

# 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 生物科

030306

擠『黴』弄『演』

—研究麵包黴菌間的競爭關係

學校名稱：嘉義縣立六嘉國民中學

作者： 國一 陳瑩珊 國一 康浚維	指導老師： 林子欽 王秀芬
-------------------------	---------------------

關鍵詞：黴菌、生態棲位、競爭排斥

## 壹、 摘要

麵包黴菌間的競爭排擠現象可能是造成不同種黴菌適合生長在不同溫度棲位的原因。研究三種黴菌互相競爭 72 小時後的結果發現，黴菌在競爭時生長面積及孢子數量都會比單獨生長時少。黑黴菌最具競爭優勢，其次是根黴菌，生長最差的是青黴菌。

現實生活中，已被命名的黴菌高達 20 多萬種，競爭的結果並非只有一種黴菌存在。麵包黴菌實驗發現孢子濃度及溫度是影響族群數量的主要因素。在相同孢子濃度下，同時植入根黴菌與青黴菌，在不同溫度下二者的生長分布會出現差異。溫度在 30°C 以上只有根黴菌生長，溫度在 20°C 時青黴菌具有優勢，在不同的溫度環境下黴菌生長的情形不同。利用環境溫度差異區隔生長，黴菌間的競爭演化出不同的生態棲位。

## 貳、研究動機

黴菌在自然界中可說是無所不在的，我們常常有機會看到黴菌的蹤影，發黴對人類而言是視覺上的心理障礙，事實上它只是隨大自然的生命死亡、分解、回歸土壤的一種過程。不同的黴菌適應不同的生態環境，有的喜食麵包，有的喜愛樹葉；有的發現於樹枝上，有的生長於樹根。但它們大多喜愛潮溼的環境，只要你知道它在生態中扮演的重要性，你就會想去保護它。它的物種多樣性，可以確保地球的永續生存。

生活中的環境並不容易見到黴菌，它們通常在過期的土司或腐爛的水果上出現，國中自然課中有黴菌相關的課程，為了能觀察與認識這些神秘生物，我們開始時使用土司培養黴菌，希望能進一步控制變因比較時我們使用家裡製作的培養基來操作。

## 參、研究目的

1. 研究發霉麵包上的黴菌優勢族群種類。
2. 黴菌在不同的競爭模式下對彼此生長的影響。
3. 研究黴菌的分泌物是否會影響另一種黴菌的生長。
4. 探討環境因子對黴菌生長的影響。

## 肆、研究材料與器材

一、實驗材料：培養基、青黴菌、黑黴菌、根黴菌

二、實驗器材：自行設計恆溫控制系統、相機、複式顯微鏡、電腦、防潮箱、紫外線滅菌機、水族箱、方格紙、日光燈、Pipette、溫濕度計、3M 除塵機、血球計數器、鍋子、無菌操作台、無菌過濾膜、電磁爐

三、培養基配置：

(一) 固體培養基成分及配置：

硝酸鈣	400mg/l	硫酸	0.5ml	氧化鈷	2.5mg/l
磷酸鎂	200mg/l	硫酸錳	3g	乙二胺四醋酸鈉	3.78mg/l
硝酸鉀	200mg/l	硫酸鋅	500mg/l	肌醇	100mg/l
洋菜粉	10000mg/l	硼酸	500mg/l	甘胺酸	1mg/l

鉬酸鈉	25mg/l	硫酸銅	2.5mg/l	菸鹼酸	400mg/l
硫酸銅	2.5mg/l	鉬酸鈉	25mg/l	維生素 B1	1mg/l
維生素 B2	5mg/l	香蕉	100g	椰子水	1500ml

- (1) 先裝一桶水（需要的量）將水煮滾
- (2) 將香蕉用果汁機打成泥倒入滾水中
- (3) 使用天秤秤取藥物（需要的量）與洋菜粉倒入滾水中
- (4) 等到水滾，將培養基倒入錐形瓶中（每瓶 100C.C.）
- (5) 放入高壓蒸汽滅菌器（當壓力 1.5 磅溫度 127 度）消毒 20 分鐘
- (6) 等壓力歸 0 即可拿出培養基

(二) 液體培養基成分及配置：

磷酸鎂	200 Mg/l	特製白砂糖	7.5 g/l
硝酸鉀	200 Mg/l	精緻二號砂糖	7.5 g/l
硝酸胺	400 Mg/l	香蕉	15g
氧化鉀	100 Mg/l	椰子水	200ml
肌醇	100 Mg/l	特製白砂糖	7.5 g/l
精緻二號砂糖	7.5 g/l		

- (1) 先用天秤秤取需要的藥物量
- (2) 將藥物倒入蒸餾水中
- (3) 再將香蕉打成泥，倒入蒸餾水中
- (4) 將液體培養基混和均勻，倒入錐形瓶中
- (5) 放入高壓蒸汽滅菌器（當壓力 1.5 磅溫度 127 度）消毒 20 分鐘
- (6) 等壓力歸 0 即可拿出培養基

## 伍、研究過程與方法

本研究開始於 2010 年 10 月至 2011 年 6 月，歷經收集與研讀相關文獻資料、擬訂實驗計畫與方法。並與老師討論可行的研究目標擬定實驗假說，經由師生的共同觀察與實驗室實驗後，彙整並經討論提出我們的實驗結果，實驗規劃如下圖 1。

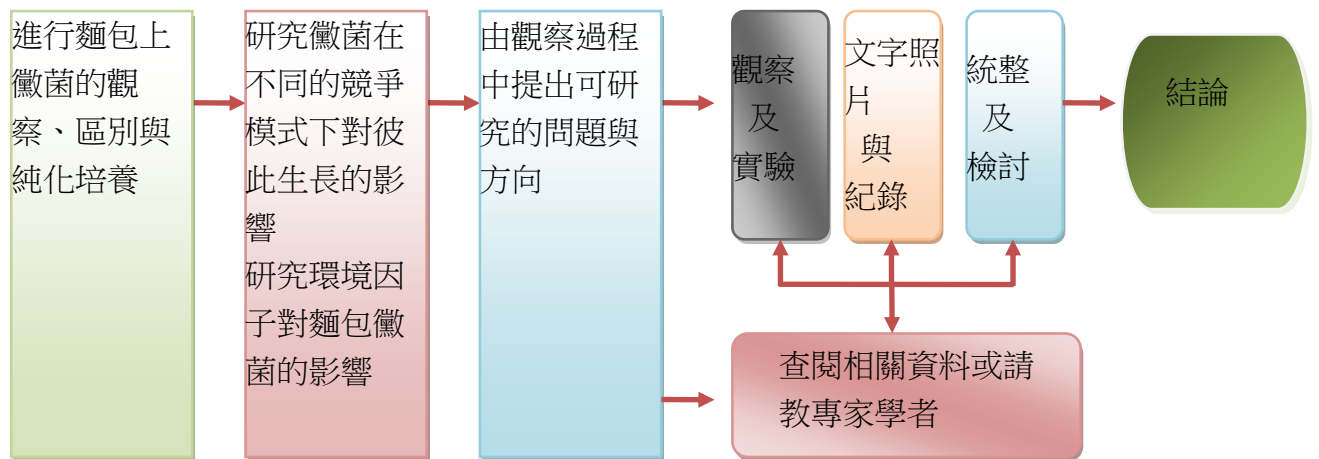


圖 1 實驗規劃與流程

### 一、研究發霉麵包上的黴菌優勢族群。

(一) 收集資料：首先我們收集資料以瞭解麵包上面生活的是什麼黴菌（許元勳、2002，廖若陞、2007，王也珍、1997）並進一步分離和純化培養。

(二) 發霉麵包上黴菌的分離和純化培養。

#### 1、黴菌的分離培養

先將玻棒用紫外線殺菌，然後將玻棒沾水並沾取發霉麵包上的單一種黴菌孢子，將孢子移植至自製培養基上，並放於 28℃ 恆溫水浴中培養 72 小時。

#### 2、黴菌的鑑定

利用玻片直接觀察：先在載玻片上滴一滴清水及亞甲藍液，用牙籤在黴菌菌落邊緣處（純化的培養基內）挑取少量已產生孢子的菌絲，先置於 50% 乙醇中洗去脫落的孢子，再放在載玻片上觀察記錄。

#### 3、純化黴菌菌落的配置

將在自然環境中發霉麵包上的黴菌分離後，選取 28℃ 恆溫水浴中培

養 72 小時的菌落，用 30ml 滅菌的蒸餾水將黴菌孢子（黑黴菌、根黴菌與青黴菌）分別沖下，以四層無菌紗布過濾後，在複式顯微鏡下計算孢子數目配成  $1 \times 10^6$  個/ml 的純化孢子懸浮液（圖 2）。

