

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高中組 生物（生命科學）科

最佳(鄉土)教材獎

040709

見「蜂」轉舵—工蜂對蜂后的選擇性

學校名稱：國立臺中女子高級中學

作者： 高二 高唯芯 高二 陳映晴	指導老師： 薛靜瑩
-------------------------	--------------

關鍵詞：蜜蜂、選擇性、費洛蒙

## 摘要

蜜蜂族群中，多僅具一蜂后，我們好奇，若在蜂巢內放置兩隻蜂后，工蜂的行為會有何種改變。我們分成三方向探討(1) **雙王實驗**：原本應忠於自己巢內蜂后的工蜂，是否容易倒戈而臣服於另一蜂后？(2) **換王實驗**：在更換蜂后時，工蜂對於新蜂后的接受程度如何？(3) **競爭實驗**：當兩隻蜂后遇上，會如何競爭？又誰會獲勝？雙王實驗結果發現，**工蜂並非完全忠於自己的蜂后，會出現倒戈現象**，推測與蜂后分泌之揮發性費洛蒙有關；換王實驗時，新蜂后適應期越長及適應期內與工蜂接觸越頻繁，**新蜂后就越容易被接受**，並觀察到工蜂**不接受新蜂后時，有尾部捲曲、螫刺對準新蜂后，作勢要將其螫斃的現象**；競爭實驗中，兩蜂后相遇時，勝負與體型大致成正相關，和哺育蜂數無關。

## 壹、研究動機

2006 年入秋以來，美國近 30 個州出現蜂群無故大量失蹤的現象，造成有些地區蜂農損失慘重。其後在加拿大、歐洲甚至亞洲，也紛現「蜂群失蹤」現象，一時之間，蜂群崩解失調(CCD-Colony Collapse disorder)似有蔓延全球之勢。這些新聞引發我們對蜜蜂的好奇，想進一步去探究蜜蜂的生態。

蜜蜂在生物學上歸類於【節肢動物門、昆蟲綱、膜翅目、蜜蜂科、蜜蜂屬】。目前台灣養蜂以義大利蜂(*Apis mellifera ligustica*)為主，少數飼養中國蜂(*Apis cerana*)。

蜜蜂是社會性昆蟲，蜂群由蜂后、工蜂、雄蜂組成，數量可達數千到數萬隻。蜂后是完全發育的雌蜂，雄蜂是完全發育的雄性蜂，工蜂是發育不全的雌蜂。一隻蜜蜂的發育過程有四：卵、幼蟲、蛹至成蟲。

▽表一：蜜蜂的壽命

成蟲	壽命
蜂后	16 天~3-5 年
工蜂	21 天~1-6 個月
雄蜂	24 天~1-5 個月

每個蜂群中有一隻蜂后，主要任務是產卵，身體比工蜂長。雄蜂一生只負責交配，交配後生殖器被扯脫在蜂后的尾部而立即死亡。工蜂最為常見，擔任了巢內全部的工作，包括採集花粉、造巢、分泌蜂王漿飼養幼蟲和蜂后、偵察並抵抗敵害。

在對蜜蜂的生活史有進一步的研究和觀察後，我們想探討(1)工蜂是否會倒戈？(2)新蜂后適應多久時最容易被接受？(3)兩隻處女蜂后相遇時如何競爭？

## 貳、研究目的

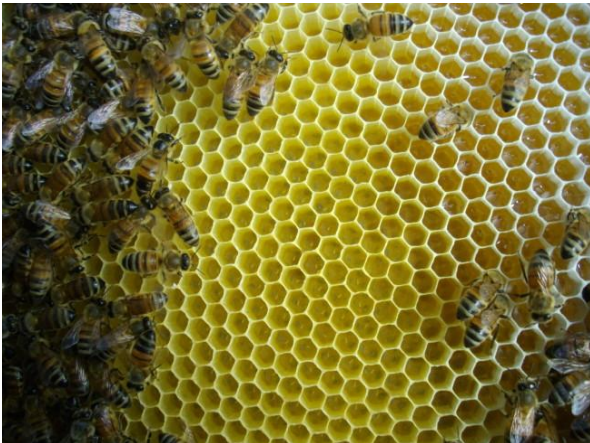
- 一、探討工蜂的忠誠度：當有兩隻蜂后時，工蜂會倒戈嗎？工蜂的忠誠度是否影響工蜂的工作效能，進而影響雙王繼箱養殖的實際應用？
- 二、探討汰換老蜂后、介入新蜂后，在適應天數不同時，工蜂對於新蜂后的接受度，以及觀察接觸時工蜂與蜂后的行爲，希望找出最合適的適應天數，以利蜂場管理。
- 三、藉由觀察兩隻處女蜂后相遇時的競爭行爲，歸納出常勝蜂后的特徵，利於未來挑選優質蜂后。

## 參、研究設備及器材

- 一、義大利蜂 (*Apis mellifera ligustica*) 多巢

義大利蜂 (*Apis mellifera ligustica*) 屬於節肢動物門、昆蟲綱、膜翅目、蜜蜂科、蜜蜂屬，實驗中，我們選用來自養蜂場的義大利蜂，平常以白色蜂箱飼養，一個蜂箱內有 8 至 10 片巢片。

- 二、蜂后 多隻



△圖一：工蜂



△圖二：蜂后(右)

- 三、自製觀察箱 一個

一個可隔開兩隻蜂后的觀察箱。材料為兩片隔王板、一個老舊重組過的觀察箱、

兩張粉紅色塑膠網，將所有材料組合後，即可將觀察箱隔開成三個區塊，工蜂可自由在三個區域中飛行或爬行，而蜂后會被隔離開來。



△圖三：粉紅色塑膠網



△圖四：修補過的觀察箱



△圖五：隔王板



△圖六：用隔王板將觀察箱隔成三區



△圖七：頂部蓋上粉紅色塑膠網



△圖八：將原來觀察箱的蓋子倒著放，壓住網子以避免週遭有縫隙而讓蜜蜂爬出



△圖九：自製觀察箱完成了！



△圖十：開口恰可以一塊壓克力塑膠板擋住。



△圖十一：要放入工蜂時，將壓克力板推開，把王籠(Queen Cage，見「四、王籠」)打開對準開口，讓工蜂爬入。

四、王籠 (Queen Cage) (圖十二) 數個

塑膠製，周圍孔洞可供工蜂哺育蜂后。用於關住蜜蜂，以便進行實驗或將蜜蜂隔離。



△圖十二：Queen Cage

五、有色油漆筆 數支

六、標定顏色工具(圖十三)



△圖十三：  
標定顏色工具

## 肆、研究過程或方法

### 一、雙王實驗

(一)實驗目的：探討蜂群中同時存在兩隻蜂后時，工蜂的哺育行爲。

現今養蜂技術中的「雙王繼箱繁殖」是將兩個蜂箱上下疊在一起（上箱為繼箱），用隔王板隔開，使工蜂可以通行，但兩隻蜂后互不相遇，不致發生互鬥，為其創造長期共存條件。

因此我們確認在特殊情形下，兩隻蜂后確實有同時存在的可能。更進一步，我們很好奇，到底同時有兩隻蜂后時，工蜂的「忠誠度」如何？會不會有倒戈的現象？因此我們設計了以下實驗。

