

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物及地球科學科

佳作

031717

「蟻」一做百 一小黃家蟻「不要進去費洛蒙」
對距離因素的探討

學校名稱：臺南縣立麻豆國民中學

作者：	指導老師：
國一 郭彥呈	林淑琪
國一 丁彥今	王棋俊
國一 宋方婷	
國一 吳旻峰	

關 鍵 詞：小黃家蟻、費洛蒙、距離

「蟻」一微百：小黃家蟻「不要進去費洛蒙」對距離因素的探討

摘要

Elva J. H. Robinson, Duncan E. Jackson, Mike Holcombe and Francis L. W. Ratnieks(2005)提出尋找食物的螞蟻會在路徑叉口留下微小的氣味記號，提醒同伴「前方找不到食物」，這些氣味對同伴而言相當於告訴他們不用在花費力氣再往前走，由此可知螞蟻除了有正向告知同伴食物方向的費洛蒙外，也有負向的費洛蒙（即「不要進去費洛蒙」）。

我們爲了更深一步了解其作用機制，決定探討同樣的食物來源下，距離的長短是否影響小黃家蟻將「不要進去費洛蒙」放在距離食物比較遠的通道上，實驗結果發現小黃家蟻的確在此種狀況下將「不要進去費洛蒙」施放告知同伴不要白費力氣再往前走了。

壹、研究動機

上自然課的時候，講到有關生物間彼此溝通訊息的方法，除了肢體、聲音以外，在昆蟲中最常被使用的就是費洛蒙，之後在新聞上看到有人發現螞蟻在遇見岔路時，當其中一條岔路是引領向沒有食物的那端時，螞蟻會在那條路的入口放下「不要進去費洛蒙」，我們深感好奇，原來螞蟻不只會將訊息留在通往食物的道路上，也會留下訊號叫同伴不要白費工夫進去那條路，如果我們可以更瞭解這種費洛蒙的運用時機，或許將來對於螞蟻侵擾人類的情形可以提供有用的情報，以回饋於社會。

貳、研究目的

- 一、了解螞蟻
 - (一)了解螞蟻的生活史及生活環境。
 - (二)觀察並區別小黃家蟻、大頭家蟻。
- 二、飼養螞蟻
 - (一)製作螞蟻蟻巢。
 - (二)捕捉螞蟻。
- 三、「不要進去費洛蒙」的探討
 - (一)確認螞蟻是否在我們的裝置上放置費洛蒙。
 - (二)探討距離對費洛蒙影響。

參、研究設備及器材

- 一、了解螞蟻：放大鏡、解剖顯微鏡
- 二、飼養螞蟻
 - (一)製作蟻巢：木材、石膏、玻璃板、帆布、黏土、雕刻刀、silicon、橡皮管、漏斗。
 - (二)捕捉螞蟻：橡皮塞、玻璃管、試管、錐形瓶、塑膠罐、毛筆、塑膠手動幫浦、吸塵器、滑石粉、鏟子。
 - (三)餵養螞蟻：水、糖漿、昆蟲。
- 三、費洛蒙的探討：小黃家蟻、蟻巢、Y形玻璃管、塑膠瓦楞板、紙張、塑膠盆、黏土。

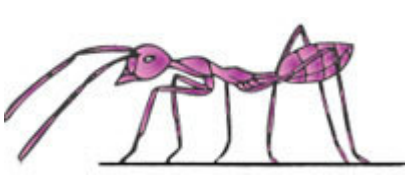
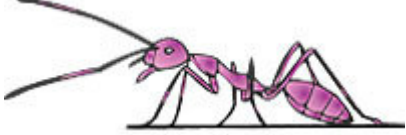
肆、研究過程及方法

一、了解螞蟻

(一)觀察螞蟻的生活及生活環境。

首先利用圖書館、網路找尋有關螞蟻的資料，以下為我們查到有關這次實驗的基本知識：

- 1、螞蟻是社會性的昆蟲，其中更有階級之分，大致上螞蟻的階級有蟻后、雄蟻、工蟻、兵蟻等差別。
- 2、根據伯特·霍德伯勒和艾德華·威爾森(民 89 年)所述螞蟻在溝通訊息方面相當的多元，從肢體上類似舞蹈的行爲、彼此觸角碰觸、以頭輕叩堅硬表面、摩擦腰部和腹部之間的脊板發出尖銳聲、到費洛蒙的使用，其中費洛蒙的使用對於螞蟻在黑暗的巢穴中如何辨別敵我以及警戒、食物來源訊息等等的獲得相當得重要。
- 3、費洛蒙種類功能很多，這次實驗主要會提到三種：
 - (1) **標跡費洛蒙**：螞蟻出外覓食時沿路的費洛蒙，可構成一條「氣味走廊」。這條走廊使螞蟻不管離家多遠，都能按原路折返，並告知其他的同伴可沿此路找尋到食物。
 - (2) **領域費洛蒙**：螞蟻爲了維護其領域範圍而分泌的費洛蒙，給螞蟻有家的感覺。
 - (3) **不要進去費洛蒙**：螞蟻告知同伴前方沒有食物的費洛蒙，用已通知同伴無須再浪費力氣前往搜尋食物 (Robinson et al., 2005)，目前視爲何種物質未確定，名稱翻譯自 Robinson et al. (2005)中的” No-entry pheromone ”
- 4、費洛蒙的施放依腺體不同而其行爲有所不一，下圖舉例說明一隻織巢蟻施放標跡費洛蒙的行爲步驟：

