

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生物科

第三名

080305

全力蟻赴

學校名稱：嘉義市港坪國民小學

作者： 小五 蕭筠蓁 小五 黃榆絜 小五 侯家泓	指導老師： 黃建銘 陳素卿
-----------------------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：螞蟻、搬食、長角黃山蟻

摘要

我們在校園作螞蟻種類調查，發現了六種螞蟻。接著我們探討螞蟻喜愛的食物，發現長角黃山蟻最喜歡的食物是肉鬆，而黑頭荒蟻最喜歡的食物是棒棒糖。對於長角黃山蟻而言，肉鬆味道濃且輕巧，可以很快搬食，而且數量不同的長角黃山蟻都有特定搬食的方式。如果數量越多的長角黃山蟻加入搬食行列之中，前進時會讓整體速度加快 20% 以上。最後我們作了人工蟻穴，模擬長角黃山蟻搬食通過不同形狀的洞口，發現皆有其不同的因應策略。

壹、研究動機

某一天，我正在教室享用美味的早餐—麵包，一不小心把麵包屑掉到了地上，後來，一隻螞蟻用閃電般的速度來到麵包屑的位置，後來又接二連三的一群螞蟻一起來到了麵包屑所在地。於是我想起了老師在四年級自然課昆蟲單元時說過，許多螞蟻可以搬起比自己重量重很多的食物，而且牠們都會很勤奮的分工合作。果然過了一會兒，牠們同心協力的搬起了一大塊麵包屑，讓我引起了好奇心，於是，我就跟著牠們來到牠們的巢穴，我心想：究竟牠們怎麼溝通要如何移動？這麼大塊的麵包屑如何從那麼小的洞口進入？因為這件事讓我開始了關於螞蟻搬食的研究。

貳、研究目的

一、探討校園常見螞蟻的種類

- (一)調查校園螞蟻
- (二)建立校園螞蟻分類地圖

二、探討螞蟻喜愛食物 – 以長角黃山蟻、黑頭荒蟻為例

- (一)螞蟻喜愛的食物：長鏈狀分布
- (二)螞蟻喜愛的食物：圓形狀分布
- (三)以百格板實驗搬食的速度

三、探討螞蟻搬食使用的方式 – 以長角黃山蟻為例

- (一)觀察螞蟻搬食的行為
- (二)探究螞蟻搬食時不同隻數的行走速度

四、觀察螞蟻於不同形狀洞口搬食的因應策略 – 以長角黃山蟻為例

參、研究設備及器材

試管	線香	放大鏡	平板電腦	衣架	平板顯微鏡
洋芋片	巧克力	肉鬆	棒棒糖	嗨啾軟糖	牛奶糖
菜脯餅	黏土	布丁盒	石膏粉	凡士林	電鑽
打火機	紙箱	衣架			

肆、研究過程、方法與結果

一、探討校園常見螞蟻的種類

(一)調查校園螞蟻

1.實驗過程：

- (1)以學校操場邊角出發，走 10 步為一個採樣點，將發現的螞蟻放入試管帶回教室給指導老師(圖一)。
- (2)指導老師使用線香將螞蟻薰暈後，用直尺在旁對比身體長度拍照，再使用平板顯微鏡放大仔細觀察身體特徵，對照資料查詢螞蟻物種名稱(圖二)。
- (3)我們將校園螞蟻分工合作，以 10 步為一個採樣點的方式調查記錄(圖三)，使用放大鏡看身體特徵，遇到不同種類的螞蟻重複步驟(1) (圖四)。



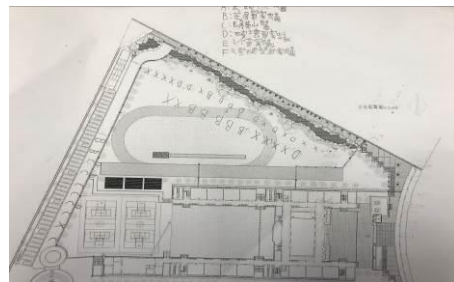
圖一



圖三



圖二





圖四


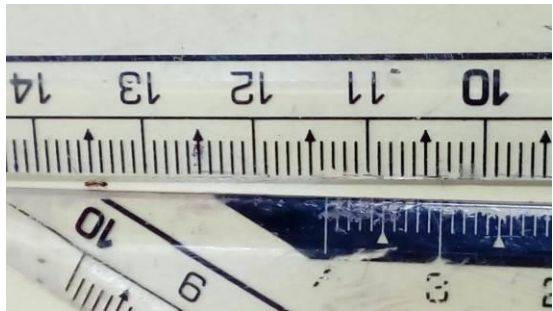
2. 實驗結果：

(1) 我們總共發現 6 種不同種類螞蟻，種類名稱和身體特徵分別是：



(A) 堅硬雙針家蟻

	
發現地點和身體特徵	在操場上發現。我們原本以為是花居單家蟻，因為頭和腹部都是褐色的，但是經過平板顯微鏡放大後才發現胸的部分分節和花居單家蟻很不一樣。體長 3.1 - 3.2mm，頭胸有細微的凸瘤，腹部褐色光滑，發現牠們時正在離開圓形蟻穴門口。

(B) 破壞單家蟻



	
發現地點和身體特徵	我們首先在守衛室旁的水溝內發現，正在成一系列在水管上移動著。身體長 2.5-3mm，體色自頭到胸部多為淡黃色，腹部則相對呈現深褐色，身體平滑且光亮，腰節有 2 節突起。我們對於牠們名字中的「破壞」很好奇，查了資料才發現牠們不只食用其他昆蟲的屍體、卵、或室內的任何食物，甚至也會啃食電線、破壞電器及電信設備。

(C) 黑頭荒蟻



	
-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

發現地點和身體特徵	首先在風雨球場旁發現，後來在操場上也有牠們的蹤跡。身體很小，約 1.5-2mm，腹部底端是尖的，向胸部延伸逐漸變粗。頭部為黑褐色，是其名稱的由來，胸部、腹部則是乳白色或米黃色。
-----------	------------------------------------------------------------------------------------------



(D)小黃家蟻

	
發現地點和身體特徵	又稱為法老蟻，在操場上發現。體型瘦長，約 2.5-3.5mm，身體是淺黃色或淺黃褐色，有時不同角度看又帶有點紅色。胸部後段與腹部連接處有 2 小節。

(E)長角黃山蟻

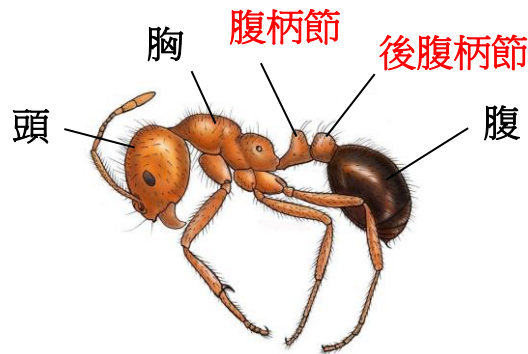
	
發現地點和身體特徵	學校的風雨球場和專科教室附近的水泥地都有長角黃山蟻的蹤跡，身體是黑褐色，觸角及腳的顏色稍淡，具弱光澤。身體長度約 2.5-3 mm，身體背面在陽光下不同角度有不明顯的藍斑光澤，腳細長，移動速度很快。

(F)花居單家蟻

	
-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

發現地點和身體特徵	在操場或建築物裡面都有發現牠們的蹤跡。體長 2mm，頭大，觸角細長呈垂直狀，胸部及腹結節窄而長，頭部和腹部黑褐色，看起來體態纖弱但爬行速度很快。
-----------	--------------------------------------------------------------------------

(2)在平板顯微鏡觀察下，我們發現其中幾種螞蟻的胸部和腹部連接處還有 2 個小節，這和我們之前四年級自然課所認識的昆蟲，構造分為頭、胸、腹三個部位又有點不一樣。查了相關資料，才知道這 2 個小節只有火蟻屬和家蟻屬的螞蟻才有，名稱是腹柄節與後腹柄節（圖五）。





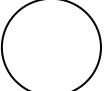
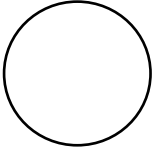





圖五

(二)建立校園螞蟻分類地圖

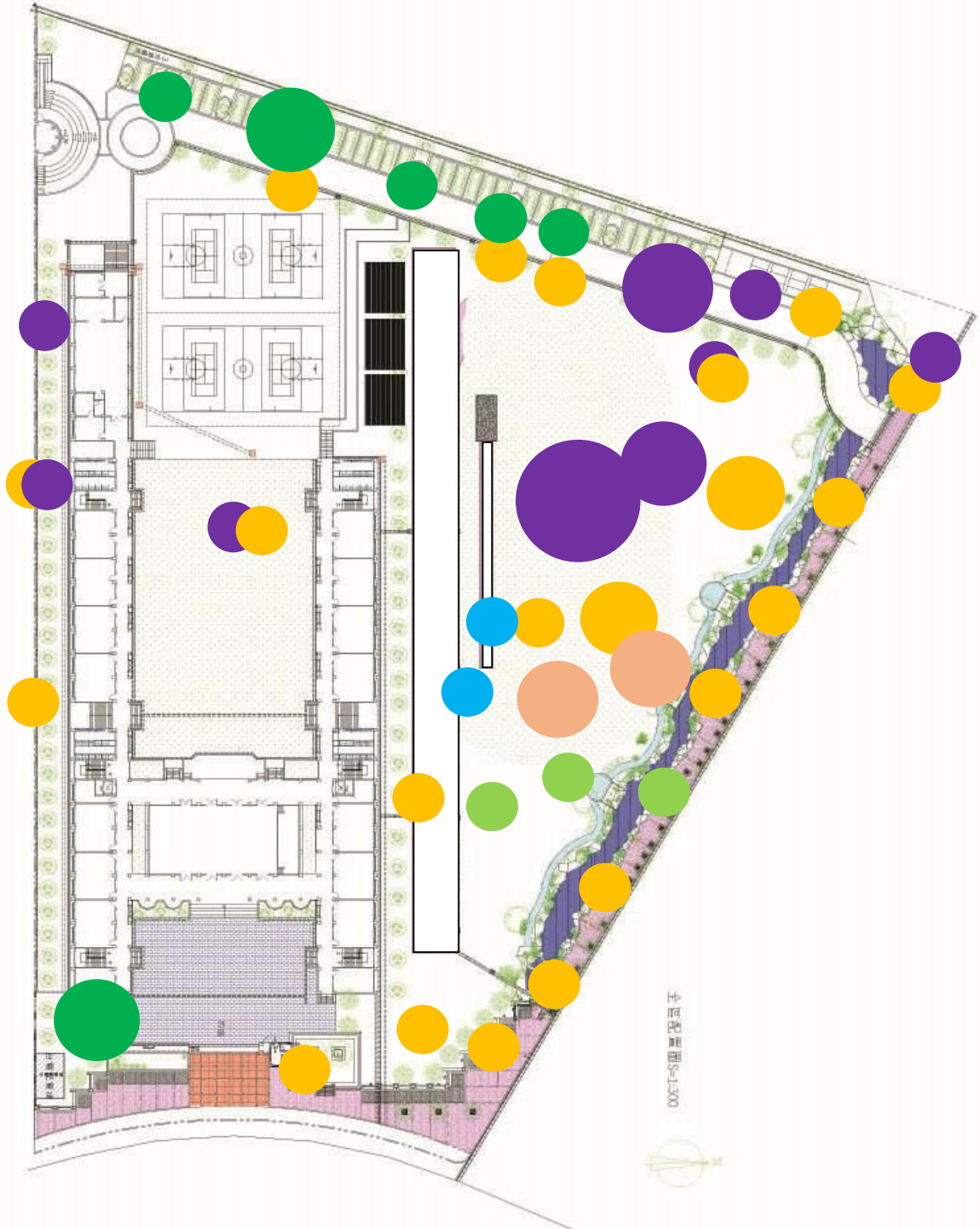
1.實驗過程：

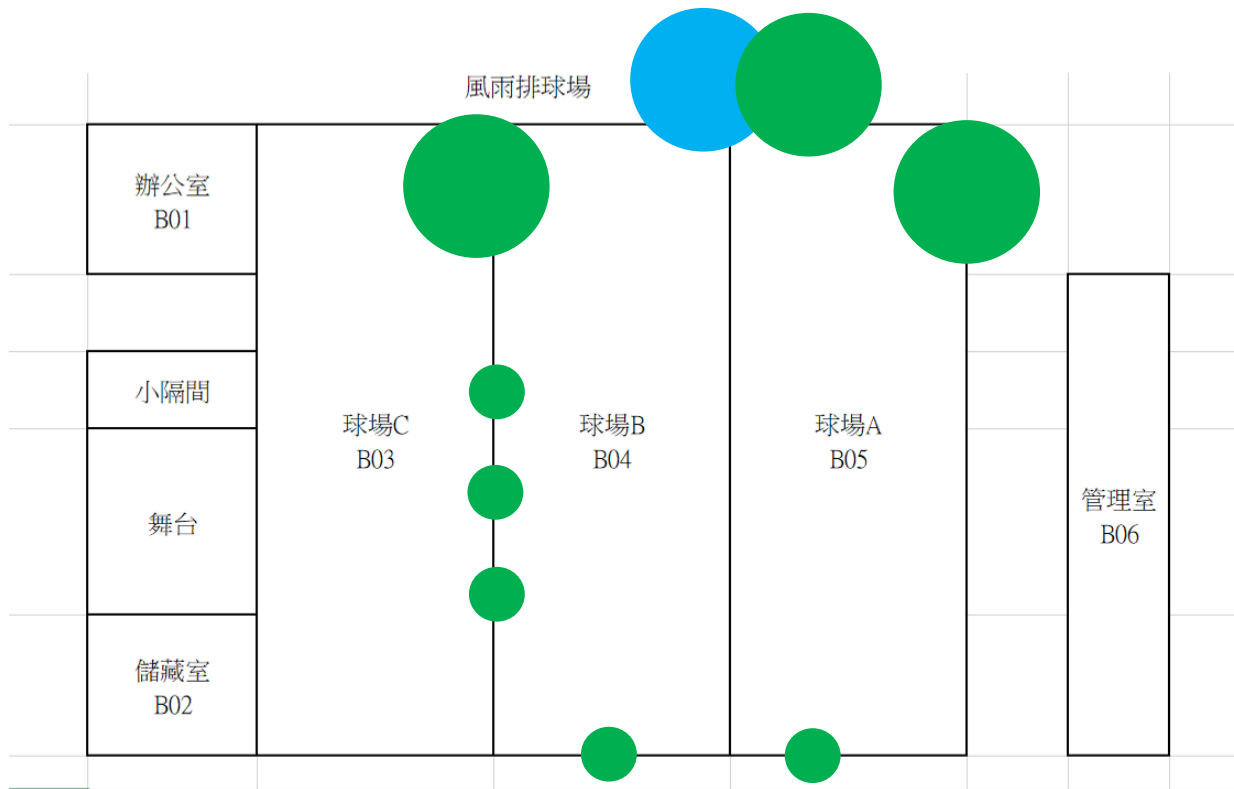
- (1)把調查表上的紀錄作歸納整理，繪製校園螞蟻地圖。
- (2)用顏色表示種類。
- (3)用大、中、小的圓表示數量。