(二)動手實驗：

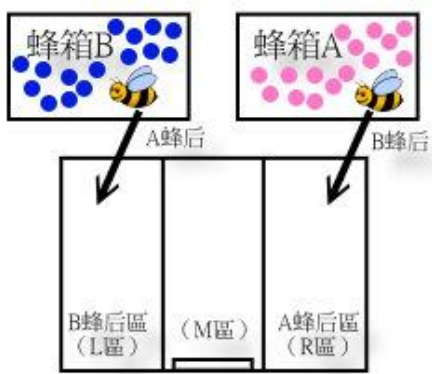
觀察工蜂與蜂后的互動，常有「哺育」的行爲，即工蜂與蜂后頭碰頭，口器相觸。我們根據這個行爲來判斷工蜂承認且接受這一隻蜂后。



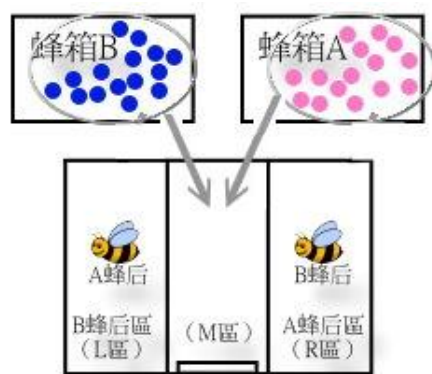
△圖十四：工蜂正在哺育蜂后

控制變因：蜂后、每次實驗工蜂數、確定蜂后及工蜂來自同一蜂群。

- 1.選擇兩箱健全的蜂箱 A 箱及 B 箱，並將兩箱的蜂后及各 15 隻工蜂分別以兩種顏色標記。



△圖十五：實驗方法示意圖



△圖十六：實驗方法示意圖

2. 備好自製觀察箱，並將 A 箱蜂后及 B 箱蜂后分別放入不相鄰的兩個空間，確定兩者無法相遇。

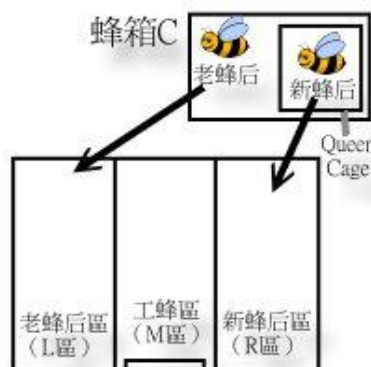
3. 放入相同數量的 A 箱與 B 箱工蜂至中間區域，觀察工蜂移動的方向。另外，每次重新實驗時，都將 A 箱蜂后及 B 箱蜂后的位置對調，以減少誤差。

4. 整理數據，歸納出工蜂對於同箱蜂后與不同箱蜂后兩者間的選擇性。

## 二、換王實驗

(一) 實驗目的：探討蜂群中同時存在新蜂后及老蜂后時，工蜂的接受行爲。

換王，即介入新蜂后，並將老蜂后淘汰。當蜂后老化、產卵能力不佳、貯精量不足而產雄蜂卵時，就要進行換王，以延續蜂群的生存。操作上，新蜂后常不被工蜂接受，因此我們觀察適應天數不同時，工蜂對於新蜂后的接受度，希望找出最合適的適應天數，以利蜂場管理。

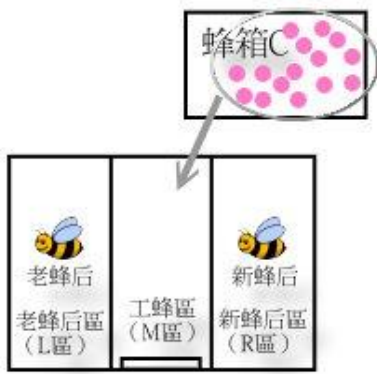


△圖十七：實驗方法示意圖

(二) 動手實驗：

1. 將一隻處女蜂后（尚未交尾）裝入王籠保護，放入一已有蜂后之蜂群 C 數天，使工蜂習慣新蜂后的氣味。

2. 備好自製觀察箱，並將新蜂后及老蜂后分別放入不相鄰的兩個空間，確定兩者無法相遇。



△圖十八：實驗方法示意圖

- 3.在中央區域放入 C 箱工蜂 30 隻，觀察工蜂移動的方向。
- 4.整理數據，歸納出蜂群接受新蜂后的程度。
- 5.改變適應天數，重複步驟 1~4。

### 三、兩隻處女蜂后的競爭：競爭過程記錄及蜂后資料

除了在新舊蜂后自然交替時，母女蜂后能共存外，不能容忍另外一隻蜂后存在，正如同「王不見王」的道理。於是我們就逆向思考，若是兩隻蜂后遇見了呢？我們想了解當兩隻處女蜂后位於同一蜂巢內，牠們之間的關係。實驗步驟如下：

- 1.選取兩隻同日齡處女蜂后，裝在王籠中，同時放入一個無蜂后蜂群。
- 2.觀察哺育蜂的數量以及對王籠中蜂后的行為（攻擊或餵食蜂王漿），以確定工蜂接受新蜂后。
- 3.拿掉王籠，將蜂后放入觀察箱中，觀察兩隻蜂后的競爭行為。

## 伍、研究結果

### 一、雙王實驗

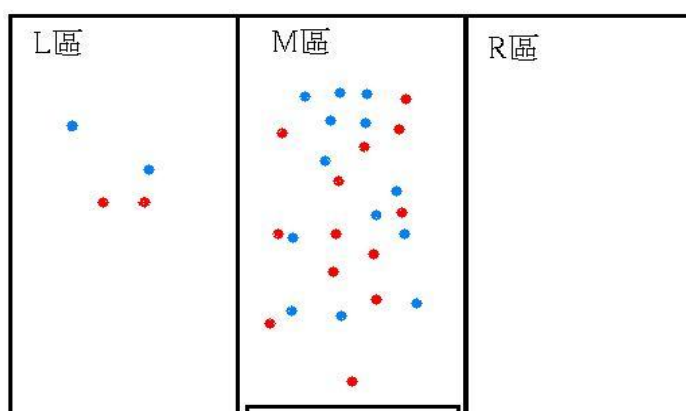
- (一) **對照組**：對照組不放入蜂后，以確定實驗時除了蜂后，沒有其他影響工蜂分佈情形的因素。令觀察箱開口左邊為 L 區，開口右邊為 R 區，中央區域為 M 區。



1.工蜂分布情形：

▽表二：工蜂分布情形

經過時間 (分鐘)	L 區(左邊)		M 區(中間)		R 區(右邊)	
	藍色工蜂	紅色工蜂	藍色工蜂	紅色工蜂	藍色工蜂	紅色工蜂
0	0	0	15	15	0	0
5	1	1	14	14	0	0
10	1	1	14	14	0	0
15	1	2	13	14	0	0
20	2	2	13	13	0	0
25	2	2	13	13	0	0
30	2	2	13	13	0	0