	正常情形下，行走時會抬高腹部
	發現新的食物源時，織巢蟻行走時會放下腹部，通過肛門擠出直腸腺，沿著地面的路線，釋放費洛蒙
	織巢蟻正用觸角接收標跡費洛蒙，找尋食物

- 5、費洛蒙的使用有時簡單有時複雜，昆蟲有時會使用混和的費洛蒙來達到溝通目的。
- 6、蟻后可以維持整個蟻窩的正常運作，在單一蟻后的社會結構，蟻后不容許有其他的蟻后存在，她會利用費洛蒙抑制其他的雌蟻，使其失去生殖的能力，

所以新的蟻后要誕生通常都得先脫離原有蟻后費洛蒙的勢力範圍，才可以另起新的蟻巢，或者蟻后死亡時，抑制其他蟻后成熟的費洛蒙也跟著消失，而產生新的蟻后。

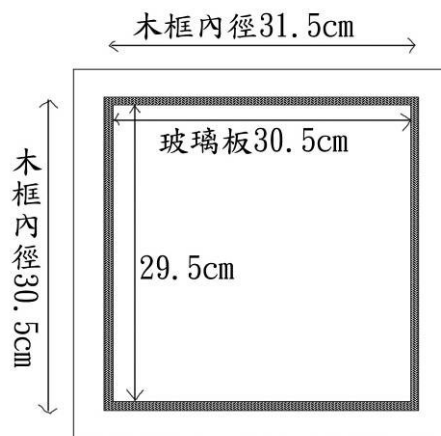
(二)使用解剖顯微鏡觀察小黃家蟻及大頭家蟻的工蟻，比較並區別外觀、行爲。

二、飼養螞蟻

(一)製作螞蟻蟻巢：

我們想要製作一個可以觀察螞蟻群生活的直立式巢穴，所以選用石膏和玻璃板的組合，石膏可以依我們想要的樣式來設計巢穴的樣式，且因為顏色是白色的，這對觀察他們生活來說相當方便，同時石膏可以保留相當的水分，使得蟻巢不至於太過乾燥。

- 1、找尋廢棄課桌椅，將尚可使用木材拆下釘成 31.5×30.5cm、厚度 3.5 cm的方框，用以當作石膏的模子。
- 2、將帆布置於方框下，四周圍起來，待會兒要注水準備加石膏粉，所以不要讓水有流出去的空隙。
- 3、在方框中放入 30.5×29.5cm 的玻璃板，使之距離方框都有一小段距離(圖一)，這樣在石膏蟻巢完成後可以使玻璃板更易穩固在石膏上。



(圖一) 左：為圖示，斜線部分為填充石膏部分，可使玻璃板更穩固。
右：實物圖。

- 4、將黏土塊置於玻璃板上，因為我們要使其中一面可以觀察，所以黏土塊厚度不能比方框厚度還大，而這些黏土拿開後就是螞蟻的巢穴。
- 5、緩緩注水，注至方框厚度約七成左右。
- 6、開始緩緩均勻加入石膏粉入方框內(圖二)，若加得太快會使得石膏結構鬆散，容易被螞蟻挖洞跑出去。
- 7、石膏加完後，利用玻璃板將之刮平，再覆蓋上玻璃板，將其壓平。



(圖二) 步驟 4~6，放置好黏土位置後，加水、石膏粉。

8、等待石膏乾燥硬化（圖三）。



（圖三）石膏粉加入後、覆上玻璃板，等候其乾燥。

9、隔天將方框取下，將第一片玻璃板掀起後，將黏土挖出。

10、利用雕刻刀刻出巢穴與巢穴之間的通道，並挖兩個向外連結的通道（圖四）：

- （1）捕捉螞蟻後可以將螞蟻放進去螞蟻巢的通道，大小約為漏斗下方玻璃管的直徑（0.8 cm）。
- （2）連接到食物來源以及費洛蒙測試平台，大小約為橡皮管可塞入大小（0.9 cm）。

11、用 silicon 黏合玻璃板和螞蟻巢。

12、在螞蟻巢底部兩側固定上 L 形夾（圖四左下），可以使螞蟻巢穩固的站立而不會因外力震動而倒塌，即完成螞蟻巢。



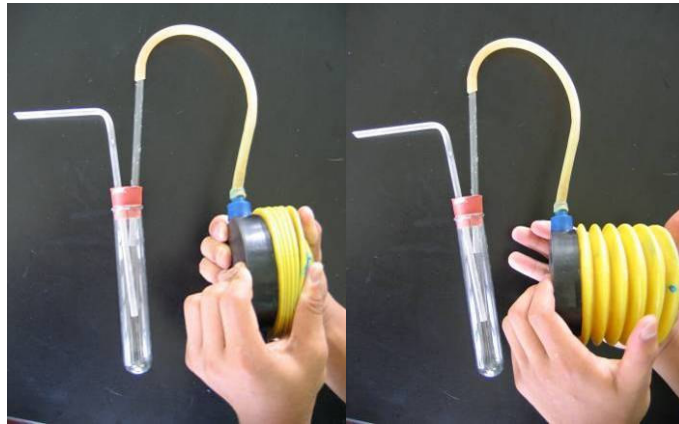
（圖四）右為完成的螞蟻巢，兩箭頭指出兩個開口位置，左下圖放大 L 夾位置

(二)捕捉螞蟻

在捉螞蟻前，我們會戴上橡膠手套、穿上長袖衣物來防止螞蟻的叮咬。

- 1、確認我們需要的螞蟻之出現地點。
- 2、追蹤到蟻巢後利用鏟子挖開蟻巢。
- 3、蟻巢在挖的同時注意螞蟻通道的走向，以改變挖掘的方向。
- 4、挖的同時利用螞蟻吸瓶將螞蟻（包括蟻后、工蟻、蛹）收集至試管或錐形瓶裡，收集到一定數量時將之移至較大的塑膠罐子裡。有關螞蟻吸瓶主要有兩種：