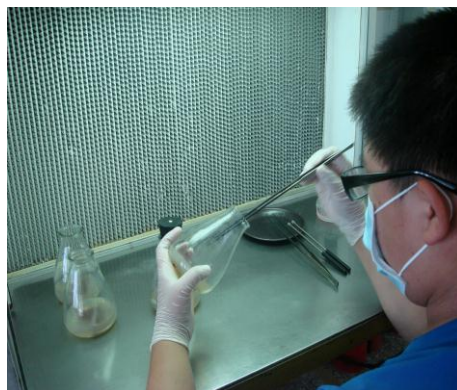
### 3.1 純化黴菌簡要流程



A 圖



B 圖



C 圖



D 圖



E 圖

圖 2 純化黴菌簡要流程 A 圖用 75% 的酒精與殺菌過的布將無菌操作台全部擦一次；B 圖用火將植菌時須用到的器具消毒；C 圖用消毒後長夾取出黴菌孢子植入無菌培養基內；D 圖同一黴菌接種 3 瓶（每植好一瓶就須馬上蓋上蓋子）；E 圖放入自製恆溫水浴環境中（25 度）培養 72 小時。

### 3.2 黴菌孢子懸浮液製備簡要流程



圖 3 黴菌孢子懸浮液製備簡要流程

將在自然環境中發霉麵包上的黴菌分離後，選取 28°C 恆溫水浴中培養 72 小時的菌落，用 30ml 滅菌的蒸餾水將黴菌孢子(黑黴菌與青黴菌)分別沖下，以四層無菌紗布過濾後，在複式顯微鏡下計算孢子數目配成  $1 \times 10^6$  個/ml 的純化孢子懸浮液(圖 3)。

### 3.3 不同濃度黴菌菌落的配置培養

將純化黴菌孢子懸浮液 ( $1 \times 10^6$  個/ml 孢子) 做  $10^{-1}$ 、 $10^{-2}$ 、 $10^{-3}$ 、 $10^{-4}$ 、 $10^{-5}$  的梯度稀釋，分別取  $10^0$  至  $10^{-5}$  組稀釋液 0.02ml 加入培養基中，放置於 28°C 恆溫水浴中，以 12L12D 進行光照培養 72 小時，觀察菌落生長情形(圖 4)。



圖 4 不同濃度黴菌菌落的配置培養

## 二、黴菌在不同的競爭模式下對彼此生長的影響。

### (一) 觀察：

已被命名的黴菌，種類高達 20 萬種以上，實驗一發現麵包上有三種優勢的黴菌族群，為何其他種類族群無法在麵包上生長？在麵包上的不同黴菌族群它們有何關係？

(二) 實驗假設：不同黴菌有不同的生活棲位，可以避免或減少互相競爭。孢子萌發需一個啟動因子，由實驗三的結果我們認為溫度是啟動因子。



### (三) 實驗設計：

#### 3.1 單一種黴菌生長曲線繪製

##### (1) 以接種環植菌：

A、取青黴菌、黑黴菌、根黴菌的稀釋液（濃度  $1 \times 10^2$ ）。

B、使用接種環沾取稀釋液，每種植入兩瓶培養基中。

##### (2) 固定濃度以滴管植菌：

A、取青黴菌、黑黴菌、根黴菌的稀釋液（濃度  $1 \times 10^2$ ）。

B、使用滴管取出 0.02ml，每種植入兩瓶培養基中。

再將培養瓶放入 25°C 的水浴中培養 72 小時，每隔 12 小時，以數位相機拍照紀錄，用面積百分比計算法進行照片分析，畫出面積百分比與時間之生長曲線。

#### 3.2 溫度對黴菌間競爭的影響

準備無菌的培養瓶 8 個，將根黴菌及青黴菌的純化黴菌孢子懸浮液（ $1 \times 10^6$  個/ml 孢子）的  $10^2$  稀釋液各 0.02ml 一起進行黴菌植菌，植菌後將培養基放置於自行設計的恆溫水浴環境（圖 7），將溫度的變因分為四組，依序為 20°C、25°C、30°C 及 34°C 組，每日於上午 7:30 分及下午 7:30 分拍照持續進行 72 小時，利用 image J 軟體測量黴菌菌落的大小，再利用 excel 比較不同種類黴菌間競爭的情形。

#### 3.3 不同位置對黴菌間競爭的影響

準備 108 瓶培養基，將溫度控制在 25 度。分成 3 大組分別是第一組青黴菌加黑黴菌、第二組青黴菌加根黴菌及第三組黑黴菌加根黴菌。再將上述三組依接種黴菌的方式分為：1、滴管植入組：將兩種黴菌懸浮液取出 1ml 將兩種菌懸液充分混合後，利用滴管植入 0.02ml 的菌懸液進入培養基。2、接種環植入組：利用接種環將兩種不同的菌懸液植在培養基中，兩者菌懸液不可接觸。（每小組有 18 瓶培養基）完成上述步驟後，將已植菌的培養基放入恆溫水浴 25 度中培養，每隔 12 小時取出 3 瓶拍照，再以隔水加熱的方式將培養基融化，利用慮網將菌絲過濾，將過濾的菌絲放入烘箱中以 50°C 的溫度烘乾 30 分鐘後，再利用微量天平計算重量；並利用血球計數器估計培養基中黴菌孢子的數量。

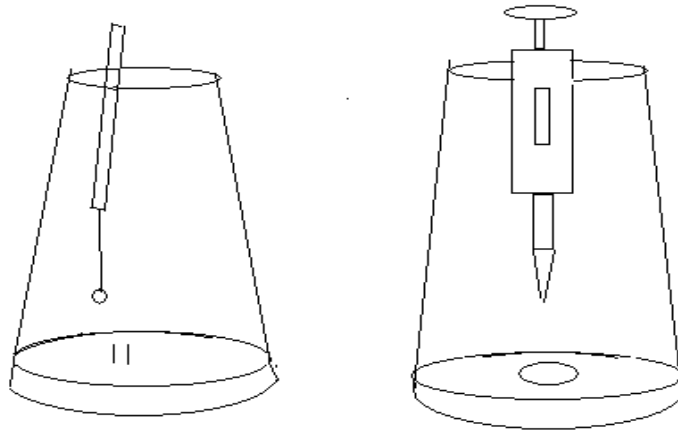


圖 5 不同位置對黴菌間競爭的影響實驗設備

### 三、觀察黴菌的分泌物是否會影響其他黴菌的生長

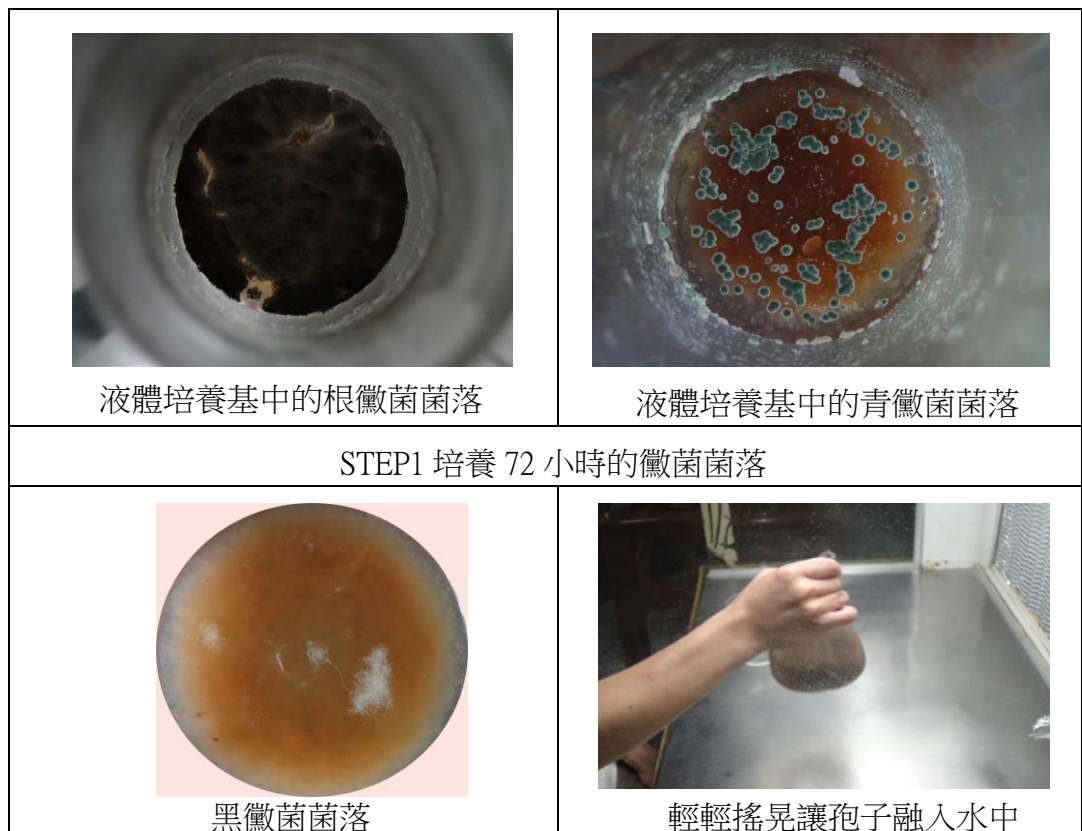
#### (一) 觀察：

實驗三的結果發現青黴菌生長時在其周圍會產生一個較大的圈圈，這個圈圈沒有其他黴菌生長。自然課本第二冊 4-3 說明青黴菌所提煉的盤尼西林，可作為抗生素抑制有害細菌的生長（尤丁玫等 2011）。