2.實驗結果：

種類	顏色	數量
堅硬雙針家蟻		 1~5 隻  6~10 隻  11 隻以上
破壞單家蟻		
黑頭荒蟻		
小黃家蟻		
長角黃山蟻		
花居單家蟻		

(1)校園螞蟻地圖





(2)建立校園螞蟻地圖後才發現學校的螞蟻分布比我們想像大很多，而且往往我們乍看之下以為是同種類的螞蟻，仔細觀察身體特徵後才辨認出其相異之處。另外我們也發現不同時間去作調查，螞蟻的數量不盡相同，尤其是我們有 2 次中午大太陽時去調查，螞蟻出現的數量很少，因此我們認為螞蟻不喜歡溫度很高的環境出來覓食。

(3)走遍校園調查後，發現螞蟻的窩都不大一樣，有些螞蟻住在木頭裡，有些在建築物縫隙中，還有些在操場上有小圓形出口洞穴，附近有許多的土堆。

二、探討螞蟻喜愛食物 – 以長角黃山蟻、黑頭荒蟻為例

(一)螞蟻喜愛的食物：長鏈狀分布

1.實驗過程：

(1)我們想知道當螞蟻面對很多不同種類食物可以選擇的時候，首先喜好吃哪一種食物，於是討論了 7 種不同食物(圖六)，這些是我們認為螞蟻喜歡吃的，分別是洋芋片、菜脯餅、嗨啾軟糖、牛奶糖、肉鬆、棒棒糖、巧克力。

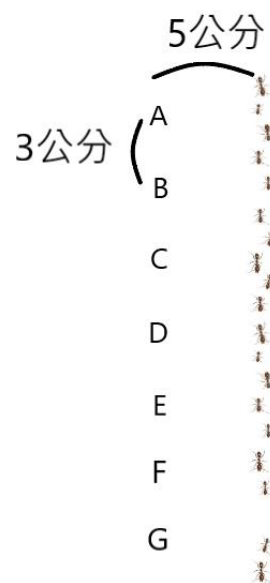
(2)我們以風雨球場數量很多的長角黃山蟻為實驗目標。

(3)把 7 種食物分開相聚 3 公分，與螞蟻行進路線相隔 5 公分的位置擺放，紀錄螞蟻選擇喜好食物的先後順序(圖七、圖八)。

圖六



圖七



圖八

2. 實驗結果：

食物	開始聚集時間	搬食情形
洋芋片	30 分鐘	沒有明顯搬食現象
菜脯餅	25 分鐘	嘗試搬食小塊餅乾屑
嗨啾軟糖	8 分鐘	聚集在嗨啾軟糖上
牛奶糖	9 分鐘	聚集在牛奶糖上
肉鬆	1 分鐘	先將肉鬆分解，再搬進蟻窩
棒棒糖	6 分鐘	聚集在棒棒糖上
巧克力	32 分鐘	沒有明顯搬食現象

(1)長角黃山蟻首先喜歡的是肉鬆，幾乎一開始大部分集中在肉鬆周圍，然後過 2 分鐘左右就開始把肉鬆搬回巢穴。

(2)搬完肉鬆後，長角黃山蟻第二喜歡的是棒棒糖、嗨啾軟糖和牛奶糖，但是大部分聚集在旁邊，看起來是聚在一起吸允糖汁。

(3)我們原本認為螞蟻也很喜歡吃的洋芋片、菜脯餅和巧克力這三個餅乾類食物，竟然沒有馬上被長角黃山蟻青睞，很少聚集在這些食物上面。

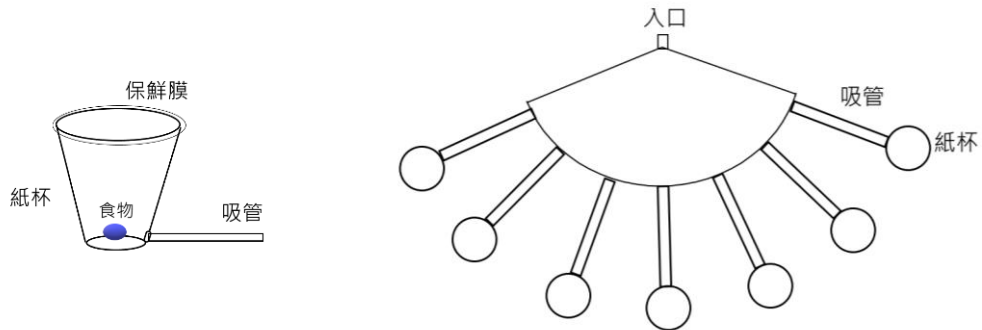
(4)因為每一隻螞蟻離食物的距離都不一樣，老師希望我們可以設計更準確的實驗來得知長角黃山蟻的喜好，所以我們重新設計一個裝置再做一次喜愛食物的實驗。

(二) 螞蟻喜愛的食物：圓形狀分布

1. 實驗過程：

(1) 我們假想如果長角黃山蟻要面臨決定時，和每種食物的距離都一樣，這時候的實驗結果是不是會更精準，因此有夥伴想到數學課教過的圓：圓心距離圓周都是固定的距離。我們設計把食物分開放在圓周上，長角黃山蟻位於圓心。

(2) 這是我們的假想設計圖：



(3) 製作過程與完成圖：



(4) 我們完成了 2 組，分別放在球場旁的樹葉堆(圖九)以及球場內(圖十)，每一小時紀錄一次。



圖九



圖十

2.實驗結果：

(1)球場旁的樹葉堆：本來我們預期是長角黃山蟻來搬食，沒想到進入實驗裝置的是意外之客：黑頭荒蟻，但是我們仍對此實驗作了紀錄。以黑頭荒蟻來說，最喜愛的食物是棒棒糖(圖十一)，聚集許多數量在上面。第二多的是牛奶糖，而我們認為牠們也會喜歡的肉鬆，黑頭荒蟻卻只有少少幾隻在搬食(圖十二)。最後餅乾類的食物黑頭荒蟻也不喜歡，數量都不多(圖十三)。

食物	60 分鐘後 (隻數)	120 分鐘後 (隻數)	180 分鐘後 (隻數)
洋芋片	0	1	2
菜脯餅	0	0	1
嗨啾軟糖	5	11	15
牛奶糖	8	20 隻以上	20 隻以上
肉鬆	2	3	5
棒棒糖	10	20 隻以上	20 隻以上
巧克力	1	3	2



圖十一



圖十二



圖十三

(2)球場內：第二個實驗裝置進去搬食的是長角黃山蟻，而偏好選擇和長鏈狀分布相同，首先選擇食物是肉鬆，很快地就把肉鬆全部搬完。接著開始在棒棒糖、嗨啾軟糖上聚集，而餅乾類的食物仍然不受喜愛。

食物	60 分鐘後 (隻數)	120 分鐘後 (隻數)	180 分鐘後 (隻數)
洋芋片	1	0	2
菜脯餅	0	3	1
嗨啾軟糖	6	8	10~12
牛奶糖	5	8	10~12
肉鬆	10~12	12~15	將近搬完了
棒棒糖	8	10~12	12~14
巧克力	1	0	2

(3)球場旁的樹葉堆上附近，有明顯的長角黃山蟻在旁移動，實驗前我們一直認為實驗對象會是牠們，但是在實驗裝置內卻沒有任何一隻。我們猜測對於黑頭荒蟻首先發現食物，而且只能允許同種類的螞蟻搬食，若有其他不同種類的螞蟻搶食會有排擠的狀況。

(4)對於實驗結果我們很訝異，對長角黃山蟻而言喜愛的食物除了嗨啾軟糖或棒棒糖這類甜食之外，肉鬆是首先搬食完的。我們猜測是因為肉鬆的味道很濃，除了是長角黃山蟻喜歡味道之外，也具有重量輕好搬移的特性，於是長角黃山蟻先選擇把肉鬆搬完。

(5)我們針對長角黃山蟻，想了解究竟對於牠們喜歡的食物搬食的速度快慢差距，因此我們繼續作下一個螞蟻搬食的速度實驗。

(三)不同食物以百格板實驗搬食的速度

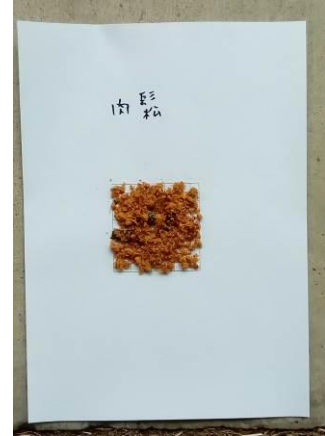
1.實驗過程：

(1)我們選擇長角黃山蟻最喜歡的肉鬆、嗨啾軟糖、棒棒糖來作搬食速度的實驗。用邊長 5 公分的正方形作成 100 小格，秤取 11 公克的食物平舖在正方形上，紀錄每個食物被搬食後的方塊數量來得知搬食的速度。

(2)嗨啾軟糖和棒棒糖有黏稠性，因此嗨啾軟糖要用美工刀切成小塊狀，而棒棒糖則用鐵鎚敲碎後取出，但是棒棒糖的碎塊大小體積不一，因此採用體積大的碎塊佔的面積較大來估算。

(3)在連續三天的早上 7 點放下一種百格板，記錄至下午 5 點，每隔 2 個小時做拍照，再由照片估算剩下的格子數。





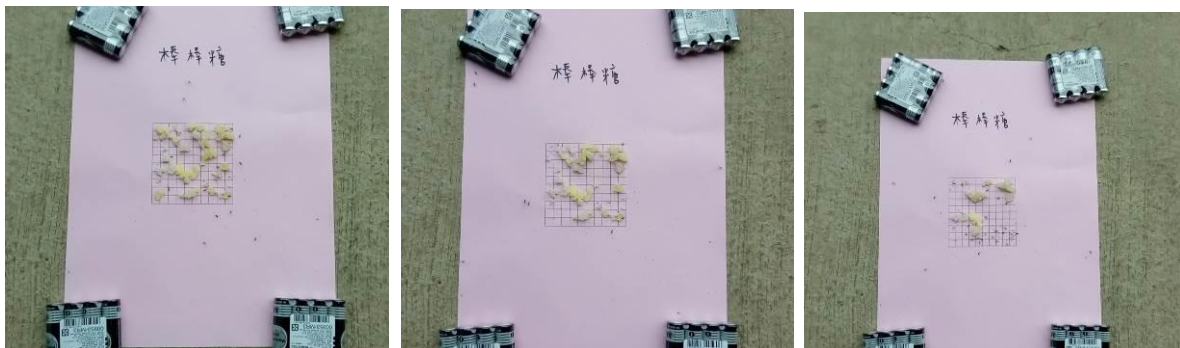
實驗結果：

(1)肉鬆：肉鬆在很快的時間內就聚集很多長角黃山蟻，以很快的速度分工合作的搬食，經過 10 個小時後幾乎就快搬完了。



經過時間	2 小時	4 小時	6 小時	8 小時	10 小時
剩下格子數	88	68	43	22	3

(2)棒棒糖：吸食的長角黃山蟻數量很多，但是搬移現象卻不明顯。我們觀察到有些螞蟻在糖果上吸食很久的時間，猜想可能是棒棒糖的碎片仍然很重，而且具有黏性，對長角黃山蟻而言不好搬移，於是就地吸食分解糖分帶回巢穴。

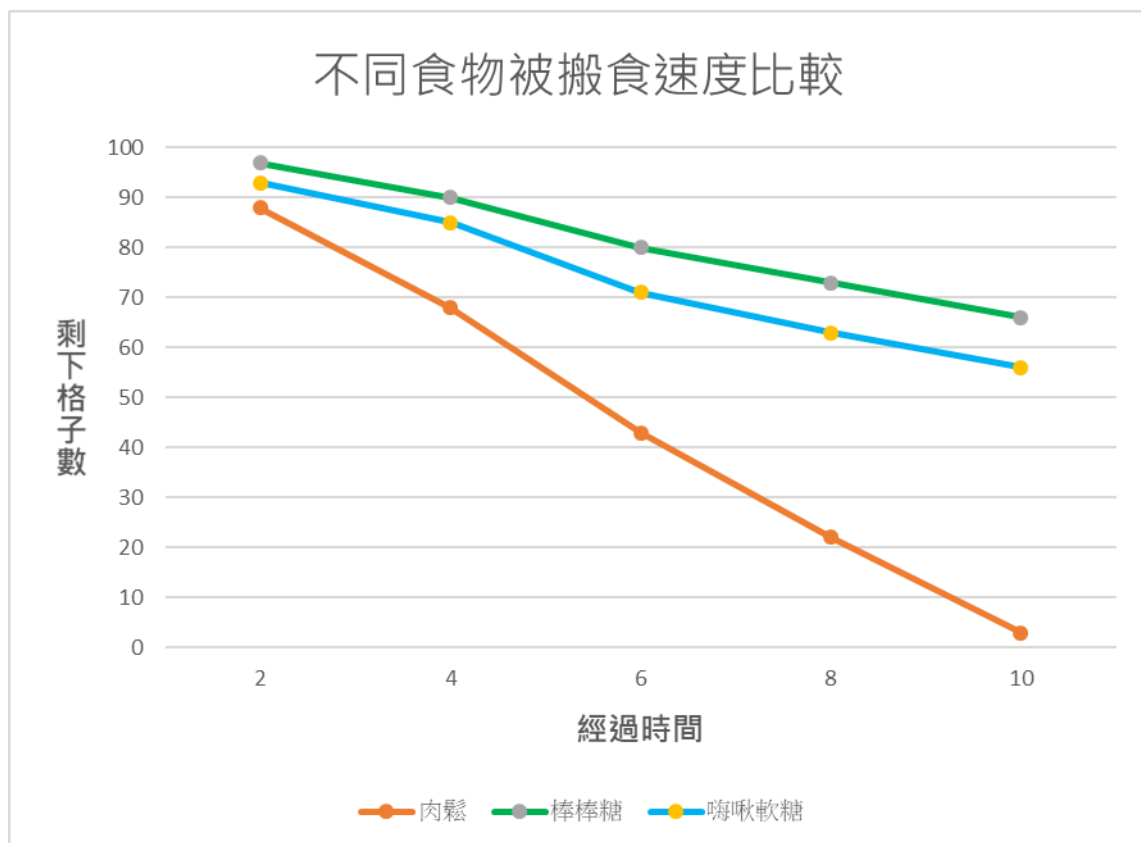


經過時間	2 小時	4 小時	6 小時	8 小時	10 小時
剩下格子數	97	90	80	73	66

(3) 嗨啾軟糖：嗨啾軟糖被長角黃山蟻搬移的現象和棒棒糖很接近，觀察到大部分都在吸食，只有小塊軟糖有被搬移的情形。



經過時間	2 小時	4 小時	6 小時	8 小時	10 小時
剩下格子數	93	85	71	63	56



(4) 肉鬆被搬食的現象很明顯，因為我們認為原因是輕盈好拆解，而且濃厚的味道是長角黃山蟻喜歡的。而雖然棒棒糖和嗨啾軟糖也會吸引長角黃山蟻，但是有黏性而且重量較重，大部分的牠們聚集在周圍吸食而需要長時間才讓讓體積減少，不容易看到明顯搬食現象。因此甜食固然是螞蟻的最愛，但是可以帶回蟻巢儲存的肉鬆是牠們的首要選擇。