- (1) 利用塑膠幫浦（內含彈簧）以手動擠壓吸取螞蟻。擠壓幫浦時將管口移開，放開幫浦時將管口移近欲捕捉的螞蟻（圖五）。



（圖五）左：擠壓幫浦，右：放開幫浦以吸取螞蟻

- (2) 在可獲取電力的情形下利用吸塵器作為吸取的動力來源（圖六）。



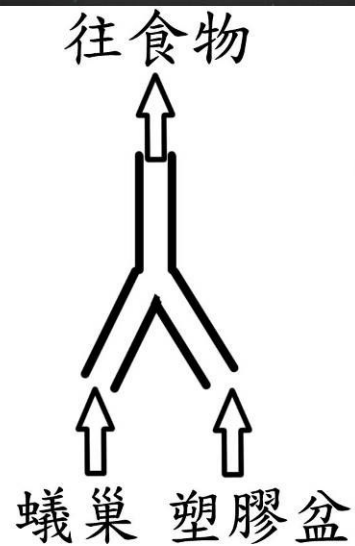
（圖六）利用吸塵器來吸取螞蟻，較有效率

- 5、為了防止捕捉的螞蟻逃出來，我們會在收集螞蟻瓶罐靠近罐口之處塗上適量的滑石粉。
- 6、再將螞蟻移至石膏內的新家。

(三)餵養螞蟻：

- 1、將捉到的螞蟻放入新的蟻巢
 - (1) 將內壁塗上滑石粉的漏斗插入蟻巢上方預留的通道，再將螞蟻倒入。
 - (2) 螞蟻完全移入後，移去漏斗，再利用黏土將上方出口封住。
 - (3) 在塑膠盆的側面挖了一個洞讓橡皮管插入，之後蓋上玻璃板，防止螞蟻逃出。
 - (4) 橡皮管連通入塑膠盆後連接 Y 形管的其中一支，另一分支則放到塑膠盆底部，讓掉下去的螞蟻可以有走回來的通道，而 Y 形管的末端則是通

往食物的方向（圖七）。



（圖七）上：蟻巢連結塑膠盆後連接 Y 形管並覆蓋上玻璃板
下：Y 形管的通道功能示意圖

- 2、螞蟻的食物來源有糖漿、植物果實，每三、四天會放一隻死去的昆蟲用以補充一些必要的蛋白質，還有一些水，並隨時利用噴霧器對蟻巢噴水，以保持蟻巢內濕度。

三、「不要進去費洛蒙」的探討

(一)確認小黃家蟻是否在我們的裝置上放置「不要進去費洛蒙」。

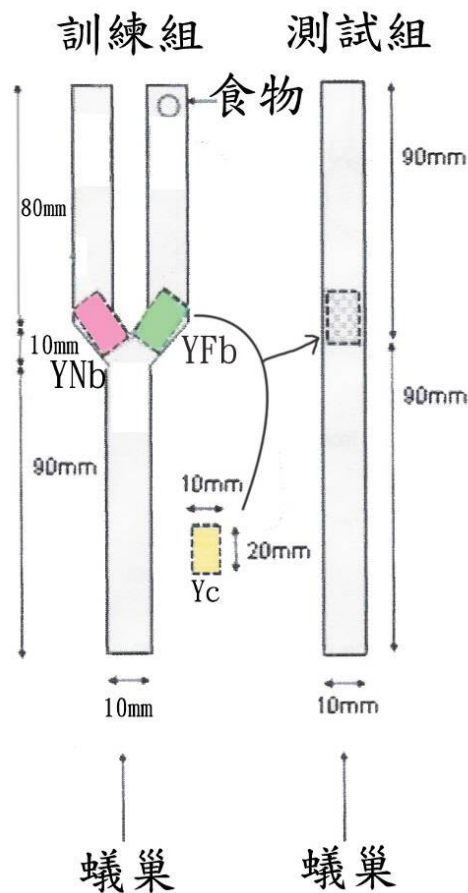
我們參考 Robinson et al.(2005)的實驗裝置，進行確認看小黃家蟻是否會在我們的實驗裝置遺留不要進去費洛蒙。