△圖十九：工蜂分佈示意

2.觀察結果：工蜂在無蜂后時不特別趨向左邊或右邊，會隨意分佈在中央，偶爾穿過隔王板。

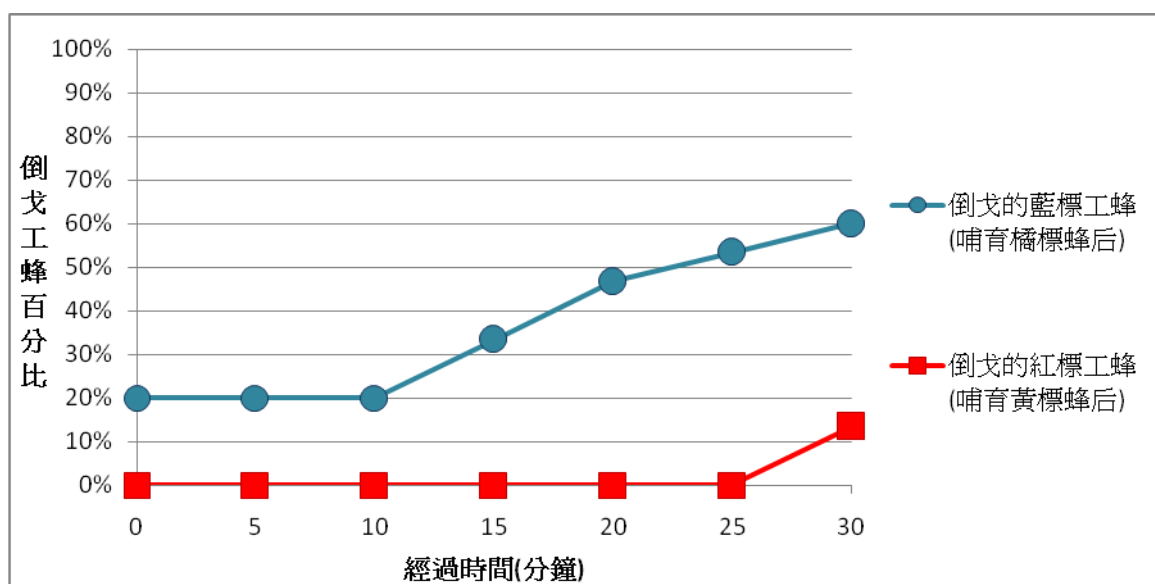
(二)第一組：黃標蜂后及藍標工蜂來自同一蜂箱；橘標蜂后及紅標工蜂來自同一蜂箱。

1.工蜂哺育情形：

▽表三：工蜂哺育情形

經過時間 (分鐘)	哺育橘標蜂后		哺育黃標蜂后	
	藍標工蜂	紅標工蜂	藍標工蜂	紅標工蜂
0	3	1	0	0
5	3	3	0	0
10	3	3	1	0
15	5	6	1	0
20	7	8	1	0
25	8	7	4	0
30	9	7	4	2

2.倒戈曲線：



△圖廿：藍標工蜂哺育橘標蜂后的數量多達 60%；紅標工蜂相較之下較少。

3.過程敘述：所有工蜂（不論顏色）皆有以頭部及口器相觸的行為。

4.觀察結果：藍標工蜂有 60.0%哺育非同箱的橘標蜂后；紅標工蜂有 13.3%哺育非同箱的黃標蜂后。顯示藍標工蜂的倒戈現象較顯著，紅標工蜂則較忠於自己的蜂后。

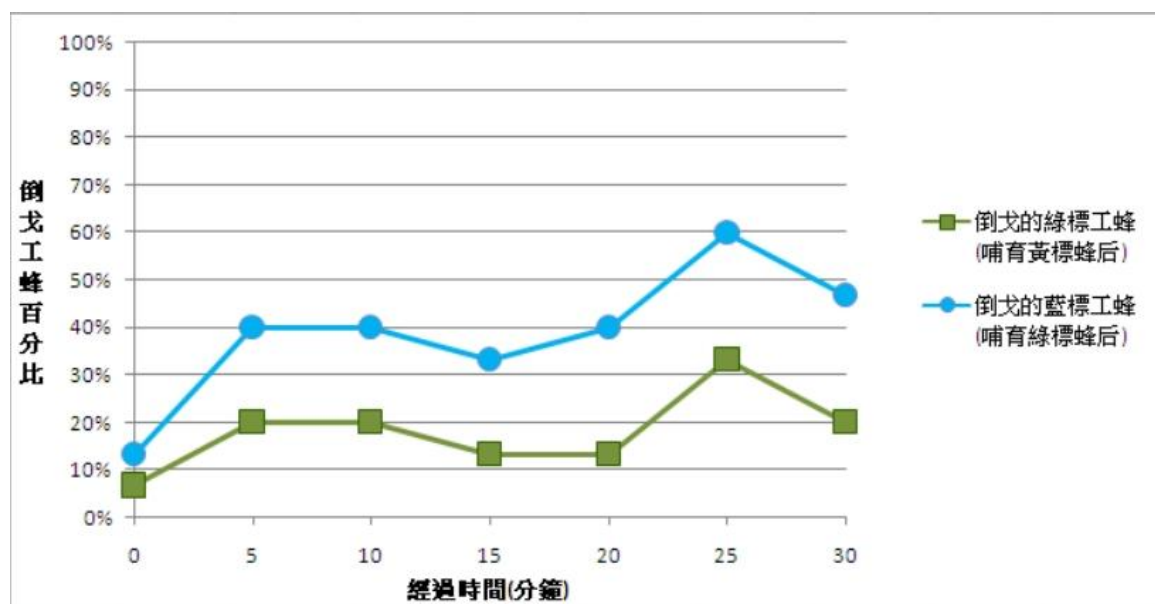
(三)第二組：黃標蜂后及藍標工蜂來自同一蜂箱；綠標蜂后及綠標工蜂來自同一蜂箱。

1.工蜂哺育情形：

▽表四：工蜂哺育情形

經過時間 (分鐘)	哺育黃標蜂后		哺育綠標蜂后	
	藍標工蜂	綠標工蜂	藍標工蜂	綠標工蜂
0	1	1	2	1
5	2	3	6	1
10	3	3	6	1
15	3	2	5	1
20	3	2	6	2
25	4	5	9	3
30	4	3	7	3

## 2.倒戈曲線：



△圖廿一：藍標工蜂哺育綠標蜂后(非同箱蜂后)的數量多達 60%；綠標工蜂哺育黃標蜂后(非同箱蜂后)的數量最多為 33%。兩箱的工蜂皆有倒戈現象。

3.過程敘述：所有工蜂（不論顏色）皆有以頭部及口器相觸的行為。但有發生蜂后拒絕倒戈工蜂哺育的情形；也有工蜂拒絕倒戈。

4.觀察結果：藍標工蜂有 60.0%倒戈；綠標工蜂有 33.3%倒戈。顯示藍標工蜂及綠標工蜂的倒戈現象皆顯著，但藍標工蜂仍較綠標工蜂嚴重。另外，由 3.推測，工蜂對欲哺育的蜂后仍有選擇性。