#### (二) 實驗假設：青黴菌的分泌物可以抑制其他黴菌的生長。

#### (三) 實驗設計：

##### 1、 黴菌的分泌物的置備：



STEP2 利用蒸餾水震盪將純化後培養的黑黴菌、根黴菌與青黴菌孢子沖下



STEP3 將液體培養基倒入燒杯中



STEP4 以無菌針筒及過濾膜過濾

圖 6 黴菌分泌物製備簡要流程

- 2、用 70 ml 針筒將含有黴菌的分泌物取出，使用無菌過濾膜過濾分泌物到試管中。
- 3、將黑黴菌與根黴菌接種在培養基上，再滴入 1ml 青黴菌分泌物。
- 4、重複步驟 1~3，更改滴入 1ml 根黴菌分泌物觀察其影響

#### 四、探討環境因子對黴菌生長的影響。

##### (一) 溫度對黴菌生長的影響：

- 1、觀察：生活中發現在春夏時食物較容易發黴，不同的黴菌在麵包上出現的順序不同，這種現象和黴菌對溫度適應差異是否有關？
- 2、文獻探討：自然課本中提到黴菌常使濕熱環境中的食物快速腐敗（南一版），黴菌在攝氏 20~30 度的溫度下最活潑。也就是說，人類與黴菌的適溫範圍相符合。攝氏 20 度以下，溫度越低，黴菌生長得越慢（高鳥浩介 2008）。
- 3、實驗假設：溫度較高黴菌生長較好，不同種類黴菌適合生長溫度不同。
- 4、實驗方法：

##### (1) 固定溫度實驗：

準備無菌的培養瓶 24 個，參考文獻中提到黴菌最適生長溫度溫度為變因，分為四組依序為 20℃、25℃、30℃ 及 34℃，以純化黴菌孢子懸浮液（ $1 \times 10^6$  個/ml 孢子）的  $10^2$  稀釋液 0.02ml 進行黴菌植菌，植菌後將培養基放置於自行設計的恆溫水浴環境（圖 7），每日於上午 7:30 分及下午 7:30 分拍照，利用 image J 軟體測量黴菌菌落的大小（圖 8），再利用 excel 比較各種溫度下黴菌生長情形。



圖 7 利用溫度加熱棒及冰袋控制的恆溫水浴環境

(2) 週期性溫度變動實驗：

用玻璃棒將麵包上的青黴菌及根黴菌植入培養瓶內的培養基上，並蓋上蓋子。實驗分成四組分別是：室溫、20~25°C、20~30°C、恆溫 25 度，實驗組溫度控制從上午 10 點自 20°C 開始加熱，每一小時溫度調升至目標溫度的一半，至 12 時達到目標溫度（25°C、30°C）後，開始調降溫度於 14 時至 20°C，其餘時間皆控制在 20°C，進行實驗 72 小時。每日於上午 7:30 分及下午 7:30 分拍照，利用 image J 軟體測量黴菌生長的大小，再利用 excel 比較各種溫度下黴菌生長情形。

(二) 濕度對黴菌生長的影響：

- 1、觀察：先前麵包發霉的實驗，發現不加水的麵包黴菌無法生長，黴菌在室內多生長於潮濕的地方。
- 2、文獻探討：台灣位於亞熱帶氣候區，扣除高山地區之後各地年平均相對濕度均在 75% 以上，而各個月份之平均相對濕度亦在 70% 以上（中央氣象局，1971~2000）。台灣地區在夏季時，空戶室內真菌濃度高於美國、芬蘭等國家，顯示台灣氣候較適合真菌的生長（蔡耀賢和江哲銘，2009）。黴菌的生長需適當的溫濕度及養分（Clarkea，1999）。
- 3、問題：不同的濕度是否會影響黴菌生長？
- 4、實驗假設：麵包上的黴菌在相對濕度越高時生長越好。
- 5、實驗方法：

- (1) 濕度控制：利用防潮箱及加溼機控制微環境濕度，實驗依濕度不同分為相對濕度 40%、60% 及 80% 三組，每天二次檢查各實驗組濕度並記錄，調整濕度值在目標值的 $\pm 5\%$  內。
- (2) 植菌與觀察記錄：以純化黴菌孢子懸浮液 ( $1 \times 10^6$  個/ml 孢子) 的  $10^{-2}$  稀釋液 0.02ml 進行黴菌植菌，植菌後將培養基放置於濕度控制的環境 (圖 9)，每日於上午 7:30 分及下午 7:30 分拍照，利用 image J 軟體測量黴菌菌落的大小，再利用 excel 比較各種濕度下黴菌生長情形。

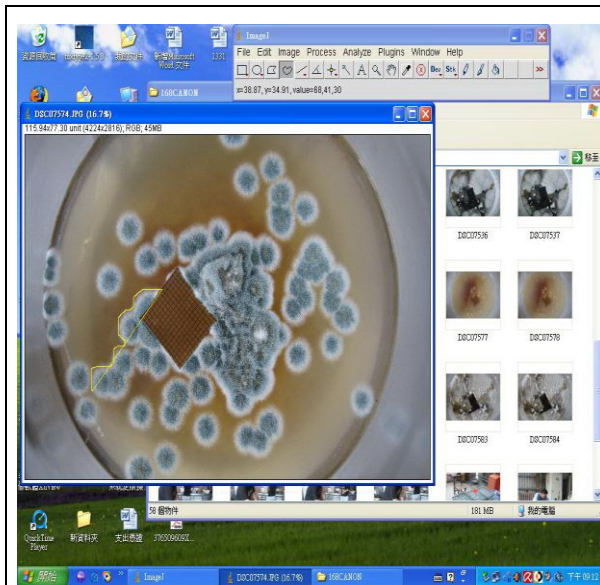


圖 8 利用 image J 軟體測量黴菌菌落的大小



圖 9 濕度對黴菌生長的影響實驗設備與培養情形

## 陸、 研究結果：

### 一、 研究發霉麵包上的黴菌優勢族群。

#### (一) 區別發霉麵包上的黴菌族群

觀察加水的麵包發霉的情形，利用複式顯微鏡區別麵包上的黴菌，發現有三種黴菌優勢族群（圖 10），包括黑黴菌、青黴菌及根黴菌。三種麵包上的黴菌區別方式如下表 1。

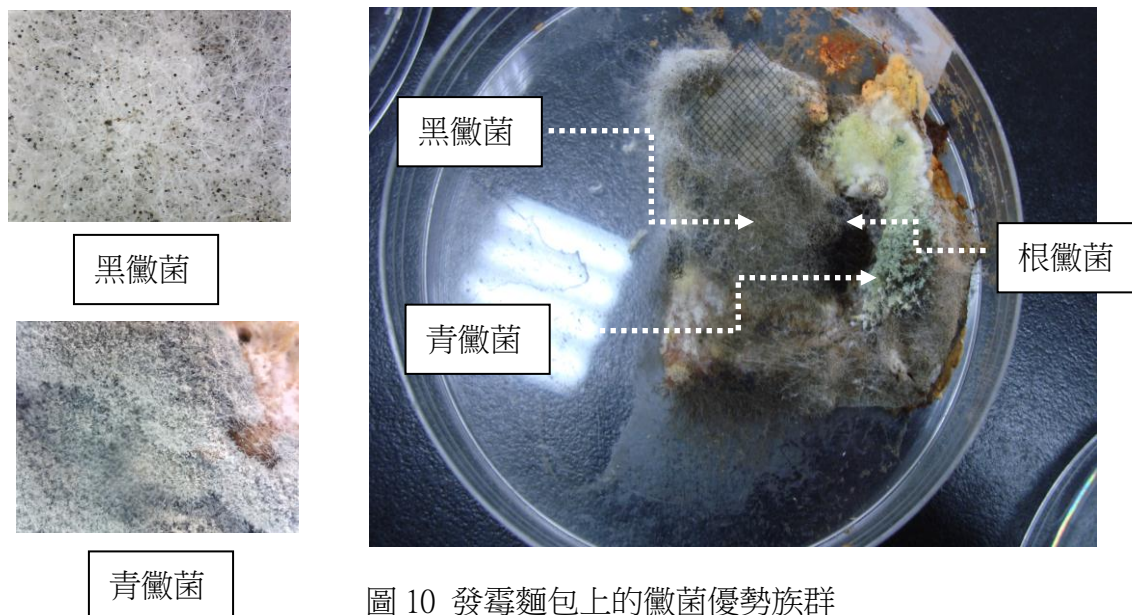


圖 10 發霉麵包上的黴菌優勢族群

表 1 三種麵包上的黴菌區別方式

種類 項目	黑黴菌	青黴菌	根黴菌
學名	<i>macor rouxii</i>	<i>Penicillium notatum</i>	<i>rhizopus stolonifer</i>
外部型態圖片			
孢子型態	呈黑色為囊孢子	呈綠色或灰綠色為頂端孢子	呈褐色為囊孢子
菌絲	三種菌絲使外型呈現棉花狀及細毛狀二種，為囊孢子柄較粗較長。	扁平狀生長，較短較細，為頂端孢子柄。	氣生菌絲粗短，扁平狀分布，無分枝有隔膜與虛根。