三、探討螞蟻搬食使用的方式 – 以長角黃山蟻為例

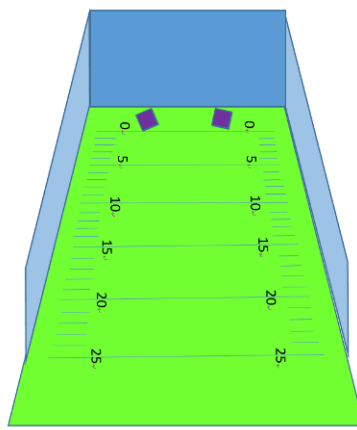
(一)觀察螞蟻搬食的行為

1.實驗過程：

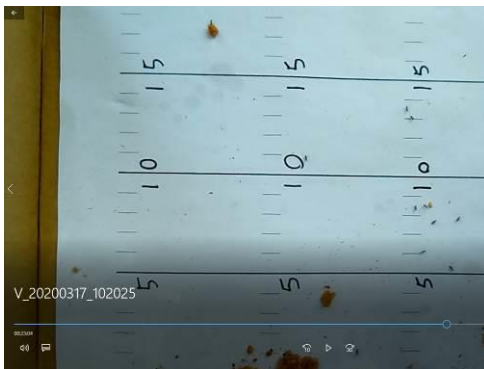
(1)為了方便觀察移動距離，因此我們利用電腦畫出 B4 大小的格子線，每個格子長度為 1 公分，貼上紙板後把食物放在起點 0 附近(圖十四)，

(2)利用 2 個衣架折成 U 字型後，架設平板觀察長角黃山蟻搬食的情形(圖十五、圖十六)。

(3)原本我們想利用不同大小的海苔來測試長角黃山蟻搬移不同重量時，會如何有不同的搬移策略，但是長角黃山蟻對於海苔的興趣缺缺，遲遲沒有獲得青睞，於是後來我們改用他們最愛的肉鬆來做實驗。(圖十七)



圖十四



圖十五



圖十六








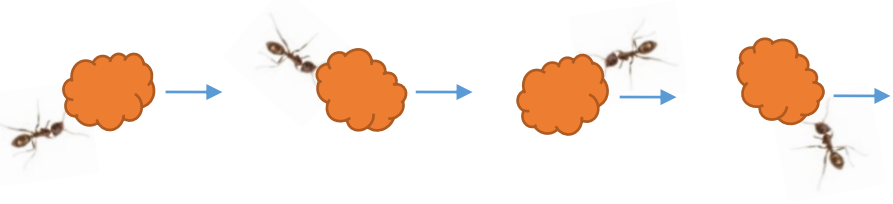


圖十七

(2)實驗結果：


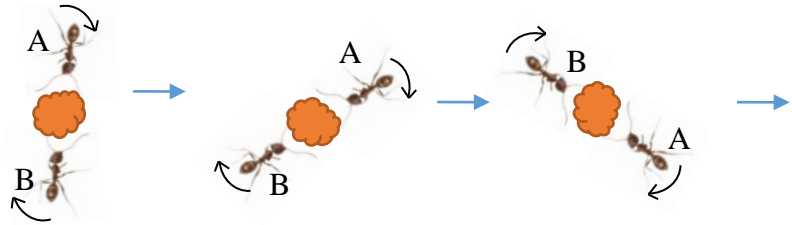

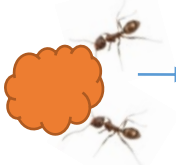
在平板錄影的幫助之下，我們錄了 5 段各 30 分鐘的影片，然後藉由影片撥放仔細觀察整理長角黃山蟻的搬食行為，我們觀察到許多有趣的現象，整理如下：

(1)單隻長角黃山蟻搬食行為：


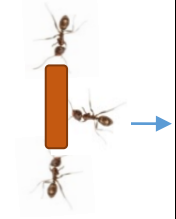
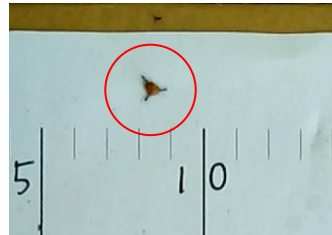
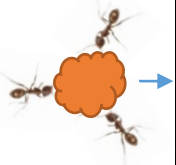
長角黃山蟻面對食物時會先用觸角碰觸食物，然後試著拖拉，拉不動時會轉移目標，或者用觸角碰觸其他夥伴進行溝通。而食物的大小重量可以使單隻搬移時，我們觀察到長角黃山蟻會使用下列方式來搬移食物。

	影片截圖	示意圖	現象描述
正面捧著走			面對比較輕、體積小的食物，長角黃山蟻會用正面捧著走的方式移動往前。
反面拉著走			面對比較重、體積大的食物，長角黃山蟻會試著用拉的倒退走的方式移動往前。
特技旋轉走		示意圖如下	我們觀察到一隻長角黃山蟻，搬著食物邊走還繞著食物旋轉，讓我們驚訝的是雖然身體方向一直在改變，但是前進方向完全沒有改變，令人驚奇！
			
垂直走			也有螞蟻在行走時，身體的方向和移動方向一直保持垂直。



(2)兩隻長角黃山蟻搬食行為：

<p>直線型</p>		<p>示意圖如下</p>	<p>以兩隻一起搬食的長角黃山蟻而言，大多數會以呈直線對稱排列的方式移動，而且常常邊移動邊轉動，但是仍然保持直線向前進。</p>
			
<p>八字形</p>			<p>如果兩隻長角黃山蟻，搬食的食物是比較體積較大、重量較重，會修正成以八字形方式拉著，兩隻呈倒退著走。</p>

(3)三隻長角黃山蟻搬食行為

	影片截圖	示意圖	現象描述
<p>T 字型</p>			<p>三隻長角黃山蟻搬食時，若食物較重，其中一隻會用拖拉的方式後退走，其餘 2 隻在左右呈直線對稱移動。</p>
<p>Y 字型對稱</p>			<p>三隻長角黃山蟻常見會以 Y 字型的方式移動，尤其是當二隻呈八字型移動途中，第三隻加入行列會自動到第三點上，呈現完美 Y 字型的三個對稱點。</p>

(4) 四隻長角黃山蟻搬食行為

<p>四邊形的 四個頂點</p>		<p>示意圖如下</p> <p>我們觀察四隻長角黃山蟻搬食的情況是：原本三隻以 Y 字形移動，第四隻 B 螞蟻用觸角與 A 螞蟻溝通後，A 螞蟻隨即離開原搬離點(黑點處)，而 B 螞蟻加入後竟成一個完美個四邊形四頂點對稱。</p>
		

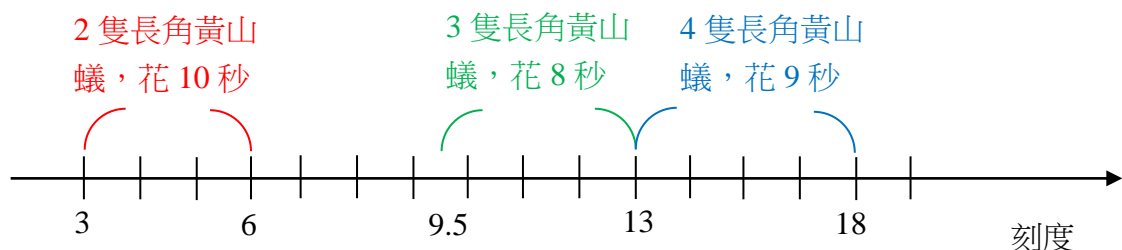
(二) 探究螞蟻搬食時不同隻數的行走速度




1. 實驗過程：

- (1) 我們想知道對於相同食物，中途加入數隻長角黃山蟻幫忙後，搬移的效率是否有改變。於是藉由影片觀察到長角黃山蟻的搬食行為，我們挑選了 2 段，對於相同食物而有其他長角黃山蟻中途加入幫忙後，紀錄搬移的刻度及經過時間，再算出速度。
- (2) 紀錄移動距離以剛好在刻度上或半個刻度開始計時，到移動最長距離時的刻度上或半個刻度結束所花時間。
- (3) 把加入長角黃山蟻瞬間，因為觸角溝通而造成速度減慢甚至停下來倒退走的部分去除，只計算移動速度最快區間。

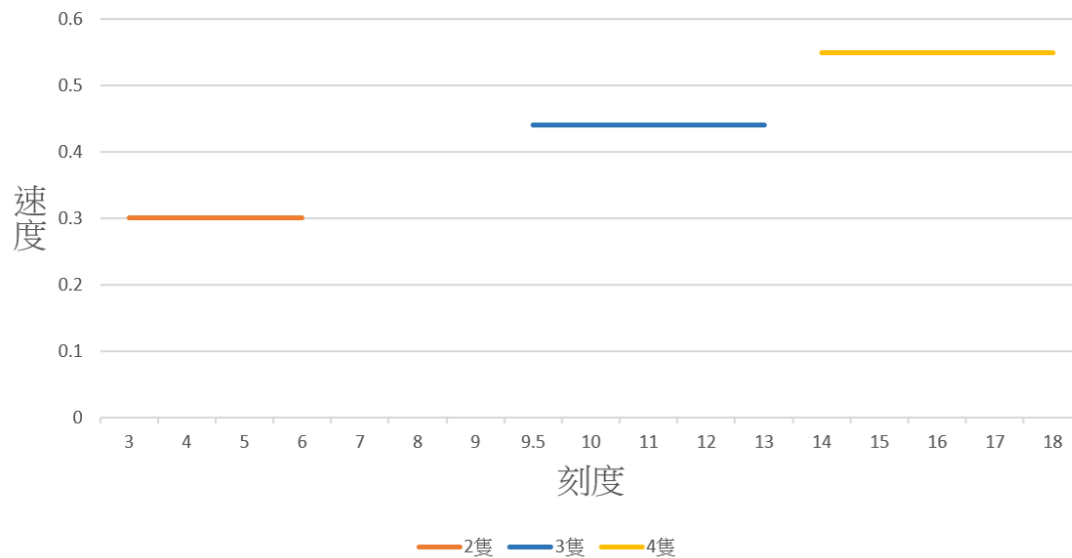
2. 實驗結果：

(1) 情形一：原本 2 隻長角黃山蟻，中途來一隻幫忙，後來再來一隻幫忙。

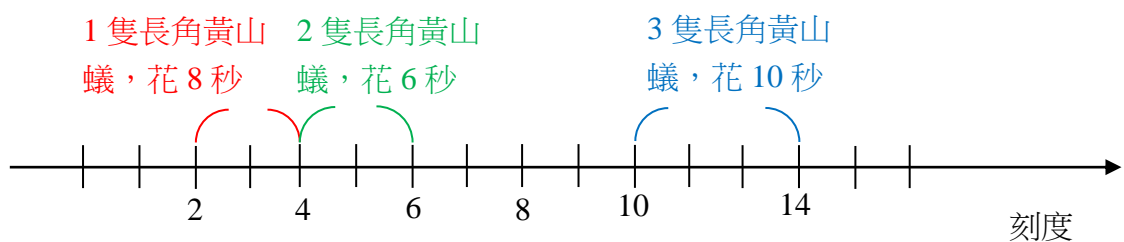





數量	移動距離	所花時間	速度	影片截圖
2 隻	3 公分	10 秒	0.3 公分/秒	
3 隻	3.5 公分	8 秒	0.44 公分/秒	
4 隻	5 公分	9 秒	0.55 公分/秒	