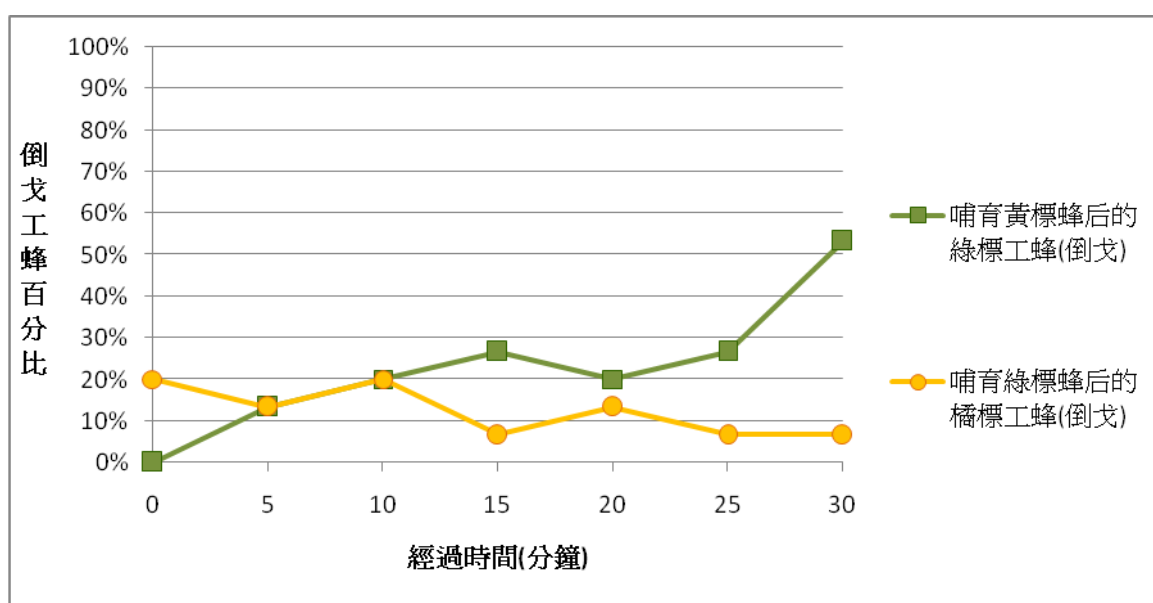
(四)第三組：爲了避免每次只放入樣本數可能過少，影響本是社會性昆蟲的蜜蜂的行為，我們挑戰一次放入 A、B 兩箱各 15 隻工蜂。黃標蜂后及橘標工蜂來自同一蜂箱；綠標蜂后及綠標工蜂來自同一蜂箱。

1.工蜂哺育情形：

▽表五：工蜂哺育情形

經過時間 (分鐘)	哺育黃標蜂后		哺育綠標蜂后	
	橘標工蜂	綠標工蜂	橘標工蜂	綠標工蜂
0	1	1	2	1
5	2	3	6	1
10	3	3	6	1
15	3	2	5	1
20	3	2	6	2
25	4	5	9	3
30	4	3	7	3

2.倒戈曲線：



△圖廿二：哺育黃標蜂后的綠標工蜂最多有 53.3%，而哺育綠標蜂后的橘標工蜂則維持在 20%以下。橘色工蜂及綠色工蜂皆有倒戈現象，但綠色工蜂較橘色工蜂嚴重許多。

3.過程敘述：在我們放入工蜂的過程中，有一隻橘標工蜂和綠標工蜂各自以腹部相螫。幾分鐘後發現有綠標工蜂屍體掉在觀察箱底部，懷疑是剛剛打架落敗的工蜂。

4.觀察結果：橘標工蜂及綠標工蜂皆有倒戈現象，但綠標工蜂較橘標工蜂嚴重許多。由於倒戈現象依舊顯著，我們排除樣本數對實驗準確性的影響。

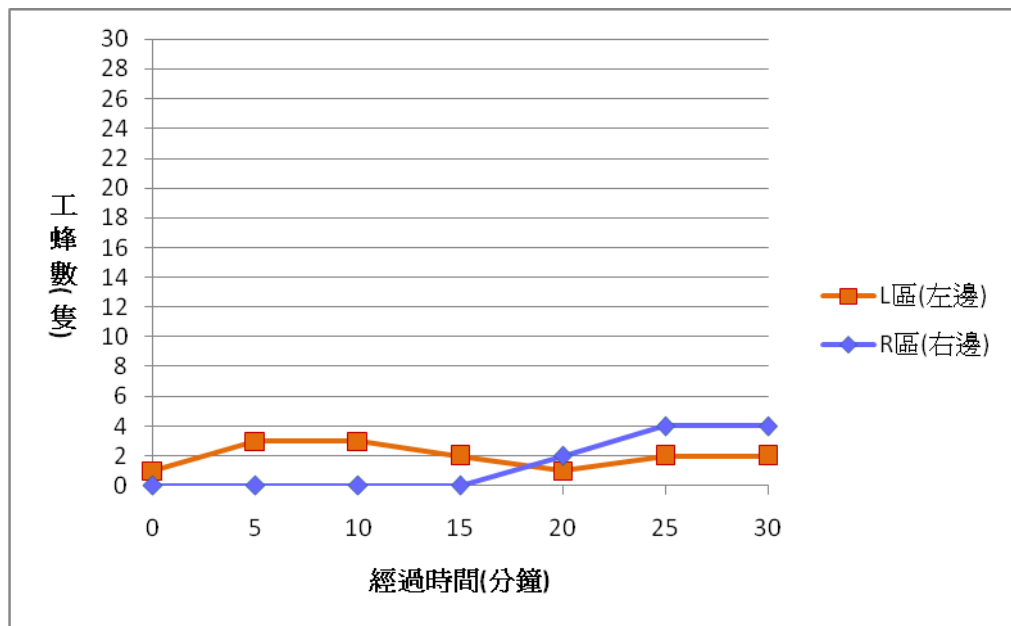
## 二、換王實驗

(一) **對照組**：對照組不放入任何蜂后，以確定實驗時除了蜂后以外沒有其他影響工蜂分佈情形的因素。令觀察箱開口左邊為 L 區，開口右邊為 R 區，中央區域為 M 區。

1. 工蜂分布情形：

▽表六：工蜂分布情形

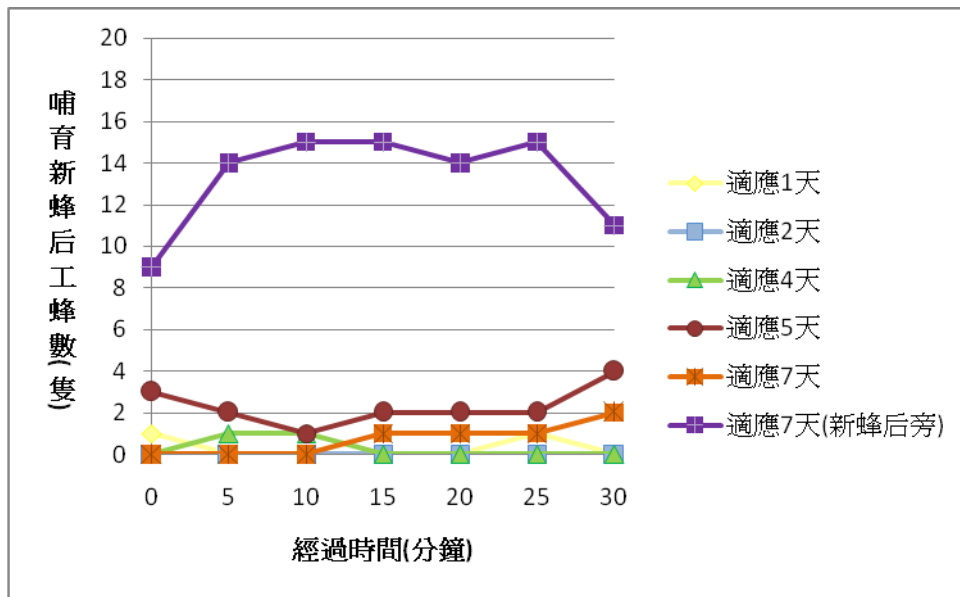
經過時間(分鐘)	L 區(左邊)	M 區(中間)	R 區(右邊)
0	1	29	0
5	3	27	0
10	3	27	0
15	2	28	0
20	1	27	2
25	2	24	4
30	2	24	4