- 1、準備兩個族群的蟻巢，分別接上橡皮管以連接塑膠盆。
- 2、橡皮管接上 Y 形管，Y 形管出口端接塑膠瓦楞板，連接方式如下（圖八）。再蓋上玻璃。



（圖八）將 Y 形管連接蟻巢後與 Y 形塑膠瓦楞板連接，
瓦楞板下方以螺絲釘架高。

- 3、將兩個蟻巢分為訓練組和測試組，訓練組和測試組的蟻巢會隨機調換，以證明不同族群間的訊息是可互用的，下圖九與下頁表一是訓練組和測試組操作平台資訊：

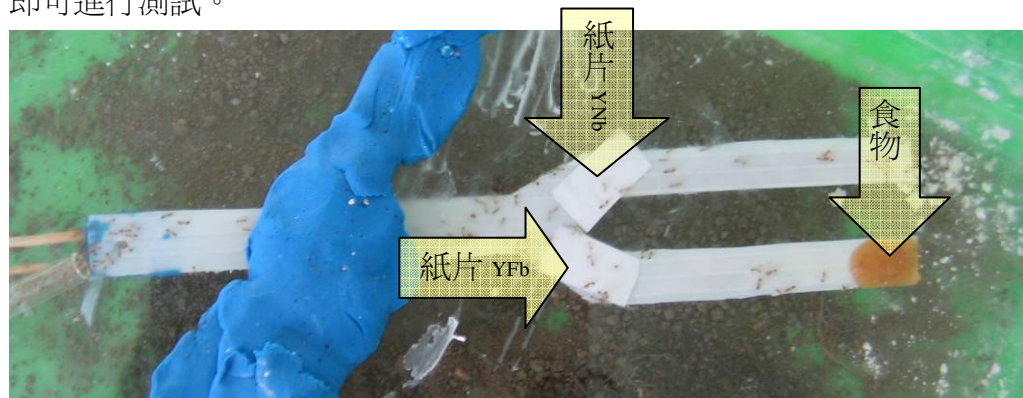


圖九：塑膠瓦楞板有兩組，**訓練組**目的使費洛蒙遺留於紙片上，**測試組**則測試遺留下來費洛蒙的功能。
YNb、**YFb**、**Yc** 分別在費洛蒙遺留下後移至測試組進行測試

(表一)	訓練組	測試組
目的	使螞蟻將費洛蒙遺留在紙片上	讓另一蟻巢測試遺留下的費洛蒙功能
平台	Y 形塑膠瓦楞版，分岔角度為 60 度	直線型塑膠瓦楞版
平台長度	18 cm	
食物	糖漿，隨機放置兩分支之一，避免視覺環境光線影響。放在最後 1cm 處	無 避免食物干擾結果
紙片	長 2cm 寬 1cm YNb 位於沒有通往食物的分岔 YFb 位於通往食物的分岔 Yc 放在蟻群中，以沾上領域費洛蒙	訓練後的 YNb 和 YFb 分別放到相對位置上做測試，Yc 則是控制組，用以跟 YNb 和 YFb 做比較

(表一) 確認螞蟻是否施放費洛蒙實驗中，訓練組和測試組的目的與裝置比較

- 4、我們採用紙片讓螞蟻施放費洛蒙，雖然費洛蒙遺留在塑膠板效果比紙片好，但紙片仍可保留費洛蒙一段時間(Jeanson, R., Deneubourg, J. L. & Ratnieks, F. L. W., 2003)，操作紙片較為方便。
- 5、放上紙片（背後標上各組編號）與食物後即開始訓練，訓練時間一天，訓練過程中將玻璃板蓋上，避免螞蟻逃逸，訓練後看到訓練組螞蟻在食物周圍後即可進行測試。



- 6、測試時將分別將紙片用鑷子夾到測試組平台就位。
- 7、將螞蟻的反應分為三種記錄觀察：

	U 型迴轉	直線前進	鋸齒前進	其他
標準	紙片接觸後迴轉欲回蟻巢者	直線走過紙片並直達終點者	過了紙片後在最後 3cm 內連續於 1cm 內觸碰走道兩側者	非左述三種情形者
意義 Robinson et al.(2005)	感受到「不要進去費洛蒙」	感受到標跡費洛蒙，前往找尋食物	找不到食物	其他因素

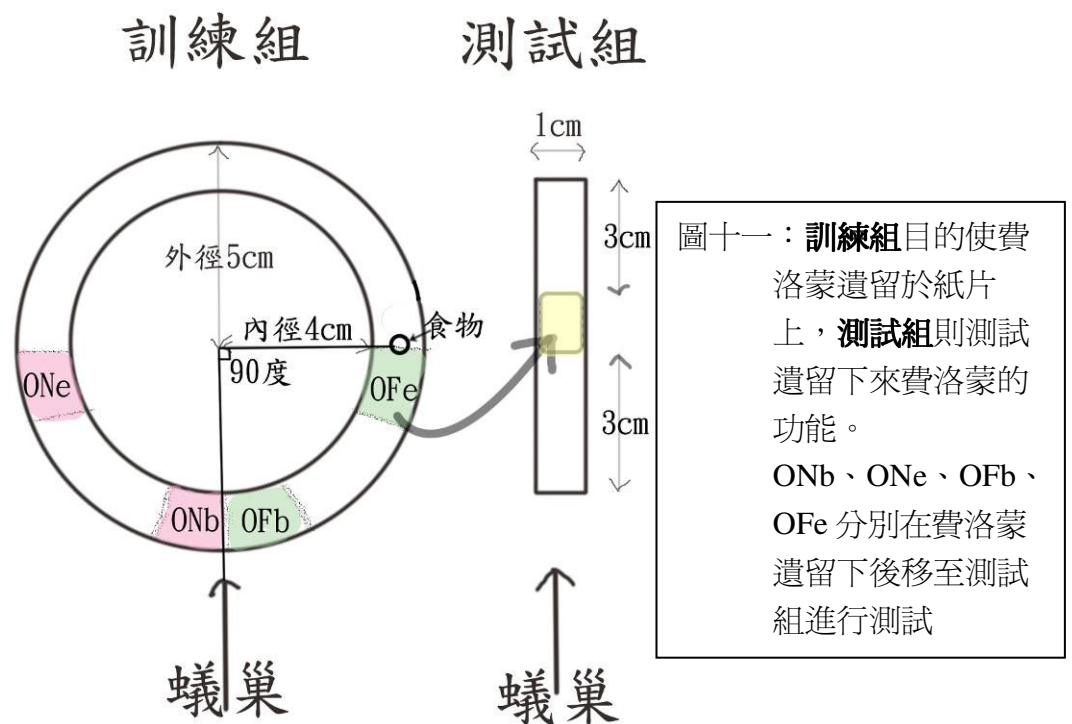
- 8、無論是 U 型迴轉、直線前進、鋸齒前進或其他，記錄後即從平台上以毛筆刷去，避免螞蟻回蟻巢告知前方無食物。
- 9、記錄 YNb、YFb、Yc 三組，螞蟻經過不同紙片時三種行為所佔比例。

