待雙核菌絲走菌完成後，給予適當刺激便可發菇，此方法給台灣農民帶來相當不錯的經濟產值。然而，太空包走菌太久、發菇位置與時間也不太穩定、體積過大且難以大量栽培與觀察，加上真菌的菌絲，既是群體，也是個體，不像動物或植物相對單純容易培養觀察，**這使我們希望開發一套小巧、簡易的流程，將菇類培養「微型化」，既可大量實驗，既可以做為標準化實驗或教材探討菇類的生理特性，也能作為小巧的商品，使之具有商品價值。**

在過去科展作品中發現，有研究觀察了菇類的「向性」，例如「菇 Go！非『光』不可（吳芯妍等，2014）」、「菇 Go！背地一『站』（陳柏熙等，2018）」，及「低溫冷藏處理對菇類子實體生長發育的影響（簡毓達等，2015）」，或調整基質「『啡』長『菇』得～Very Good」（黃鈞雲等，2011）。我們無意間在 Youtube 看到，日人利用電擊提升松茸產量，老師說，可能是「邊緣效應」迫使菇類為了求生造成，日本也有提到香菇產地打雷會豐收的諺語。**本研究希望探討菇類遇到各種逆境時的變化，期望找到能增加產量或加速發菇的方法。**

### Mushroom Life Cycle



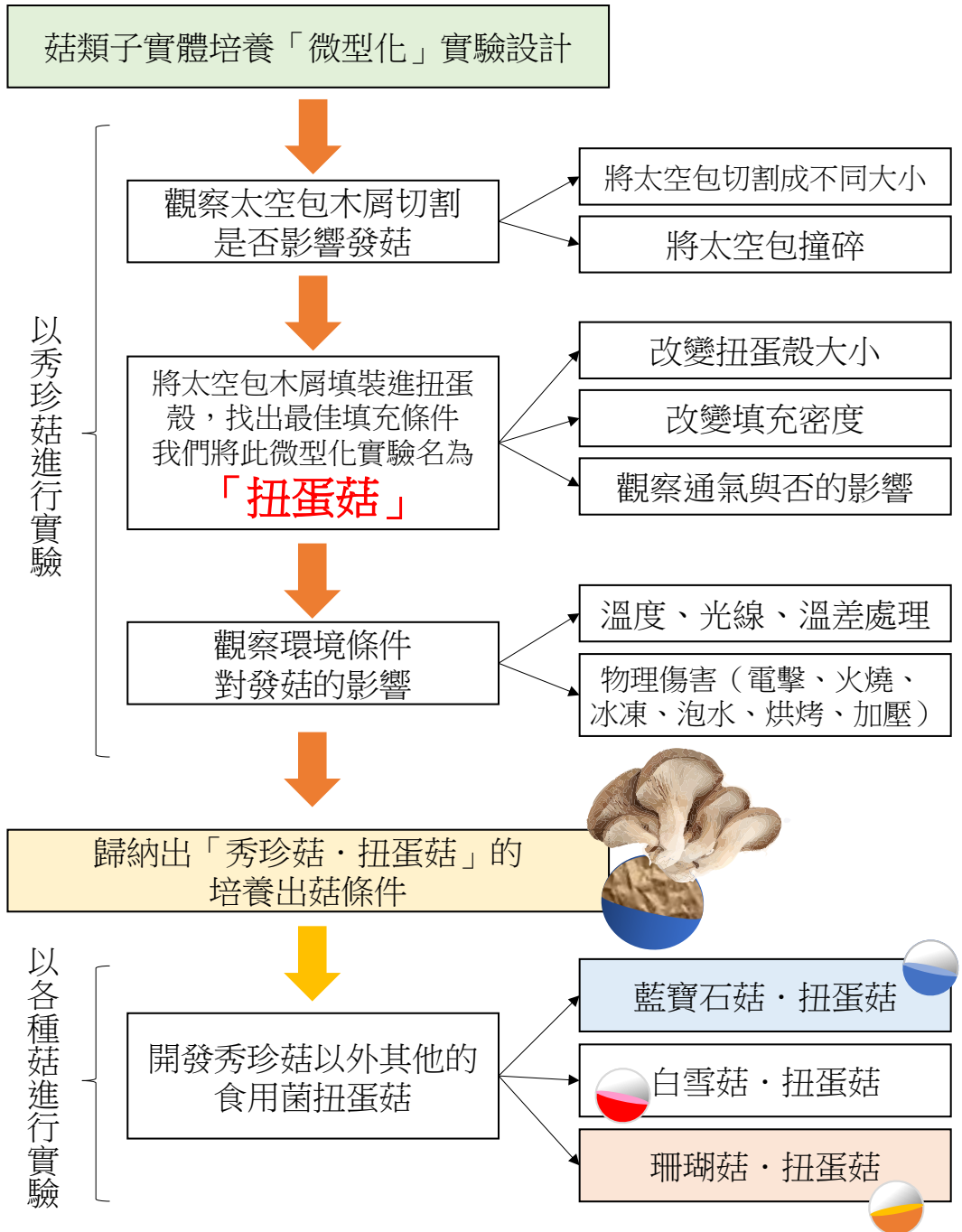
圖一、一般菇蕈類的生活史（網頁圖片 Mushroom Life Cycle）

表一、歷屆與菇類有關的科展研究作品。

屆別	標題	發現	培養方式
50	「啡」長 「菇」得～ Very Good	1. 可以用咖啡渣作為珊瑚菇收長的基質 2. 以溫室(16~25 度)環境菌絲長得最快，其次為高溫(30~35 度)，低溫(3~5 度)	用玻璃瓶裝並走菌
54	菇 Go！非 「光」不可	1. 發現藍色的 LED 燈會促使子實體產量增加、肉質變厚 2. 藍光處理組織分離培養蕈類菌絲的生長具有抑制效果 3. 食用菌菇，其生長和發育需要光的誘導	將太空包切割成 1/5 的大小栽培
55	低溫冷藏處理對菇類子實體生長發育的影響	1. 4℃低溫冷藏處理菇類太空包，可促進秀珍菇與藍寶石菇提早產生菇蕾，但對杏鮑菇、白雪菇、柳松菇等似乎無效 2. 4℃低溫冷藏處理菇類太空包可使秀珍菇、杏鮑菇、藍寶石菇、柳松菇、粉紅菇的產量增加	利用整個全新的太空包走菌
58	菇 Go！背地一「站」	1. 蕈菇如同植物具有「向地性」 2. 向地側細胞生長相較遠地側大約有 2 倍長度的差異 3. 當完全切除蕈帽則無法表現「向地性」	將太空包切割成不同的大小來實驗
61	本研究	利用扭蛋殼填裝木屑可使菇類培養基質體積縮小，可增加樣本數，也能作為教育使用，或作為療育商品銷售。在各種刺激之下（電擊、火燒、溫差、加壓……等），會使發菇率及產量出現改變。	扭蛋菇

## 貳、 研究目的

- 一、 探討太空包切割對於發菇狀況的影響 (秀珍菇)
  - (一) 太空包質量與產量關係
  - (二) 太空包質量與瓣數關係
  - (三) 太空包撞碎是否影響發菇與產量
- 二、 填裝太空包木屑於扭蛋殼中，進行菇類培養實驗的微型化設計 (秀珍菇)
  - (一) 改變扭蛋殼大小
  - (二) 改變填充密度
  - (三) 歸納秀珍菇扭蛋菇培養條件
- 三、 溫度與光線對發菇的影響 (秀珍菇)
  - (一) 溫度與發菇率關係 (改變溫度培養、無低溫刺激處理)
  - (二) 有光 / 無光對子實體發育的影響
- 四、 物理傷害對發菇狀況的影響－電擊、火燒、冰凍、泡水、烘乾、加壓(網綁)、溫差  
(秀珍菇) 觀察重點：
  - (一) 發菇率
  - (二) 產量
  - (三) 特殊處理的發菇位置
  - (四) 低溫處理誘導
- 五、 多種菇類的扭蛋菇微型化實驗開發 (秀珍菇、藍寶石菇、白雪菇、珊瑚菇)
  - (一) 太空包切割的影響
  - (二) 溫度影響 (發菇溫度、培養溫度)
  - (三) 各種扭蛋菇栽培建議條件統整







圖二、研究架構圖

## 參、研究設備及器材

### 一、本研究使用的器材

器材及儀器	耗材
植物生長箱 (HIPOINT 747FH)、高壓滅菌釜 (HY)、無菌操作台 (海天 4HC-24)、植物培養箱 (COCONO LR-509)、電漿球 (拆掉外殼)	扭蛋殼 (直徑 3.2cm、5cm、7.5cm、12cm)、太空包 (秀珍菇、珊瑚菇、藍寶石菇、白雪菇)、菌母瓶、培養皿、PDA 培養基粉末、pp 袋、封口臘膜
 <p>恆溫培養箱、高壓滅菌釜、植物生長箱、無菌操作台、電漿球</p>	 <p>太空包 (左上)、扭蛋殼 (右上)、菌母瓶 (下)</p>

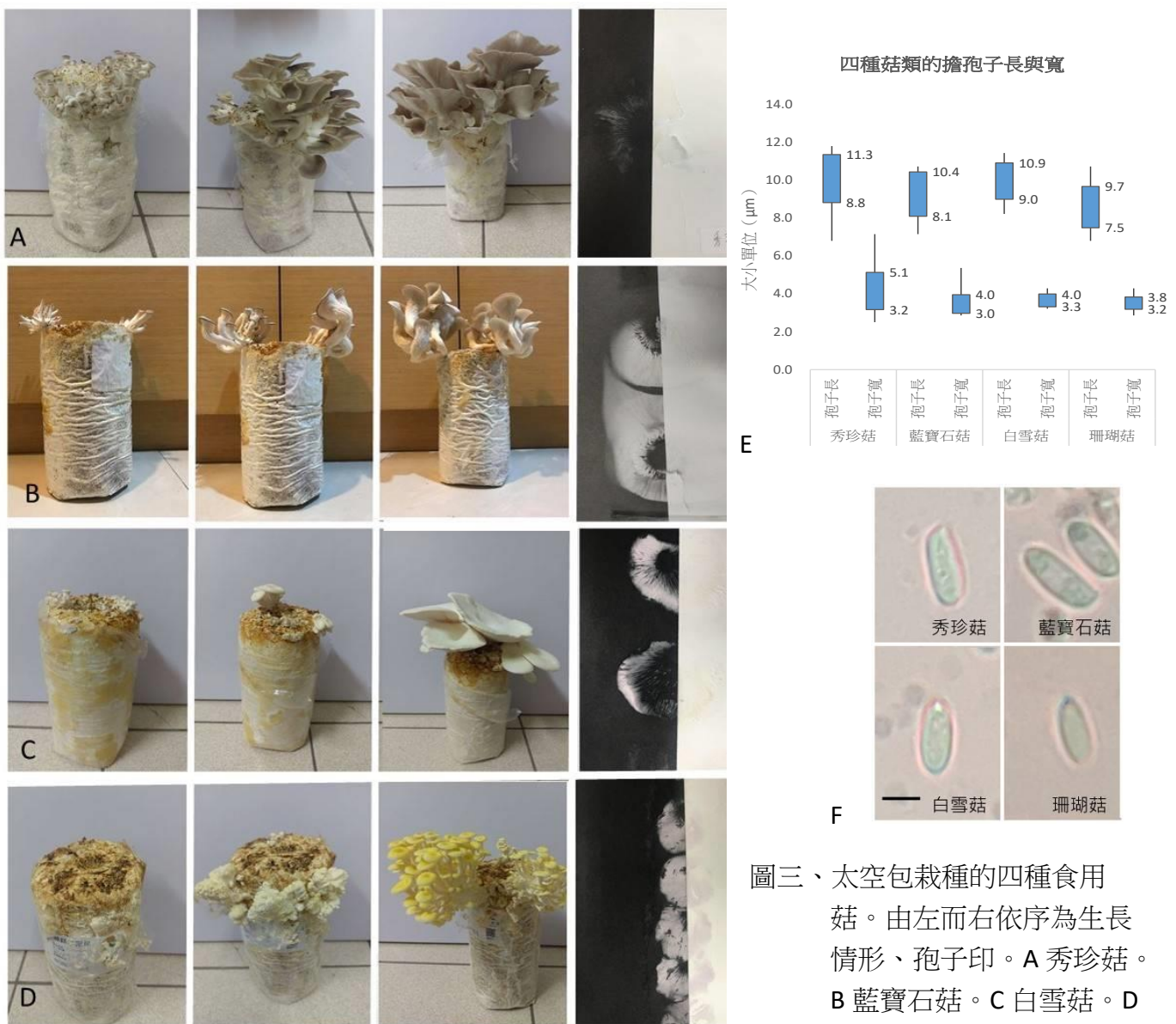
### 二、本研究選擇的菇種及太空包 (購自豐年生態農場)

<p>1. 秀珍菇 <i>Pleurotus pulmonarius</i> var. <i>sajor-caju</i> (或) <i>P. sajor-caju</i></p>  <p>「秀珍菇」只是商品名，經基因檢測台灣的秀珍菇應為鳳尾菇幼年子實體，台灣菇農開發培養發揚光大，為台灣相當重要的經濟作物</p>	<p>2. 藍寶石菇 <i>Pleurotus columbinus</i> (或) <i>Pleurotus ostreatus</i> var. <i>columbinus</i></p>  <p>為韓國品種 (韓國蠓菇)，在台灣為秋冬季種植採收的菇種，氣溫越低蕈傘越藍，但蕈傘張開時顏色變淺，味道和秀珍菇無區別。</p>
<p>3. 白雪菇 <i>Pleurotus</i> sp. (或) <i>Pleurotus ostreatus</i> var. sp.</p>  <p>據廠商說，這是藍寶石菇的白化品種，但在科博館對秀珍菇的介紹中亦提到秀珍菇有一個白化變種稱為白雪，學名暫時不確定，暫訂為 sp.</p>	<p>4. 珊瑚菇 <i>Pleurotus citrinopileatus</i></p>  <p>也叫金頂側耳，屬於較耐高溫、在台灣易於栽種的菌種，蕈傘金黃色，大約長至指甲大時可採收。</p>



表二、本研究觀察的四種食用菇基本性質介紹

	秀珍菇	藍寶石菇	白雪菇	珊瑚菇
孢子印顏色	白色	白色	白色	白色
孢子大小	(6.8-)8.8-11.3(-11.8) $\mu\text{m}$ $\times$ (2.5-)3.2-5.1(-7.1) $\mu\text{m}$	(7.1-)8.1-10.4(-10.7) $\mu\text{m}$ $\times$ (2.9-)3.0-4.0(-5.4) $\mu\text{m}$	(8.2-)9.0-10.9(-11.4) $\mu\text{m}$ $\times$ (3.2-)3.3-4.0(-4.3) $\mu\text{m}$	(6.8-)7.5-9.7(-10.7) $\mu\text{m}$ $\times$ (2.9-)3.2-3.8(-4.3) $\mu\text{m}$
太空包特性	無菌皮	無菌皮	有很厚的菌皮	無菌皮
發菇位置	頂端、 切割處的邊緣	頂端、 切割處的邊緣	頂端、 切割處的邊緣	頂端、側邊 切割處的邊緣
有無原基	無	無	無	有
子實體含水量	87.36%	90.34%	84.74%	86.86%
子實體顏色	淡棕色或灰色	藍灰色~灰白色	白色	黃色
子實體過熟捲縮	會	不太會	不太會	會

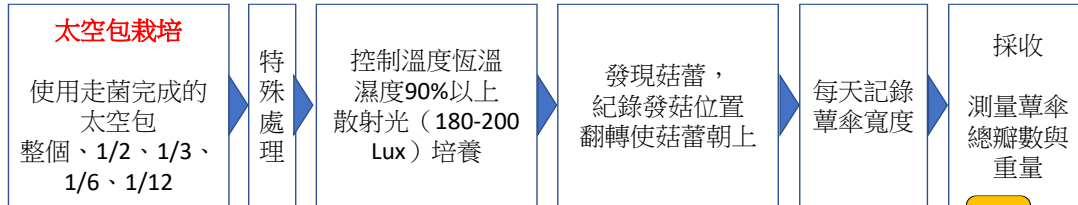


圖三、太空包栽種的四種食用菇。由左而右依序為生長情形、孢子印。A 秀珍菇。B 藍寶石菇。C 白雪菇。D 珊瑚菇。E 孢子大小統計、F 孢子照片 (bar= 5 $\mu\text{m}$ )。

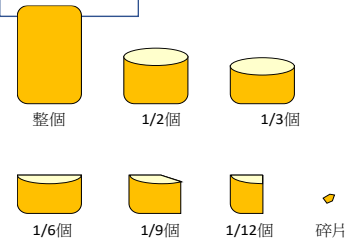
## 肆、研究方法

### 一、菇類培養流程

#### (一) 以太空包切割與栽種



1. 切割：我們將太空包先分成不切、對半切（1/2 個）、分前、中、後三段（1/3 個）、1/6 個、1/9 個、1/12 個。
2. 將太空包進行撞碎（自 50cm 處落下 5-15 次）或其他處理
3. 將太空包恆溫、恆濕培養