△圖廿三：工蜂大多分布在 M 區，L 區和 R 區的工蜂數大致相等，顯示工蜂在無蜂后時並無特別趨向左邊或右邊，會隨意分佈在中央，偶爾穿過隔王板。

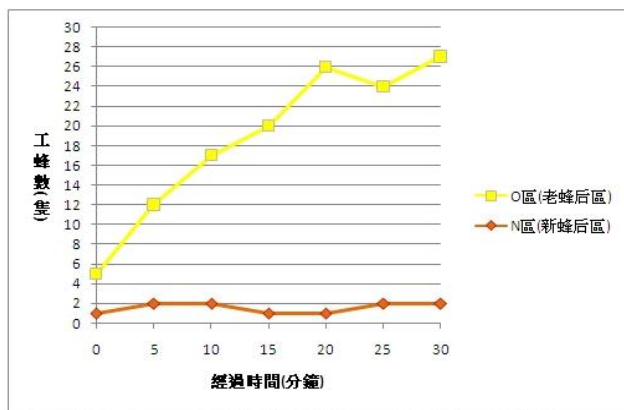
2. 觀察結果：工蜂在無蜂后時並無特別趨向左邊或右邊，會隨意分佈在中央，偶爾穿過隔王板。

(二) **總整理**：根據換王實驗各組結果，我們繪製了下圖以便比較

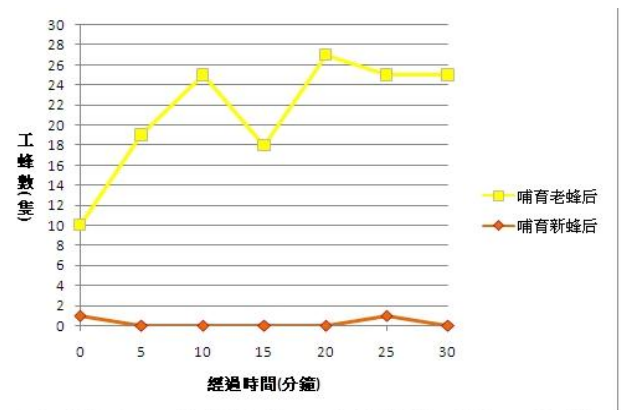


△圖廿四：適應 5 天和 7 天接受度較高。另外若改取新蜂后旁的工蜂樣本，如紫色曲線所示，工蜂對於新蜂后的接受度明顯大幅增加。

(三) **適應 1 天**：令老蜂后所在區為 O 區，新蜂后區為 N 區，中央無蜂后區為 M 區。



△圖廿五：工蜂分佈情形：O區的工蜂數一直在增加，最多時有27隻；N區的工蜂數則維持在1~2隻，數量少且變化不大。

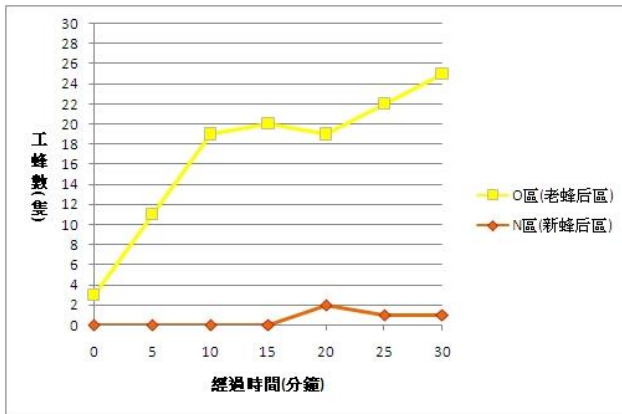


△圖廿六：哺育情形：哺育老蜂后的工蜂數大致上呈成長趨勢，最多達到27隻；哺育新蜂后的工蜂數最多只有1隻，且變化不大。

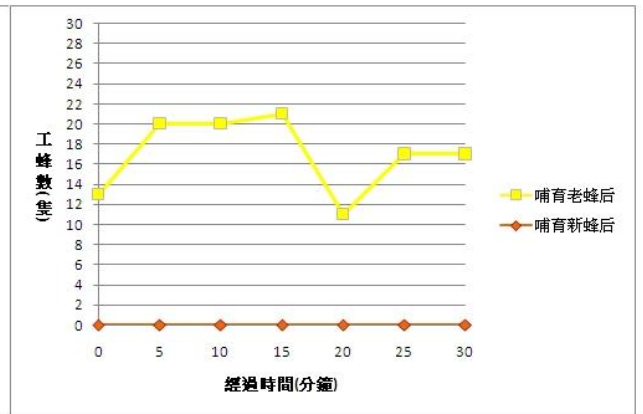
1.過程敘述：經 15 分鐘時，有 1 隻工蜂死亡，因此不列入計算。我們也觀察到，1 隻原本圍著老蜂后的工蜂跑到 M 區接觸其他工蜂，之後有更多的工蜂哺育老蜂后。實驗快結束時新蜂后生命力低落臥倒，常有工蜂從新蜂后身上爬過去，但並不理會新蜂后。實驗結束時新蜂后已死亡。

2.觀察結果：工蜂偏好老蜂后，對於新蜂后仍不接受。

(四)適應 2 天：令老蜂后所在區為 O 區，新蜂后區為 N 區，中央無蜂后區為 M 區。



△圖廿七：工蜂分佈情形：O區的工蜂數呈增加趨勢，最多達到25隻；N區的工蜂數始終維持在0~2隻，變化不大。

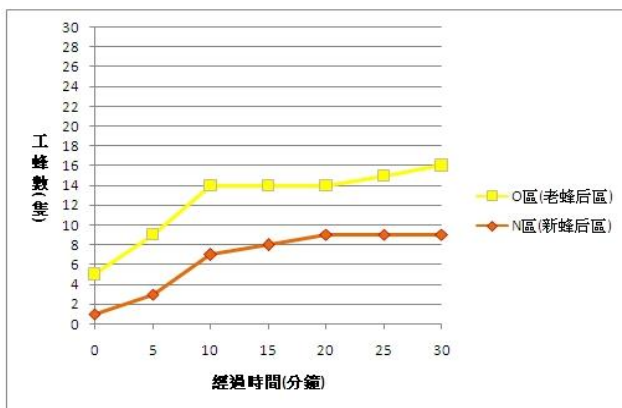


△圖廿八：哺育情形：哺育老蜂后的工蜂數始終維持在10隻以上，最多可達21隻；但哺育新蜂后的工蜂數一直為0。

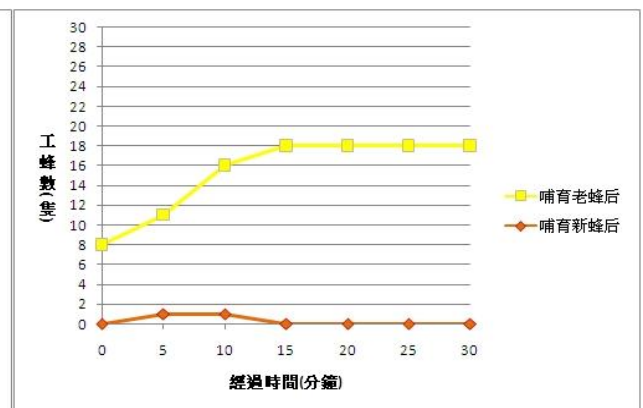
1.過程敘述：經過 20 分鐘，因其中一組的老蜂后離開原本所在位置，導致哺育的工蜂數略為下降。新蜂后在實驗中曾強行抱住路過的工蜂 A，工蜂 A 並沒有對新蜂后抱持敵意，但也沒有伸出口器哺育。進行第三組實驗時，工蜂持續向上爬然後摔落，哺育蜂后的情形較不明顯。