不同隻數長腳黃山蟻搬移相同食物速度比較

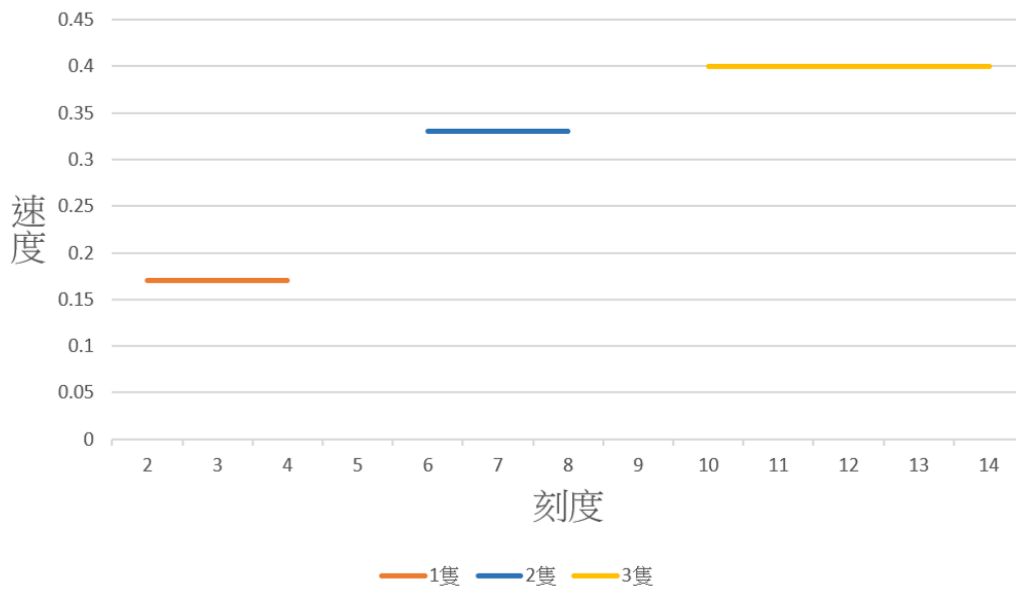


(2)情形二：原本 1 隻長角黃山蟻，中途來一隻幫忙，後來再來一隻幫忙。

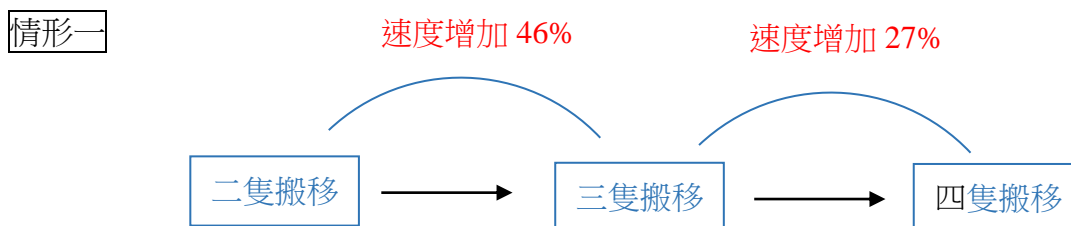


數量	移動距離	所花時間	速度	影片截圖
1 隻	2 公分	12 秒	0.17 公分/秒	
2 隻	2 公分	6 秒	0.33 公分/秒	
3 隻	4 公分	10 秒	0.4 公分/秒	

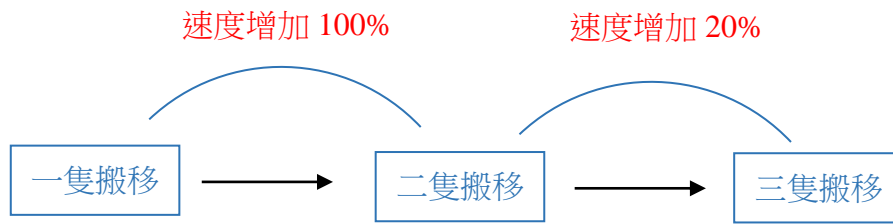
不同隻數長腳黃山蟻搬移相同食物速度比較



(3)將兩個情形的速度分別算出增加百分率：

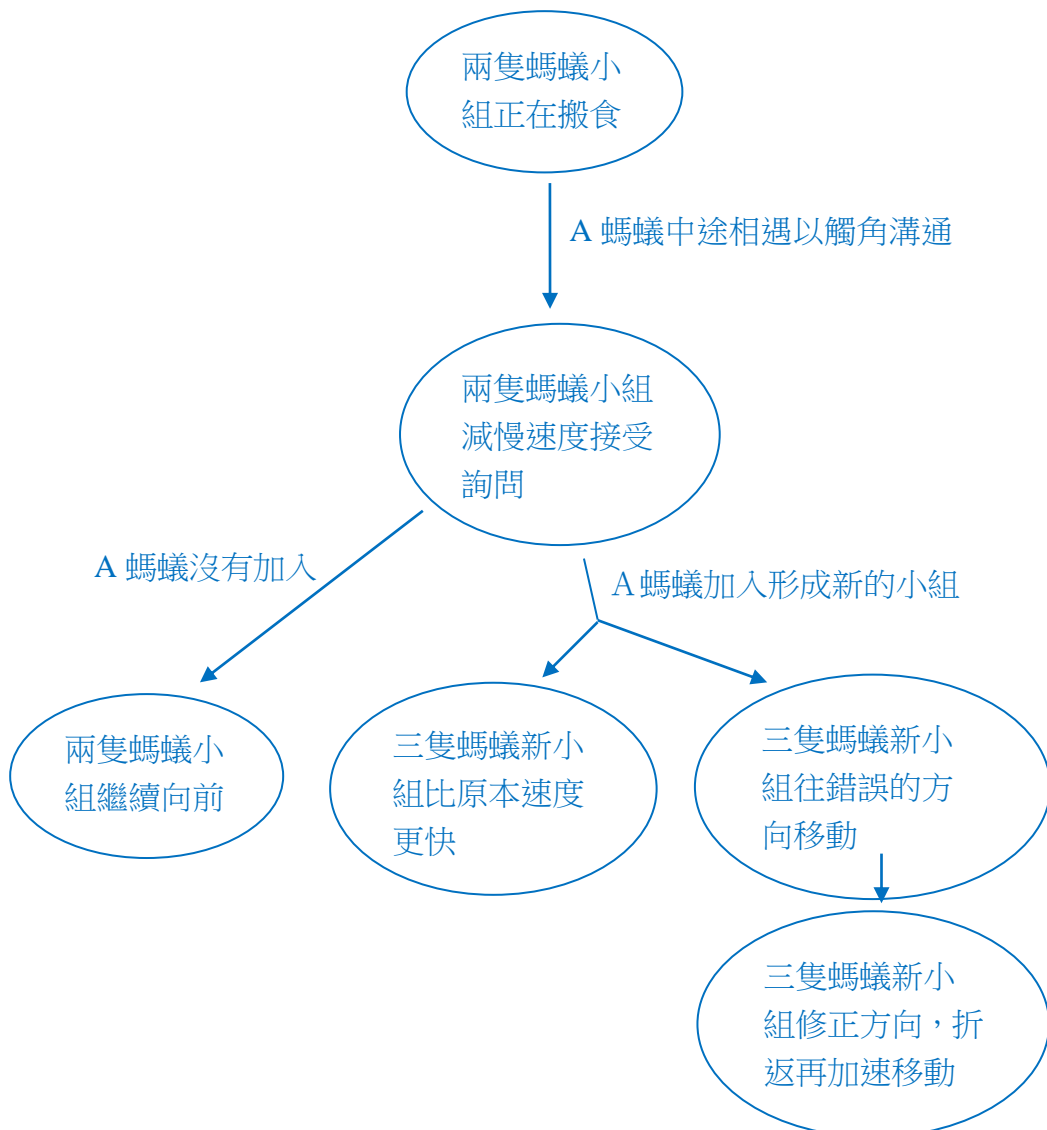


情形二



(4)由速率增加的百分率可以知道，當食物搬至中途而有其他螞蟻加入幫忙後，搬移的速度最多會加倍，普遍而言也會加快 20%以上。

(5)雖然加入原本已經在搬食小組的螞蟻後會讓新的小組速度加快，但是我們觀察到太多想加入的螞蟻在遇到搬食的小組而使用觸角接觸傳遞訊息時，會導致原本正在搬移的小組走走停停。若是這樣進行頻率很高的溝通其實會讓原本的小組搬食過程不順暢，甚至還有加入搬移的螞蟻扯後腿當豬隊友，有往相反方向移動一段距離後，再修正回來的現象(以下的流程圖為例)。



四、觀察螞蟻於不同形狀洞口搬食的因應策略 – 以長角黃山蟻為例

1. 實驗過程：

(1) 在作校園螞蟻種類踏查時，我們常發現兩種蟻窩洞口的形狀，例如在操場上的小黃家蟻的蟻窩是圓形的洞口(圖十八)，而在風雨球場旁長角黃山蟻的蟻窩是長條形裂縫(圖十九)。

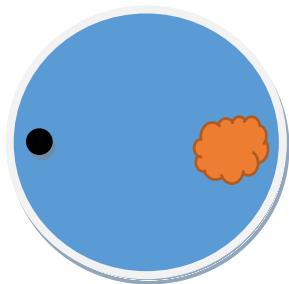


圖十八

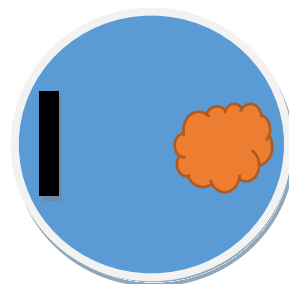


圖十九

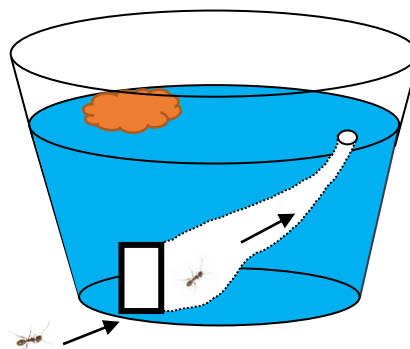
(2) 因此我們想設計一個圓形(圖二十)和長條形(圖二十一)的人工洞口，使螞蟻從地面爬上洞口後搬食，再觀察螞蟻如何將食物搬入通過洞口搬入通道(圖二十二)。



圖二十(俯視圖)



圖二十一俯視圖)



圖二十二(側面圖)

(3) 我們參考網路上作蟻窩的方式，後來決定使用透明的布丁盒來作人工蟻窩，可以方便我們觀察。首先使用凡士林塗抹布丁盒壁，方便石膏成固體後取出。然後將黏土從底部往上黏貼，在最上端塑形圓形和長條形出口，這是石膏成型後，把黏土挖出就成為螞蟻移動的通路(圖二十六)。

(4)將石膏粉 500 公克和 400 毫升水混合緩慢攪動(圖二十三)，避免太多空氣進入石膏溶液中。再將混合液倒入布丁杯中，輕敲讓空氣跑出，再靜置等候一天冷卻成固體(圖二十四)。



圖二十三



圖二十四

(5)取出石膏，把黏土挖出，在布丁盒上用電鑽鑽出入口(請指導老師幫忙)，用剪刀大約修飾，再放入石膏(圖二十五)。



圖二十五



圖二十六

(6)將食物放在洞口附近，最上方封上保鮮膜確定螞蟻只能由底部的入口進出(圖二十七)。

(7)放置於蟻窩附近，再使用平板錄影紀錄(圖二十八)。



圖二十七



圖二十八

2.實驗結果：

(1)圓形洞口：

①長角黃山蟻很快被肉鬆吸引，沒想到牠們也隨即在狹小的洞口就堵住了(圖二十九)，只留一個小縫使還在底下的的螞蟻爬上來(圖三十)。於是接著牠們花很多時間分解塞住的食物，並有另外的長角黃山蟻尋找其他的通路。原本我們為了方便觀察而沒封上包鮮膜的盒口成為目標，牠們速度極快的紛紛開始往上移動(圖三十一)。因此我們後來便封上了保鮮膜，使牠們只能由洞口移動。

②在圓形洞口被自己搬移的食物堵住一次後，長角黃山蟻很神奇地並沒有第二次堵住洞口的情況了。接下來的牠們個別分解食物，單隻帶回食物而不會再嘗試搬移體積大的食物到洞口。因此我們猜想長角黃山蟻在第一次堵住洞口錯誤後就記取了教訓，彼此進行了溝通後不會再犯第二次相同的錯誤。



圖二十九



圖三十



圖三十一

(2)長條形洞口：

①和圓形洞口相較之下，長角黃山蟻在長條形洞口發揮搬食能力的彈性空間很大。例如我們觀察到片狀的海苔(圖三十二)，牠們可以在第二次嘗試就成功將海苔通過洞口進入通道(圖三十三)。

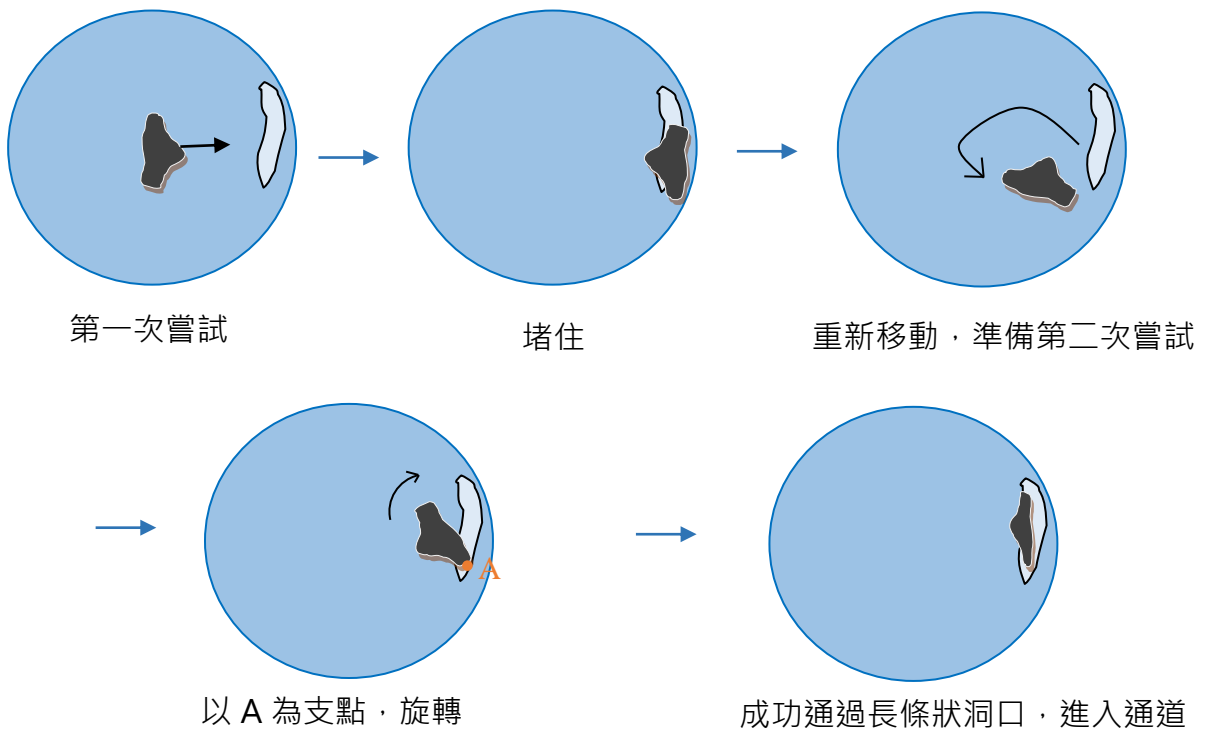


圖三十二



圖三十三

示例圖：



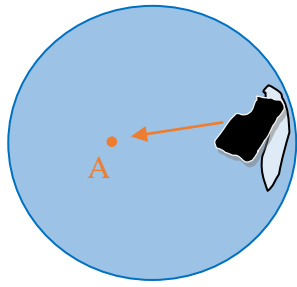
②長角黃山蟻搬食第二塊海苔通過洞口失敗了很多次(圖三十四)，我們觀察到牠們每一次失敗後就會拉到遠方，然後嘗試用不同角度再拉到洞口，終於在第 5 次才成功(圖三十五)。