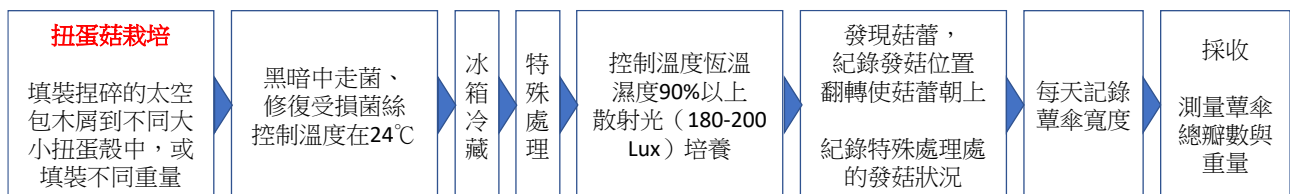


#### (二) 以容器填裝與栽種

4. 以玻璃瓶裝當容器用 150g 太空包木屑來填裝
5. 以 PP 袋來當容器用 150g 太空包木屑來填裝



#### (三) 扭蛋菇



1. 填裝扭蛋菇的方法（在無菌操作台下操作）
  - (1) 先將紙碗鋪上保鮮膜放在電子秤上
  - (2) 再把太空包切成小塊放進塑膠杯（含菌絲）倒進紙碗
  - (3) 秤適當重量後添加適量的水（約木屑重的二十分之一）把保鮮膜取出壓緊
  - (4) 放進扭蛋殼中，用封口膜把扭蛋殼密合
  - (5) 貼上標籤（格式編號『例如:S010101』（S 秀珍菇、B 藍寶石菇、W 白雪菇、C 珊瑚菇，010101 代表一月一日的第一顆。依此類推。）
  - (6) 進行通氣與否（好氧測試）的處理：通氣是在扭蛋兩邊孔洞以牙籤刺穿



## 2. 走菌修復

- (1) 以 24°C、無光環境來走菌，使原本碎裂的太空包木屑重新修復
- (2) 我們把走菌分成三個部分，如果白色菌絲的量超過三分之一的話，就記一個圈，超過三分之二的話，就記兩個圈，整個都走完的話，就記三個圈。



圖四、填裝扭蛋菇菌絲的方法。上排：切割木屑、鋪保鮮膜、秤重、塞入扭蛋殼  
下排：壓緊上蓋、貼上標籤、封膜戳洞通氣、準備送入黑暗環境走菌

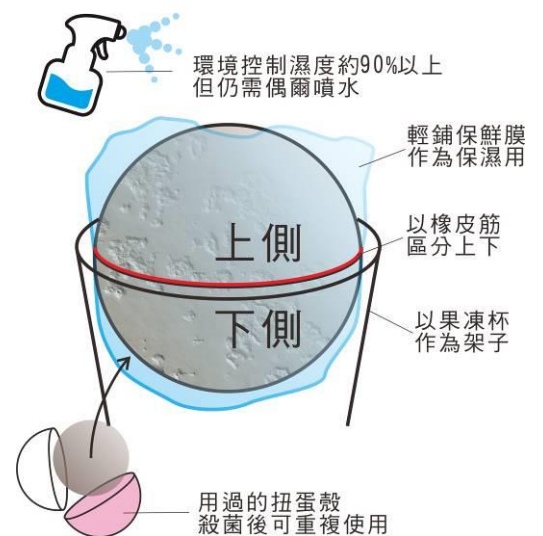
3. 冷藏：我們將走完菌的扭蛋菇送到冰箱冷藏至少兩週才進入發菇管理階段，原因有二：(1) 使菌絲修養直到生理成熟 (2) 讓低溫刺激發菇
4. 特殊處理 (後述)
5. 環境控制，進入發菇階段，將扭蛋殼打開，保鮮膜撕開，只輕蓋保濕 (圖五)。

### (四) 培養溫度控制：一共設定 5 個培養溫度：

1. 18、20、24°C，用植物培養箱來控制溫度
2. 28、30°C 以上，用電子恆溫加熱器隔水加熱

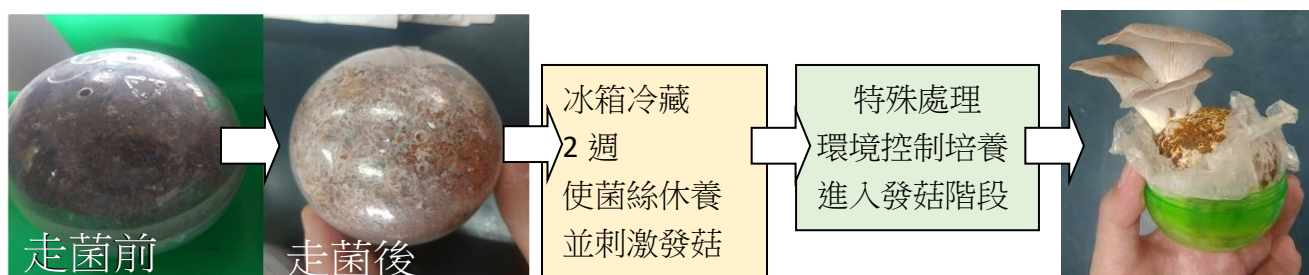
### (五) 濕度控制方法

1. 用植物生長箱的加濕功能
2. 用超音波造霧器來保持濕度，但不可以讓水滴滴下。 圖五、扭蛋菇栽培說明



(六) 光線：

3. 避免光線直射，使用散射光（平均亮度為 182.82 Lux.）
4. 黑暗處理：將扭蛋菇木屑放入不透光的不鏽鋼桶內，再放入培養箱



圖六、扭蛋菇培養方法環境控制方法

表三、扭蛋菇栽培方式總表（\*表對照組）

菇種	填充的扭蛋殼直徑	木屑填裝重量	加水	通氣與否	走菌溫度	走菌天數	冰箱低溫處理	培養溫度	濕度	光線
秀珍菇	3.2cm	11g	1c.c.	通/不通氣	24°C*	通氣 約3天* / 若不通氣就等到走完	2週*	18°C 20°C 24°C* 28°C 31°C	85%* 以上	散射光* / 黑暗處理
	5 cm	43g	2 c.c.	通/不通氣						
	7.5 cm*	120g、130g 140g、150g* 160g	8 c.c.*	通氣* /不通氣						
	10 cm	350g	20 c.c.	通/不通氣						
藍寶石菇 白雪菇 珊瑚菇	7.5 cm*	150g*	8 c.c.*	通氣*						

二、特殊處理方法

表四、扭蛋菇特殊處理方法（O有做，X沒做）

處理方法	亮/暗	電擊	火燒	烘烤	泡水	冰凍	加壓(綑綁)	溫差
處理半顆	X	O	O	O	O	O	X	X
處理整顆	O	O	O	O	O	O	O	O
特殊						冰凍 24 hr		未冰處理 2週期 3週期

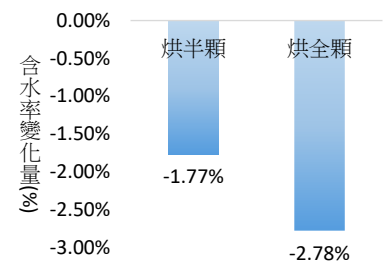
### (一) 電擊

1. 將電漿球的玻璃蓋打開，把中心用鋁箔包起來纏上鐵絲，將突出的鐵絲靠近目標，以高壓電弧電擊，以旋轉方式電擊
2. 分成電半顆、電全顆 2 種（分別處理約 5、10 分鐘）

### (二) 火燒

1. 將扭蛋菇的保鮮膜撕掉，先用蠟燭把要火烤處燻黑，再用防風打火機燒烤
2. 分成燒半顆、燒全顆 2 種（分別處理約 1、2 分鐘）

烘烤實驗減少的含水率



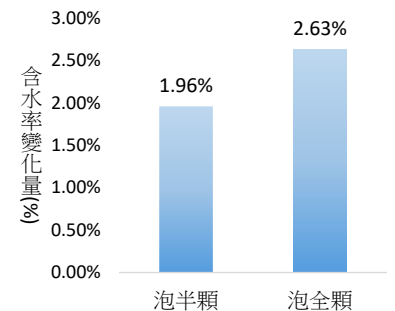
### (三) 烘烤

1. 將扭蛋菇放置在 30 °C 的烘箱中烘烤大約兩小時
2. 分成烘半顆（另一半包鋁箔再烘）、烘全顆 2 種

### (四) 泡水

1. 準備一個水盆，將扭蛋菇泡在裡面
2. 分成泡半顆、泡全顆 2 種

泡水實驗增加的含水率

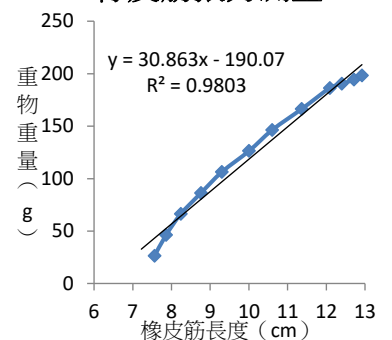


### (五) 冰凍

1. 準備一個盆子放入大量冰塊，並灑上一包鹽巴
2. 用力攪拌，直到溫度到達-19°C
3. 加上包鋁箔隔絕冰鹽水，將扭蛋菇放入維持 30 分鐘
4. 分成冰 30 分鐘半顆、全顆、冷凍 24 小時三種

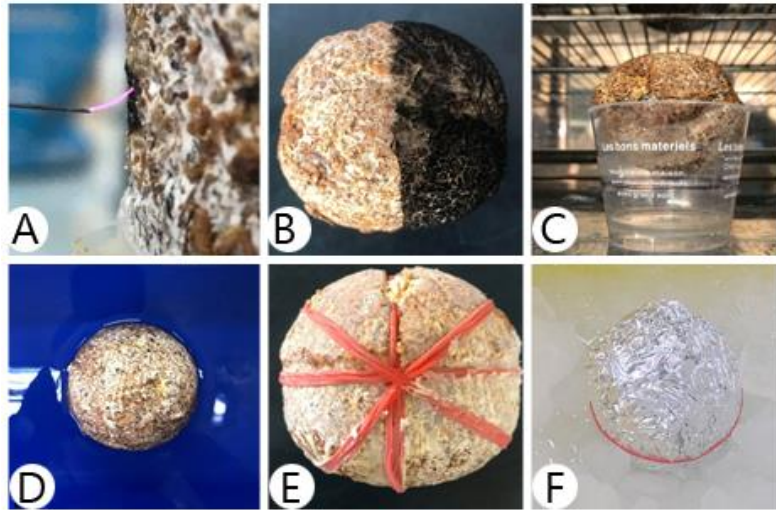
(六) 加壓（網綁）：在扭蛋菇木屑上綁橡皮筋成米字，每個方向各三條，一共十二條，平均受力約 2052.325gw

橡皮筋張力測量



### (七) 溫差處理

1. 走菌完成後，不放到冰箱刺激，直接放進培養箱栽種（無溫差處理）
2. 走菌完成後放入冰箱 2 週，拿出培養（一次溫差刺激）
3. 24°C 12 小時再 12 小時 5°C 冷藏輪流，多處理 1、2 週期再培養

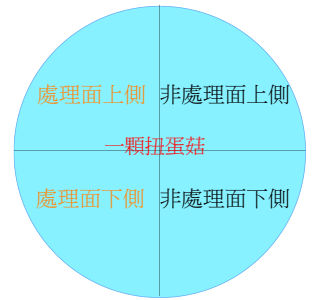


圖七、各種特殊處理的扭蛋菇 A. 電擊 B. 火燒(半顆) C. 烘烤 D. 泡水  
E. 加壓(網綁) F. 冰凍

三、發菇紀錄方法 (實驗重複次數：每組實驗至少完成 6-20 次不等)

(一) 發菇率統計 (7日內的發菇率，超過 7 天算未發菇)

(二) 我們把扭蛋菇分為四個區塊，分別是處理面上側、處理面下側、非處理面上側和非處理面下側，待發菇後，分別記錄各個區塊菇蕾個數。出菇後讓最健康的菇蕾朝上。



四、生長狀況觀察與採收

圖八、菇蕾位置區塊

出現菇蕾或原基後開始，每 24 小時紀錄一次蕈傘大小，若細菌性黃化登記死亡

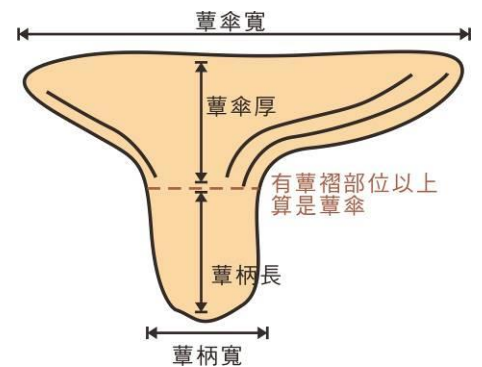
- (一) 秀珍菇：直徑 > 5cm 採收 (約第四天)；若蕈傘不足 5 公分，停止生長時採收
- (二) 藍寶石菇：直徑 > 5cm 採收 (約第五天)。若蕈傘不足 5 公分，停止生長時採收
- (三) 白雪菇：直徑 > 5cm 採收 (約第六天)。若蕈傘不足 5 公分，停止生長時採收
- (四) 珊瑚菇：直徑 > 3cm 採收 (約第三天)。若蕈傘不足 3 公分，停止生長時採收

五、採收狀況記錄

- (一) 用電子秤秤重
- (二) 記錄採收瓣數 (直徑超過一公分才算一片)