2.觀察結果：工蜂偏好老蜂后，對於新蜂后仍不接受。

(五)適應 4 天：令老蜂后所在區為 O 區，新蜂后區為 N 區，中央無蜂后區為 M 區。



△圖廿九：工蜂分佈情形：O區的工蜂數和N區的工蜂數皆穩定成長，但O區的工蜂數仍較N區多。



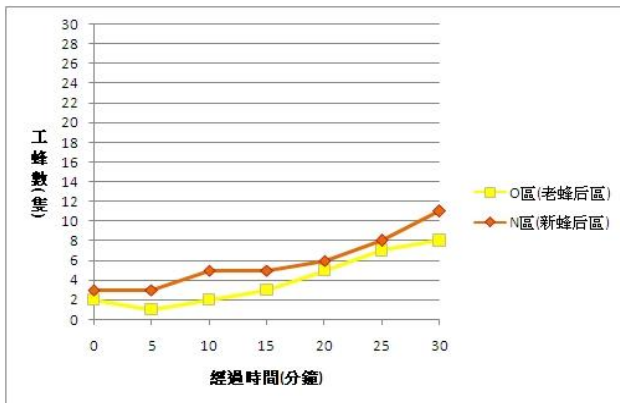
△圖卅：哺育情形：哺育老蜂后的數量在15分鐘內從8隻增加到18隻；哺育新蜂后的數量最多只有1隻，而且哺育時間不長，只有五分鐘。

1.過程敘述：第一組實驗進行十分鐘後，新蜂后被工蜂攻擊，工蜂從背後抱住新蜂后，以螫刺相對，並張開大顎咬新蜂后。但在新蜂后被攻擊的同時，又有另一隻

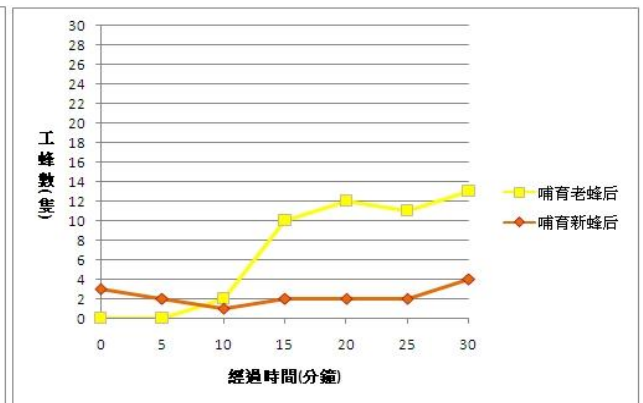
工蜂正在哺育她。第二組實驗快結束時新蜂后再度被工蜂以大顎攻擊，觀察到蜂后的翅膀被咬住，且有變形的現象。

2.觀察結果：雖然有些工蜂對新蜂后有攻擊行為，但仍有工蜂哺育新蜂后。新蜂后可能逐漸被接受。

(六)適應5天：令老蜂后所在區為O區，新蜂后區為N區，中央無蜂后區為M區。



△圖卅一：工蜂分佈情形：O區及N區的工蜂數皆穩定上升，且兩者數量相近，N區工蜂數略多於O區工蜂數。



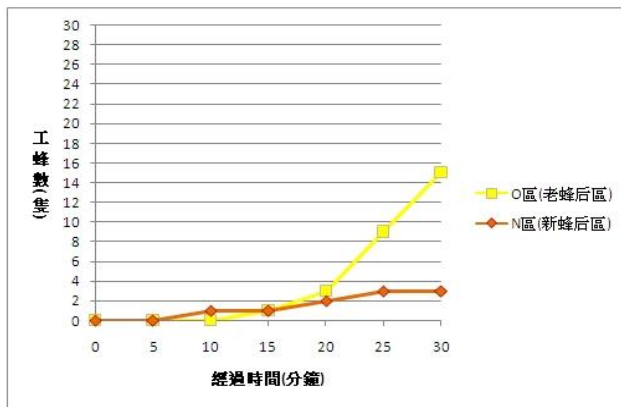
△圖卅二：原本沒人哺育的老蜂后在經過五分鐘後，哺育工蜂數突然增加；新蜂后則一直有工蜂哺育，數量大多維持在2隻。

1.過程敘述：新蜂后抱住一隻工蜂，被抱住的工蜂有順理口器的動作，但仍無哺育即走開。

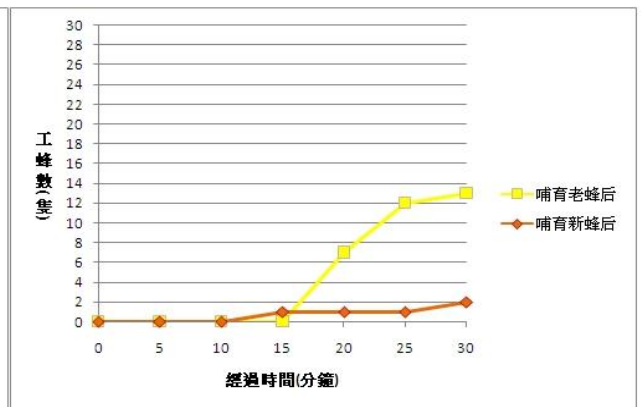
2.觀察結果：哺育新蜂后的工蜂數增多，推測適應五天後，新蜂后可能逐漸被接受。



(七)適應7天：令老蜂后所在區為O區，新蜂后區為N區，中央無蜂后區為M區。



△圖卅三：工蜂分佈情形：O區的工蜂數一直到經過10分鐘後才開始增加，最多達15隻；N區的工蜂數在經過5分鐘後開始增加，但數量不多，最多只有3隻。

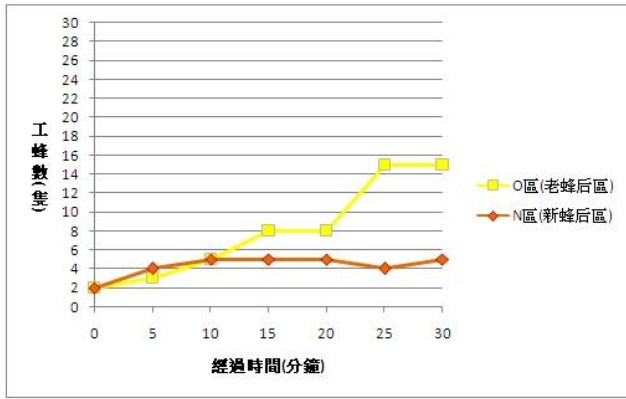


△圖卅四：哺育情形：哺育老蜂后的數量在前15分鐘為0隻，但在經過15分鐘後突然增加，最後達13隻；哺育新蜂后的工蜂數在前10分鐘為0隻，後來開始有工蜂哺育，但數量不多，最多只有2隻。