(二) 不同濃度黴菌菌落生長狀況

1、根黴菌：

表 2 不同濃度根黴菌菌落菌絲生長面積 (單位 mm<sup>2</sup>)

稀釋 濃度 時間	×1	×10 <sup>-1</sup>	×10 <sup>-2</sup>	×10 <sup>-3</sup>	×10 <sup>-4</sup>	×10 <sup>-5</sup>
12 小時	0	0	0	0	0	0
24 小時	280.0	159.5	170.9	153.4	9.0	16.4
36 小時	727.3	227.8	252.8	184.2	59.2	285.6
48 小時	1351.6	598.8	488.0	227.1	220.3	381.0
60 小時	2213	1496.5	1164.8	799.6	771.8	903.7
72 小時	3006.8	2745.8	1914.0	1382.7	1324.0	1417.4

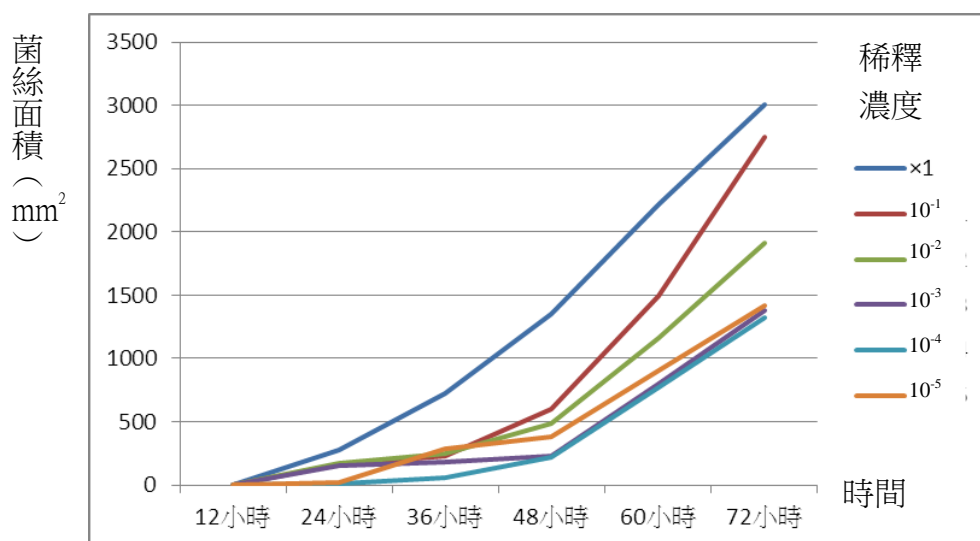


圖 11 不同濃度根黴菌菌落菌絲生長面積

說明：

1. 1 倍與 10<sup>-1</sup> 倍的孢子液在 48 小時最早有孢子成熟，孢子液溶度越高孢子成熟時間愈早（表 2）。
2. 根黴菌 72 小時的培養觀察發現，所有濃度的孢子稀釋液都使菌絲面積成長（圖 11）。
3. 培養 60 小時後可以區別 1 倍、10<sup>-1</sup> 倍與 10<sup>-2</sup> 倍三種濃度的菌絲生長面積。

## 2、青黴菌：

表 3 不同濃度青黴菌菌絲生長面積 (單位 mm<sup>2</sup>)

稀釋 濃度 時間	×1	×10 <sup>-1</sup>	×10 <sup>-2</sup>	×10 <sup>-3</sup>	×10 <sup>-4</sup>	×10 <sup>-5</sup>
12 小時	0	0	0	0	0	0
24 小時	177.2	16.5	0	8.7	0	4.4
36 小時	244.3	128	0	54.3	27.9	18.2
48 小時	483.8	169.1	42.84	106.9	42	26.2
60 小時	592.7	373.4	355.4	290.8	192.6	173.4
72 小時	711.9	614.7	552.4	484.3	430.5	239.8

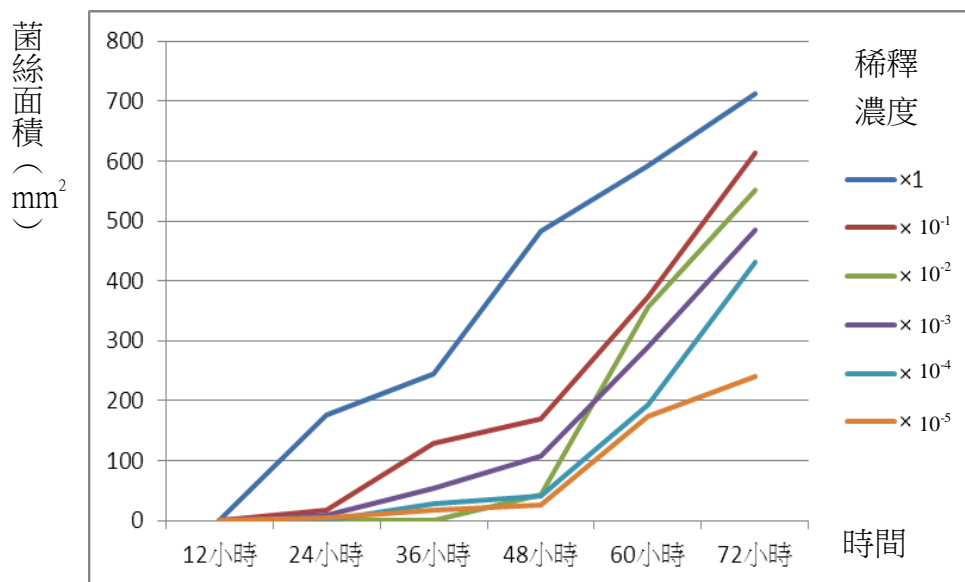


圖 12 不同濃度青黴菌菌落菌絲生長面積

說明：

1. 1 倍與 10<sup>-1</sup> 倍的孢子液在 48 小時最早有孢子成熟，孢子液溶度越高孢子成熟時間愈早（表 3）。
2. 青黴菌 72 小時的培養觀察發現，所有濃度的孢子稀釋液都使菌絲面積成長（圖 12）。
3. 培養 60 小時後可以區別六種濃度的菌絲生長面積。

## 二、黴菌在不同的競爭模式下對彼此生長的影響。

### 1、單一種黴菌生長曲線繪製

1-1 以接種環植黴菌的生長曲線（面積百分比：單位%）



表 4 接種環植黴菌的生長曲線

	12h	24h	36h	48h	60h	72h
黑黴菌	0	0.26	8.12	14.28	31.91	44.54
青黴菌	0	0.03	0.12	0.19	0.26	0.40
根黴菌	0	1.03	7.29	11.55	28.54	40.25

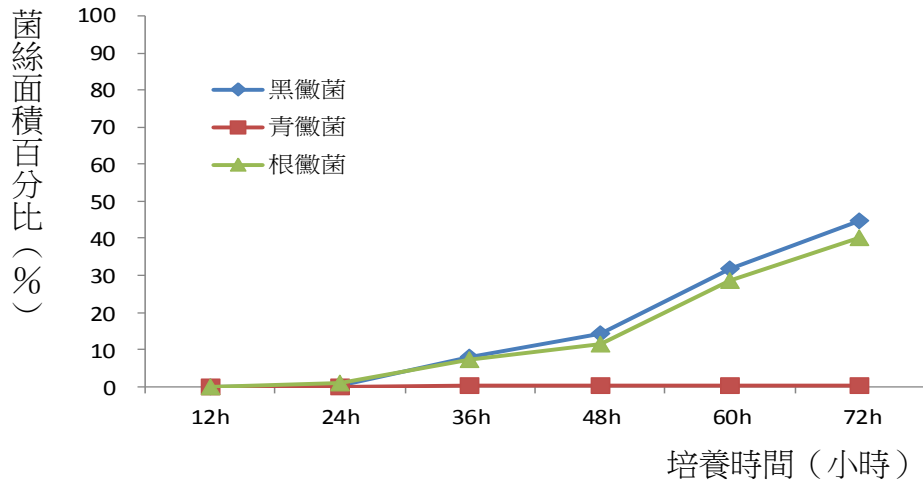


圖 13 以接種環植黴菌的生長曲線

說明：比較三種黴菌的生長曲線圖，發現在第 3 天時黑黴菌與根黴菌可達 40% 以上面積，青黴菌則只有 0.4% 的面積。

1-2 以固定濃度接種黴菌的生長曲線（面積百分比：單位%）

表 5 以固定濃度接種黴菌的生長曲線

	12h	24h	36h	48h	60h	72h
黑黴菌	0	34.10	62.12	99.58	100.00	100.00
青黴菌	0	21.48	29.53	33.09	33.53	34.41
根黴菌	0	10.27	32.87	53.90	80.14	88.41