六、菇類基本性質觀察

子實體觀察 (蕈傘、蕈柄)、孢子印觀察、孢子顯微觀察



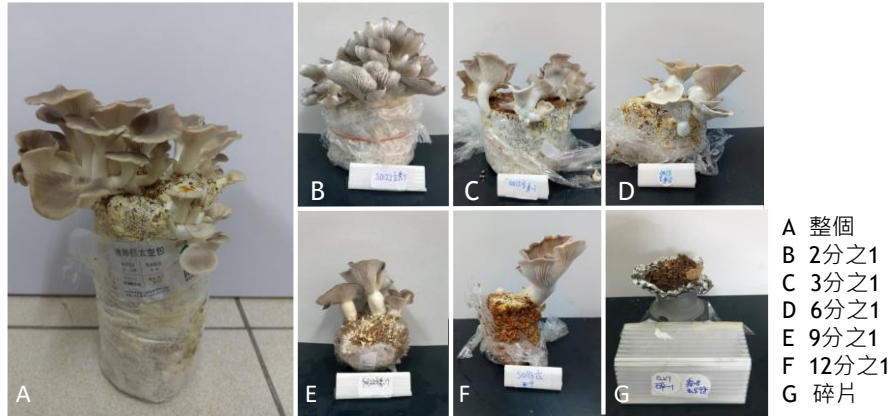
圖九、蕈傘各部位長度紀錄



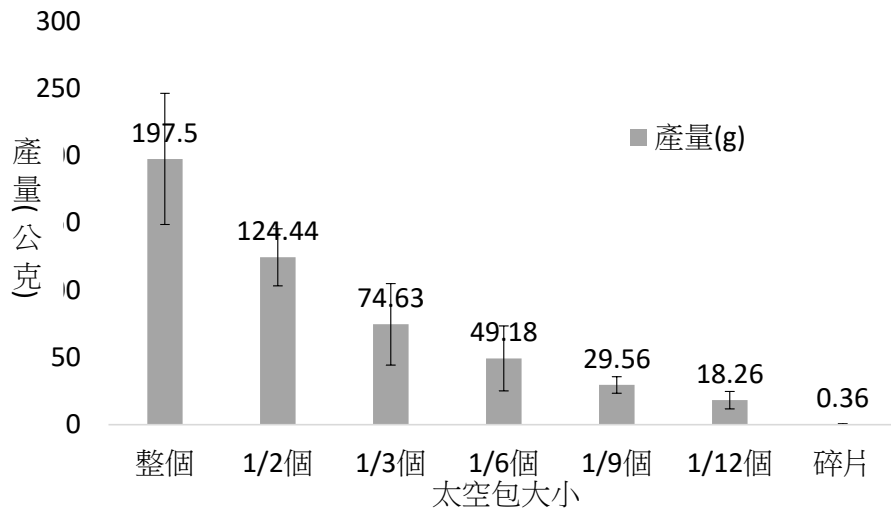
## 伍、研究結果

### 一、 探討太空包切割對於發菇狀況的影響 (秀珍菇)

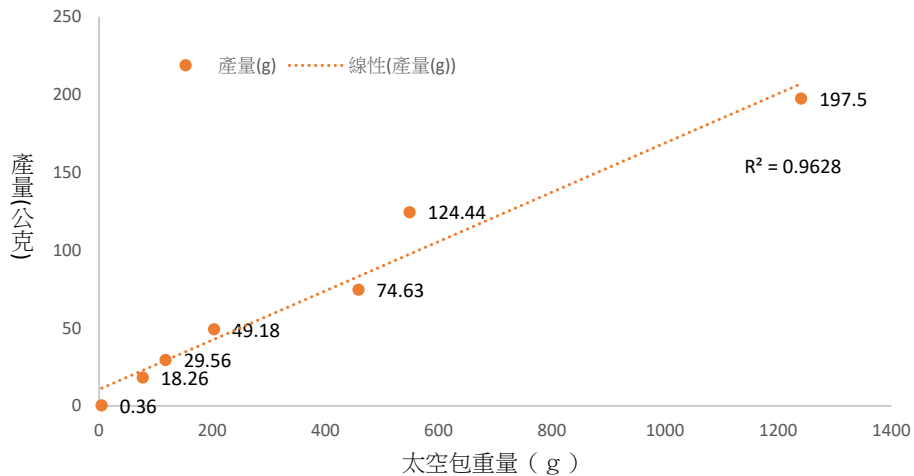
#### (一) 太空包質量與產量關係



太空包切割與產量關係

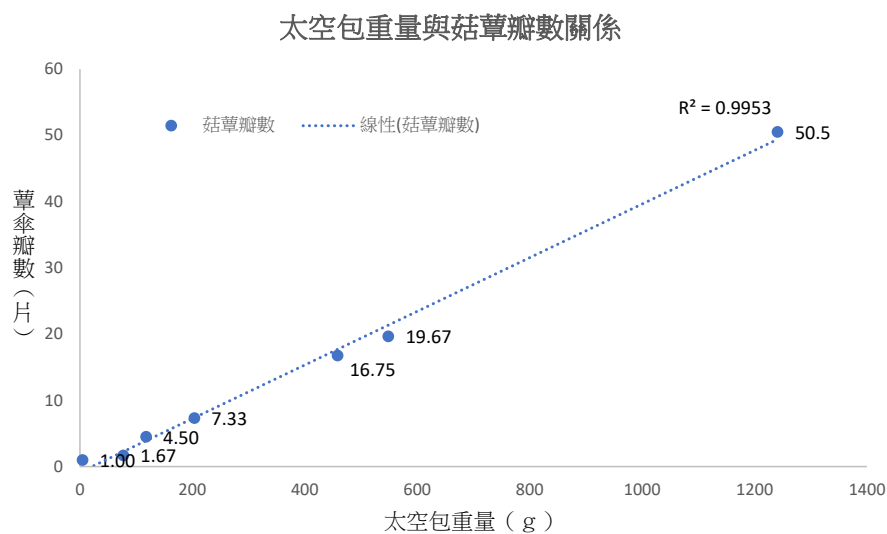


太空包重量與產量關係





## (二) 太空包質量與瓣數關係



我們發現，切割太空包是可以發菇的，且太空包愈重，秀珍菇產量也越高、瓣數也多，我們將太空包重量和產量、瓣數進行比對，發現二者呈現線性關係

## (三) 太空包撞碎是否影響發菇與產量



撞碎 1/3 秀珍菇太空包採收照片

編號	撞擊次數	幾天發菇	採收重量	瓣數
0121 秀 2	15	15	55.10	16
0130 秀 3	5	12	26.13	8

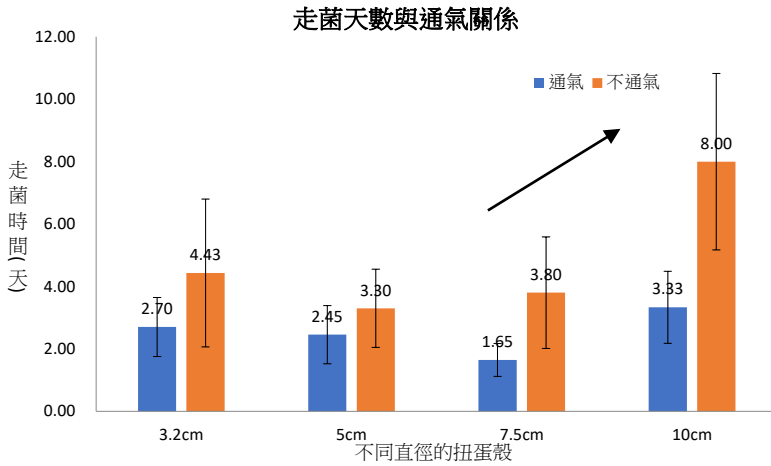
我們發現，1. 切割的太空包，即使是碎片，只要生理成熟都可發菇

2. 撞碎的太空包經過修補仍可發菇，這使我們產生發展微型化扭蛋菇的想法

## 二、填裝太空包木屑於扭蛋殼中，進行菇類培養實驗的微型化設計（秀珍菇）

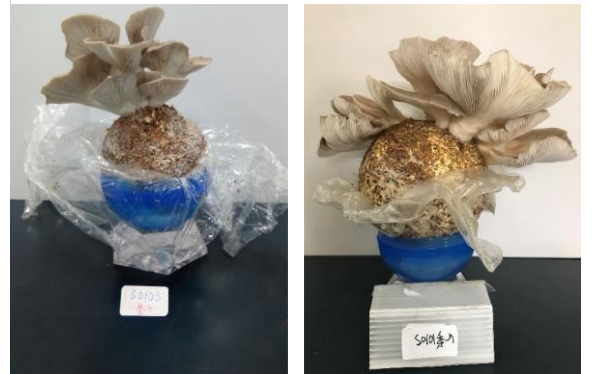
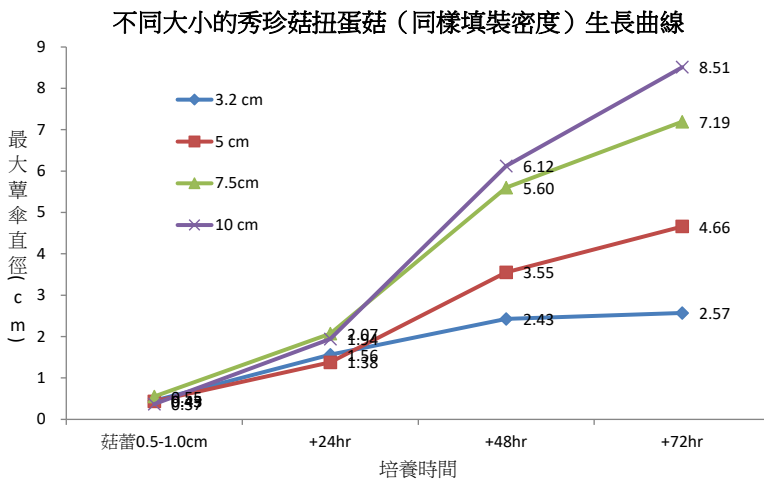
### （一）改變扭蛋殼大小（相同填裝密度）

#### 1. 走菌時間

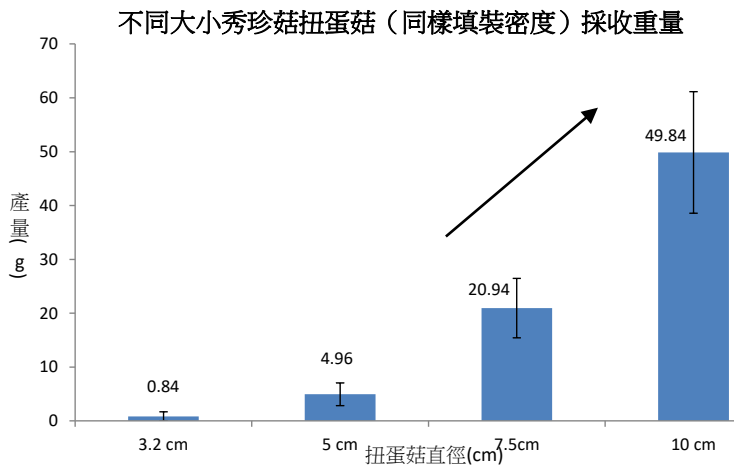


走菌中的扭蛋木屑

#### 2. 子實體生長



#### 3. 產量



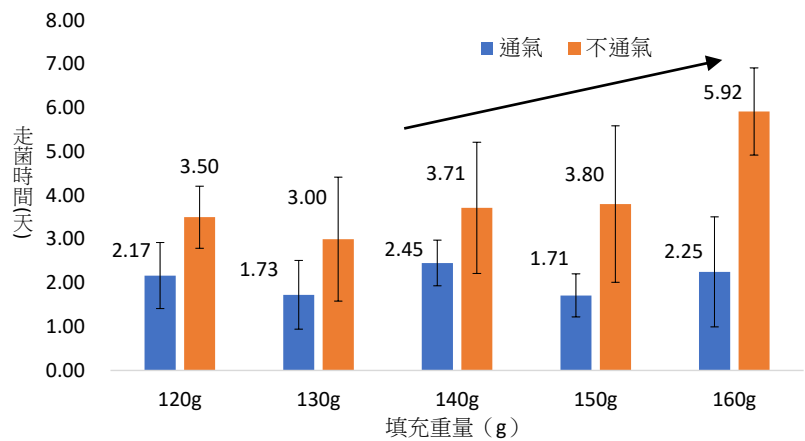
上：3.2cm 扭蛋菇、5cm 扭蛋菇  
下：7.5cm 扭蛋菇、10cm 扭蛋菇

我們發現，**通氣後走菌時間大幅降低**；太大、太小的扭蛋菇都走菌較久，適中最好；**扭蛋菇越大生長速度越快，產量也高**；其中以**菇蕾出現後 24-48 小時生長最快速**。

## (二) 改變填充密度

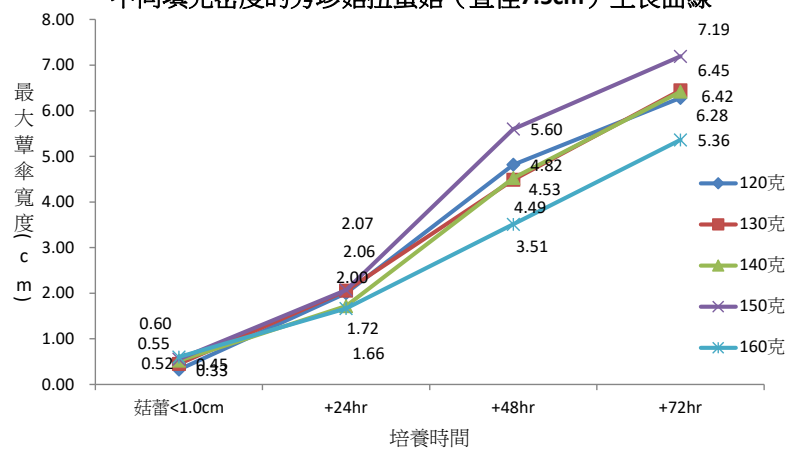
### 1. 走菌時間

填充密度（皆選直徑7.5cm扭蛋殼）與走菌天數關係



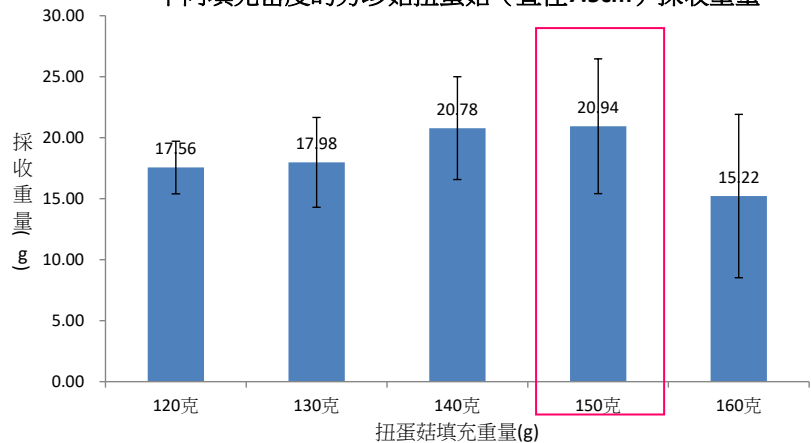
### 2. 子實體生長曲線

不同填充密度的秀珍菇扭蛋殼（直徑7.5cm）生長曲線



### 3. 產量

不同填充密度的秀珍菇扭蛋殼（直徑7.5cm）採收重量



我們發現，不同填裝密度的扭蛋菇走菌速度，通氣也比不通氣快；在生長曲線的結果我們發現，趨勢大致相同，一開始慢，發菇後 24 到 48 小時加快，之後又趨緩，產量部分，填裝 160 克（密度  $0.76 \text{ g/cm}^3$ ）的走菌時間太長且產量低，而填裝 140g 時密度為  $0.67 \text{ g/cm}^3$ ，填裝 150g 時密度為  $0.71 \text{ g/cm}^3$ ，正好與市售太空包密度  $0.68 \text{ g/cm}^3$  接近，最後我們選擇 7.5cm 扭蛋殼填裝 150 克木屑來當對照組，繼續後續實驗。

### (三) 歸納秀珍菇扭蛋菇培養條件

使用 7.5 cm 直徑扭蛋殼，填裝 150 g 秀珍菇太空包木屑，扭蛋殼通氣，以 24 °C 走菌 3 天，走菌修復完畢放入 4 °C 冰箱冷藏兩週，從冰箱取出扭蛋菇，打開蛋殼，保鮮膜撕開並輕鋪，恆溫、散射光 (<200 Lux.) 培養  
觀察 7 日內發菇率、  
紀錄菇蕾生成位置、生長狀況、產量、瓣數等

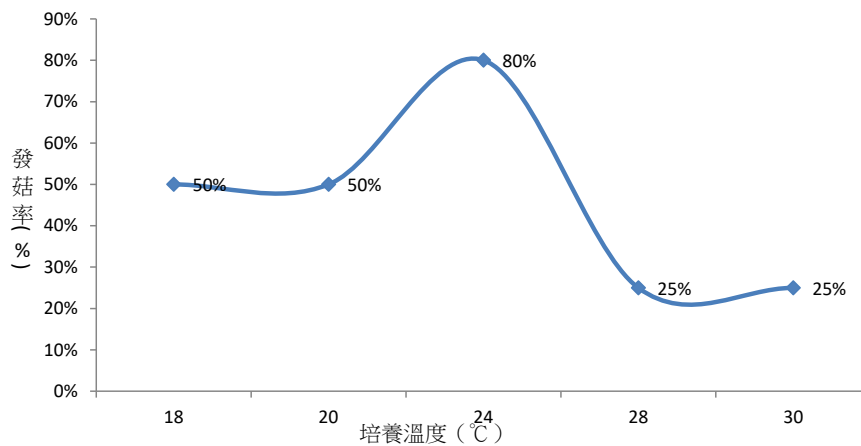


## 三、溫度與光線對發菇的影響 (秀珍菇)

### (一) 溫度與發菇率關係

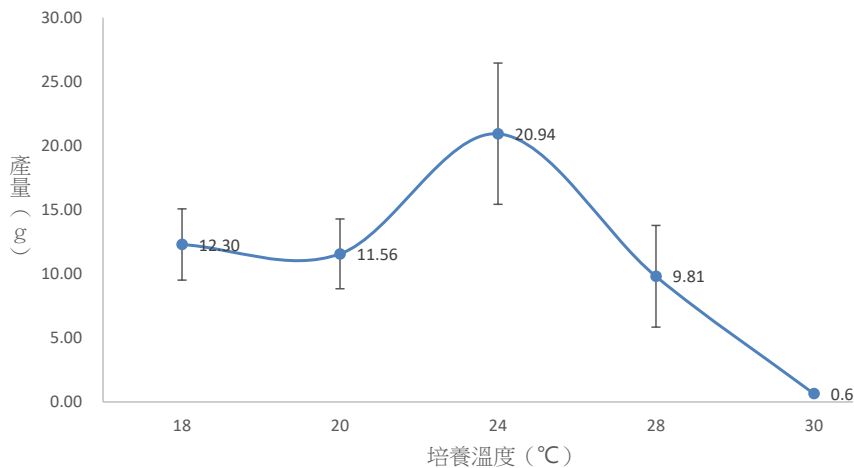
#### 1. 發菇率 (一週內)

秀珍菇扭蛋菇在不同溫度下的發菇率



#### 2. 產量

秀珍菇扭蛋菇在不同溫度下的產量



我們發現

秀珍菇在 24°C 時，無論是發菇率或產量都是最高的

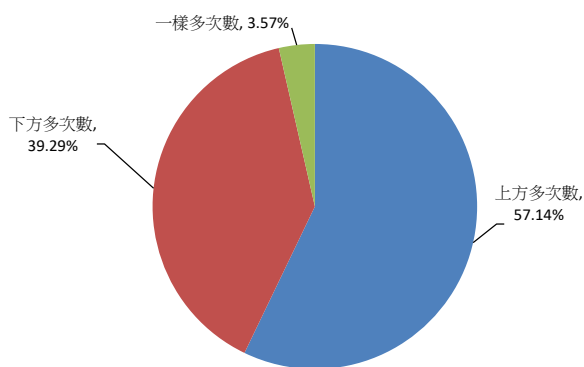
(二) 有光 / 無光對子實體發育的影響

1. 菇蕾生長

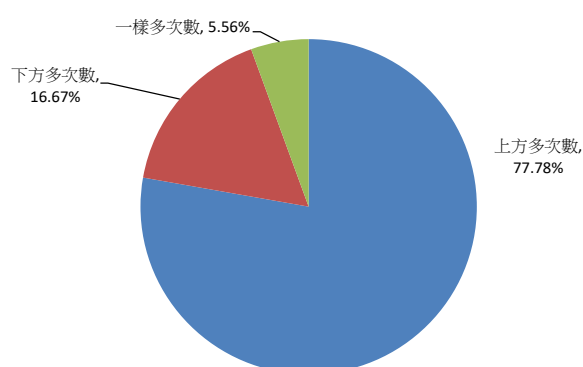
有光	菇蕾上方較多次數	菇蕾下方較多次數	上下一樣多
	16 次	11 次	1 次
	平均上方菇蕾數	平均下方菇蕾數	
	12.61	10.78	