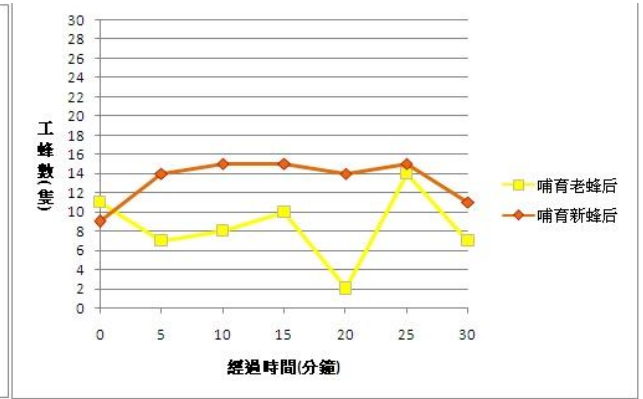
- 1.過程敘述：實驗開始三分鐘後，發現一隻工蜂 A 在扯新蜂后的左後腳，為避免蜂后受傷使實驗無法進行，我們將蜂后和工蜂 A 分開，但新蜂后左後腳已出現小缺角。實驗進行 10 分鐘，另一隻工蜂 B 接近新蜂后，整理口器，但又經 3 分鐘後工蜂 B 才開始哺育新蜂后。實驗進行 20 分鐘時有第三隻工蜂 C 出現，和工蜂 B 以口器互相接觸；同時一隻工蜂(疑似工蜂 A)對新蜂后抱持敵意並以大顎攻擊。
- 2.觀察結果：雖然有工蜂接受新蜂后，但仍有少數工蜂對新蜂后抱持敵意。推測工蜂還不完全接受新蜂后。

(八)適應七天(取新蜂后旁的工蜂)

我們以適應 7 天的新蜂后做實驗，發現新蜂后適應的情形仍不理想。我們懷疑這可能與工蜂與新蜂后的接觸頻率有關，於是從新蜂后附近抓取工蜂樣本，再次實驗。



△圖卅五：工蜂分佈情形：前十分鐘兩區工蜂數差不多，但在10分鐘後O區的工蜂數皆多於N區工蜂數。



△圖卅六：哺育情形：哺育老蜂后的工蜂數變化較大；哺育新蜂后的工蜂數從一開始的8之增加到15隻。值得注意的是，哺育新蜂后的工蜂數在5分鐘後皆多於哺育老蜂后的工蜂數。

1.過程敘述：經過 20 分鐘時老蜂后自原位置移動，造成哺育工蜂數忽然下降。

2.觀察結果：由實驗結果可發現，哺育新蜂后的工蜂數在經過 5 分鐘後皆多於老蜂后，和先前實驗結果有明顯差異。由此我們可以推斷，工蜂對新蜂后的接受程度和工蜂與新蜂后適應期內的接觸程度有關。

### 三、兩隻處女蜂后的競爭

(一)第一組：

由此組數據，體型較大的紅標蜂后並未占優勢。

(二)第二組：

藍標蜂后的體型較大且哺育蜂數較多，有可能為致勝關鍵。

▽表七：實驗數據

項目	編號	090102	090104
資料 基本	標記顏色	紅色	綠色
	哺育蜂數	2	2
外型	體長(mm)	17.96	16.19
	腹長(mm)	11.70	11.21
	腹寬(mm)	4.95	4.73
	體重(g)	0.16	0.12
	健康狀況	良好	良好
		敗	勝

▽表八：實驗數據

項目	編號	091604	091605
資料 基本	標記顏色	藍色	綠色
	哺育蜂數	17	2
外型	體長(mm)	17.19	14.35
	腹長(mm)	11.22	8.23
	腹寬(mm)	5.12	4.73
	體重(g)	0.19	0.17
	健康狀況	良好	良好
		勝	敗

(三)第三組：

兩者哺育蜂數雖同，但紅標蜂后體型較大，可能較具優勢，再加上藍標蜂后有受傷(左翅缺損，右後腿疑似受傷)，造成藍標蜂后不敵紅標蜂后。

▽表九：實驗數據

項目		編號	
		091102	091105
資料 基本	標記顏色	藍色	紅色
	哺育蜂數	3	3
外型	體長(mm)	15.81	16.10
	腹長(mm)	10.18	9.82
	腹寬(mm)	4.56	4.88
	體重(g)	0.10	0.16
	健康狀況	受傷	良好
		敗	勝

(四)第四組：

藍標蜂后的哺育蜂數較多，但體型上卻是橘標蜂后較大。最後結果是橘標蜂后較占優勢，故推測體型對勝利的影響較大。

▽表十：實驗數據

項目		編號	
		102202	102210
資料 基本	標記顏色	橘色	藍色
	哺育蜂數	6	9
外型	體長(mm)	15.78	15.09
	腹長(mm)	9.42	8.65
	腹寬(mm)	4.18	4.03
	體重(g)	0.12	0.12
	健康狀況	良好	良好
		勝	敗

## 陸、討論

### 一、倒戈現象

當觀察箱的左右各放入已交尾蜂后，為什麼工蜂不是選擇哺育原本同箱的蜂后，反而倒戈去餵別箱的蜂后？

根據實驗結果，我們實驗採用的蜂群，四箱裡面有三箱出現倒戈的情況。我們猜想可能與蜂后所分泌的費洛蒙有關：

根據資料，蜂后費洛蒙分為接觸性費洛蒙及揮發性費洛蒙。蜂后物質(註一)為接觸性費洛蒙，可抑制工蜂卵巢發育及培育蜂后；而揮發性費洛蒙(例如現在已知的甲基-對羥苯甲酸鹽 (methyl-p-hydroxybenzoate) 及 4-羥基-3-甲氧苯基乙醇 (4-hydroxy-3-methoxyphenylethanol))的作用有促使工蜂供應食物、引誘工蜂服侍。

我們推測，蜂后是藉由揮發性費洛蒙來吸引工蜂，使工蜂接觸自己並舔舐非揮發性的蜂后物質，以達到抑制工蜂卵巢發育及培育蜂后的目的。因此吸引工蜂靠近蜂后

的決定性角色為揮發性費洛蒙，而由於不同蜂后分泌的濃度不一樣，所以對工蜂有不同程度的吸引力，進而導致雙王實驗中的倒戈現象。

而換王實驗中，原蜂群中的老蜂后和放進去的新蜂后，由於年齡差異很大，故分泌的費洛蒙量有很大差異，導致老蜂后對工蜂有強烈吸引力。

(註一：根據自然科學博物館簡訊 172 期、科學月刊第 292 期，我們發現蜂后的大顎腺會分泌蜂后物質 (queen substance)，其主要化合物為癸烯酸 9-ODA

〔(E)-9-oxo-2-decenoic acid〕，為導引費洛蒙，有「抑制工蜂卵巢發育及培育蜂后」的功能，在維持蜂群的正常運作、不分封及穩定蜂勢上有重要作用，可告知蜂群蜂后健在，不可有二心。9-ODA 的含量占蜂后大顎腺分泌物的 2/3，其含量與日齡、是否交尾及季節等有關。2 日齡以內的處女蜂后 9-ODA 平均含量為 7 $\mu$ g (微克)，5~10 日齡接近交尾的處女蜂后為 108~133 $\mu$ g，18 月以內的產卵蜂后為 100~200 $\mu$ g。老蜂后的 9-ODA 含量會逐漸減低，會使工蜂建造取代王台(蜂后蜂房)。如果除去蜂后的大顎腺，會失去 85%吸引工蜂的效力。)