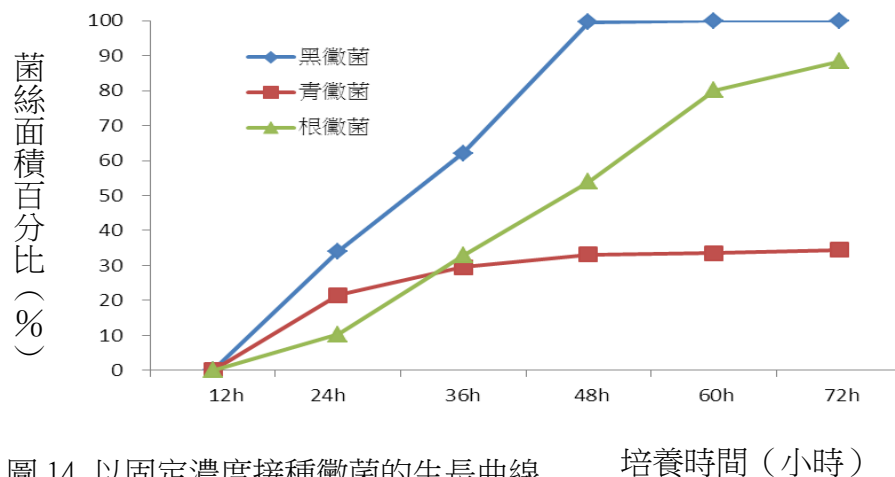


圖 14 以固定濃度接種黴菌的生長曲線

## 2、不同溫度下麵包黴菌間競爭關係的研究

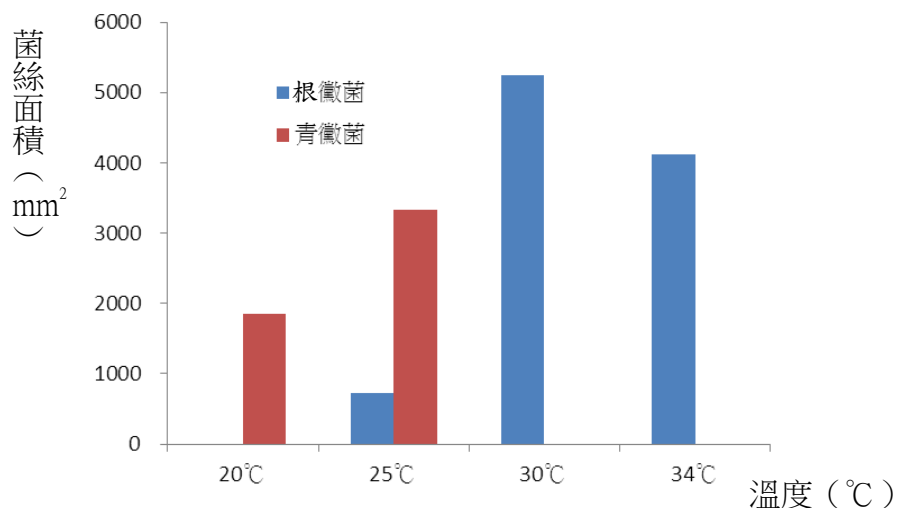


圖 15 二種麵包黴菌在不同溫度下的競爭關係

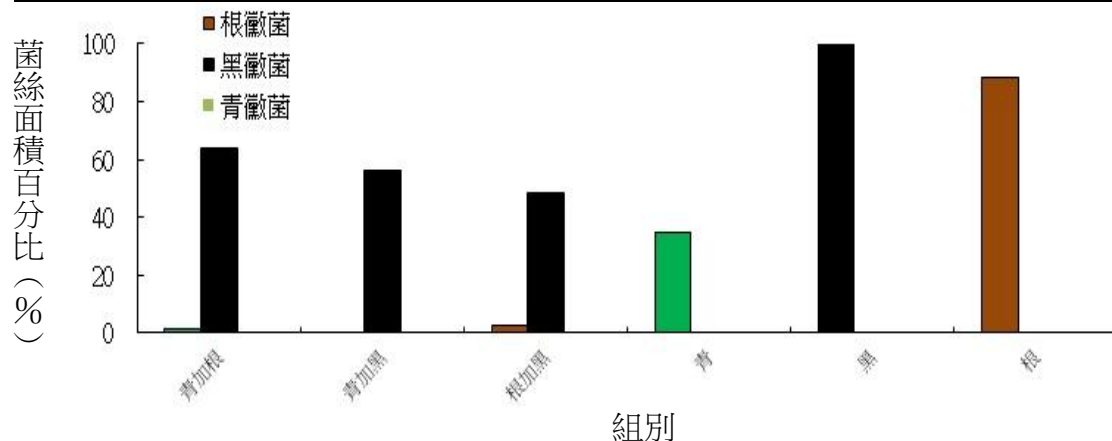
說明：由圖 15 可知二種麵包黴菌在不同溫度下的競爭，在固定溫度 30°C 及 34°C 上的溫度培養 72 小時下，培養基內生長的都是根黴菌。在固定溫度 20°C 時則只生長青黴菌。25°C 的溫度則二種麵包黴菌都存在，但是青黴菌的菌絲生長面積是根黴菌的 4.6 倍 (3330.3/721.8)。

## 3、不同位置對黴菌間競爭的影響

### 3-1 滴管植入組(二種黴菌的位置很近)

表 6 以滴管植入方式接種黴菌的競爭 (孢子數 (個/cc) ; 生長面積比例 : % )

滴管	青加根	青加黑	根加黑	青黴菌	根黴菌	黑黴菌
青黴菌孢子數	175000	375000	—	375000	950000	6900000
根黴菌孢子數	325000	—	1233333			
黑黴菌孢子數	—	1275000	783333			
青黴菌生長面積比例	1.26	0	—	34.41	88.41	100
根黴菌生長面積比例	63.88	—	2.33			
黑黴菌生長面積比例	—	56.11	48.14			



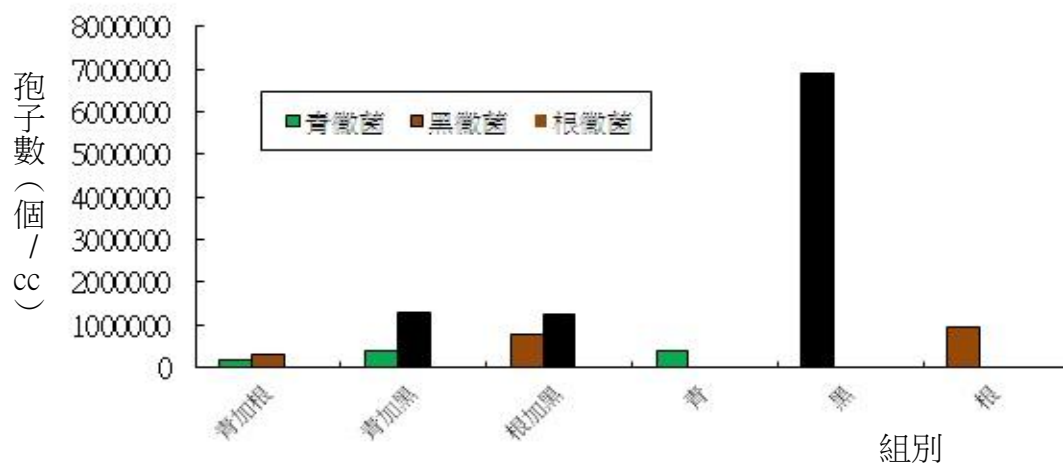


圖 16 三種麵包黴菌以滴管植入方式接種黴菌的競爭關係

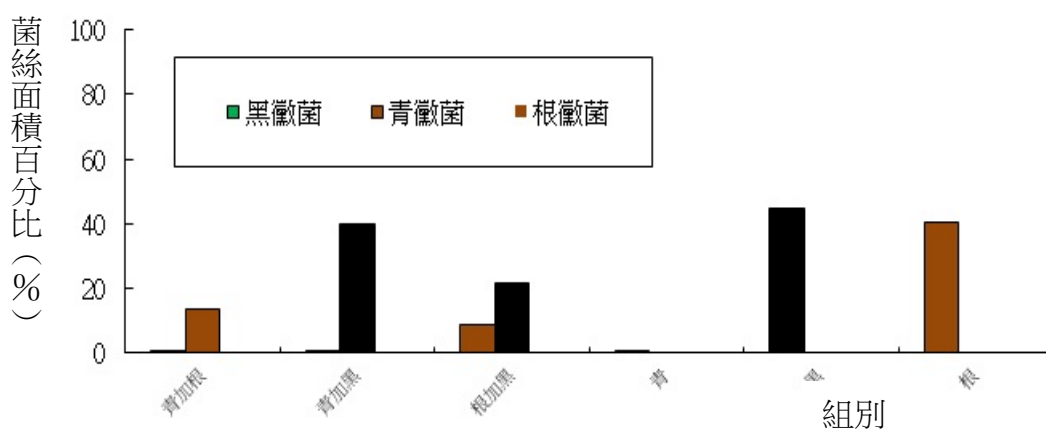
說明：

- 1、由圖 16 可知三種麵包黴菌以滴管植入方式接種的競爭關係，競爭的結果在生長面積比例及產生孢子數上皆以黑黴菌為佳。
- 2、三種麵包黴菌競爭後的菌絲生長面積比例及產生孢子數，皆比單獨生長時為差。