(二)探討距離對「不要進去費洛蒙」影響。

- 1、爲了呈現在相同食物來源下，距離長短對於螞蟻是否放置「不要進去費洛蒙」，我們將訓練組操作平台設計爲圓形，其裝置與蟻巢連結如下（圖十）：

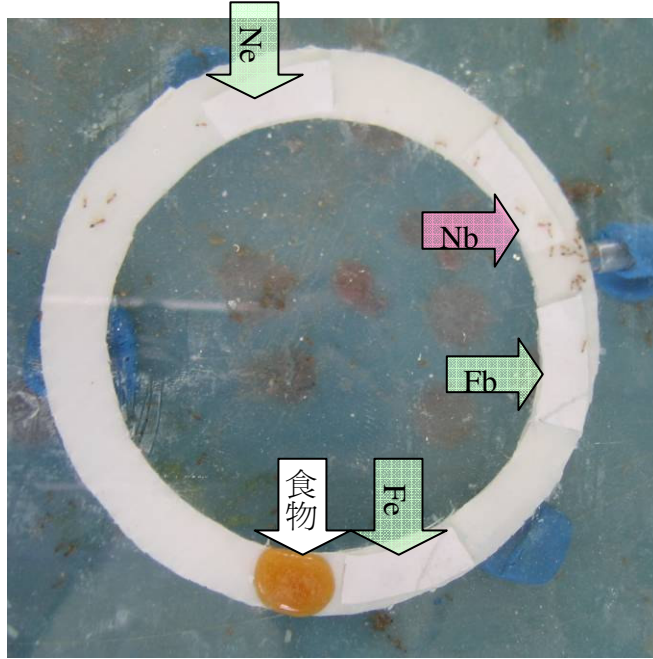


（圖十）將 Y 形管與圓形塑膠瓦楞板連接，瓦楞板下方以螺絲釘架高。



(表二)	訓練組	測試組
目的	使螞蟻將費洛蒙遺留在紙片上	讓另一蟻巢測試遺留下的費洛蒙功能
平台	圓形塑膠瓦楞版 外徑 5cm、內徑 4cm 並將內圓挖空心	直線型塑膠瓦楞版 長 8cm（約 1/4 訓練組圓周）寬 1cm
食物	糖漿，隨機放置與蟻巢出口左或右與走道成 90 度角，避免視覺環境光線影響。	無 避免食物干擾
紙片	ONb 位於沒有通往食物的分岔 ONe 位於沒有通往食物的 90 度角 OFb 位於通往食物的分岔 OFe 位於通往食物的終點	將訓練後的 ONb、ONe、OFb、OFe 分別放到中央上來做測試

2、上頁圖十一與表二分別為訓練組和測試組詳細資訊，而下圖為實際裝置圖。



- 3、將蟻巢連結 Y 形管後接到圓形平台。
- 4、放上紙片（背後標上各組編號）與食物後即開始訓練，訓練時間同樣為一天，亦得蓋上玻璃，訓練後看到訓練組螞蟻在食物周圍後即可進行測試。
- 5、測試時將分別將紙片用鑷子夾到測試組平台。
- 6、在記錄螞蟻反應與確認螞蟻是否在我們的裝置上放置「不要進去費洛蒙」標準在 U 型迴轉略有不同，改以接觸紙片前 1~2 cm 即稱為 U 型迴轉，其餘皆相同。
- 7、記錄時分別記錄 ONb、ONe、OFb、OFe 的螞蟻反應，但統計時 ONb 和 ONe 一起計算合稱為 N 組、OFb 和 OFe 一起計算合稱為 F 組，這是為了減少我們不知道螞蟻將費洛蒙放在哪裡所產生的誤差。

伍、結果與討論

一、了解螞蟻

(二) 觀察並區別小黃家蟻，大頭家蟻。

- 1、我們在校園中發現有相當多的大頭家蟻，也因為這些大頭家蟻使得我們的操場使用受到限制，如果可以對大頭家蟻更為了解，或許可以從中知道怎麼防治的方法，因此我們實驗的一開始就抓了很多的大頭家蟻，但找資料後發現「不要進去費洛蒙」的不是大頭家蟻，而是小黃家蟻，才知道這兩種螞蟻長的十分相像，除此之外，他們還跟紅火蟻很像，不過我們校園內沒有紅火蟻的出現，我們比較前兩種螞蟻整理為表格：

	小黃家蟻	大頭家蟻
學名	<i>Monomorium pharaonis</i>	<i>Pheidole megacephala</i>
社會階級	蟻后、雄蟻、工蟻	蟻后、雄蟻、兵蟻、工蟻
生活環境	房屋、水泥夾縫	野外土壤、草叢
工蟻體色	黃橙色、腹部黑	紅褐色
工蟻體長	2-2.5 mm	3mm
行走速度	較慢	較快
解剖顯微鏡下		
攻擊性	低，較不主動叮咬	高，會主動叮咬

- 2、兩種螞蟻比較上，我們建立自己的快速辨識法：

- (1) 先看蟻巢，若出口處堆有土堆的通常是大頭家蟻。
- (2) 看是否有兵蟻（右圖，頭部特大成方形，寬約胸部兩倍，體型可長達 5mm）。
- (3) 將螞蟻放在白紙上，可以感覺小黃家蟻較容易透光、大頭家蟻則否。
- (4) 在多次觸碰下比較其行走速度，肉眼估計大頭家蟻速度約略小黃家蟻速度兩倍快。