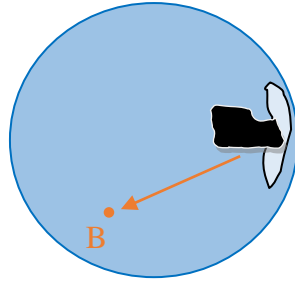
圖三十四



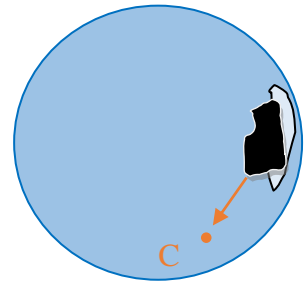
圖三十五



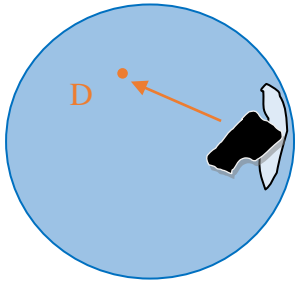
第一次嘗試失敗後，拉至 A 點



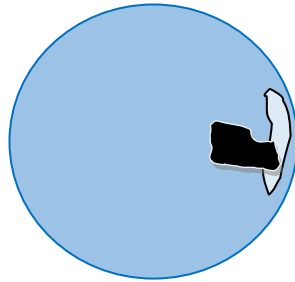
第二次嘗試失敗後，拉至 B 點



第三次嘗試失敗後，拉至 C 點



第四次嘗試失敗後，拉至 D 點



第五次嘗試，終於成功通過

(3)因為我們放置的食物是長角黃山蟻最喜愛的肉鬆，到後期吸引了數量非常多的螞蟻。看似很混亂而萬頭鑽動的場面，但是我們觀察到牠們不會每隻都想往上爬到布丁盒上搬食。我們猜想是因為通道狹隘而使大部分的螞蟻在出口附近伺機而動，才不會造成堵塞使食物下不來。而在出口附近的螞蟻遇到食物下來時，觸角一碰溝通後就離開讓道或上前幫忙，其實是亂中有序的(圖三十六)。

(4)螞蟻的搬食不管是圓形洞口或長條形洞口嘗試很多次不同角度才成功通過，每隻螞蟻知道要往哪個的方向拉或推，分工合作的效果就如同有指揮官下命令似的。而我們知道這只是牠們觸角相互碰觸的溝通協調，就可以有如此像軍隊般行動，真的讓我們感到驚奇！

(5)在看似兵花馬亂的螞蟻群傾巢而出搬食之中，牠們仍會以研究(三)的搬食方式移動，如圖三十七的四隻螞蟻站位是四邊形的四個頂點，在附近的螞蟻很快會讓出位置讓牠們通過。



圖三十六



圖三十七

伍、討論

- 一、我們這次研究的時間大約是秋季開始至春夏季節，發現每個不同季節使螞蟻出現次數有很大差異。例如近期春夏交際時分，破壞單家蟻在校園中很頻繁出現，甚至造成電器設備的破壞或叮咬情形。而寒假到學校做觀察實驗時，甚至還有一兩天因為寒流來襲而觀察不到任何一隻螞蟻。因此我們認為季節不同的氣溫差異會造成螞蟻出沒數量的增減。
- 二、在螞蟻喜愛的食物：圓形狀分布實驗中，我們發現黑頭荒蟻進入實驗裝置中搬食，附近的長角黃山蟻卻完全不見任何一隻進入實驗裝置，所以我們猜測不同種類的螞蟻搶食會有排擠的狀況。後來在人工蟻窩的實驗中也有相同的情形。因此在未來我們希望可以繼續這個方向的實驗，研究不同種類的螞蟻是否有明顯的搶食排擠現象。
- 三、在搬食速度的實驗中，不同種類的食物除了味道不同，它們的組成特性很不相同，例如軟糖和棒棒糖黏性較大，而肉鬆組成則較鬆散容易搬食，也因此不容易嚴謹控制變因，而使實驗結果肉鬆搬食速度快很多。我們檢討下次能改進實驗設計，可以針對不同味道或結構組成來研究更精準的搬食速度實驗。
- 四、長角黃山蟻主要棲息蟻穴洞口形狀是長條形，而我們製作的人工蟻穴不管圓形或長條形都是針對長角黃山蟻搬食來研究，後來老師提醒我們可以再觀察其他不同種類螞蟻是否也有相同的搬食策略。
- 五、石膏粉製成的人工蟻穴在作完觀察實驗幾天後長出黑色的霉，我們才發現長角黃山蟻並沒有完全搬完肉鬆，還留有些小屑。也因此我們接著好奇長角黃山蟻把肉鬆搬回蟻穴儲存後，是否也會面臨食物有長黴的風險？或者牠們有特別的防黴方式？

陸、結論

- 一、我們在校園作螞蟻種類調查，發現了六種螞蟻，分別是堅硬雙針家蟻、破壞單家蟻、黑頭荒蟻、小黃家蟻、長角黃山蟻、花居單家蟻。
- 二、調查螞蟻食物喜好，發現長角黃山蟻最喜歡的食物是肉鬆，而黑頭荒蟻最喜歡的食物是棒棒糖。
- 三、對於長角黃山蟻而言，肉鬆味道濃且輕巧，可以搬食速度快；同重量的棒棒糖和嗨啾軟糖則有明顯聚集吸取現象。
- 四、長角黃山蟻有特定搬食的方式：單隻搬食會捧著走、倒退走或垂直走，甚至一邊前進一邊繞著食物旋轉；兩隻搬食會成直線對稱且邊走邊旋轉或八字形拉著走；三隻搬食會成 T 字型或 Y 字型三點對稱型；四隻搬食則會站在四邊形頂點對稱位置。
- 五、數量越多的長角黃山蟻加入搬食行列之中，前進時會讓整體速度加快 20% 以上，但是途中若遇到其他的螞蟻用觸角溝通傳遞訊息，會讓整體速度忽快忽慢。
- 六、長角黃山蟻搬食無法通過圓形洞口堵住後，接下來不會嘗試再搬移體積大的食物，而改用分解成小食物方式通過洞口。
- 七、長角黃山蟻搬食在長條形洞口會不斷嘗試以不同的角度通過洞口，最終都能順利成功。

柒、參考資料及其他

- 一、螞蟻的家。 <http://www.ant-home.idv.tw/888/a-2/a2-01.htm>
- 二、嘎嘎昆蟲網。 <http://gaga.biodiv.tw/9701bx/in94.htm>
- 三、自製螞蟻石膏巢（上）。 <https://youtu.be/zjc8nggmy1U>
- 四、王秉誠(民 107)。螞蟻飼養與觀察。台中市：晨星。
- 五、威爾森、霍德伯勒(民 108)。螞蟻螞蟻：螞蟻大師威爾森與霍德伯勒的科學探索之旅
台北市：貓頭鷹。
- 六、「蟻」知半解」-螞蟻喜好、驅蟻方法及螞蟻智商研究，第 47 屆全國科展作品
- 七、螞蟻，螞蟻，讓我看你，第 43 屆全國科展作品

【評語】 080305

本作品觀察校園螞蟻，建立校園螞蟻分類地圖，並探討其喜歡的食物及搬食的行為，研究主題有趣且生活化。

1. 校園螞蟻分類地圖是有趣的觀察結果，若能對分佈的區域與螞蟻種類做更深入的探討，會更豐富。
2. 設計出多種探究工具，對搬食策略有進一步解析，螞蟻食物的種類可更多樣，除了考慮嗅覺之外，對於食物的體積、密度等等也可多加考量設計。
3. 搬食足跡及洞口形狀差異的進入策略是一個有趣的主題，應可有更精確的科學方法來記錄與分析。
4. 對於週遭生物有近一步了解，並觀測其行為、食物愛好性以及搬遷行為，研究完整且清楚報告。
5. 對於螞蟻的行為觀察很細膩。對於不同的操作變因有相當不錯的實驗設計，實驗數據也仔細分析及描述，是非常值得鼓勵的一件作品。



摘要

我們在校園作螞蟻種類調查，發現了六種螞蟻。接著我們探討螞蟻喜愛的食物，發現長角黃山蟻最喜歡的食物是肉鬆，而黑頭荒蟻最喜歡的食物是棒棒糖。對於長角黃山蟻而言，肉鬆味道濃且輕巧，可以很快搬食，而且數量不同的長角黃山蟻都有特定搬食的方式。如果數量越多的長角黃山蟻加入搬食行列之中，前進時會讓整體速度加快20%以上。最後我們作了人工蟻穴，模擬長角黃山蟻搬食通過不同形狀的洞口，發現皆有其不同的因應策略。

壹、研究動機

某一天，我正在教室享用美味的早餐—麵包，一不小心把麵包屑掉到了地上，後來，一隻螞蟻用閃電般的速度來到麵包屑的位置，後來又接二連三的一群螞蟻一起來到了麵包屑所在地。於是我想起了老師在四年級自然課昆蟲單元時說過，許多螞蟻可以搬起比自己重量重很多的食物，而且牠們都會很勤奮的分工合作。果然過了一會兒，牠們同心協力的搬起了一大塊麵包屑，讓我引起了好奇心，於是，我就跟著牠們來到牠們的巢穴，我心想：究竟牠們怎麼溝通要如何移動？這麼大塊的麵包屑如何從那麼小的洞口進入？因為這件事讓我開始了關於螞蟻搬食的研究。

貳、研究目的

- 探討校園常見螞蟻的種類
 - 調查校園螞蟻
 - 建立校園螞蟻分類地圖
- 探討螞蟻喜愛食物 - 以長角黃山蟻、黑頭荒蟻為例
 - 螞蟻喜愛的食物：長鏈狀分布
 - 螞蟻喜愛的食物：圓形狀分布
 - 以百格板實驗搬食的速度
- 探討螞蟻搬食使用的方式 - 以長角黃山蟻為例
 - 觀察螞蟻搬食的行為
 - 探究螞蟻搬食時不同隻數的行走速度
- 觀察螞蟻於不同形狀洞口搬食的因應策略 - 以長角黃山蟻為例

參、研究器材

試管	線香	放大鏡	平板電腦	衣架	平板顯微鏡
洋芋片	巧克力	肉鬆	棒棒糖	嗨啾軟糖	牛奶糖
菜脯餅	黏土	布丁盒	石膏粉	凡士林	電鑽
打火機	紙箱	衣架			

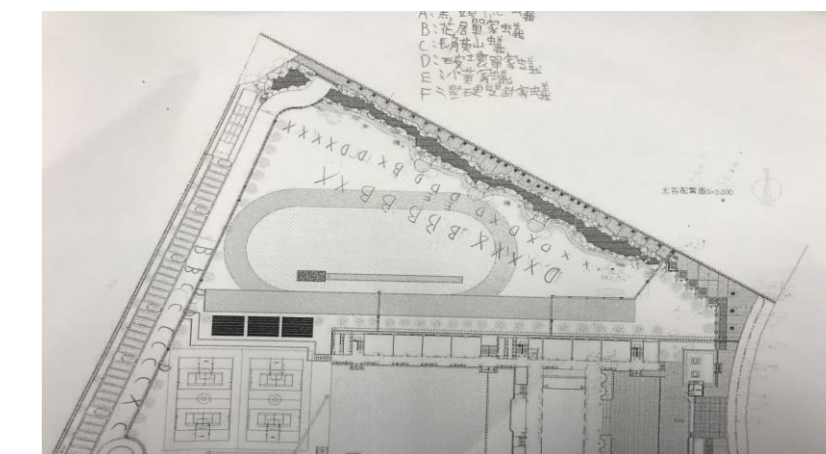
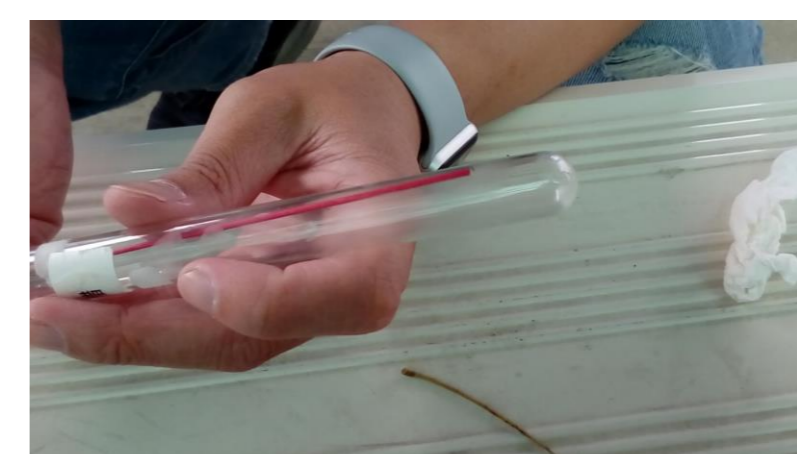
肆、研究過程、方法、結果及討論

一、探討校園常見螞蟻的種類

(一)調查校園螞蟻

1. 實驗過程：

- 以學校操場邊角出發，走10步為一個採樣點，將發現的螞蟻放入試管帶回教室給指導老師。
- 指導老師使用線香將螞蟻薰暈後，用直尺在旁對比身體長度拍照，再使用平板顯微鏡放大仔細觀察身體特徵，對照資料查詢螞蟻物種名稱。
- 我們將校園螞蟻以10步為一個採樣點的方式調查記錄，使用放大鏡看身體特徵，遇到不同種類的螞蟻重複步驟(1)。

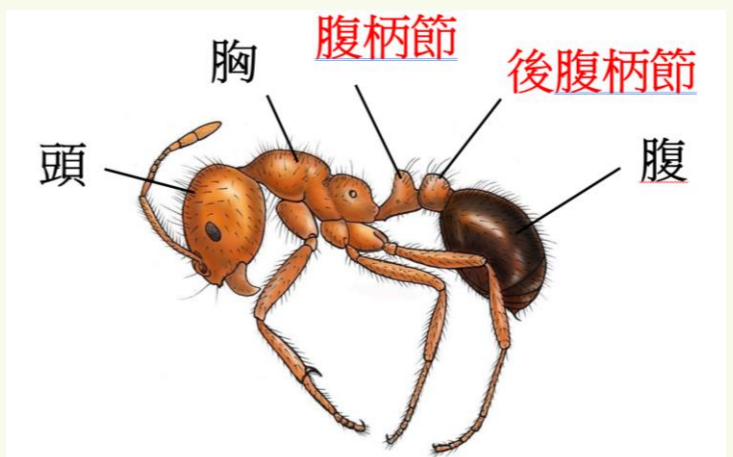


2. 實驗結果與討論

- 我們總共發現6種不同種類螞蟻，種類名稱分別是：

(A)堅硬雙針家蟻	(B)破壞單家蟻	(C)黑頭荒蟻	(D)小黃家蟻	(E)長角黃山蟻	(F)花居單家蟻

- 我們發現其中幾種螞蟻的胸部和腹部連接處還有2個小節，這和我們之前認識的昆蟲構造分為頭、胸、腹三個部位又有點不一樣。查了相關資料，才知道這2個小節只有火蟻屬和家蟻屬的螞蟻才有，名稱是「腹柄節」、「後腹柄節」。