## 二、工蜂排斥新蜂后的螫刺行爲

在進行換王的實驗時，工蜂除了以不去哺育新蜂后的行爲，顯示不接受外，另外發現，工蜂會有尾部捲曲、螫刺對準新蜂后，作勢要將新蜂后螫斃的現象。

## 三、蜂后死於王籠的可能原因

在汰換老蜂后、引進新蜂后時，適應天數越多，理論上工蜂對於新蜂后的接受度會越高，但為何新蜂后常在被接受前就死在王籠內？

實驗中我們把新蜂后關在王籠內，置於蜂箱上層讓工蜂去哺育，同時讓工蜂適應新蜂后。但是當工蜂不去哺育新蜂后時，新蜂后因為缺少工蜂分泌的蜂王漿作為食物，就會漸漸餓死；另外寒流來襲時新蜂后也容易失溫而死。我們認為，若新蜂后無法在挨餓受凍前及早讓工蜂接受自己，就會面臨無工蜂哺育而餓死的下場。因此對於增進養蜂技術而言，如何在新蜂后被排斥與餓死之間找到平衡點更顯重要。

#### 四、分布圖較哺育圖不準

工蜂哺育蜂后時，不一定要和蜂后在同一區，即工蜂可以隔著隔王板，伸出口器哺育。因此，只計算區域的工蜂分布情形，準確性將不如計算哺育的工蜂隻數。

此外我們發現，隔王板雖是為隔離蜂后製作，理論上工蜂可穿越，但因工蜂體型不一，有些比較大隻，且隔王板鐵絲稍有變形，洞不一樣大，因此雖然大部分的工蜂在經過多方嘗試之後仍然過得去，還是有少數工蜂無法自由穿越。

由上推論，工蜂分布圖的準確性不如工蜂哺育圖。

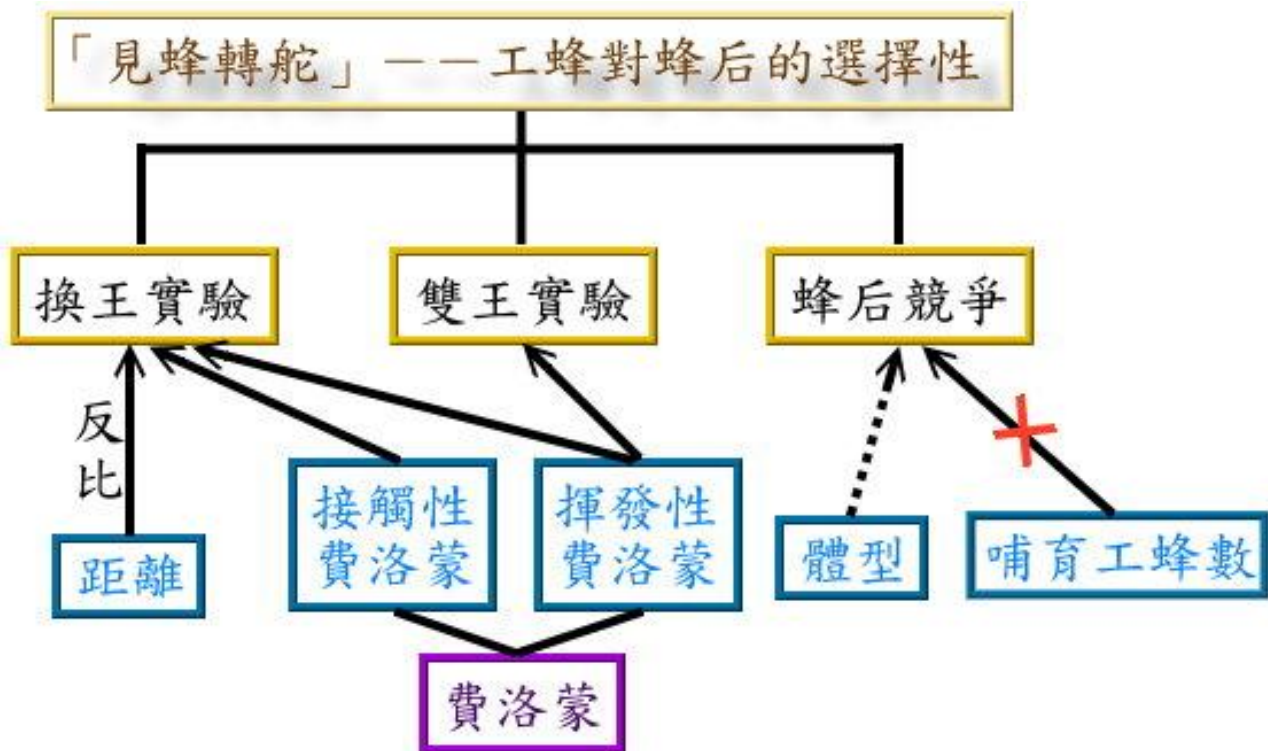
#### 五、工蜂和新蜂后的接觸頻率和程度會影響工蜂對新蜂后的接受度

由於蜂后物質是經由接觸傳遞，因此距離新蜂后較近的工蜂會接觸到較高濃度的新蜂后蜂后物質，故新蜂后旁的工蜂較容易選擇哺育新蜂后。

#### 六、兩蜂后相遇時，勝負與體型大小可能有關，但和哺育蜂數多寡無絕對關係。

經過多次實驗，發現蜂后相遇打架時，勝負與體型大致成正相關，但並非絕對有關；哺育蜂數的影響則不如體型。而是否跟費洛蒙有關，還需進一步探究。

## 柒、結論



- 一、雙王實驗中，工蜂對蜂后並不完全忠誠，部分工蜂會出現倒戈現象。推測與蜂后分泌的揮發性費洛蒙有關。
- 二、蜂后若持續不為工蜂接受，容易餓死或冷死在王籠內。
- 三、工蜂和新蜂后的接觸頻率和程度會影響工蜂對新蜂后的接受度。
- 四、兩蜂后相遇時，勝負與體型大小可能有關係，但和哺育蜂數多寡無絕對關係。

## 捌、參考資料及其他

顧世紅（民 91）。昆蟲的化學語言特展系列—社會性昆蟲與化學語言。國立自然科學博物館，簡訊 172 期。

石達愷（民 80）。台灣社會性昆蟲。台中市：漢光文化。

吳登楨、張世揚（民 82）。雙王群管理技術。蠶蜂業專訊（已停刊），革新第六號。民 99 年 3 月 28 日，取自：<http://mdares.coa.gov.tw/view.php?catid=967>

進階管理（無日期）。行政院農業委員會苗栗區農業改良場。民 99 年 3 月 28 日，取自：

[http://mdares.coa.gov.tw/files/web\\_articles\\_files/mdares/1271/171.pdf](http://mdares.coa.gov.tw/files/web_articles_files/mdares/1271/171.pdf)

安奎（民 83）。蜜蜂的費洛蒙。科學月刊全文資料庫，第 292 期。民 99 年 4 月 14 日，取

自：<http://library.hwai.edu.tw/Science/content/1994/00040292/0008.htm>

## 【評語】 040709

1. 考量王籠讓工蜂接觸蜂后時的自由度，如孔隙大小、密度等影響。
2. 換王處理時增加工蜂與新蜂后接觸的效度深入探討。
3. 費洛蒙解釋論點可強化佐證或論證。