- 3、在螞蟻的防禦上，小黃家蟻受到驚擾後蟻巢內螞蟻會躲著不出來，而大頭家蟻卻會持續的跑出更多的兵蟻和工蟻來。

二、飼養螞蟻

(一)製作螞蟻蟻巢。

- 1、當初決定使用石膏來製作蟻巢時，沒有搞清楚石膏用法，一開始將石膏粉放進燒杯攪拌後再加入模子內，這樣的蟻巢在覆蓋上玻璃時可以蓋得很平整，不會有空隙，可是毀了燒杯，因為石膏都附著在燒杯上而摳不下來。後來去問了生活科技老師才知道是要先加水，再慢慢加入石膏粉，不過這樣做就會有蟻巢其中一面不是很平整，較不美觀。
- 2、蟻巢的製作我們曾只用雕刻刀來做過，很花費力氣，效果不會比用黏土好。在通道方面原先使用筷子連接黏土後再灌石膏，但這樣在去除筷子時石膏容易剝落，不甚美觀，所以後來決定通道使用雕刻刀刻就好。
- 3、黏土放置的位置最好距離邊框有點距離，結構較為穩固，另一方面也比較不怕螞蟻啃咬。
- 4、石膏要慢慢的加入，要等石膏沈澱後才繼續加，不然容易因氣泡產生空腔，螞蟻遭遇到小孔洞時特別喜歡挖掘而掘穿出去，這會導致螞蟻數量減少，如空腔出現最好用圓頭的雕刻刀磨平。
- 5、利用 silicon 黏合玻璃和石膏時不要塗的太厚，塗得太厚會讓石膏和玻璃間產生空隙，螞蟻就不按照走道走了。
- 6、我們的蟻巢設計主要概念來自《螞蟻螞蟻》一書，但他將石膏蟻巢放入塑膠盆中雖一來可以濕潤蟻巢、二來可以當作護城河防止螞蟻逃出，但石膏吸很多水之後反而易於螞蟻鑿穿，所以我們沒那麼做，這在大頭家蟻上特別容易發生。

(二)捕捉螞蟻。

- 1、爲了維持蟻巢穩定性，每巢至少蟻后一隻、工蟻五百、蛹或卵數十。
- 2、我們一度把大頭家蟻的兵蟻當成是小黃家蟻的蟻后在抓，除了抓得很興奮以外，也被咬的哇哇叫，後來凡是要出去抓螞蟻我們都會全副武裝，這是在面對大頭家蟻才必要，小黃家蟻則比較不會咬人。

	小黃家蟻	大頭家蟻
被咬的皮膚	像被蚊子叮了一樣，會癢但不痛，浮腫三四天就會消失，疤痕不久消失 	紅腫熱癢痛，中心有一點白色水泡，會逐漸擴大，一個禮拜多才會逐漸消退，留下小疤痕，嚴重點的疤痕兩三個禮拜才消去 

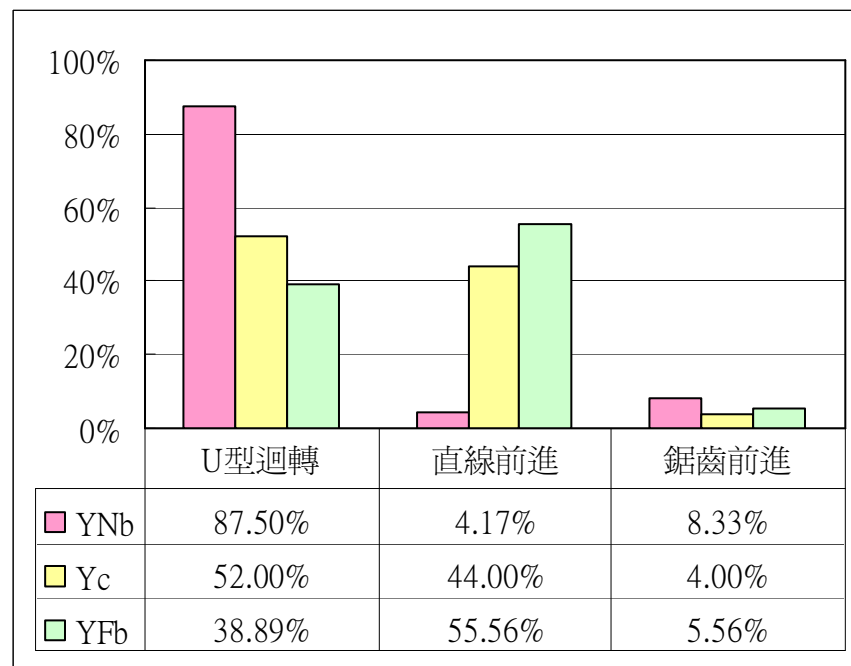
- 3、吸取螞蟻時必要放一些構成蟻巢的物質，例如泥土，用以讓螞蟻不至於太過不習慣新的環境，但捕捉後要放入我們為他做的新家時則盡量減少這些東西，除了觀察容易也避免放入螞蟻的通道被泥土石塊阻塞。
- 4、防止螞蟻逃逸最好是使用滑石劑，我們請老師打電話跟化學藥品公司詢問的結果是一小罐就要上千元，因為是純的，且沒有工業等級的可以用，所以我們就使用滑石粉，雖然便宜很多，但效果有限，一隻一隻螞蟻走過一樣的路後，滑石粉的量會逐漸減少，必須隨時補充。