無光	菇蕾上方較多次數	菇蕾下方較多次數	上下一樣多
	14 次	3 次	1 次
	平均上方菇蕾數	平均下方菇蕾數	
	22.00	10.59	

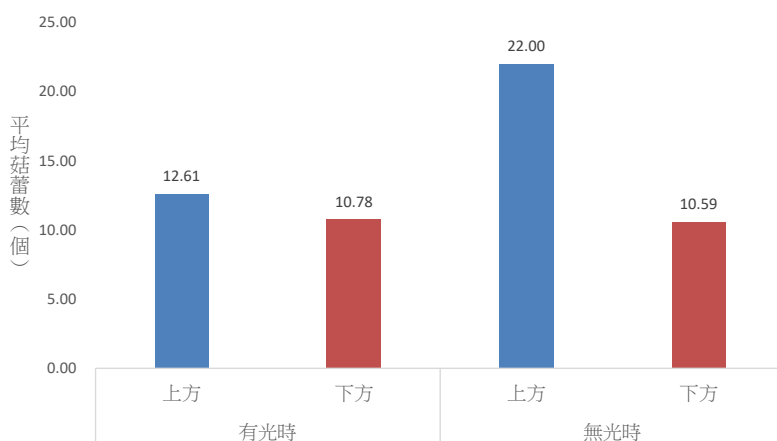
有光時，秀珍菇扭蛋菇上下側菇蕾數量比較



無光時，秀珍菇扭蛋菇上下側菇蕾數量比較



有無光線時秀珍菇扭蛋菇上下側平均菇蕾數



我們發現不管是有光或無光，**菇蕾大多長在上方，菇蕾也較多**。

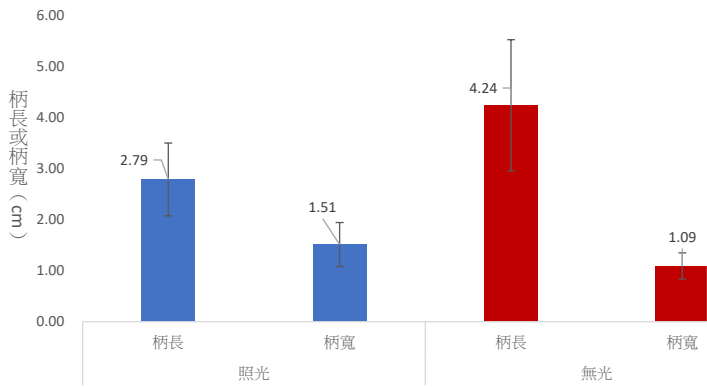
但**無光時，菇蕾上方較多的狀況，更加顯著，且菇蕾更多**，推測：

1. **菇蕾生成位置受光誘導，有光時朝上朝下均可生長**
2. **無光時，菇蕾大多朝上生長，推測菇類生長具有「背地性」**

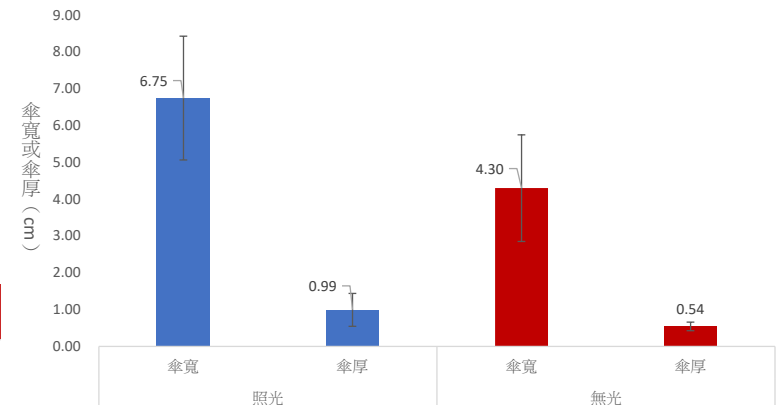


## 2. 有無光線對蕈傘發育的影響

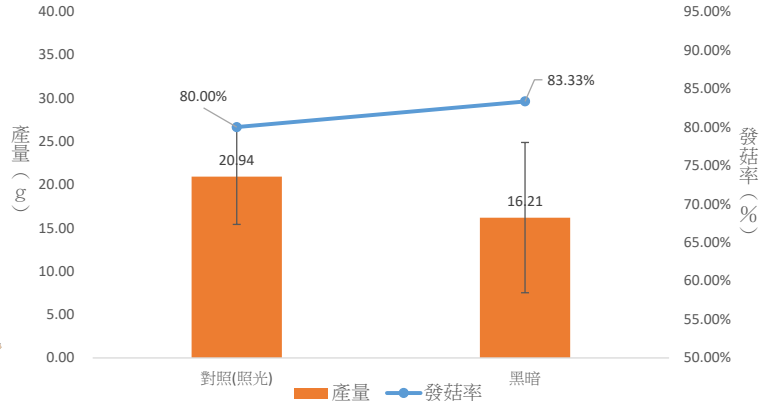
比較有無光線對秀珍菇扭蛋菇蕈柄的影響



比較有無光線對秀珍菇扭蛋菇蕈傘的影響



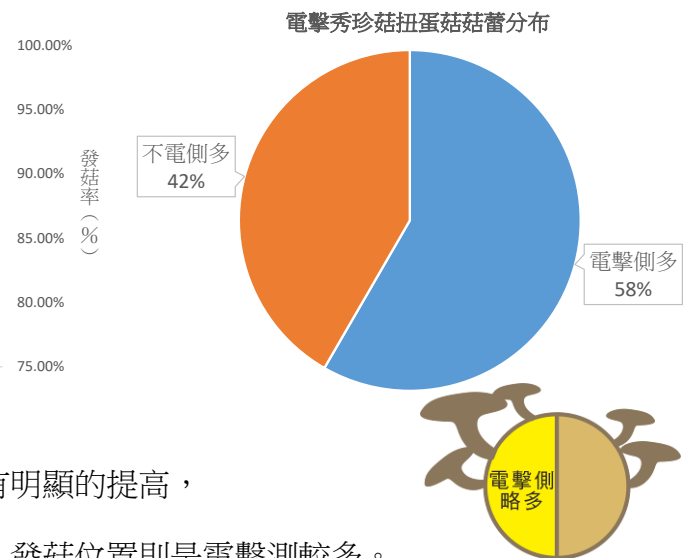
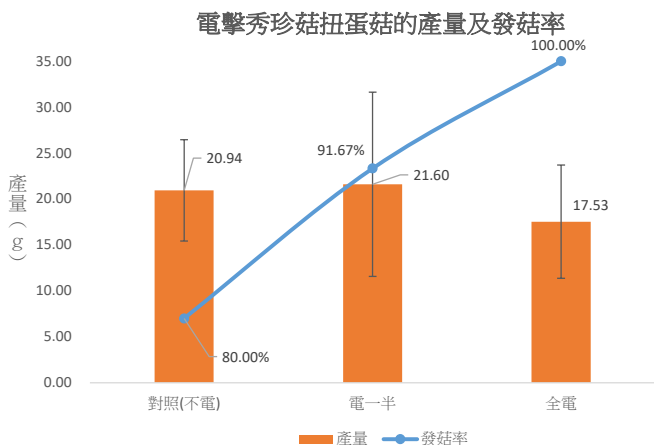
亮/暗對秀珍菇扭蛋菇的產量及發菇率的影響



黑暗培養的蕈傘，經常畸形，柄很長，蕈傘白、薄、易捲曲、發育不良、產量低。

## 四、物理傷害對發菇狀況的影響－電擊、火燒、冰凍、泡水、烘乾、加壓、溫差 (秀珍菇)

### (一) 電擊處理的發菇率、產量及發菇位置

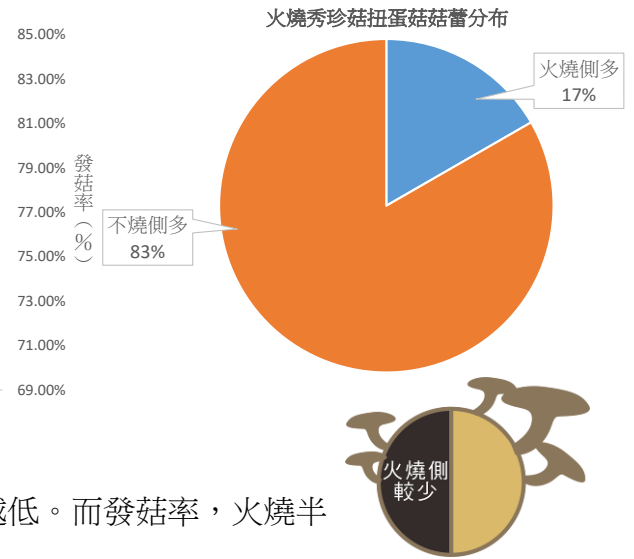
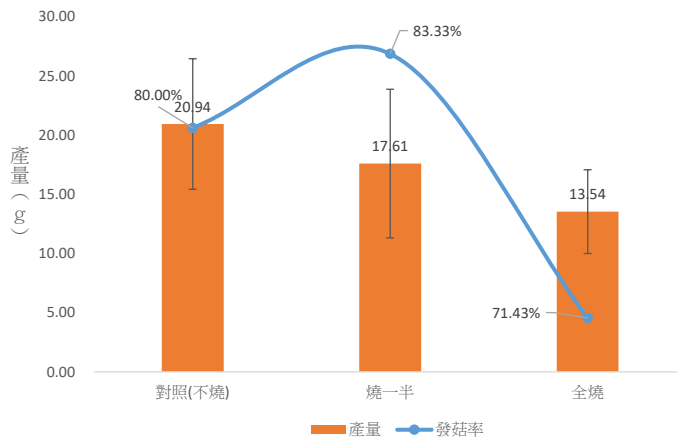


我們發現：電擊可以提高發菇率，但產量沒有明顯的提高，

整顆電擊，產量反而略微下降。處理半顆時，發菇位置則是電擊測較多。

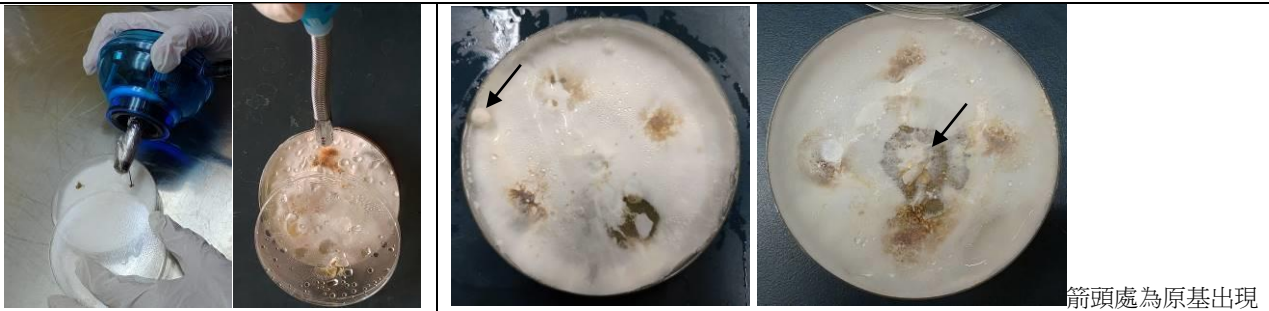
## (二) 火燒處理的發菇率、產量及發菇位置

火燒秀珍菇扭蛋菇的產量及發菇率



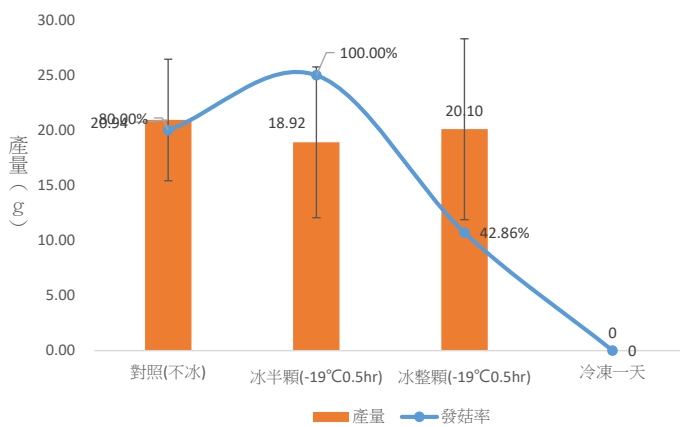
我們發現：火燒會降低產量，燒的部分越多產量越低。而發菇率，火燒半顆最高，發菇位置大多長在不燒的那側。火燒整顆會大幅降低發菇率及產量。

為了再多瞭解電擊或火燒等物理傷害能否刺激發菇，我們也將長滿秀珍菇菌絲的 PDA 培養基進行火燒、電擊的處理。結果發現，**火燒過的秀珍菇菌絲**，3 個樣本中有 2 個在 **1 週後出現原基（有光環境）**，但這樣的樣本數仍太少，我們無法妄下定論，仍待後續的評估。

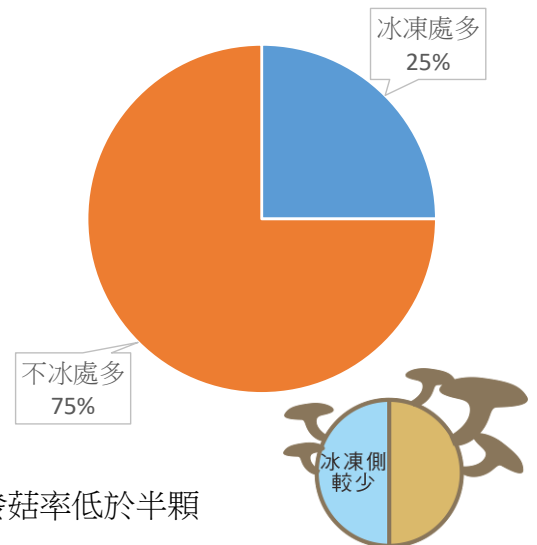


## (三) 冰凍處理的發菇率、產量及發菇位置

冰凍秀珍菇扭蛋菇的產量及發菇率

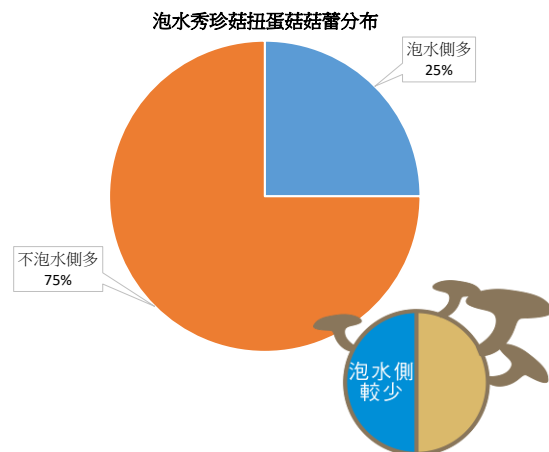
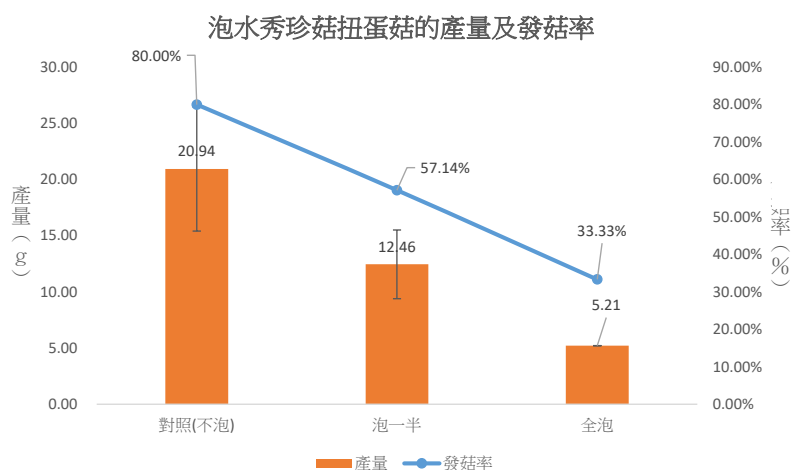


冰凍秀珍菇扭蛋菇發菇分布



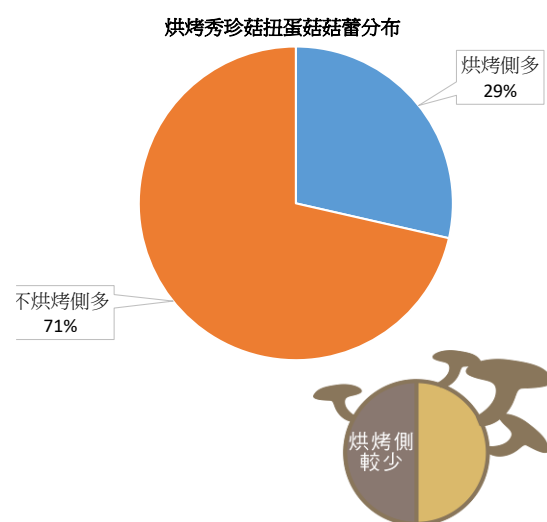
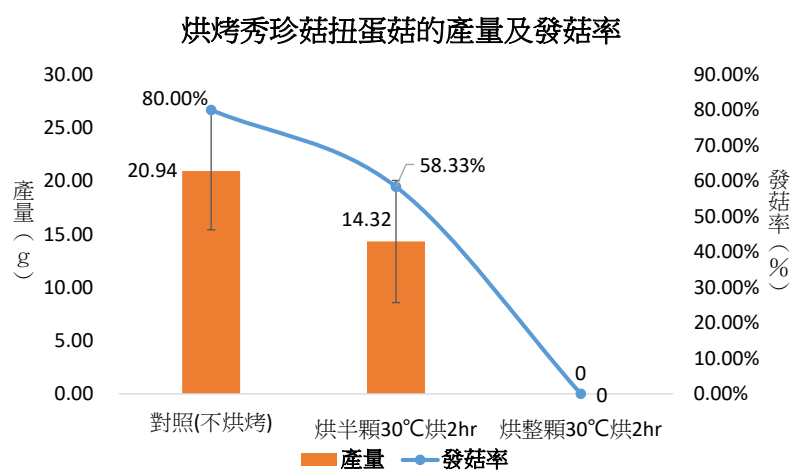
我們發現：冰凍半小時對產量沒有太大的影響，冰凍整顆發菇率低於半顆。冰凍半顆時，發菇位置大多長在不冰的一側。冷凍 24 小時則無法發菇。