### 3-2 接種環接種組

表 7 以接種環接種黴菌的競爭（孢子數（個/cc）；生長面積比例：%）

接種環	青加根	青加黑	根加黑	青黴菌	根黴菌	黑黴菌
青黴菌孢子數	133333	166667	—	450000	450000	1725000
根黴菌孢子數	266666	—	366667			
黑黴菌孢子數	—	400000	733333			
青黴菌生長面積比例	0.23	0.37	—	0.4	40.25	44.54
根黴菌生長面積比例	13.83	—	8.72			
黑黴菌生長面積比例	—	39.68	21.84			



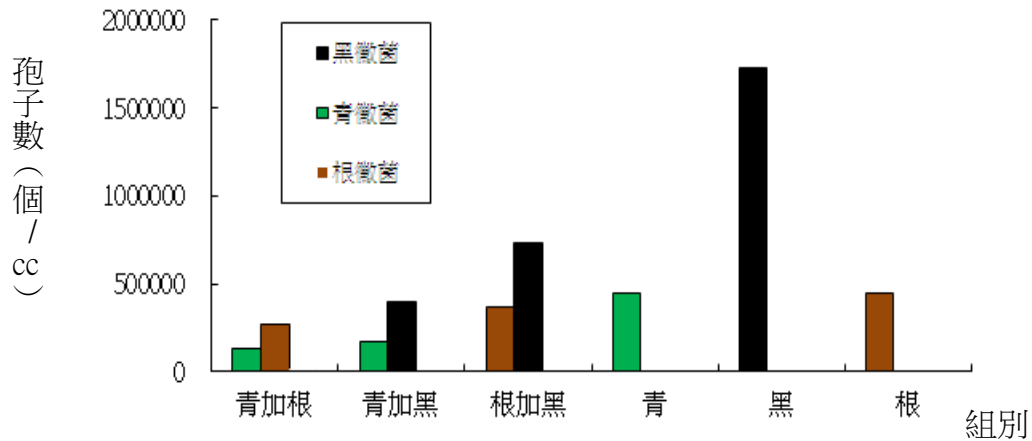


圖 17 三種麵包黴菌以接種環接種黴菌的競爭關係

說明：

- 1、由圖 17 可知三種麵包黴菌以接種環接種組接種的競爭關係，競爭的結果在生長面積比例及產生孢子數上皆以黑黴菌為佳。
- 2、三種麵包黴菌競爭後的菌絲生長面積比例及產生孢子數，皆比單獨生長時為差。

### 三、研究黴菌的分泌物是否會影響其他黴菌的生長

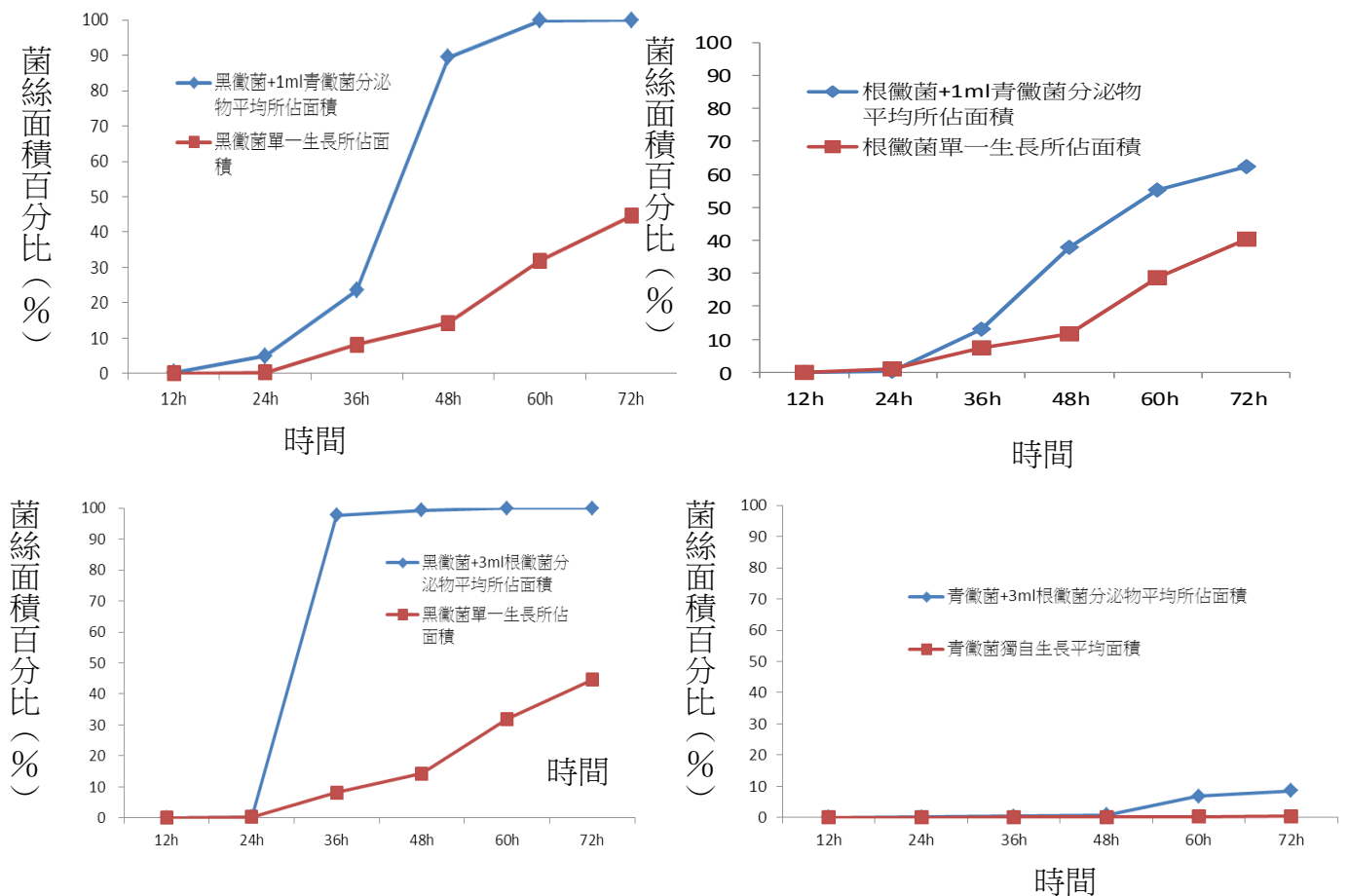


圖 18 二種麵包黴菌加入其他黴菌分泌物的影響

說明：

- 1、由圖 18 可知三種麵包黴菌加入其他黴菌分泌物後，皆使實驗組生長較好，因此推測其分泌物對其他黴菌沒有抑制效果。

#### 四、探討環境因子對黴菌生長的影響。

##### (一)溫度對黴菌生長的影響：

- (1) 固定溫度實驗：培養 72 小時以後，不同溫度下菌落生長面積有顯著的差別，如圖 19 和圖 20。此結果明顯的顯示出在 25°C 下，青黴菌與根黴菌在培養基中對菌落的擴大為最適的溫度。

表 8 根黴菌在不同溫度下，生長 72 小時的菌落生長情形

時間 \ 溫度	20°C	25°C	30°C	34°C
12 小時	0	0	0	0
24 小時	0	0	255	166.5
36 小時	65	46.5	492	867.5
48 小時	163	1212.5	2275	1467.5
60 小時	254	4198	4887.5	3210.5
72 小時	2547	5385.5	5311	2659.5