三、「不要進去費洛蒙」的探討

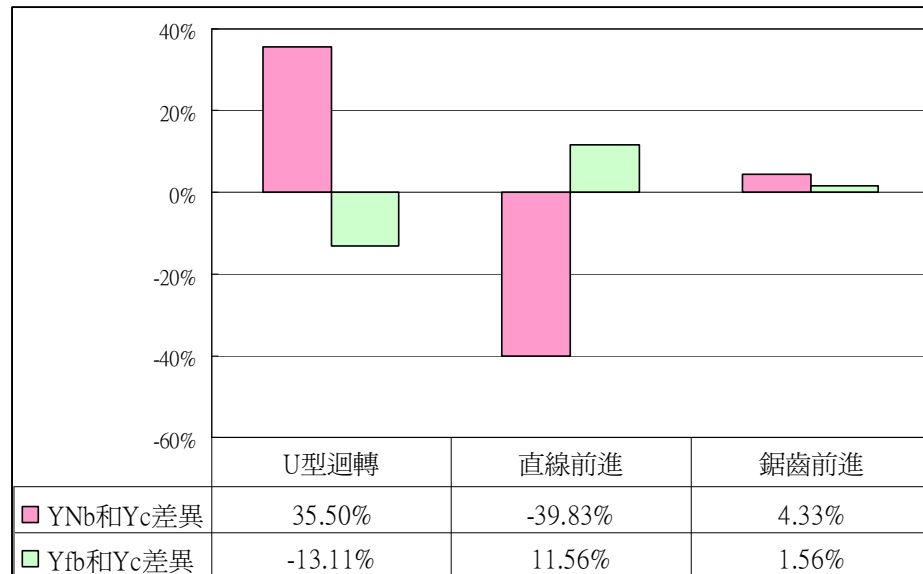
(一)確認螞蟻是否在我們的裝置上放置費洛蒙。

- 1、下圖比較 YNb (粉紅色，無食物)、YFb (綠色，有食物)、Yc (黃色，中性條件控制組) 三組間 U 型迴轉、直線前進、鋸齒前進所佔的百分比，其

計算方式舉例：YNb 組的 U 型迴轉比例 = $\frac{\text{YNb組U型迴轉數}}{\text{YNb組總數量}} \times 100\%$



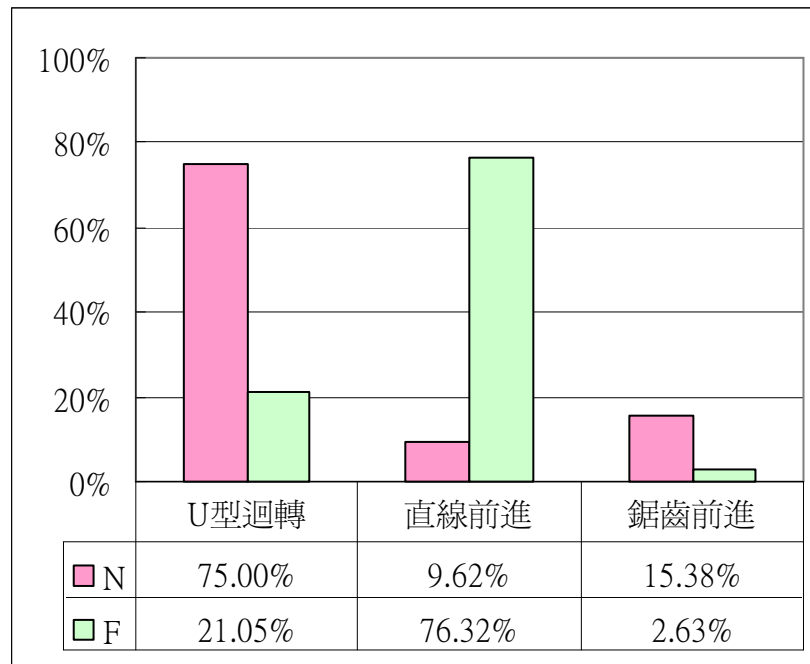
2、由上圖來看，分別比較 YNb 及 YFb 與 Yc 的差異，發現：



- (1) YNb 和控制組比較下，較多 U 型迴轉的及比較少的直線前進，顯示螞蟻接收到「不要進去費洛蒙」而不再繼續前進，且願意直線前進的量也比較少。
 - (2) YFb 和控制組比較下少 U 型迴轉的和比較多的直線前進，顯示螞蟻接收到「標跡費洛蒙」而願意繼續前進，且不願前進的量也比較少。
 - (3) 在鋸齒前進方面，雖然 YNb 和 YFb 都比控制組還多，但 YNb 的量仍比 YFb 還多一點，顯示螞蟻前進後找不到食物的情形 YNb 組比 YFb 還多。
- 3、從第二點可知螞蟻在我們的裝置上的確遺留下「不要進去費洛蒙」以及「標跡費洛蒙」，且其作用使螞蟻的行為有截然不同的反應。