(二)建立校園螞蟻分類地圖

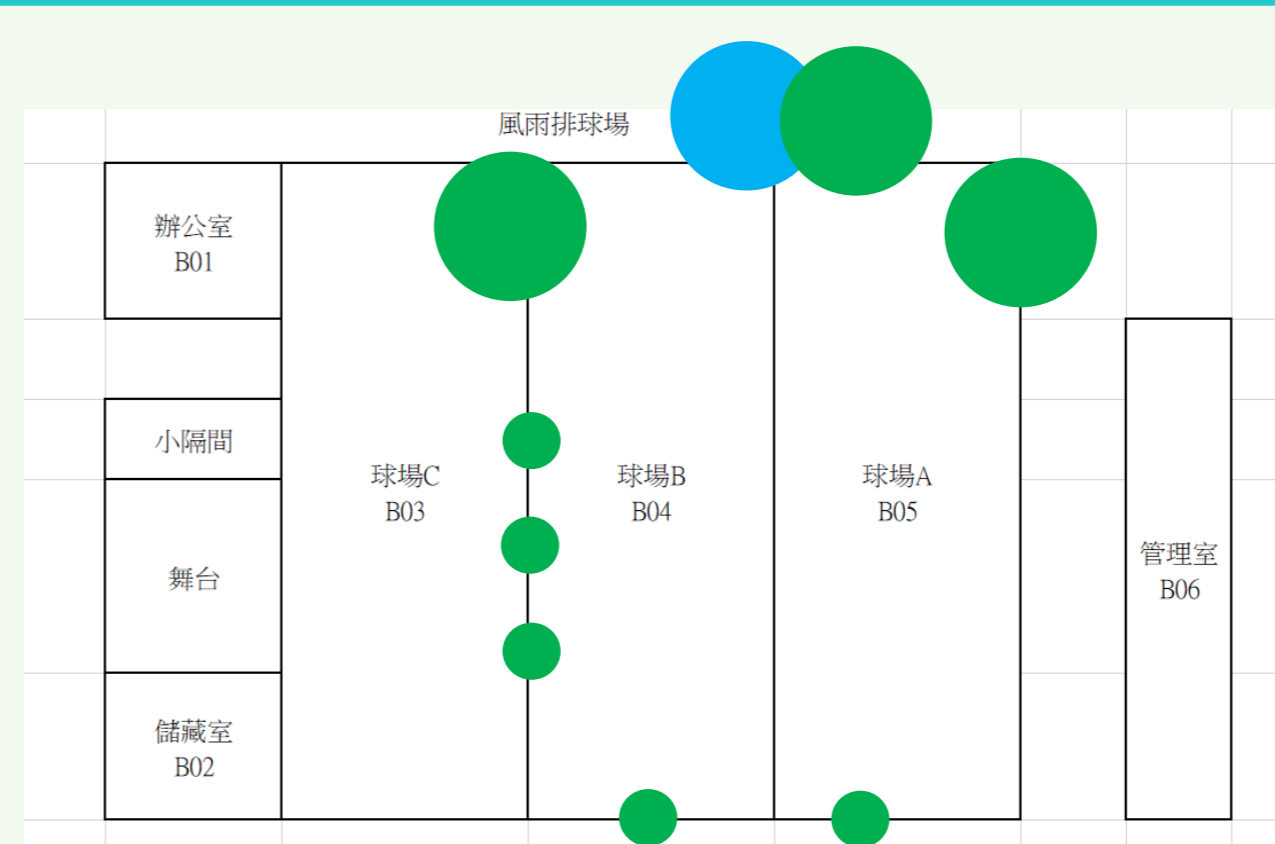
1. 實驗過程：

- 把調查表上的紀錄作歸納整理，繪製校園螞蟻地圖。
- 用顏色表示種類。(3)用大、中、小的圓表示數量。

種類	堅硬雙針家蟻	破壞單家蟻	黑頭荒蟻	小黃家蟻	長角黃山蟻	花居單家蟻
顏色						
數量	○ 1~5 隻		○ 6~10 隻		○ 11 隻以上	

2. 實驗結果與討論：

(1)校園螞蟻地圖



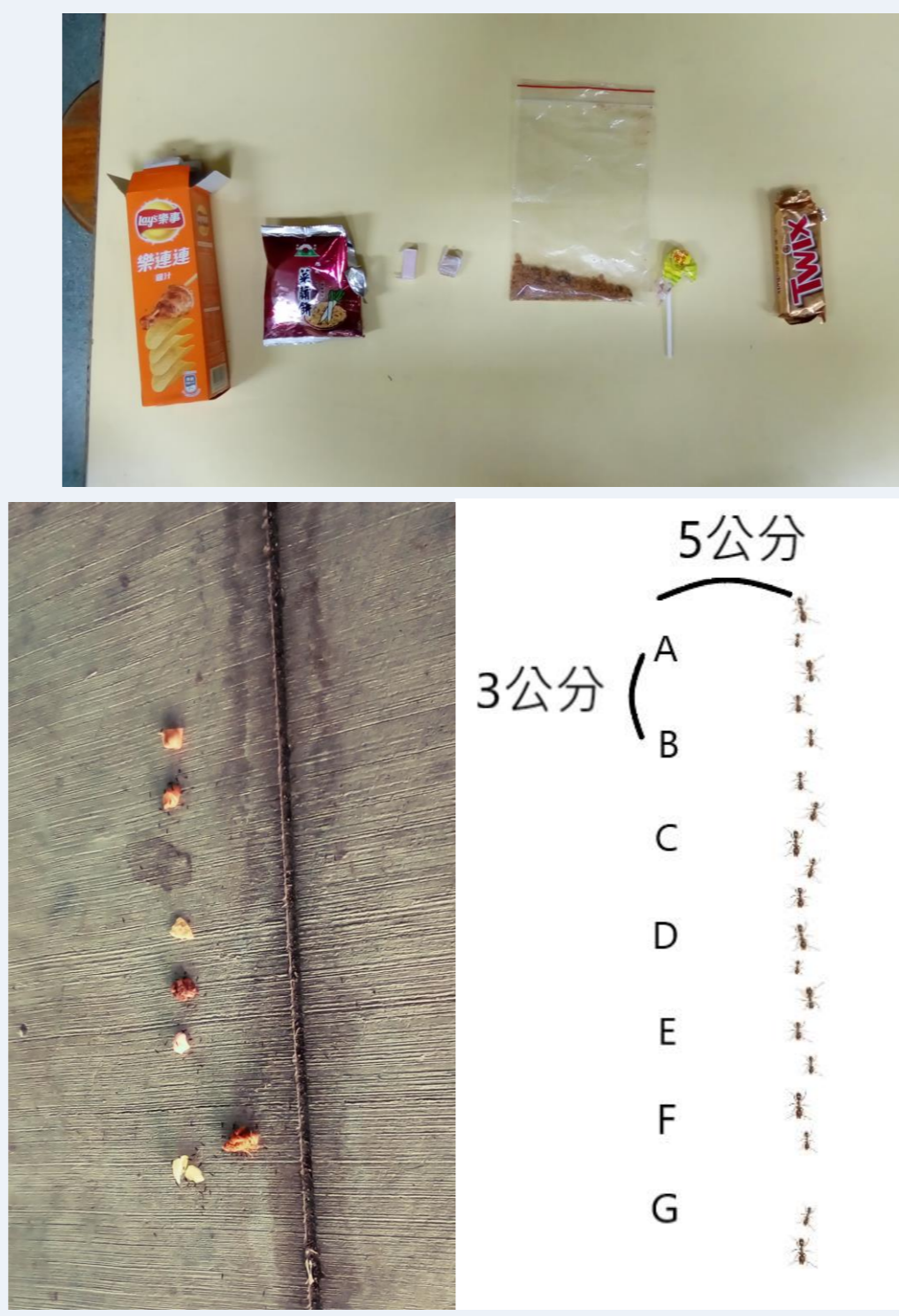
- (2) 建立校園螞蟻地圖後才發現的學校的螞蟻分布比我們想像大很多，而且我們乍看之下以為是同種類的螞蟻，仔細觀察身體特徵後才辨認出其相異之處。另外我們也發現不同時間去作調查，螞蟻的數量不盡相同，尤其是有2次中午大太陽時，螞蟻出現的數量很少，因此我們認為螞蟻不喜歡溫度很高的環境出來覓食。
- (3) 螞蟻的窩都不大一樣，有些螞蟻住在木頭裡，有些在建築物縫隙中，還有些在操場上有小圓出口的洞穴，附近有許多小土堆。

二、探討螞蟻喜愛食物 - 以長角黃山蟻、黑頭荒蟻為例

(一) 螞蟻喜愛的食物：長鏈狀分布

1. 實驗過程：

- (1) 我們想知道當螞蟻面對很多不同種類食物可以選擇的時候，首先喜好吃哪一種食物，於是討論了7種不同食物，這些是我們認為螞蟻喜歡吃的，分別是洋芋片、菜脯餅、嗨啾軟糖、牛奶糖、肉鬆、棒棒糖、巧克力。
- (2) 我們以風雨球場數量很多的長角黃山蟻為實驗目標。
- (3) 把7種食物分開相聚3公分，與螞蟻行進路線相隔5公分的位置擺放，紀錄螞蟻選擇喜好食物的先後順序。



2. 實驗結果與討論：

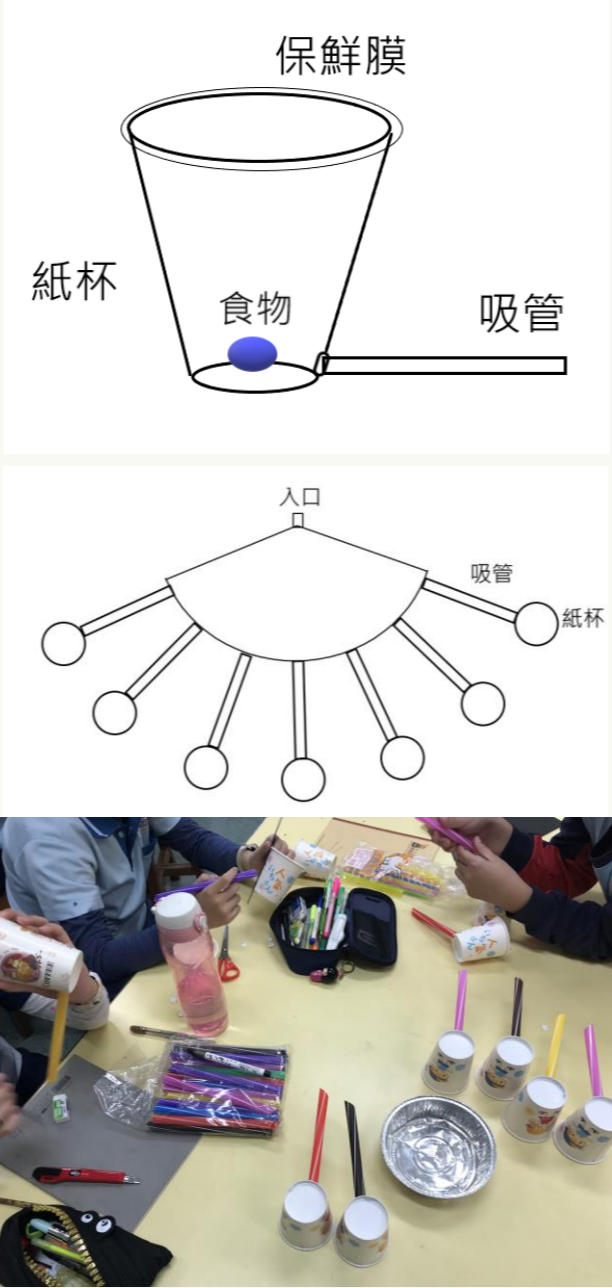
- (1) 長角黃山蟻首先喜歡的是肉鬆，幾乎一開始大部分集中在肉鬆周圍，然後過2分鐘左右就開始把肉鬆搬回巢穴。
- (2) 搬完肉鬆後，長角黃山蟻第二喜歡的是棒棒糖、嗨啾軟糖和牛奶糖，但是大部分聚集在旁邊而沒看到搬動的現象，似乎是聚在一起吸吮糖汁。
- (3) 我們原本認為螞蟻也很喜歡吃的洋芋片、菜脯餅和巧克力這三個餅乾類食物，竟然沒有馬上被長角黃山蟻青睞，很少聚集在這些食物上面。

食物	開始聚集時間
洋芋片	30分鐘
菜脯餅	25分鐘
嗨啾軟糖	8分鐘
牛奶糖	9分鐘
肉鬆	1分鐘
棒棒糖	6分鐘
巧克力	32分鐘

(二) 螞蟻喜愛的食物：圓形狀分布

1. 實驗過程：

- (1) 我們改善實驗(一)的內容，想像螞蟻做決定搬食時，和每種食物的距離都一樣，因此利用：圓心距離圓周都是固定的距離。我們設計把食物分開放置在圓周上，長角黃山蟻位於圓心。
- (2) 右圖是我們的假想設計圖。
- (3) 我們完成了2組，分別放在球場旁的樹葉堆以及球場內。



2. 實驗結果與討論：

- (1) 球場旁的樹葉堆：黑頭荒蟻 (2) 球場內：長角黃山蟻

食物	60分鐘後 (隻數)	120分鐘後 (隻數)	180分鐘後 (隻數)	食物	60分鐘後 (隻數)	120分鐘後 (隻數)	180分鐘後 (隻數)
洋芋片	0	1	2	洋芋片	1	0	2
菜脯餅	0	0	1	菜脯餅	0	3	1
嗨啾軟糖	5	11	15	嗨啾軟糖	6	8	10-12
牛奶糖	8	20隻以上	20隻以上	牛奶糖	5	8	10-12
肉鬆	2	3	5	肉鬆	10-12	12-15	搬完了
棒棒糖	10	20隻以上	20隻以上	棒棒糖	8	10-12	12-14
巧克力	1	3	2	巧克力	1	0	2