#### (四) 淹水處理的發菇率、產量及發菇位置



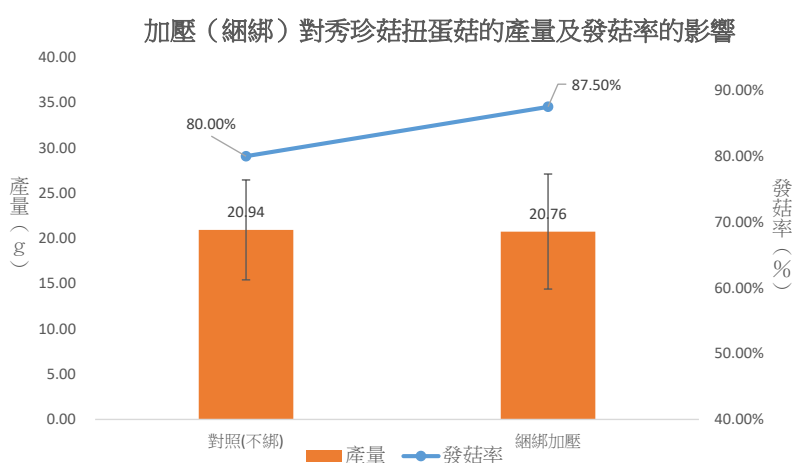
我們發現：泡水半顆的秀珍菇扭蛋菇，都是「未泡水的那一側」菇蕾比較多

#### (五) 烘乾處理的發菇率、產量及發菇位置



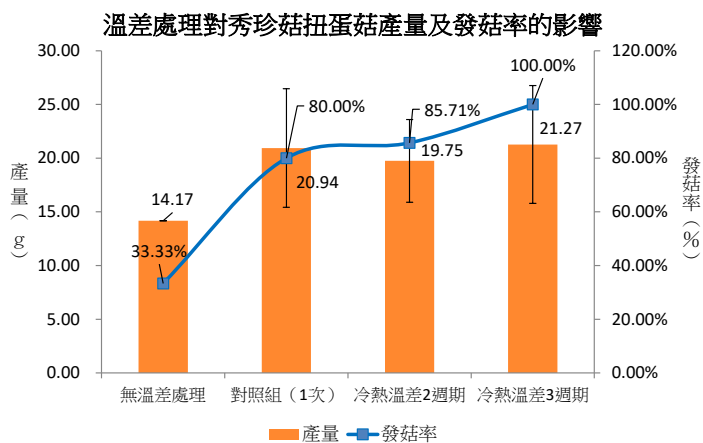
我們發現：烘烤半顆的秀珍菇扭蛋菇，大多是「未烘烤那一側」菇蕾比較多

#### (六) 加壓（網綁）處理的發菇率、產量



我們發現：加壓可以略為提高發菇率，菇蕾會從縫隙處長出，但對產量沒有明顯的改變

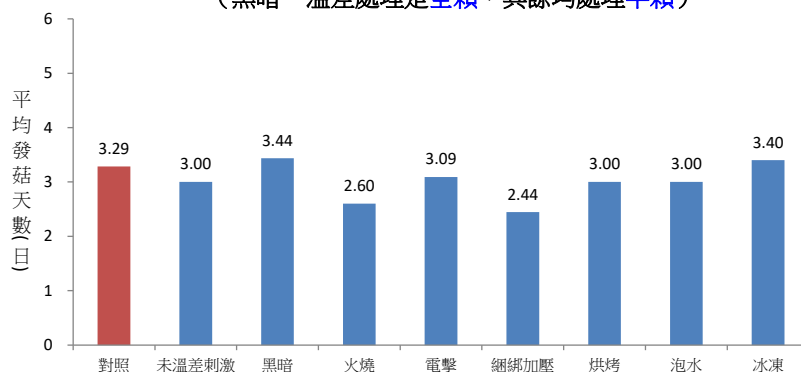
### (七) 溫差處理的發菇率、產量



我們發現：溫差處理次數可以提高秀珍菇扭蛋菇的發菇率，冷熱交替越多次，發菇率越高

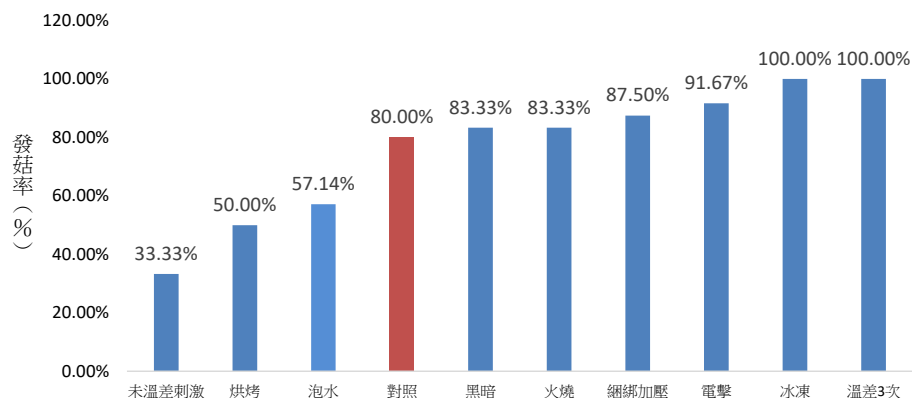
### (八) 發菇大數與發菇率統整

特殊處理對發菇天數（一週內）的影響  
（黑暗、溫差處理是全顆，其餘均處理半顆）



我們發現：秀珍菇扭蛋菇，無論何種方式刺激，發菇天數都差異不大，約在 2-4 天之間發菇（一週內有發菇的發菇天數平均）

特殊處理對發菇率（一週內）的影響  
（黑暗、溫差處理是全顆，其餘均處理半顆）

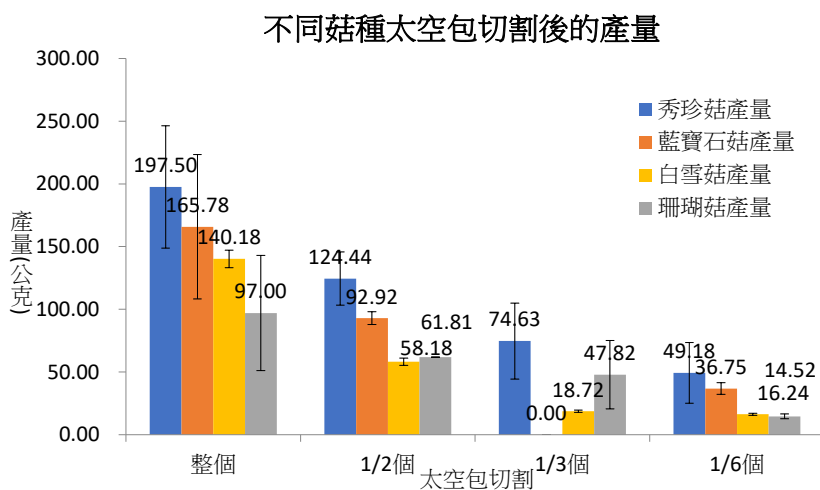


我們發現：秀珍菇以若烘烤及未溫差處理，發菇率較低；黑暗、火燒發菇率與對照組差不多；綑綁、電擊略提高發菇率；泡水半顆及溫差處理 3 次，發菇率達 100%

## 五、多種菇類的扭蛋菇微型化實驗開發 (秀珍菇、藍寶石菇、白雪菇、珊瑚菇)

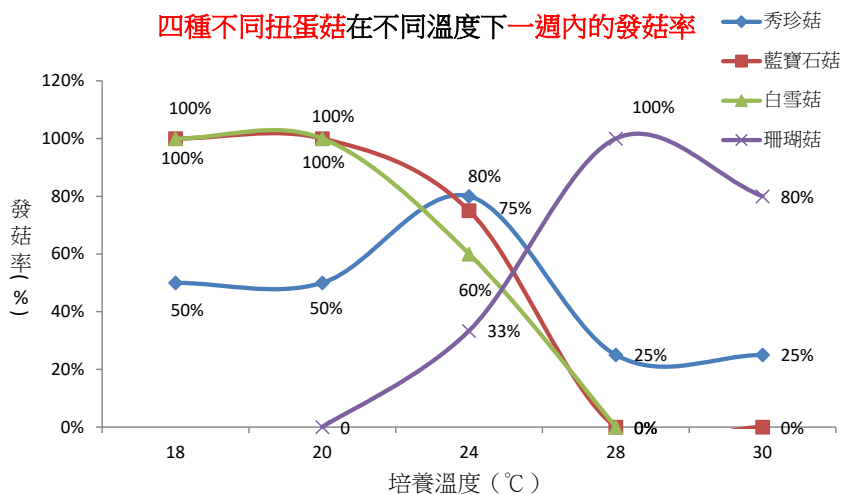
### (一) 太空包切割的影響

	秀珍菇產量	藍寶石菇產量	白雪菇產量	珊瑚菇產量
整個	197.50	165.78	140.18	97.00
1/2 個	124.44	92.92	58.18	61.81
1/3 個	74.63	0.00	18.72	47.82
1/6 個	49.18	36.75	16.24	14.52



我們發現：不管是何種菇種，太空包質量越大產量就越多。接下來我們以藍寶石菇、白雪菇、珊瑚菇的「扭蛋菇」進行後續實驗

### (二) 溫度影響 (發菇溫度、培養溫度)



圖、以最佳培養溫度進行各種扭蛋菇培養

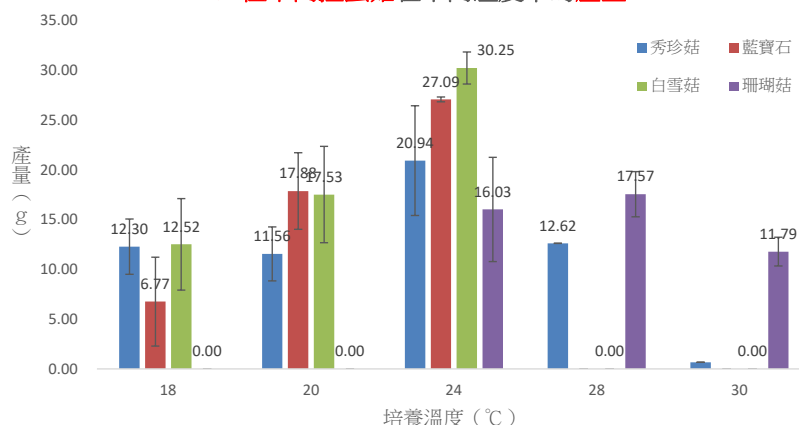
我們發現，秀珍菇在 18~20°C 的發菇率是 50%，24°C 則是 80%，28~30°C 是 25%。

藍寶石菇、白雪菇 18~20°C 是 100%，24°C 則是 60%，28~31°C 是 0%。

珊瑚菇 20°C 以下不發菇，24°C 是 33%，28°C 是 100%，30°C 是 80%。

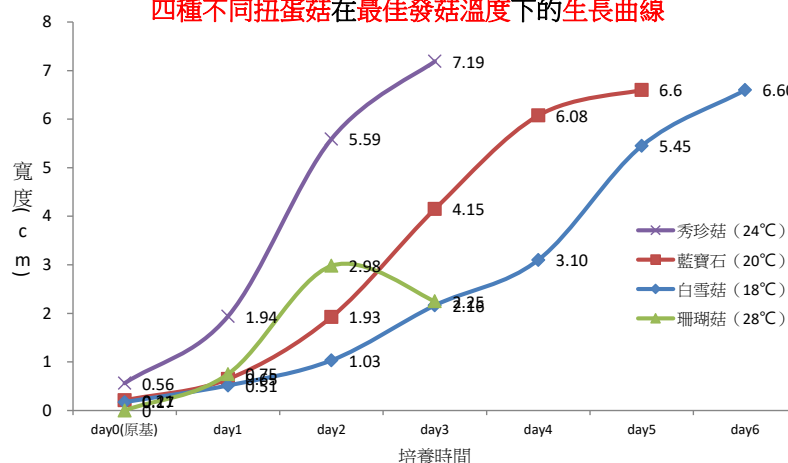


四種不同扭蛋菇在不同溫度下的產量



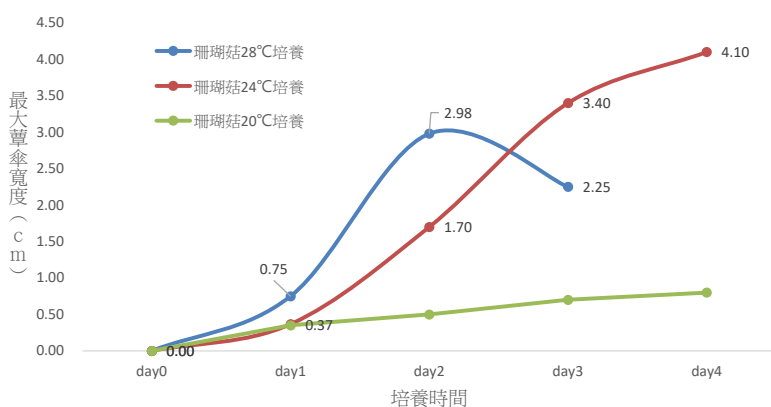
秀珍菇、藍寶石菇、白雪菇扭蛋菇，24°C培養產量都最高，而珊瑚菇在 28°C 產量最高。

四種不同扭蛋菇在最佳發菇溫度下的生長曲線







我們發現，秀珍菇出現菇蕾後，第 2~3 天即已成熟應該採收。藍寶石菇和白雪菇則是因培養環境氣溫較低，生長較慢，菇蕾約花 2 天長至 1cm，再 3-4 天成熟。珊瑚菇一開始出現原基，出現菇蕾後 1~2 天內要採收否則會乾枯。整體而言，培養溫度越高，生長越快。

珊瑚菇扭蛋菇以不同溫度培養的生長曲線



珊瑚菇：由於珊瑚菇在 28°C 時發菇率最高，但容易捲縮，我們在發菇後移到 20°C 及 24°C 培養後發現，珊瑚菇以 24°C 培養時，雖然生長較慢，但菌傘生長狀況較好，可以長得比較大朵。但 20°C 以下培養，則生長非常慢。

(三) 各種扭蛋菇栽培建議條件統整 (表五)

	秀珍菇	藍寶石菇	白雪菇	珊瑚菇
照片				
填裝蛋殼	7.5 cm	7.5 cm	7.5 cm	7.5 cm
填裝木屑	150 g	150 g	150 g	150 g
加水	8 c.c.	8 c.c.	8 c.c.	8 c.c.
走菌時間	3 天	2-3 天	3 天	3-4 天
走菌溫度	24°C	24°C	24°C	24°C
發菇刺激	冷熱溫差 3 天 電擊、綑綁、冰凍 半顆、泡水半顆	不用	不用	不用
培養溫度	24°C	18~20°C 建議 20°C 比較快	18~20°C，建議 18°C 越冷越潔白	24-28°C
發菇特性	菇蕾群聚	菇蕾簇生	菇蕾獨生~群聚	原基分散
濕度要求	可以很濕 可輕蓋保鮮膜保濕 但不能滴到水	可以很濕 可輕蓋保鮮膜保濕 也不能滴到水	可以很濕 可輕蓋保鮮膜保濕 也不能滴到水	不能太濕
培養天數	菇蕾出現再過 2-3 天採收，第 3 天會 略捲	菇蕾長到 1cm 後再 過 3 天採收	菇蕾長到 1cm 後再 過 3-4 天採收	菇蕾出現後約 2 天 採收，蕈傘張到 3cm 隔天一定萎縮
注意事項	發菇初期不要摸， 會黃化爛掉， 很怕乾	發菇初期不要摸， 會黃化爛掉， 很怕乾	冷一點很好種，甚 至可以在冰箱中發 菇	不要濕到滴水，會 爛掉，太乾則會停 止生長

## 陸、 討論

### 一、 為什麼要「微型化」菇類栽培實驗

我們常食用的菇類屬於真菌界的生物，雖然與動物、植物同屬於高等生物，但卻相當不同，真菌為異營生物，不行光合作用或攝食，除了酵母菌以外，其他真菌都有菌絲，菌絲分泌酵素到體外分解有機物質後吸收生長。菇類菌絲吸收足夠的養分後等生理成熟會產生生殖器官（子實體），蕈褶上的菌絲會產生孢子；真菌不像動物、植物是明確的一個一個個體，菌絲像是群體一般，但又能彼此聯絡在適當時間發菇，此機制尚不明朗，令我們產生興趣。

一般食用菇的栽培是用段木，或太空包木屑植入雙核菌絲培養，當菌絲走滿整個太空包或段木後，便能開始準備發菇；但這個階段實在非常久，段木栽培以香菇來說需要半年走菌，而一個 1.2~1.5 公斤的秀珍菇太空包也需要 45 天走菌（李瑋崧，2009），我們閱讀一些前人研究發現，許多研究都使用太空包切割的方式進行實驗操作，例如：菇 Go！非「光」不可、菇 Go！背地一「站」，我們也曾試過這個方法，但切割位置會影響產量及發菇位置，雖然我們發現秀珍菇的太空包木屑越大，產量越多，但切割位置會影響接觸空氣面積，斷面傷口面積，裂縫等，再影響產量。**如何讓走菌、發菇標準、微型化是我們想要克服的難題。**

首先，我們想讓菇類培養是一個「球體」的方式，解決斷面發菇狀況不一的情形，我們想到將其填裝於扭蛋玩具產生的廢棄物—「扭蛋殼」中，使木屑呈現圓形，縮小、且具有商品價值，再控制它的發菇作為標準化實驗，這可適用於研究真菌時，不必買一整包太空包並增加樣本數，也可以**給大眾當療癒系盆栽、學習真菌相關知識、吃到健康有機的菇菇。**



圖十、療癒系菇菇小盆栽

## 二、 扭蛋菇標準流程的設計

我們一開始不知道要用什麼大小的扭蛋殼來製作，用了直徑 3.2 公分、5 公分、7.5 公分和 10 公分的不同大小來製作，發現太大的扭蛋菇需要很長的時間來走菌，而太小可能會因細菌感染而讓菌絲長不大甚至死亡，所以我們決定用大小剛好的 7.5 公分扭蛋殼來製作，為了避免細菌感染扭蛋菇，我們也開始學習使用無菌操作台進行填裝工作。