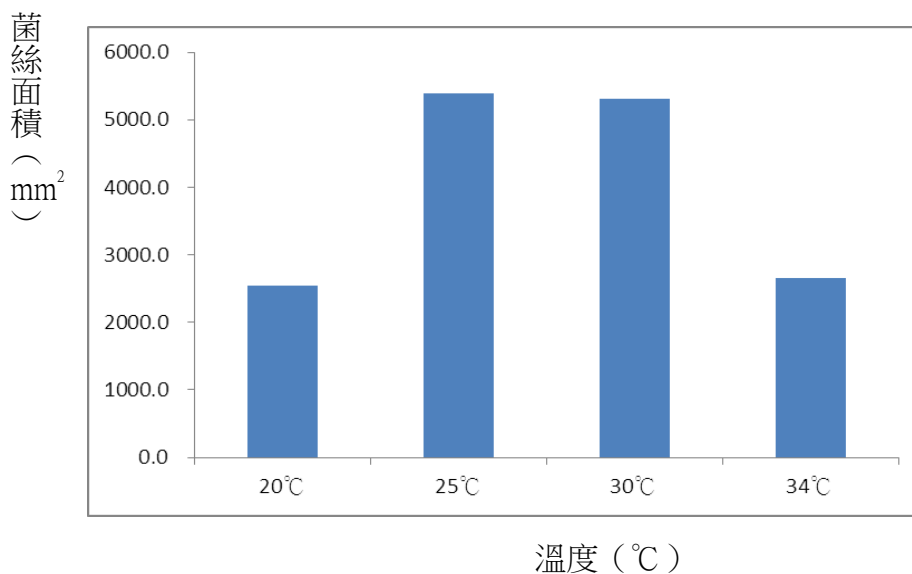


圖 19 根黴菌在不同溫度下培養 72 小時後的平均菌絲生長面積

表 9 青黴菌在不同溫度下，生長 72 小時的菌落生長情形

溫度 時間	20°C	25°C	30°C	34°C
12 小時	0	0	0	0
24 小時	0	0	0	0
36 小時	0	40	475.5	0
48 小時	0	164	582.5	8.5
60 小時	0	1657	2042.5	23.5
72 小時	710	3071.5	2521	25

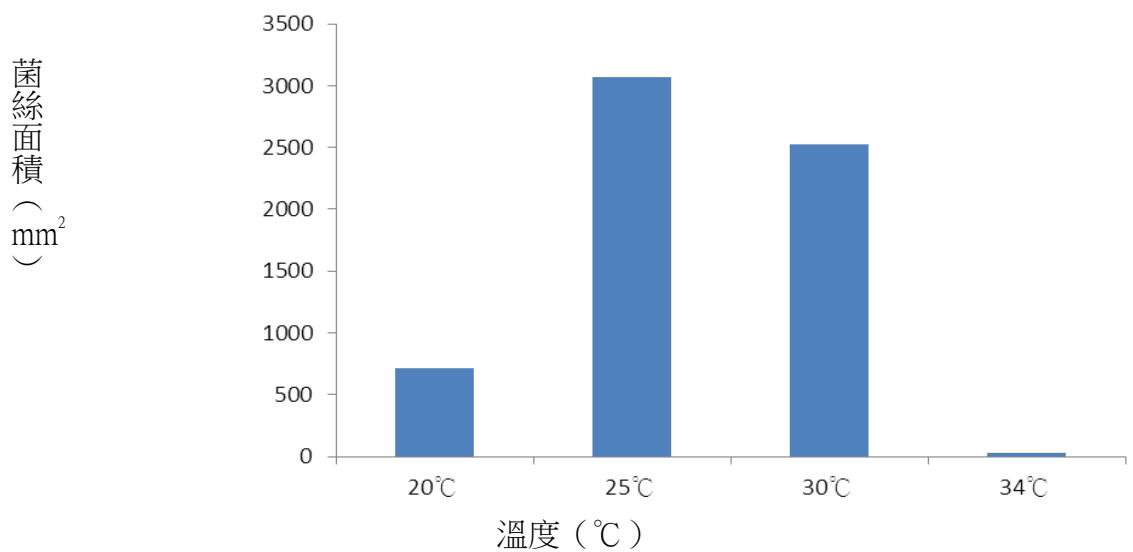


圖 20 青黴菌在不同溫度下培養 72 小時後的平均菌絲生長面積

說明：

1. 根黴菌 20°C 至 34°C 皆可生長，生長情形隨溫度增加菌絲面積增加，但 34°C 時菌絲生長面積反而下降（表 8、圖 19）。
2. 青黴菌的生長在 25°C 至 30°C 較佳，34°C 時菌絲生長面積只有 25mm<sup>2</sup>（表 9、圖 20）。
3. 根黴菌的生長溫度分布與青黴菌的生長溫度分布不同，青黴菌低溫時生長較佳。

(2) 週期性溫度變動實驗：

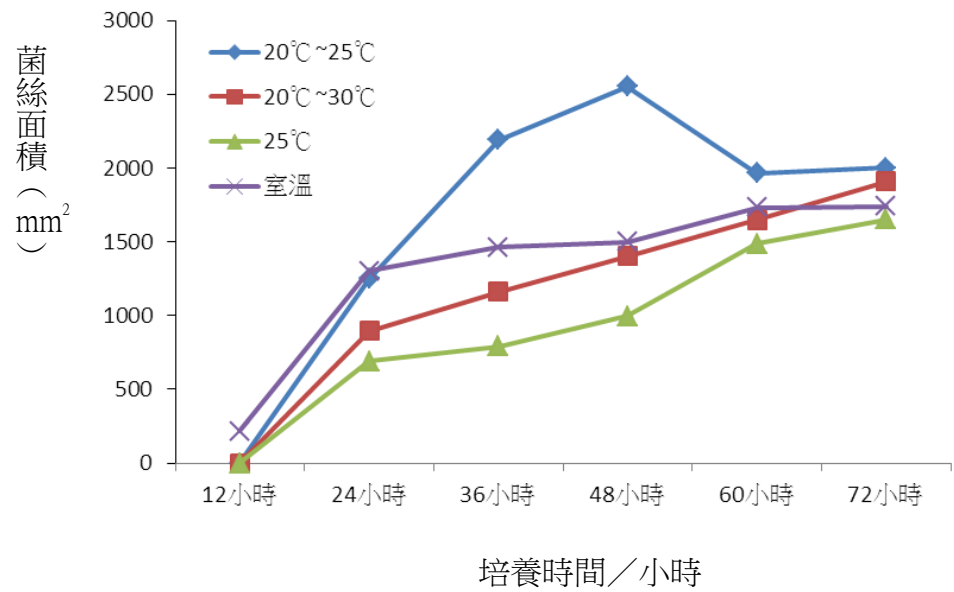


圖 21 根黴菌在週期性溫度變動下生長情形

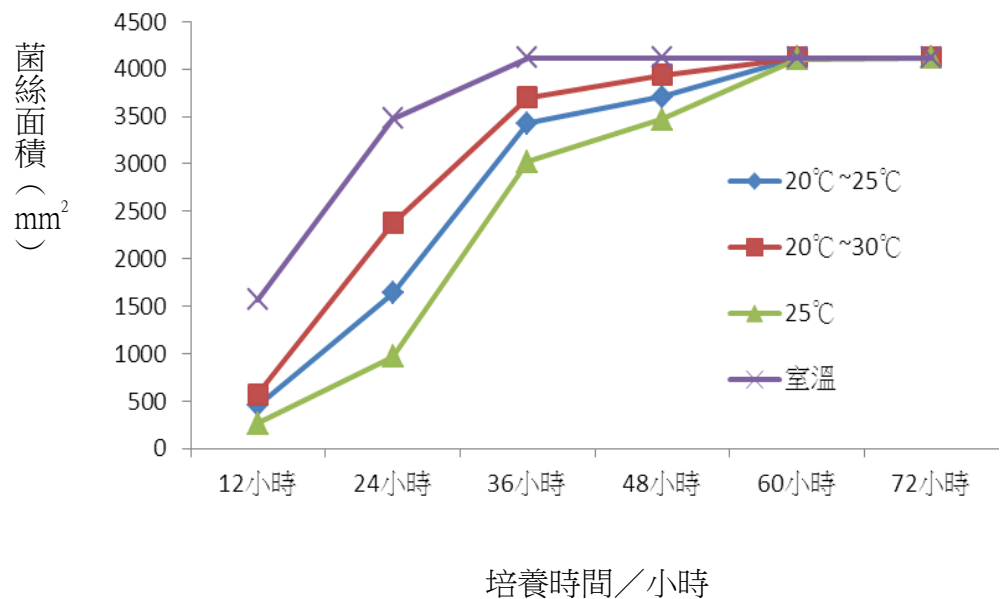


圖 22 青黴菌在週期性溫度變動下生長情形

說明：

1. 根黴菌的生長在室溫表現最佳，青黴菌的生長在 20°C 至 25°C 最佳。
2. 實驗期間室溫的最高溫為 32.4°C，最低溫度為 29.4°C。
3. 在根黴菌的 25°C 及 20°C 至 25°C 的實驗結果比較，由實驗三結果預測在 25°C 時生長應該較佳，但實驗後結果表示週期性溫度變動（20°C 至 25°C）生長較佳，相同情形在比較青黴菌的 25°C 與室溫時亦同。