- (3) 球場旁的樹葉堆上附近，本來我們預期是長角黃山蟻會去搬食，但最後是黑頭荒蟻。我們猜測是因為黑頭荒蟻首先發現食物，而且只能允許同種類的螞蟻搬食，若有其他不同種類的螞蟻搶食會有排擠的狀況。
- (4) 對於實驗結果我們很訝異，螞蟻喜愛的食物除了嗨啾軟糖或棒棒糖這類甜食之外，肉鬆是首先搬食完的，而餅乾類食物都不是在一開始的選擇之內。

(三) 不同食物以百格板實驗搬食的速度

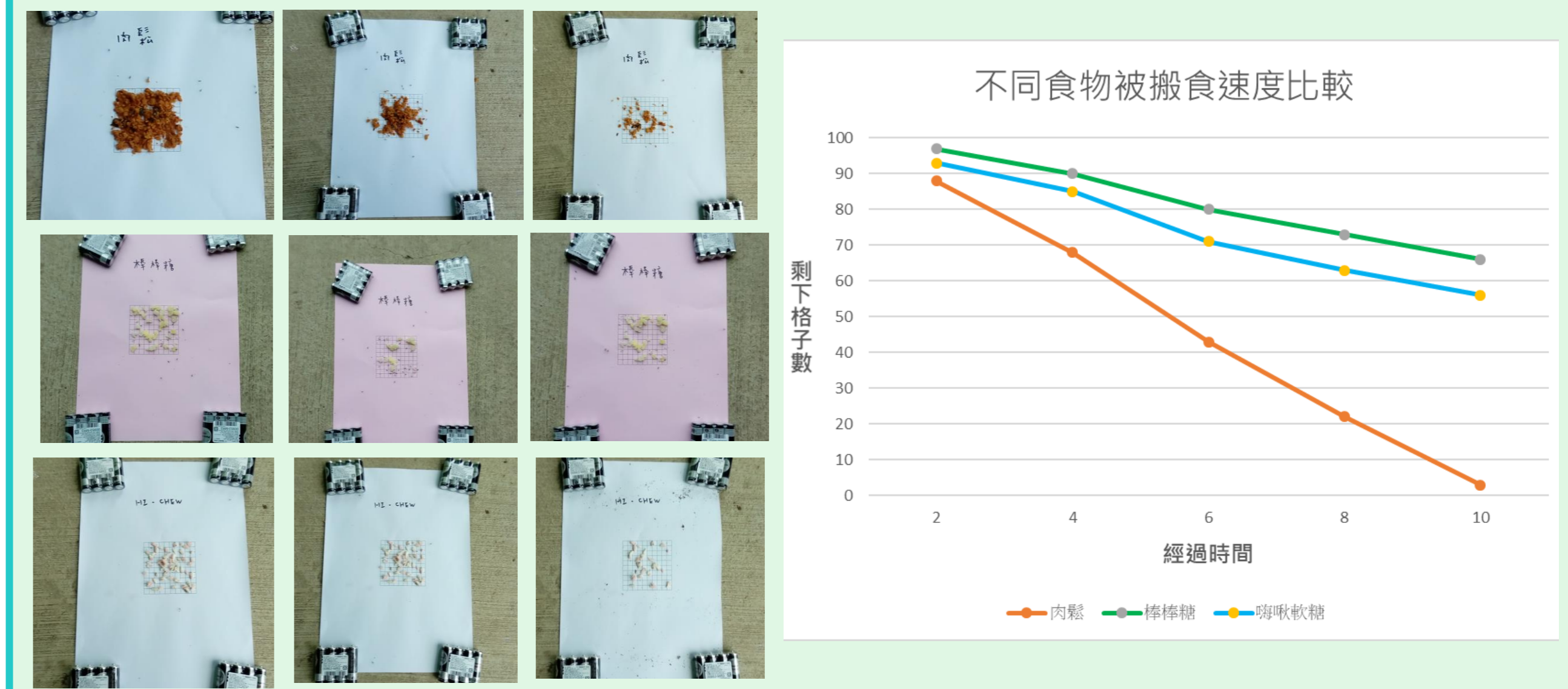
1. 實驗過程：

- (1) 我們選擇長角黃山蟻最喜歡的肉鬆、嗨啾軟糖、棒棒糖來作搬食速度的實驗。用邊長5公分的正方形作成100小格，秤取11公克的食物平鋪在正方形上，紀錄每個食物被搬食後的方塊數量來得知搬食的速度。
- (2) 嗨啾軟糖和棒棒糖有黏稠性，因此嗨啾軟糖要用美工刀切成小塊狀，而棒棒糖則用鐵鎚敲碎後取出，但是棒棒糖的碎塊大小體積不一，因此採用體積大的碎塊佔面積較大來估算。



- (3) 在連續三天的早上7點放下一種百格板，記錄至下午5點，每隔2個小時做拍照，再由照片估算剩下的格子數。

2. 實驗結果與討論：



肉鬆被搬食的現象很明顯，因為我們認為原因是輕盈好拆解，而且濃厚的味道是長角黃山蟻喜歡的。雖然棒棒糖和嗨啾軟糖也會吸引長角黃山蟻，但是有黏性而且單塊重量重，大部分的牠們聚集在周圍吸食而需要長時間才讓讓體積減少，不容易看到明顯搬食現象。因此甜食固然是螞蟻的最愛，但是輕盈好搬食帶回巢穴儲存的肉鬆才是牠們的首要選擇。

三、探討螞蟻搬食使用的方式 - 以長角黃山蟻為例

(一) 觀察螞蟻搬食的行為

1. 實驗過程：

- (1) 為了方便觀察移動距離，因此我們利用電腦畫出B4大小的格子線，每個格子長度為1公分，貼上紙板。(設計圖如右圖)
- (2) 利用2個衣架折成門字型後，架設平板錄影觀察長角黃山蟻搬食的情形。
- (3) 原本我們想利用不同大小的海苔來測試長角黃山蟻搬移不同重量時會如何有不同的搬移策略，但是長角黃山蟻對於海苔的興趣缺缺，遲遲沒有獲得青睞，於是後來我們改用牠們最愛的肉鬆來做實驗。



2. 實驗結果與討論：

在平板錄影的幫助之下，我們錄了5段各30分鐘的影片，然後藉由影片撥放仔細觀察整理長角黃山蟻的搬食行為，我們觀察到許多有趣的現象，整理如下：

(1) 單隻長角黃山蟻搬食行為

	影片截圖	示意圖	現象描述
正面捧著走			面對比較輕、體積小的食物，長角黃山蟻會用正面捧著走的方式移動往前。
反面拉著走			面對比較重、體積大的食物，長角黃山蟻會試著用拉的倒退走的方式移動往前。
特技旋轉走		示意圖如下	我們觀察到一隻長角黃山蟻，搬著食物邊走還繞著食物旋轉，讓我們驚訝的是雖然身體方向一直在改變，但是保持向前進，令人驚奇！
垂直走			也有螞蟻在行走時，身體的方向和移動方向一直保持垂直。

(2) 兩隻長角黃山蟻搬食行為

直線型		示意圖如下	以兩隻一起搬食的長角黃山蟻而言，大多數會以呈直線對稱排列的方式移動，而且常常邊移動邊轉動，但是仍然保持直線向前進。
八字形			如果兩隻長角黃山蟻，搬食的食物是比較體積較大、重量較重，會修正成以八字形方式拉著兩隻呈倒退著走。

(3) 三隻長角黃山蟻搬食行為

T字型			三隻長角黃山蟻搬食時，若食物較重，其中一隻會用拖拉的方式後退走，其餘2隻在左右呈直線對稱移動。
Y字型對稱			三隻長角黃山蟻常見會以Y字型的方式移動，尤其是當二隻呈八字型移動途中，第三隻加入行列會自動到第三點上，呈現完美Y字型的三個對稱點。

(4) 四隻長角黃山蟻搬食行為

四邊形的四個頂點		示意圖如下	我們觀察四隻長角黃山蟻搬食的情況是：原本三隻以Y字形移動，第四隻B螞蟻用觸角與A螞蟻溝通後，A螞蟻隨即離開原搬離點(黑點處)，而B螞蟻加入後竟成一個完美個四邊形四頂點對稱。
----------	--	-------	----------------------------------------------------------------------------------------

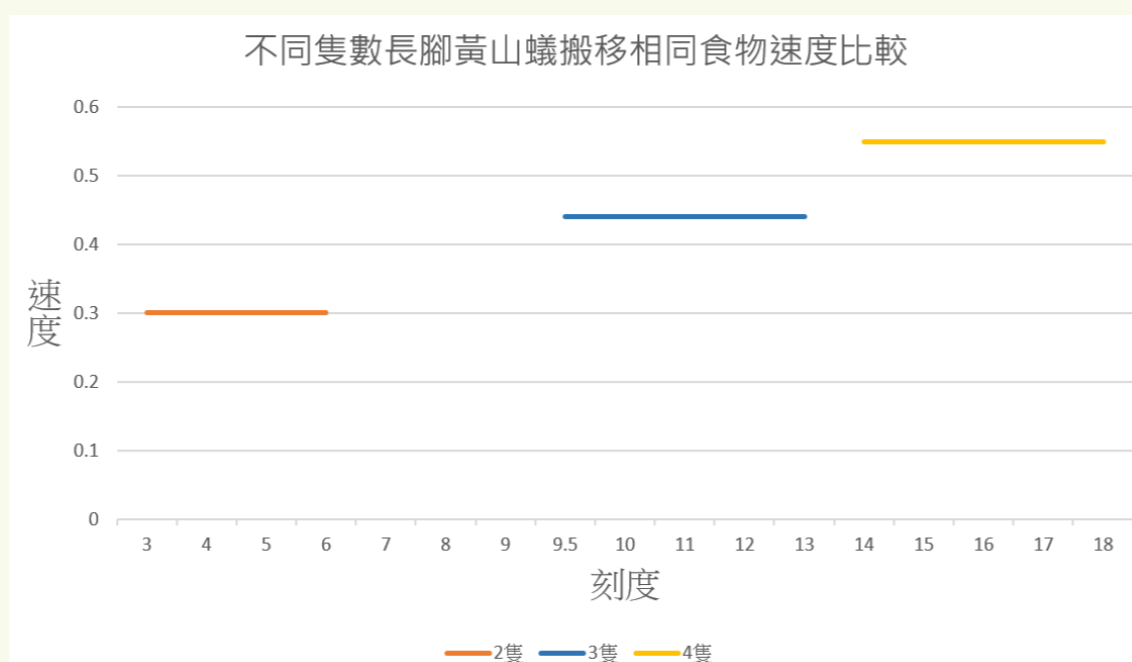
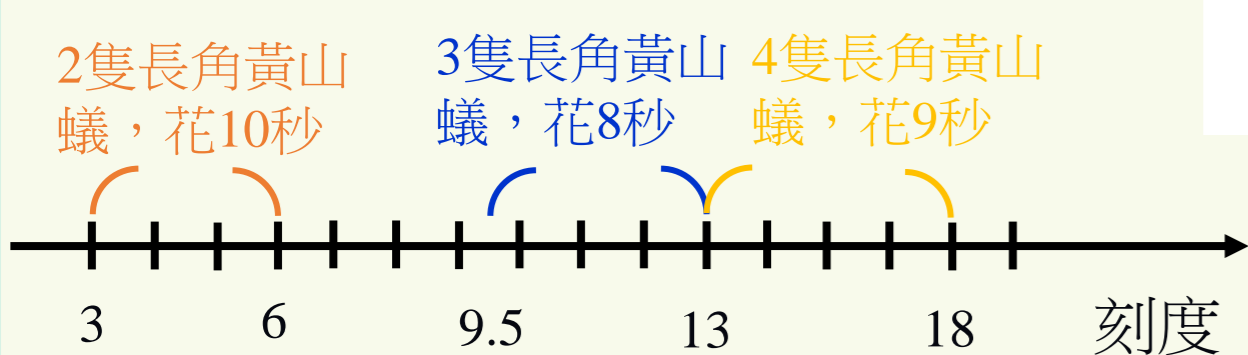
(二) 探究螞蟻搬食時不同隻數的行走速度