雖然找到適合的大小，但是我們又遇到了另一個問題，要以多重的重量才能讓扭蛋菇長得最好、且產量較大？多次實驗發現，密度太高，會讓走菌時間增加，而太輕的扭蛋菇會因養分較少而降低菇的產量，最後我們選擇 7.5 公分直徑的扭蛋殼和 150 克重木屑填裝，此密度恰巧與市售太空包密度接近，應該是廠商亦做過相關測試；填裝時我們也添加 8 c.c. 的水，方便黏合木屑、供菌絲走菌，也盡量不影響木屑濕度，因有研究指出，木屑濕度宜在 60~70% 間，走菌溫度宜 24~26°C，才不影響走菌（李瑋崧，2009）。

文獻指出，溫度刺激也是許多具形成子實體能力之真菌由菌絲體生長轉變為子實體生長最重要之環境因子，例如：木腐真菌具嗜溫性，可在 0~45°C 範圍內生長，但最適溫度通常為 20~30°C（莊老達等，2012）。本實驗將秀珍菇扭蛋菇放置在 18、20、24、28、30°C 培養，發現在 24°C 發菇率最高，產量亦最多，28°C 以上生長遲緩。此結果與李瑋崧（2009）指出一秀珍菇發菇時室內溫度不宜超過 28°C 吻合。

## 三、 為何菇類實驗產量標準差極大？

這部份我們有請教了真菌學的教授，她說因為真菌的生長本身就有很多的不確定性，有時菇蕾數多但長的小，有時菇蕾數少但長的大，而肉眼也很難分辨菌絲的覆蓋率與分解情形、健康狀況等，加上我們使用已走完菌的太空包分割填裝，在太空包中菌絲的分布與利用率是不平均的，正因如此，將菇類的培養微型化大量提高樣本數才有意義。

## 四、 菇類的邊緣效應

我們從一部 YouTube 影片看到有日本人使用電擊的方式來提高產量和發菇率，於是我們想看看當菇類遇到逆境時，會不會真的產生邊緣效應而大量繁殖提升發菇率與產量。我們查

詢資料發現，所謂的邊緣效應 (edge effect) 意思是指當生長受到物理性或化學性阻礙而停頓時，生殖器官就會出現趕緊進行生殖（解讀真菌的形態與發育，2021），而菇類子實體的生長，也大多要受到一些「騷擾」才致出現。

莊老達等（2012）指出，刺激平菇誘導發菇的方法有：溫度刺激法、乾溼刺激法、曝光刺激法、騷菌刺激法、覆土刺激法、石灰刺激法等。李欣樺等（2008）也指出，可以降溫、機械處理、改變光質等方式誘生阿魏菇原基。因此我們也以秀珍菇扭蛋菇來進行各種物理刺激，我們嘗試過全黑暗、電擊、加壓綑綁、火燒、泡水、烘烤、溫差處理等實驗來「騷擾」它，發現**冷熱溫差多次、電擊、綑綁可提高發菇率，推測裂縫或小開口處容易誘生菇蕾，正是此騷擾易引致子實體的出現；但我們也發現，即使發菇受到誘導，產量卻無顯著差別，推測影響產量的關鍵，仍是木屑的養分。**而火燒的傷害不宜太大，否則發菇率也會降低，泡水後的扭蛋菇常常發霉，烘烤無論烘半顆或整顆，發菇率都下降，冰凍 30 分鐘處理半顆的發菇率提高，但冰整顆下降，而冷凍 24 小時，菌絲都被凍死，無法發菇。

我們也發現，黑暗環境就算發菇，也常常長不大，秀珍菇常長成蕈柄很長、蕈傘很薄的畸形菇。我們知道，光照是自然界中重要的能量來源及訊息載體，對植物行光合作用很重要，對真菌來說卻是作為重要的訊息載體。而我們的實驗中發現，黑暗中菇蕾更多，且大多朝上生長，因此我們推測它具有背地性。

## 五、 其他扭蛋菇的實驗設計

我們依照秀珍扭蛋菇的方法，對藍寶石菇、白雪菇、珊瑚菇進行培養，發現它們在 24℃ 的發菇率不高，便開始改變溫度培養，利用隔水加熱的方式改變溫度，最後統整出：秀珍菇適溫範圍最廣，24℃ 發菇率近 80%。藍寶石菇和白雪菇是喜歡較低溫（大約 18~20℃），而珊瑚菇喜歡高溫（大約 28℃），但蕈傘長太快、皺縮也很快，建議降回 24℃ 培養。

我們實驗所選擇的秀珍菇、藍寶石菇、白雪菇、珊瑚菇，以及大家熟知的杏鮑菇、蠔菇等，都是屬於側耳屬（*Pleurotus*；或叫蠔菇屬）的菌種，本屬包含廣泛的食用菇類，因為方



便栽培所以很常見，是農民最常種植的菇類。我們也試過同屬的桃紅側耳（*Pleurotus salmoneostramineus*）發現可以成功種出扭蛋菇，但經常未走菌完成就發菇；我們也將柳松菇（*Agrocybe cylindracea*；田頭菇屬）以本實驗的扭蛋菇的方式下培養，卻發現不像側耳好養，發菇時間都超過一週，走菌時間也更久，發菇率也低，我們推測，不同菇種有不同的栽培條件，這也是我們未來可繼續挑戰的目標。



圖十一、本扭蛋菇栽培方式也可以栽培桃紅側耳；但柳松菇以本栽培方式，放置一週發菇率低（25%），仍待開發

關於我們開發的扭蛋菇的經濟效益，大家可能會問「產量呢？是否與太空包相同呢？」我們一般使用一整個太空包來進行填裝，大約可填 8 顆（約 1.4 kg），而一顆秀珍菇扭蛋菇產量約 20.94g 所以 8 顆總產量約是  $20.94 \times 8 = 167.52g$  會比一整個的 197.5g 還要少，推測，可能是因為我們將其切碎填裝置扭蛋中，它在修復受損菌絲時需耗費能量，產量因此而下降。

表六、各種培養方式的比較：我們比較了以下幾種栽培方法，進行了分析比較：

方法	整個太空包	切割後的太空包	玻璃瓶裝	用小塑膠袋裝	<b>扭蛋菇</b>
優點	產量大，大小均一可統一植菌	較小易收藏 切三到五段可增加樣本數	整齊、可增加樣本數、玻璃瓶可重複使用	較小，走菌時間也短；可增加樣本數	球狀、可增加樣本數、使用廢棄扭蛋殼、可作為教學使用、作為觀賞盆栽
缺點	太空包體積大不容易收藏管理，樣本數受限於栽培空間	子實體可能長在頂端、側面或斷面，不同位置發菇會影響產量。	在玻璃瓶裡走菌不能通氣，且子實體未必朝開口生長，若發菇時長在側面，則長不出的菇蕾徒耗能量	填裝時容易受污染，且形狀不規則、發菇位置也不穩定	填裝時有污染可能，但若填裝走菌完的木屑，因已有優勢菌種菌絲，污染較重新走菌輕微

我們也訂下未來目標：

- 一、 **開發更多種類扭蛋菇的栽培條件；**
- 二、 **設計化學刺激觀察出菇表現**

## 柒、 結論

- 一、為了使菇類培養微型化，我們一開始把秀珍菇太空包切成不同的大小，我們發現太空包越大產量越多、瓣數越多。
- 二、不同切割位置會影響發菇位置，不同發菇位置也可能影響產量，我們還做了撞碎太空包的實驗，發現等待約 2 週後待修復完成可以發菇，所以我們開始製作「扭蛋菇」微型化出菇實驗。
- 三、我們將秀珍菇太空包木屑填充進扭蛋殼中，發現通氣的走菌時間比未通氣快。
- 四、以不同大小的扭蛋殼培養扭蛋菇，發現大的扭蛋殼（直徑 10 公分），走菌時間要較久，但產量也大，小的扭蛋菇（直徑 3.2 公分）容易汙染及走菌不完、且產量低，所以我們最後採用 7.5 公分的扭蛋殼作為對照組。
- 五、以不同密度填裝 7.5 公分的扭蛋殼，發現填裝太緊（160 克）或太鬆（120 克）產量都低，我們選擇 150 克的填裝作為對照組，平均一個太空包可填裝 8 顆扭蛋菇，增加後續實驗的樣本數（每個實驗重複 6~20 次）。
- 六、秀珍扭蛋菇在不同溫度的發菇率及產量，都以 24°C 最高。且光線會影響發育與產量，無光時菇蕾更多且大多長在上方，且蕈傘經常畸形。
- 七、我們對秀珍菇扭蛋菇進行各種刺激，例如火燒、加壓、電擊、冰凍等，實驗後發現，火燒整顆、泡水、烘烤會使發菇率下降，可能是對菌絲傷害太大；而加壓、電擊、冰凍半顆可以刺激發菇，冷凍一天菌絲死亡無法發菇。
- 八、我們發現秀珍扭蛋菇走菌完如果不先冰冰箱，發菇率僅 40%，冷熱溫差 3 個週期，發菇率達 100%，證實秀珍扭蛋菇的發菇可以用溫差刺激發生。之前若遲遲未發菇的扭蛋菇再多冰幾次，也都可以刺激發菇。

表七、特殊處理的秀珍菇扭蛋菇發現整理

處理方法		全暗	電擊	火燒	烘烤	淹水	冰凍	加壓 (網綁)	溫差
發菇率	半顆		提升	無明顯 改變	下降	下降	30 分鐘提升		
	全顆	無明顯 改變	提升	燒全顆 下降	下降	下降 易發霉	30 分鐘下降	提升	隨次數 提升
產量		下降	不變	下降	下降	下降	不變 (冷凍 1 天死亡)	不變	不變

- 九、我們嘗試製作藍寶石菇、白雪菇、珊瑚菇扭蛋菇，發現藍寶石菇和白雪菇需要溫度最低，18~20°C 一週內發菇率 100%，24°C 發菇率 60~70%，28-30°C 不發菇
- 十、我們嘗試製作珊瑚菇扭蛋菇，發現 28 度時發菇率達到 100%，而 20°C 以下時不發菇，代表這是耐高溫的菌種，但溫度高也長得快，容易皺縮，移到低溫培養品質較佳。

## 捌、參考文獻

1. 李欣樺、洪進雄、薛智升、甘祥佑、謝易薨 (2008)。低溫及 LED 光質處理對阿魏菇 (*Pleurotus eryngii* var. *ferulae*) 原基誘導之影響。Fung. Sci. 23(1-4)1-10。
2. 李瑋崧 (2009)。秀珍菇環控栽培技術要點簡介。農業試驗所期刊技術服務 80: 4-7。
3. 黃釧雲、紀繁翔、張鴻文、陳洛藜 (2011)。「啡」長「菇」得~Very Good。第 51 屆中小學科學展覽會國中組生物科作品。
4. 莊老達、謝慶昌、林慧玲 (2012)。溫度對杏鮑菇子實體發育的影響。興大園藝。37 (1) 31-44。
5. 吳芯妍、金湘雲 (2014)。菇 Go! 非「光」不可。第 54 屆中小學科學展覽會國中組生物科作品。
6. 簡毓達、林佩霖、黃涵唯 (2015)。低溫冷藏處理對菇類子實體生長發育的影響。第 55 屆高職組農業及生物科技科
7. 陳柏熙、陳柏詠 (2018)。菇 Go! 背地一「站」。第 58 屆中小學科學展覽會國中組生物科作品。
8. 【網蒐大視界】20171008 | 三立新聞台，2021  
<https://www.youtube.com/watch?v=fcFM2vk6NiA>
9. Mushroom Life Cycle (菇類生活史)，2021  
<https://smallfarms.cornell.edu/projects/mushrooms/specialty-mushroom-cultivation/mycology-101-2/>
10. Siu-Wai Chiu & David Moore。解讀真菌的形態與發育，2021。  
<http://www.davidmoore.org.uk/Assets/Deciphering%20Fungal%20Morphogenesis/chapters/chapter4.html>

## 【評語】 030311

利用扭蛋的包裝殼將菇類培養「微型化」，有系統地收集數據及運用統計方法，找出最佳培養方式及生長條件後，再進行不同變因處理，分析不同逆境條件下的影響，期能增加產量與加速發菇之表現。文獻探討分析十分用心，從整個研究過程可體會出學生勇於挑戰的精神，值得鼓勵。然若以大規模量產化來考量，扭蛋填裝栽培菇類的競爭力可能無法超越傳統的太空包方式，故是否具有實用性值得商榷，但扭蛋外型可愛，在禮品市場應有競爭力。

### 建議事項：

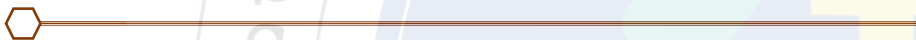
1. 建議加入各項逆境選擇的背後動機與意義。
2. 部分實驗似乎是一次實驗結果，宜增加試驗次數，並善用生物統計分析，比較數據間的差異，以建立更嚴謹的實驗方法。
3. 加壓(網綁)逆境處理上，以細繩網綁其加壓面積有限，菇蕾會從隙縫處長出。或許作者可考慮將扭蛋菇置入密閉式加壓處理槽(類似木材防腐處理)，可有效控制壓力與時間。

## 作品簡報





國中組 生物科



菇菇「蛋」自強—  
微型化菇類子實體培養實驗，  
探討不同逆境條件下的出菇表現



# 前言—研究問題與前人研究

- 傳統太空包、段木栽培：走菌太久、體積過大、發菇位置不穩定
- 我們希望：開發一套小巧、簡易的流程，將困難的菇類培養「微型化」，作為標準化實驗，探討菇類的生理特性、教學使用、或作為療癒系的商品。
- 希望探討菇類遇到各種逆境（電擊、火燒、冰凍、泡水、加壓等）的變化，期望找到加速發菇或增加產量的方法。

第51屆「啡」長「菇」得  
~Very Good



第54屆 菇Go!非「光」不可



第55屆 低溫冷藏處理  
對菇類子實體生長發育的影響

第58屆 菇Go!背地一「站」



真菌相關  
前人研究

第61屆 本研究

菇類培養微型化  
改變培養條件  
觀察出菇表現



# 研究目的與架構

## 1. 開發新方法將菇類培養微型化

## 2. 探討逆境對出菇表現的影響

前人培養方式	優缺點
整個太空包	產量大、體積均一 但體積大、走菌久
切割太空包	增加樣本數 但發菇位置不確定
用其他容器像小塑膠袋走菌	增加樣本數 但易汙染，形狀不規則、 發菇位置不穩定
用玻璃瓶走菌	增加樣本數 但走菌不能接觸空氣 子實體未必朝開口生長



秀珍菇



藍寶石菇



白雪菇



珊瑚菇



桃紅側耳 (測試)



柳松菇 (測試)

菇類子實體培養「微型化」實驗設計

觀察太空包木屑切割  
是否影響發菇

將太空包切割成不同大小

將太空包撞碎

將太空包木屑填裝進扭蛋殼，找出最佳填充條件  
我們將此微型化實驗名為  
**「扭蛋菇」**

改變扭蛋殼大小

改變填充密度

觀察通氣與否的影響

觀察環境條件  
對發菇的影響

溫度、光線、溫差處理

物理傷害 (電擊、火燒、  
黑暗、泡水、烘烤、加壓)

歸納出「秀珍菇·扭蛋菇」的  
培養出菇條件



開發秀珍菇以外其他的  
食用菌扭蛋菇

藍寶石菇·扭蛋菇

白雪菇·扭蛋菇

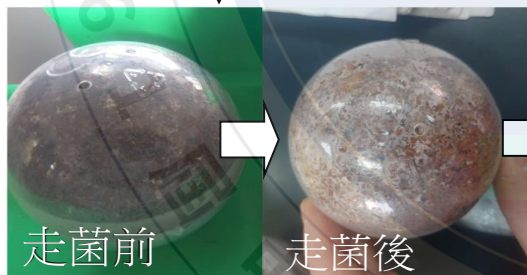
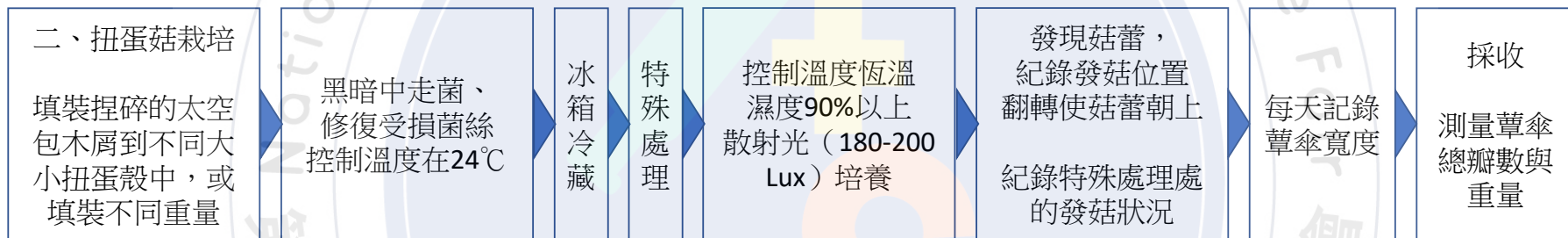
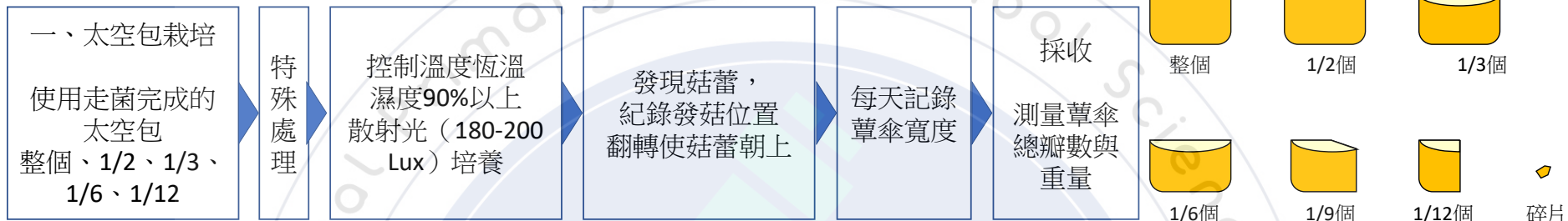
珊瑚菇·扭蛋菇