(二) 濕度對黴菌生長的影響：

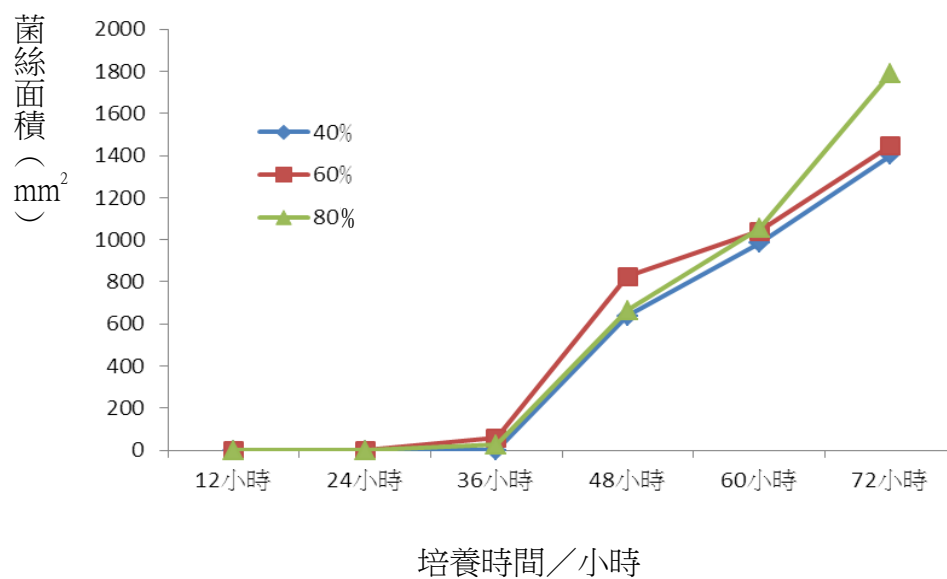


圖 23 根黴菌在不同相對濕度下菌絲生長情形

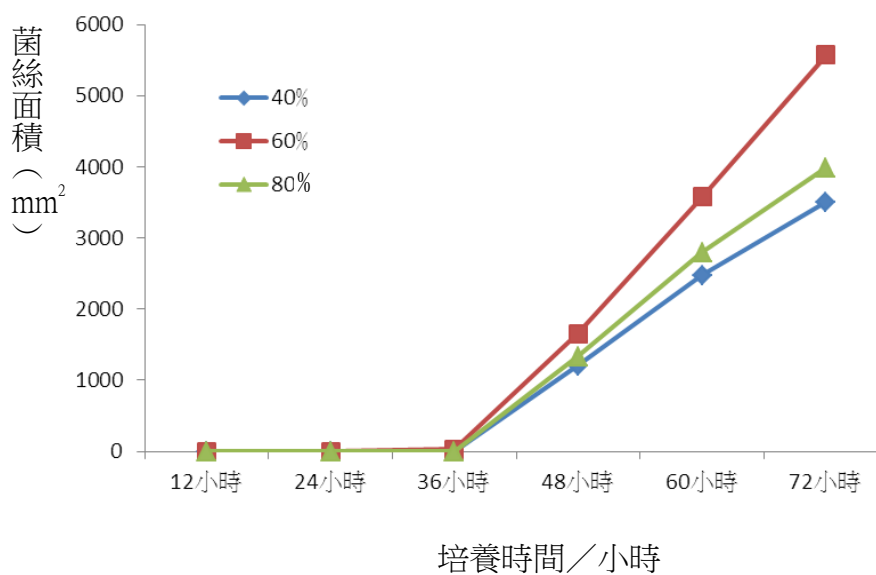


圖 24 青黴菌在不同相對濕度下菌絲生長情形

說明：

比較根黴菌與青黴菌在不同相對濕度下菌絲生長情形，根黴菌在相對濕度 60% 培養 60 小時後，菌絲生長面積有差異（圖 23），青黴菌的差異則不明顯（圖 24）。



## 柒、討論與結論：

1. 觀察加水的麵包發霉情形，以複式顯微鏡區別麵包上的黴菌，發現有三種黴菌優勢族群(圖 10)，包括黑黴菌(*macor rouxii*)、青黴菌(*Penicillium notatum*)及根黴菌(*rhizopus stolonifer*)，三者雖會同時出現在相同麵包上，但出現時間與族群數量不相同。
2. 將稀釋後的孢子溶液培養發現濃度越高孢子成熟時間愈早(表 2、3)，菌絲生長面積越大(圖 11、12)。這種方式培養 60 小時後可以利用菌絲的生長面積來區別不同濃度或是未知濃度的黴菌(根黴菌(*rhizopus stolonifer.*)、青黴菌(*Penicillium notatum.*))孢子數。
3. 溫度對黴菌生長的影響在很多文獻中被提及，大多種類以 20~30°C 為黴菌最佳的生長溫度。實驗以固定溫度培養根黴菌與青黴菌，二者的菌絲生長面積在不同溫度下呈現常態分布的現象，25°C 至 30°C 是較佳的生長溫度。青黴菌在低溫時生長較佳(25°C 菌絲生長面積 > 30°C)，根黴菌在高溫時生長較佳(30°C 菌絲生長面積 > 25°C)。
4. 以週期性溫度變化來培養黴菌，在根黴菌的 25°C 及 20°C 至 25°C 的實驗結果比較，由實驗三結果預測在 25°C 時生長應該較佳，但實驗後結果表示週期性溫度變動(20°C 至 25°C)生長較佳，相同情形在比較青黴菌的 25°C 與室溫(最高溫為 32.4°C，最低溫度為 29.4°C)時亦同，討論可能原因為室溫每日溫度的改變(律動)可能使得生長速度增加。
5. 以不同相對濕度來培養根黴菌、青黴菌，在相對溼度 60% 時根黴菌生長較佳，但相對濕度的改變對青黴菌則沒有明顯的影響。
6. 以單一種黴菌生長曲線圖來看，在相同的條件下，黑黴菌的生長速度最快，生長面積也最大，其次是根黴菌，最差是青黴菌。
7. 比較三種黴菌單一生長(72h)與互相競爭(72h)的結果發現，不管以滴管或是接種環接種黴菌，兩種黴菌在競爭時生長面積及孢子數量都會比單一生長時還小。在不同位置的競爭實驗中，比較三種黴菌競爭的結果來看，黑黴菌最佔優勢，其次是根黴菌，最後是青黴菌，實驗結果和討論與結論第 6 點相符。
8. 以黴菌的分泌物是否會影響其他黴菌生長的結果來看，用加入黴菌分泌物(72h)與單一培養(72h)的結果比較後，發現加入黴菌分泌物後，會讓黴菌的生長面積與孢子數量增

加，討論後認為可能原因是，因操作實驗時我們先將黴菌以接種環接種後，再加入黴菌分泌物，因此可能將孢子沖散，讓黴菌生長面積擴散。

9. 孢子濃度及溫度是影響黴菌族群數量的主要因素，在相同孢子濃度下，同時植入根黴菌與青黴菌，二者的生長分布會出現差異（生態棲位）。溫度是影響分布差異的主要因素，溫度在 30°C 以上根黴菌具有優勢，只有根黴菌生長，溫度在 20°C 時青黴菌具有優勢，只有青黴菌生長。25°C 時二者同時存在，但青黴菌菌絲生長面積較佳。

## 捌、參考資料：

王也珍，有趣的真菌，國立自然科學博物館，1997。

林翰葳、蔡慶宗，褐褐有名-利用生物防治與植物的過敏反應，台北市立中正高級中學，2011。

許元勳，病毒入侵—新世紀人類的浩劫，世茂出版社，2002，52~55。

黃瑞陽，雙黴搶珠-從黴菌的競爭關係尋找生物抑制物，財團法人旺宏基金教育會、第六屆旺宏科學獎，國立台中第一高級中學，2007。

廖若陞，科學發展 415 期，行政科學委員會，2007，17~21。

曾思鳴、尤丹文，抗生素的利與弊，國立彰化女子高級中學，2006。

凌郁捷、黃富榆、黃微嘉，鏈黴菌對真菌影響因素之探討，國立台中女子高級中學，2008。

## 【評語】 030306

1. 能就麵包發黴實驗中發現多種共同生長之黴菌。
2. 宜定性分析培養基的成分是否都適合這三種黴菌的生長，如果不先就營養成分的確認，則無法確定是“競爭優勢”所造成的結果。
3. 加入他種黴菌的“分泌液”實驗，應確認濾液中有其分泌液，才可以得到會不會影響其生長的結論。