1. 實驗過程：

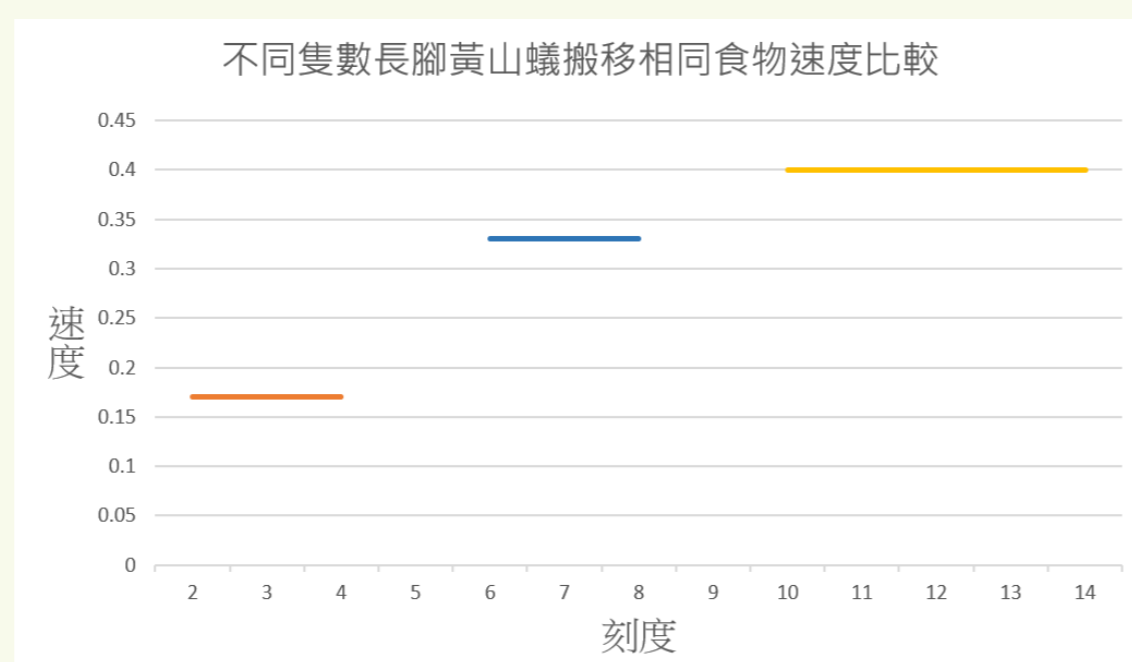
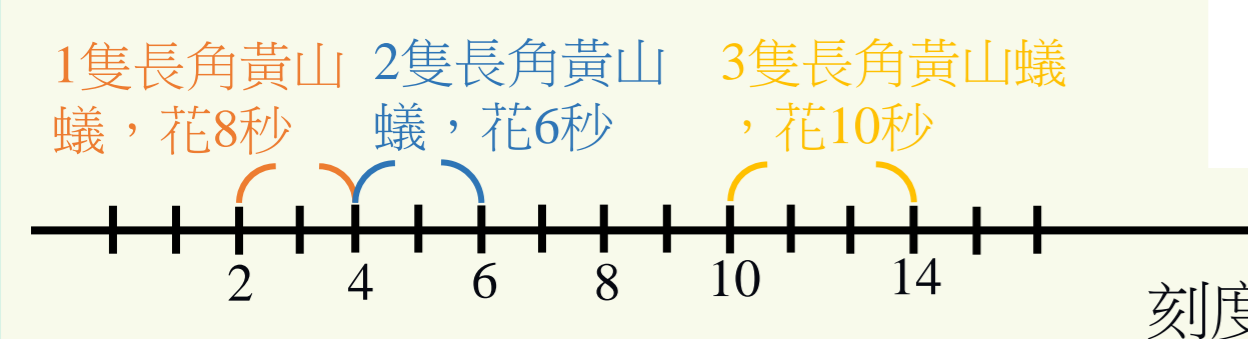
- (1) 我們想知道對於相同食物，中途加入數隻長角黃山蟻幫忙後，搬移的效率是否有改變。於是藉由影片觀察到長角黃山蟻的搬食行為，我們挑選了2段，對於相同食物而有其他長角黃山蟻中途加入幫忙後，紀錄搬移的刻度及經過時間，再算出速度。
- (2) 移動距離以剛好在刻度上或半個刻度開始或結束。
- (3) 把加入長角黃山蟻瞬間，因為觸角溝通而造成速度減慢甚至停下來倒退走的部分去除，只計算移動速度最快區間。

2. 實驗結果與討論：

- (1) 情形一：原本2隻長角黃山蟻，中途來一隻幫忙，後來再來一隻幫忙。



- (2) 情形二：原本1隻長角黃山蟻，中途來一隻幫忙，後來再來一隻幫忙。



- (3) 當食物搬至中途而其他螞蟻加入幫忙後，搬移的速度最多會加倍，普遍而言也會加快20%以上。
- (4) 太多想加入的螞蟻在遇到搬食的小組而使用觸角溝通傳遞訊息時，會導致原本正在搬移的小組走走停停。若是這樣進行頻率很高的溝通其實會讓原本的小組搬食過程不順暢，甚至還有加入搬移的螞蟻扯後腿當豬隊友，有往相反方向移動一段距離後，再修正回來的現象。

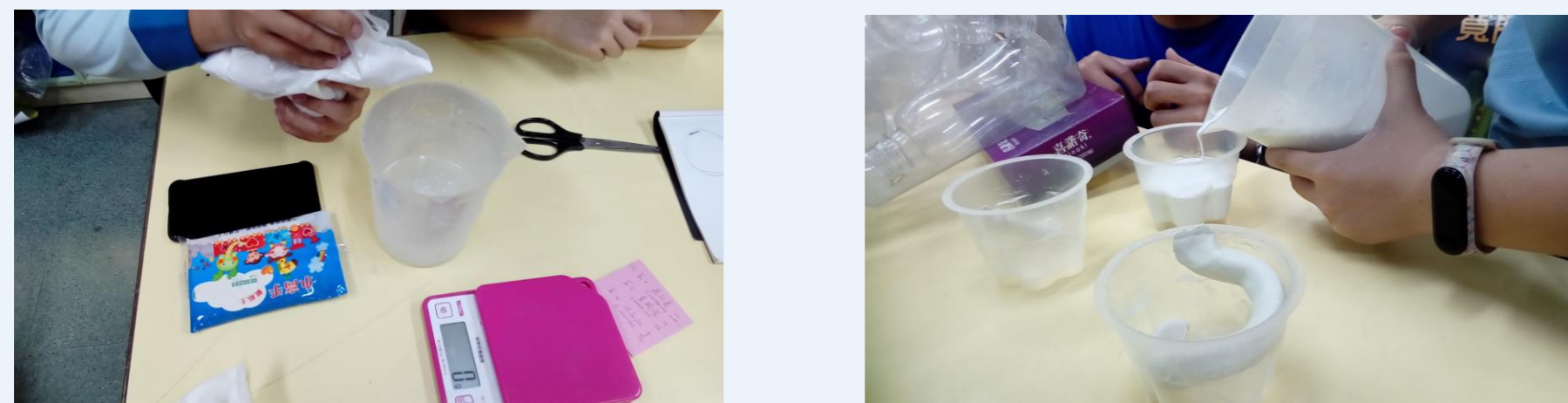
四、觀察螞蟻於不同形狀洞口搬食的因應策略－以長角黃山蟻為例

1. 實驗過程：

- (1) 在作校園螞蟻種類踏查時，我們常發現兩種蟻窩洞口的形狀，例如在操場上的小黃家蟻的蟻窩是圓形的洞口，而在風雨球場旁長角黃山蟻的蟻窩是長條形裂縫。因此我們想設計一個圓形和長條形的人工洞口，使螞蟻從地面爬上洞口後搬食，再觀察螞蟻如何將食物搬入通過洞口搬入通道。



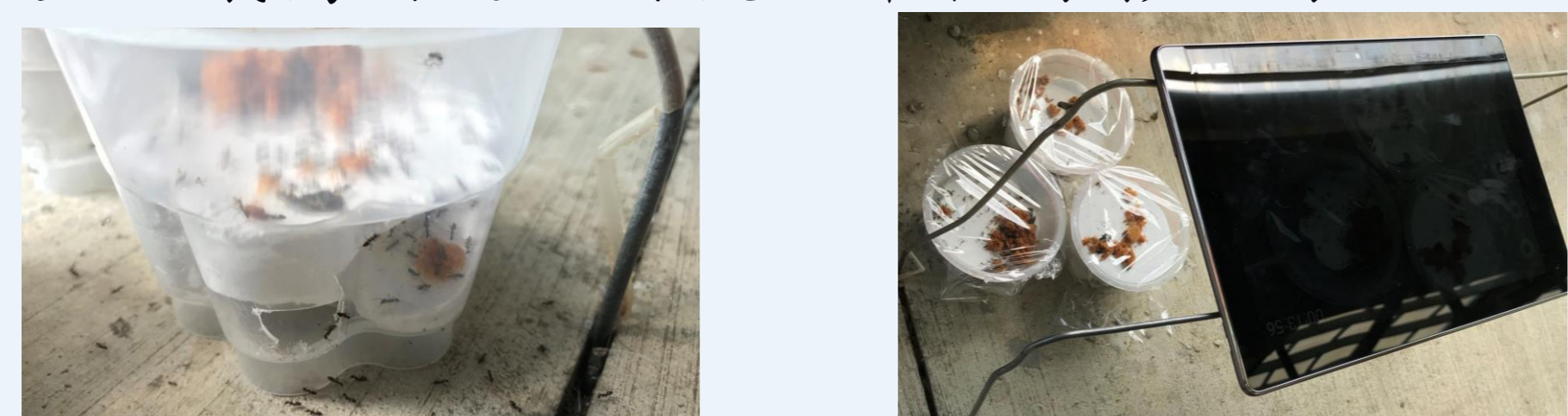
- (2) 我們使用透明的布丁盒來作人工蟻窩，可以方便觀察。首先使用凡士林塗抹布丁盒壁，使石膏成固體後方便取出。然後將黏土從底部往上黏貼，在最上端塑形圓形和長條形出口，這是石膏成型後，把黏土挖出就成為螞蟻移動的通路。



- (3) 將石膏粉500公克和400毫升水混合緩慢攪動，避免太多空氣進入石膏溶液中。再將混合液倒入布丁杯中，輕敲讓空氣跑出，再靜置等候一天冷卻成固體。取出石膏，把黏土挖出，在布丁盒上用電鑽鑽出入口(請指導老師幫忙)，再放入石膏。最上方封上保鮮膜確定螞蟻只能由底部的入口進出。



- (4) 放置於蟻窩附近，再使用平板錄影紀錄。



2. 實驗結果與討論：

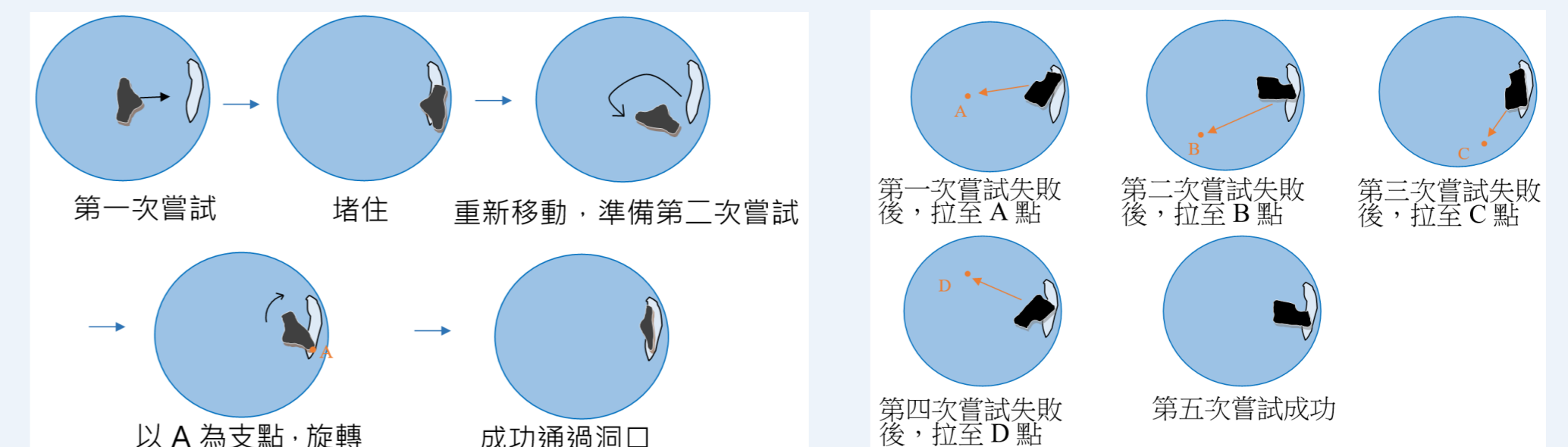
(1) 圓形洞口：

搬食的肉鬆很快在狹小的圓洞口堵住了，接著牠們花很多分解塞住的食物，並有另外的長角黃山蟻尋找其他的通路。後來牠們改用分解食物，不會再嘗試搬移體積大的食物到洞口。因此我們認為長角黃山蟻在第一次堵住洞口錯誤後就記取了教訓，不會再犯第二次相同的錯誤。



(2) 長條形洞口：

長角黃山蟻在長條形洞口發揮搬食能力的彈性空間很大。例如我們觀察到片狀的海苔，牠們可以在第二次嘗試就成功將海苔通過洞口進入通道。不過也有搬食其他的海苔每一次失敗後就會拉到遠方，然後嘗試用不同角度再拉到洞口，終於在第5次才成功。



- (3) 因為放置的食物是長角黃山蟻最喜愛的肉鬆，吸引了數量非常多的螞蟻。看似很混亂而萬頭鑽動的場面，但是牠們不會每隻都想往上爬到布丁盒上搬食。我們猜想是因為通道狹隘而使大部分的螞蟻在出口附近伺機而動，其實是亂中有序的。



- (4) 搬食過程螞蟻們知道要往哪個的方向拉或推，分工合作就如同有指揮官下命令似的。而我們知道這只是牠們觸角相互碰觸的溝通協調，就可以有如此像軍隊般行動，真的讓我們感到驚奇！



- (5) 在看似兵花馬亂的螞蟻群傾巢而出搬食之中，牠們仍會以研究(三)的搬食方式移動。例如右圖是以四邊形四個頂點式的站位搬食。

伍、結論

- 一、我們在校園作螞蟻種類調查，發現了六種螞蟻，分別是堅硬雙針家蟻、破壞單家蟻、黑頭荒蟻、小黃家蟻、長角黃山蟻、花居單家蟻。
- 二、調查螞蟻食物喜好，發現長角黃山蟻最喜歡的食物是肉鬆，而黑頭荒蟻最喜歡的食物是棒棒糖。
- 三、對於長角黃山蟻而言，肉鬆味道濃且輕巧，可以搬食速度快；同重量的棒棒糖和嗨啾軟糖則有明顯聚集吸取現象。
- 四、長角黃山蟻有特定搬食的方式：單隻會捧著走、倒退走或垂直走，甚至一邊前進一邊繞著食物旋轉；兩隻會成直線對稱且邊走邊旋轉或八字形拉著走；三隻會成T字型或Y字型三點對稱型；四隻則會站在四邊形頂點對稱位置。
- 五、數量越多的長角黃山蟻加入搬食行列之中，前進時會讓整體速度加快20%以上，但是途中若遇到其他的螞蟻用觸角溝通傳遞訊息，會讓整體速度忽快忽慢。
- 六、長角黃山蟻搬食無法通過圓形洞口堵住後，接下來不會嘗試再搬移體積大的食物，而改用分解成小食物方式通過洞口。
- 七、長角黃山蟻搬食在長條形洞口會不斷嘗試以不同的角度通過洞口，最終都能順利成功。

陸、參考資料及其他

- 一、螞蟻的家。<http://www.ant-home.idv.tw/888/a-2/a2-01.htm>
- 二、嘎嘎昆蟲網。<http://gaga.biodiv.tw/9701bx/in94.htm>
- 三、自製螞蟻石膏巢(上)。<https://youtu.be/zjc8nggmyIU>
- 四、王秉誠(民107)。螞蟻飼養與觀察。台中市：晨星。
- 五、威爾森、霍德伯勒(民108)。螞蟻螞蟻：螞蟻大師威爾森與霍德伯勒的科學探索之旅台北市：貓頭鷹。
- 六、「蟻」知半解」-螞蟻喜好、驅蟻方法及螞蟻智商研究，第47屆全國科展作品
- 七、螞蟻，螞蟻，讓我看你，第43屆全國科展作品