以秀珍菇進行實驗

以各種菇進行實驗



# 研究方法—培養方式



冰箱冷藏2週  
使菌絲休養  
並刺激發菇

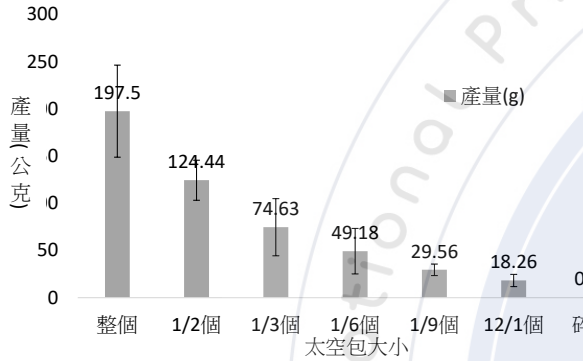
特殊處理  
環境控制培養  
進入發菇階段



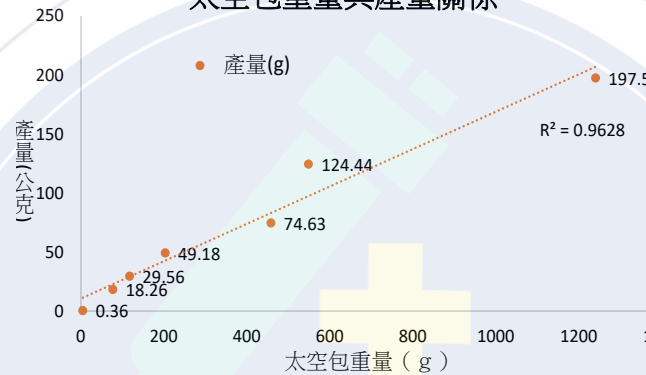
特殊處理方法	亮 / 暗	電擊	火燒	烘烤	泡水	冰凍	加壓(網綁)	溫差
處理半顆	X	O	O	O	O	O	X	X
處理整顆	O	O	O	O	O	O	O	O
附註 / 額外處理						冰凍24 hr		未冰處理 1~3週期

# 研究結果—切割太空包培養秀珍菇

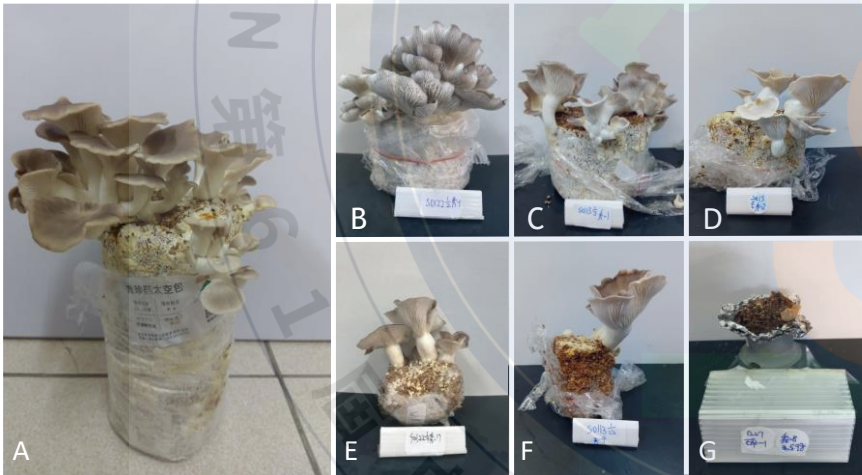
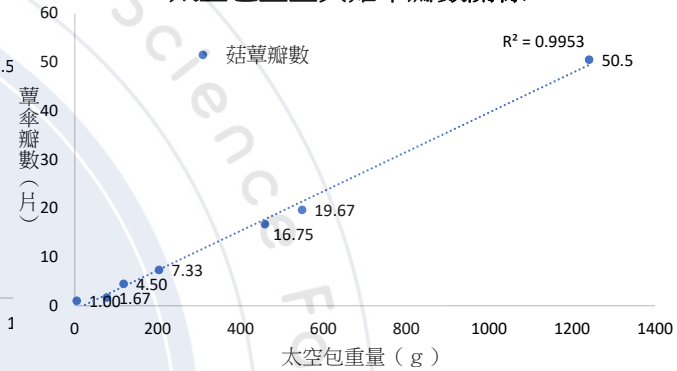
太空包切割與產量關係



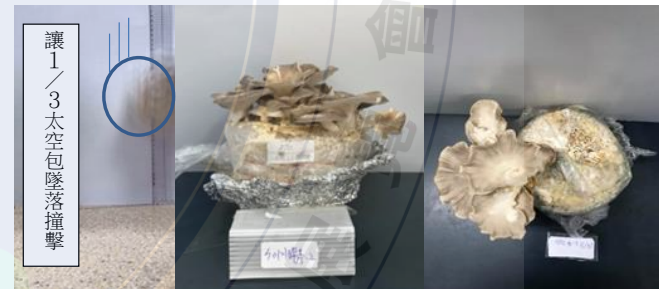
太空包重量與產量關係



太空包重量與菇蕈瓣數關係



- A 整個
- B 2分之1
- C 3分之1
- D 6分之1
- E 9分之1
- F 12分之1
- G 碎片



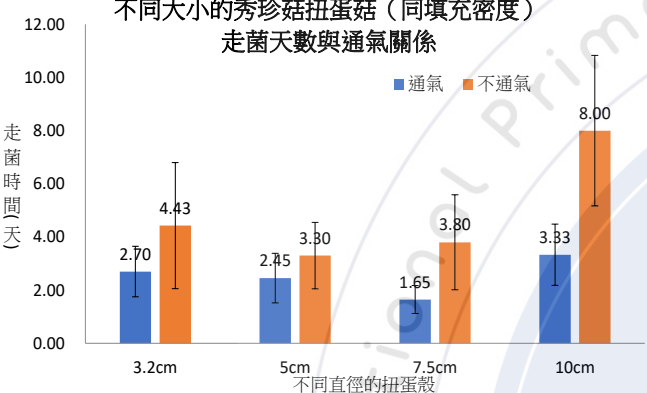
發現

1. 切割的太空包，即使是碎片，只要生理成熟都可發菇
2. 太空包越大（越重），產量越高、瓣數也越多
3. 撞碎的太空包經過修補仍可發菇，這使我們產生發展微型化扭蛋菇的想法

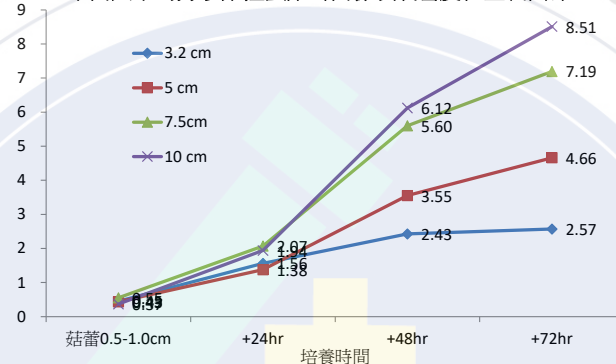


# 研究結果—不同大小及填充密度的秀珍菇扭蛋菇

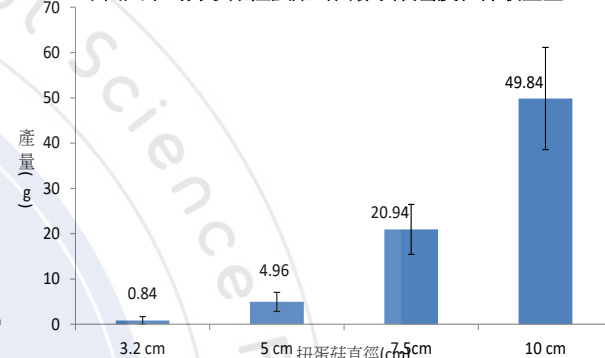
不同大小的秀珍菇扭蛋菇（同填充密度）  
走菌天數與通氣關係



不同大小的秀珍菇扭蛋菇（同樣填裝密度）生長曲線



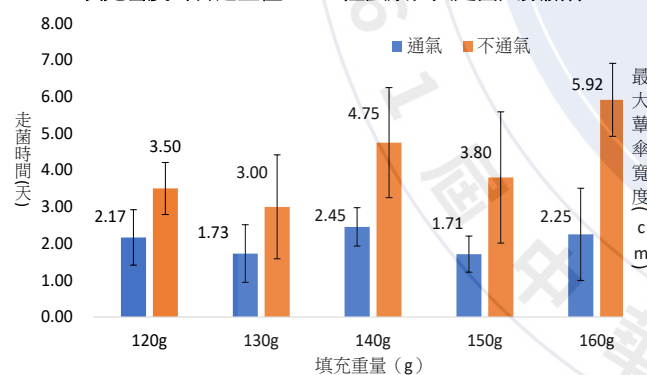
不同大小的秀珍菇扭蛋菇（同樣填裝密度）採收重量



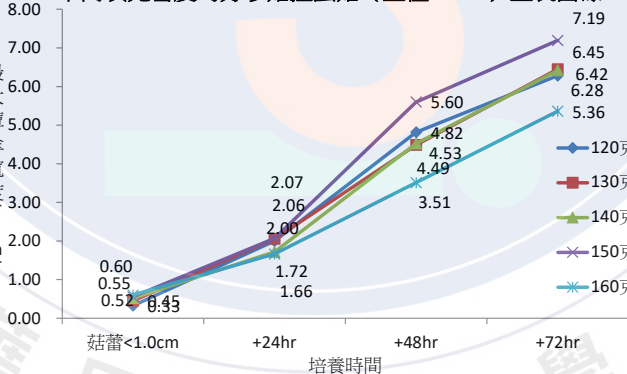
## 發現

1. 「扭蛋菇」越大，走菌越久，通氣可使走菌加快
2. 「扭蛋菇」越大長得越快、產量也更高

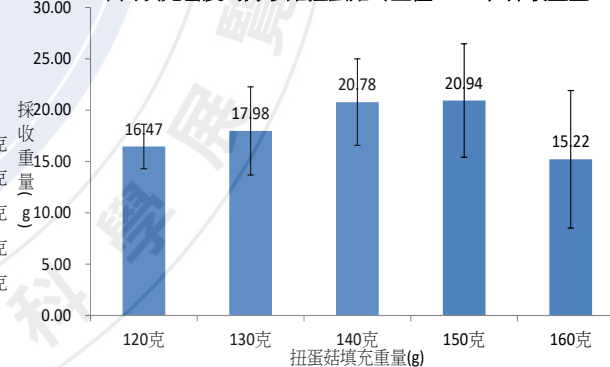
填充密度（皆選直徑7.5cm扭蛋殼）與走菌天數關係



不同填充密度的秀珍菇扭蛋菇（直徑7.5cm）生長曲線



不同填充密度的秀珍菇扭蛋菇（直徑7.5cm）採收重量



## 發現

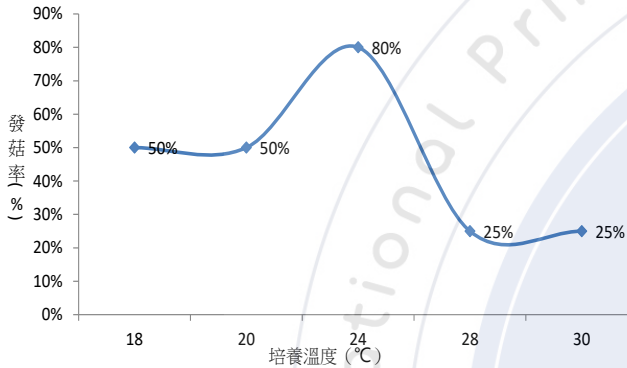
「扭蛋菇」填裝太緊走菌越慢，太緊或太鬆產量都比較低

# 研究結果—溫度與光線對秀珍菇扭蛋菇的影響

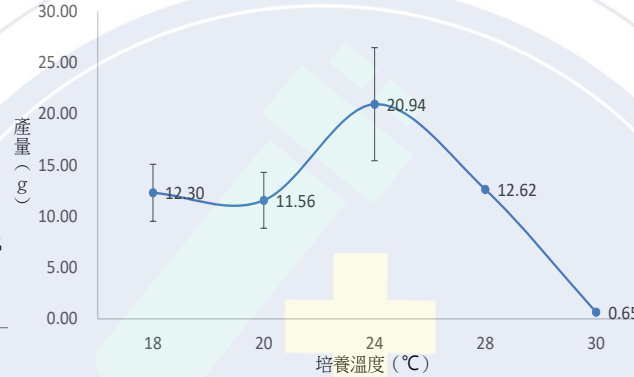
秀珍菇 扭蛋菇 栽培條件：

1. 用7.5 cm直徑扭蛋殼，填裝150 g 秀珍菇太空包木屑，通氣，24 °C 黑暗走菌3天，修復完畢放4 °C 冰箱冷藏兩週。
2. 冰箱取出，打開蛋殼，保鮮膜撕開輕鋪，恆溫、散射光 ( < 200 Lux ) 培養。
3. 觀察7日內發菇率、紀錄菇蕾生成位置、生長狀況、產量、瓣數等。