(二)探討距離對費洛蒙影響。

- 1、下圖比較 N 組（■粉紅色，無食物）、F 組（■綠色，有食物）兩組間 U 型迴轉、直線前進、鋸齒前進所佔的百分比：



- 2、根據實驗裝置，可知兩條通往食物的通道長度約為 21 cm 及 7 cm（取 4.5 cm 為半徑的圓），兩條路線差異約 14 cm 情況下進行測驗的結果，N 組在 U 型迴轉和鋸齒前進兩個測試數量多於 F 組，但在直線前進數量則少於 F 組，可知在距離長短不一，但食物來源相同狀況下，螞蟻會在比較遠的那條路徑上放置「不要進去費洛蒙」。
- 3、本組實驗基本假設是螞蟻會在我們的裝置上遺留下「不要進去費洛蒙」和「標跡費洛蒙」，且這 N 組、F 組數據在 U 型迴轉中以 N 組較多，但在直線前進時反而是 F 組較多，因而表面上看起來沒有控制組，但實際上是互相比較出來的。然而我們不是螞蟻，因此不知道螞蟻對於距離遠近的意義如何界定，如果時間允許的話我們應該還要兩個方向可發展：
- (1) 增加「距離上的控制組」，也就是再做一組食物與入口通道呈現 180 度的夾角下，分別測試 F 組和 N 組是否有差異，此外與 90 度的 F 組和 N 組做比較，若 180 度的控制組的 U 型迴轉比 90 度的 N 組少、F 比組多，再加上直線前進 180 度的控制組比 90 度的 F 組少、N 比組多，那就有更充分的證據說明我們的結果。
 - (2) 不同半徑圓形走道之下，螞蟻對於施放「不要進去費洛蒙」是否有強度上的差異。
- 4、在距離上的問題，理想上兩條路徑的長度差異是 14 cm，但這是在螞蟻都沿著走道中央前進時才是，如果遠的那條螞蟻走內徑（18.8 cm）、近的那條螞蟻走外徑（7.8 cm），那麼差距就縮小到 11 cm；相反如果遠的那條螞蟻走外徑（23.6 cm）、近的那條螞蟻走內徑（6.3 cm），那麼差距就放大到 17 cm，所以這個實驗的距離差異實際上應為 11~17cm。

陸、結論與心得

- 一、從我們的實驗結果可以知道小黃家蟻在相同食物來源下，它會在距離比較遠的那條路上遺留下「不要進去費洛蒙」來告知同伴不要浪費力氣再次探索。
- 二、當初決定題目時，我們想了很多，如一開始我們想要比較小黃家蟻和大頭家蟻在「不要進去費洛蒙」在距離因素上施放量的比較，可是距離長短因素是否會影響費洛蒙施放沒有人做過，且發現人家做出來的是小黃家蟻的結果而不是大頭家蟻的，所以要做的話要先做大頭家蟻到底有沒有「不要進去費洛蒙」。這讓我們深深覺得要問一個問題，得先解決一堆小問題，老師也說不要怕問的問題是蠢的，怕的是我們不敢去問，面對問題應該要從小地方做起，不要太好高騖遠。所以我們才決定縮小範圍，先做小黃家蟻對距離因素影響下「不要進去費洛蒙」的施放。
- 三、在實驗過程中遇到的困難：
 - (一)數量問題：我們的每個蟻巢至少都要有五百隻工蟻和一隻蟻后，這其中扣掉幫忙孵育蛹的工蟻、老是圍繞在蟻后旁的工蟻，剩下會跑出來搜尋食物的螞蟻數量相當有限，當螞蟻的流量不大時，我們的實驗可以說完全停擺，解決的方法就是去抓更多的工蟻。而且有時候螞蟻會因為玻璃板沒封好而導致逃跑了大半，這讓我們花很多時間在數量維持上。
 - (二)氣候因素：當初決定科展題目時是冬天，螞蟻的數量真是少到可憐，我們花了好些時間在搜尋螞蟻的蹤跡，但一直到春天才開始有所斬獲，且有時遇到下雨，這也讓我們荒廢好幾時日。
- 四、未來的展望，除討論過的可就距離因素做更多的發揮，其實「不要進去費洛蒙」的了解還是不深，例如他到底是什麼樣的物質？除了小黃家蟻還有哪些螞蟻種類也有？除了搜尋食物時會使用還有什麼狀況下會用？還是「不要進去費洛蒙」也含有距離遠近的訊息在裡頭？是否可以利用「不要進去費洛蒙」做螞蟻的防治？這都是可以再深入探討。

柒、參考資料

- 一、Elva J. H. Robinson, Duncan E. Jackson, Mike Holcombe and Francis L. W. Ratnieks (2005). Insect communication: 'No entry' signal in ant foraging. *Nature* **438**, p.442
- 二、Jeanson, R. , Deneubourg, J. L. & Ratnieks, F. L. W. (2003). *Physiological Entomology*.**28**, p.192 – 198
- 三、P. J. Gullan &P. S. Craston (民 91 年)。 **昆蟲學概論**。(徐堉峰譯)。臺北市：合記。(原著出版年 2000 年)
- 四、伯特·霍德伯勒和艾德華·威爾森(民 89 年)。 **螞蟻螞蟻：威爾森與霍德伯勒的螞蟻探索之旅**。(蔡承志譯)。臺北市：遠流。(原著出版年 1994 年)
- 五、螞蟻叉路留氣味記號提醒同伴前方無食物(民 94 年 11 月 25 日)。中央日報。民 94 年 12 月 23 日，取自：
<http://www.cdn.com.tw/daily/2005/11/25/text/941125h8.htm>
- 六、顧世紅。認識生物—螞蟻。民 95 年 1 月 24 日，取自：
<http://www.nmns.edu.tw/New/PubLib/NewsLetter/91/174/12.htm>

評語

031717 「蟻」一做百-小黃家蟻「不要進去費洛蒙」對距

離因素的探討

本實驗根據科學新知進行構思，設計新穎，亦見初步正面結果。若將其中“距離”的主題多做引伸開展，將有良好的結果。