秀珍菇扭蛋菇在不同溫度下的發菇率



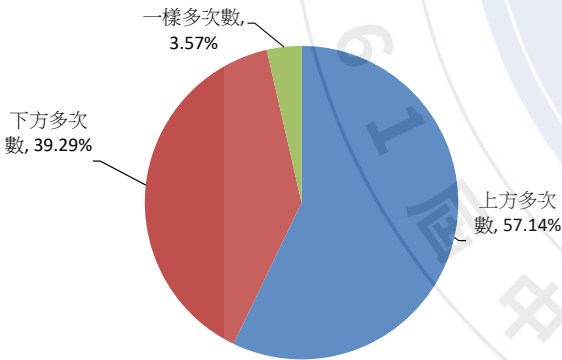
秀珍菇扭蛋菇在不同溫度下的產量



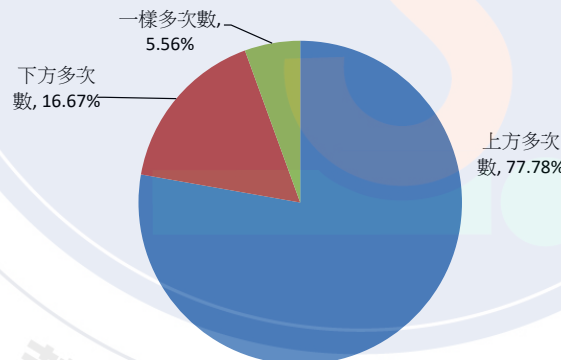
發現

秀珍菇在24°C時，無論是發菇率或產量都是最高的

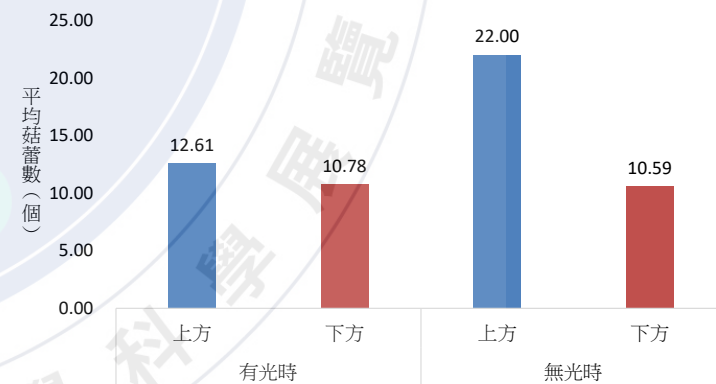
有光時，秀珍菇扭蛋菇上下側菇蕾數量比較



無光時，秀珍菇扭蛋菇上下側菇蕾數量比較



有無光線時秀珍菇扭蛋菇上下側平均菇蕾數



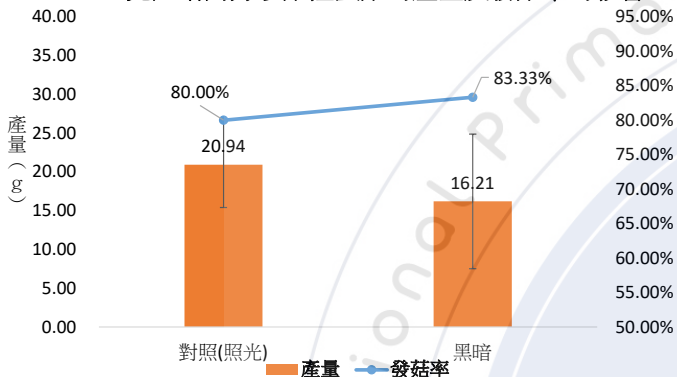
發現

1. 不管是有光或無光，菇蕾大多長在上方。
2. 但無光時，菇蕾上方較多的狀況，更加顯著，且菇蕾更多

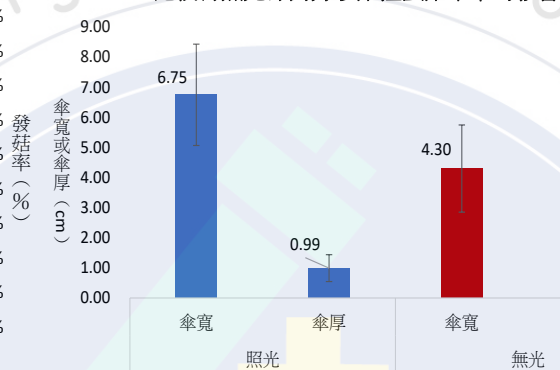


# 研究結果—光線、電擊、火燒對秀珍菇扭蛋菇的影響

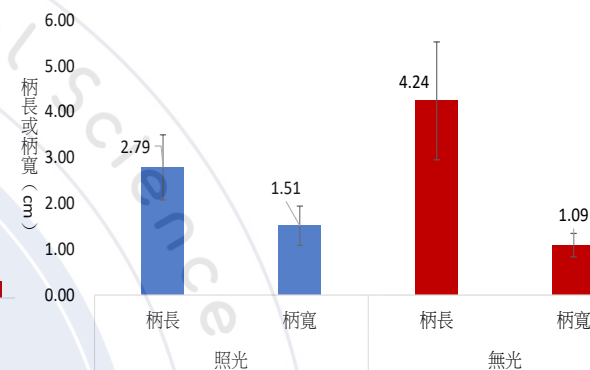
亮/暗對秀珍菇扭蛋菇的產量及發菇率的影響



比較有無光線對秀珍菇扭蛋菇菌傘的影響



比較有無光線對秀珍菇扭蛋菇菌柄的影響



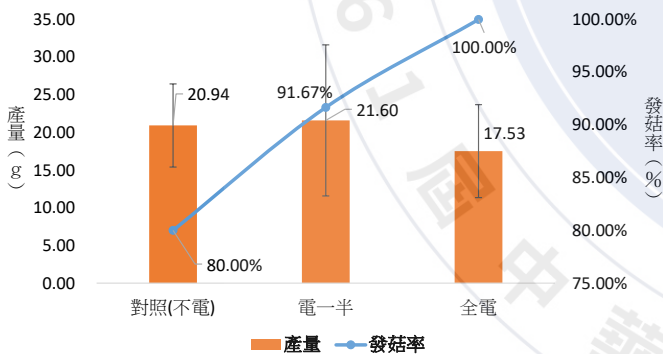
發現

1. 黑暗培養發菇率變化不大，但產量下降；2. 黑暗培養的菌傘，常畸形，柄細長，菌傘白、薄、易捲曲、發育不良、產量低。



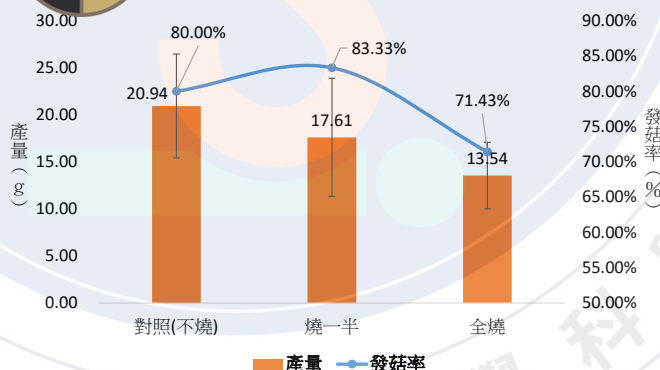
電擊側略多

電擊秀珍菇扭蛋菇的產量及發菇率



火燒側較少

火燒秀珍菇扭蛋菇的產量及發菇率

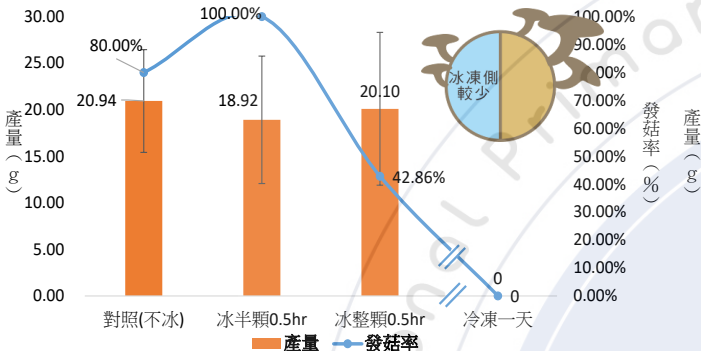


發現

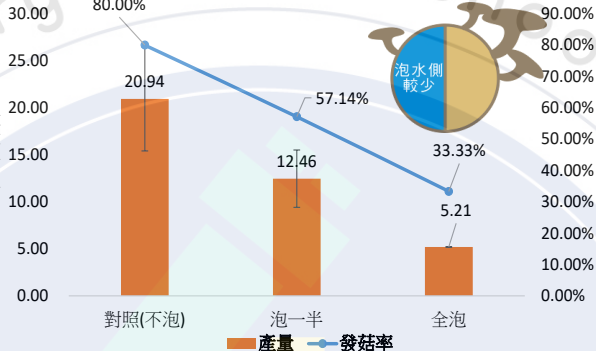
1. 電擊可以提高發菇率，但產量沒有明顯的提高；電擊測菇蕾多。  
2. 火燒會降低產量，燒的部分越多產量越低；火燒測菇蕾少。

# 研究結果— 冰凍、泡水、烘烤、加壓 對 秀珍菇扭蛋菇的影響

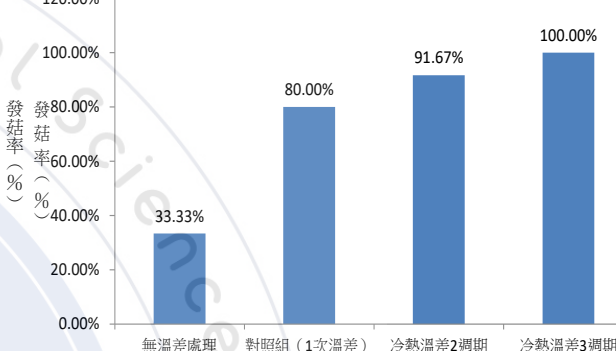
### 冰凍秀珍菇扭蛋菇的產量及發菇率



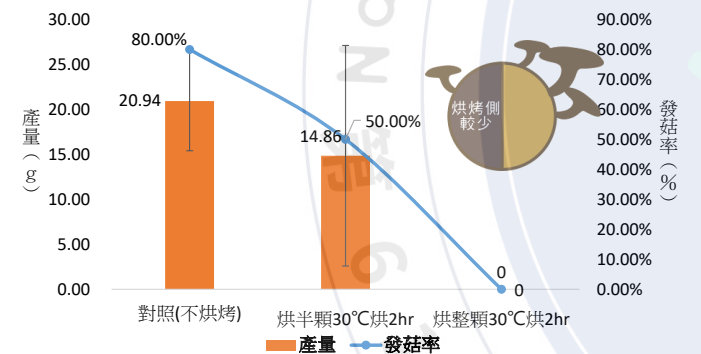
### 泡水秀珍菇扭蛋菇的產量及發菇率



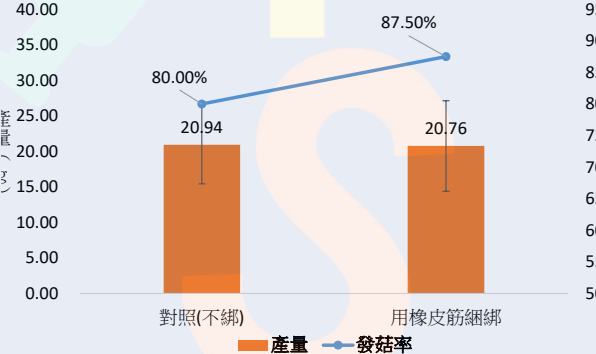
### 溫差處理對秀珍菇扭蛋菇發菇率的影響



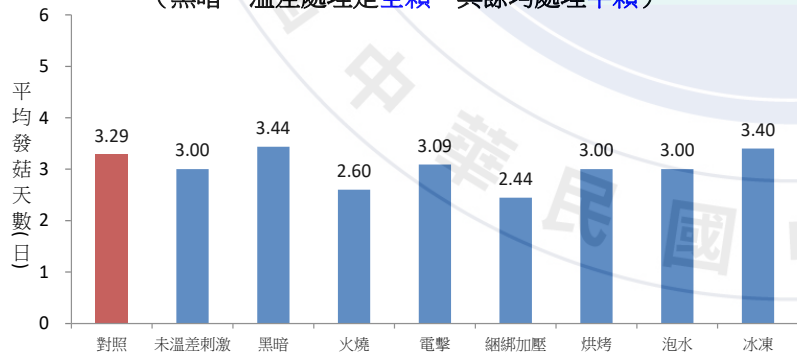
### 烘烤秀珍菇扭蛋菇的產量及發菇率



### 加壓(網綁)對秀珍菇扭蛋菇的產量及發菇率的影響



### 特殊處理對發菇天數(一週內)的影響 (黑暗、溫差處理是全顆,其餘均處理半顆)

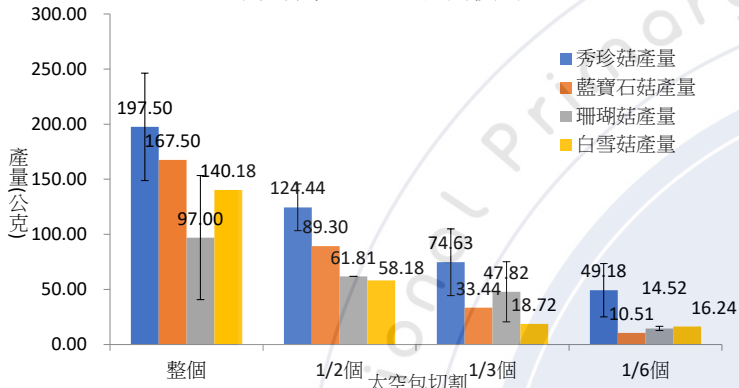


處理方法	發菇率		產量
	半顆	全顆	
全暗		無明顯改變	下降
電擊	提升	提升	不變
火燒	無明顯改變	燒全顆下降	下降
烘烤	下降	下降	下降
泡水	下降	下降 易發霉	下降
冰凍	冰30分鐘 提升	冰30分鐘 下降	不變
		冷凍1天 死亡	0
加壓(網綁)		提升	不變
溫差		隨次數提升	不變

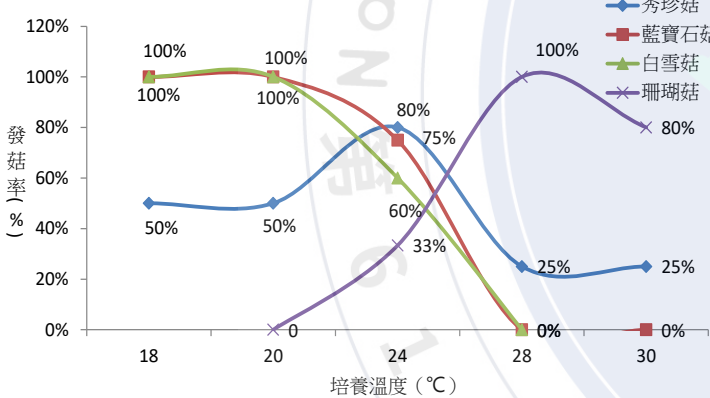


# 研究結果—其他菇種的培養及扭蛋菇開發

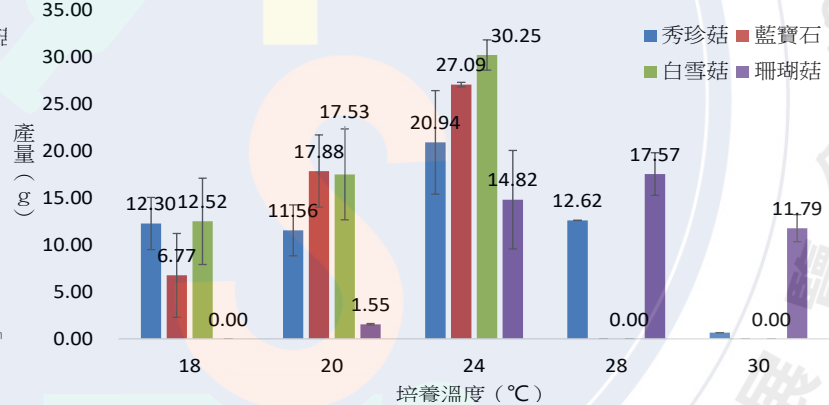
不同菇種太空包切割後的產量



四種不同扭蛋菇在不同溫度下一週內的發菇率



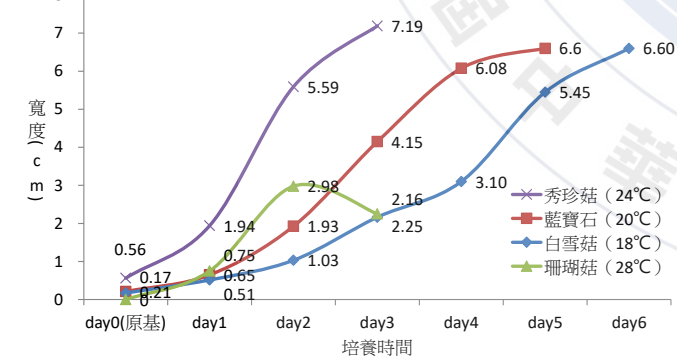
四種不同扭蛋菇在不同溫度下的產量



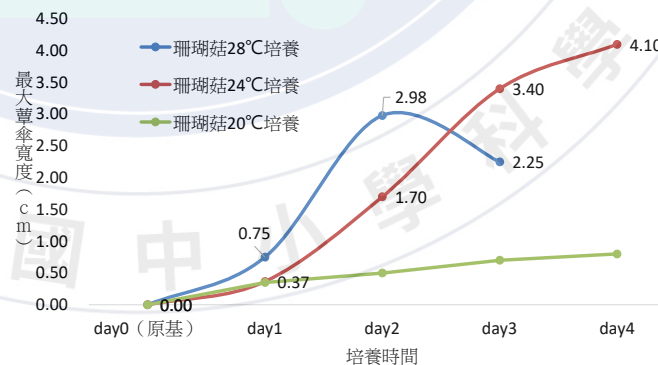
## 發現

1. 藍寶石菇、白雪菇耐低溫；珊瑚菇則是嗜高溫，但在24°C時產量最高。

四種不同扭蛋菇在最佳發菇溫度下的生長曲線



珊瑚菇扭蛋菇以不同溫度培養的生長曲線



2. 珊瑚菇高溫培養生長快、易捲縮，建議發菇後降回24°C培養。



# 研究結果的解釋

- 木屑 ( 基質 ) 越多，產量越高；微型化實驗**扭蛋菇：小巧、標準化，可作教學、實驗、療癒系盆栽**
- 文獻指出：阿魏菇 ( 亦是 *Pleurotus* 屬 ) 的原基產生與溫差、機械處理、光質有關 ( 李欣樺等，2008 )。亦有報導指出，真菌類無須光作為能量源，但具有藍光接收器中的發色團 ( 吳芯妍等，2014 )。我們發現，無光時秀珍菇會長成畸形菇，光照與溫度對秀珍菇的發育及產量很重要。
- 文獻指出：邊緣效應 ( edge effect ) 是指真菌有性生殖通常發生於菌絲長到培養基邊緣或遇到障礙物時，或受到物理性或化學性阻礙而停頓時，生殖器官就會出現 ( Chiu & Moore, 2021 )。當電擊、冰半顆、加壓、溫差處理秀珍菇扭蛋菇雖可以提高發菇率，但是似乎無法提高產量。我們認為，產量與基質重量、培養環境 ( 光、溫度 ) 有關，刺激可提高發菇率但無法提高產量。
- 本研究發現泡水、烘烤會降低秀珍菇扭蛋菇發菇率，文獻指出：秀珍菇基質含水量不宜超過70%或低於60%，否則菌絲生長受阻，且有水滴或水膜時，易引發細菌性病害，會導致斑點產生或菇體變黃 ( 李瑋崧，2009 )。而火燒整顆、冰凍24小時，對菌絲傷害太大，降低發菇率及產量。
- 本研究發現藍寶石菇、白雪菇、珊瑚菇可以藉由調整培養溫度刺激發菇，而同屬的桃紅側耳亦可使用本扭蛋菇方式栽培，但常沒走菌完就發菇；柳松菇要等比較久才會發菇。仍有探討的空間。



桃紅側耳



柳松菇

# 未來展望

1. 我們嘗試過許多物理性的逆境刺激，未來想將其更**精準化**。
2. 我們也希望將化學性的刺激（如**酸、鹼、鹽、有機化合物**）列入實驗中
3. 本實驗選擇的菇種著重於**側耳屬 ( *Pleurotus* )**，未來希望將扭蛋菇的栽培拓展至其他屬的菌種，開發更多種類的扭蛋菇。

# 參考文獻

1. Siu-Wai Chiu & David Moore。解讀真菌的形態與發育，真菌學教材網頁，2021。
2. 李欣樺、洪進雄、薛智升、甘祥佑、謝易薏（2008）。低溫及 LED 光質處理對阿魏菇 (*Pleurotus eryngii* var. *ferulae*) 原基誘導之影響。Fung. Sci. 23(1-4)1-10。
3. 李瑋崧（2009）。秀珍菇環控栽培技術要點簡介。農業試驗所期刊技術服務80: 4-7。
4. 黃釧雲、紀榮翔、張鴻文、陳洛藜（2011）。「啡」長「菇」得~ **Very Good**。第51屆中小學科學展覽會國中組生物科作品。
5. 吳芯妍、金湘雲（2014）。菇Go！非「光」不可。第54屆中小學科學展覽會國中組生物科作品。
6. 簡毓達、林佩霖、黃涵唯（2015）。低溫冷藏處理對菇類子實體生長發育的影響。第55屆高職組農業及生物科技科
7. 陳柏熙、陳柏詠（2018）。菇Go！背地一「站」。第58屆中小學科學展覽會國中組生物科作品。