

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生物科

080319

黑武士進太空艙

～人工飼養黑棘蟻對環境刺激的行為模式探究

學校名稱：高雄市左營區新民國民小學

作者： 小六 蘇敏嘉 小五 沈泰瑒 小五 林凡巖 小六 洪子茵 小四 李泓岍	指導老師： 麥昌仁
---	------------------

關鍵詞：黑棘蟻、太空艙、人工飼養

摘要

黑棘蟻（*Polyrhachis dives*）為台灣常見的大型蟻種，以背部有棘刺及尾部有金屬環狀光澤為其特徵。本研究我們採集野地的黑棘蟻加以人工飼養，以太空艙的概念設計一組包含一個蟻窩筒（天然蟻窩）、一個主艙（人造蟻窩）和六個分艙（環境控制艙）的飼養環境。在飼養期間發現，1. 當在只容下一隻螞蟻的通道中相遇，從一開始的不知所措，到遠征軍優先（倒退禮讓）進而翻身交錯通行，足見黑棘蟻存在部分的學習行為。2. 在食物選擇實驗中發現，堅硬或過於乾燥、潮濕、油脂成分高的食物並不受歡迎，如：柑仔糖、蝦米、棗子、巧克力等。但在食物匱乏時會將唾液分泌在柑仔糖上軟化食用。3. 當過多的螞蟻聚集在喜好食物鳳梨酥艙時，由於二氧化碳濃度過高，螞蟻一旦進入便無力爬出，形成只進不出的死亡陷阱。4. 在環境變遷適應行為實驗，本研究給予光線、震動、二氧化碳、強風、溫度等環境刺激，發現黑棘蟻對二氧化碳及溫度相當敏感。喜歡溫暖的環境，在低溫時完全降低其活動力；喜歡藍光環境，且對震動及強風能很快的適應。

壹、研究動機

四下「昆蟲的世界」老師曾教導我們飼養昆蟲。而 55 屆科展一件黑棘蟻絲蛋白的作品引起我們的注意，加上電視新聞介紹螞蟻達人創業成功的故事，興起我們飼養研究黑棘蟻的念頭。

貳、研究目的

- 一、了解野外環境黑棘蟻的生態行為。
- 二、設計螞蟻太空艙飼養黑棘蟻。
- 三、探討安全有效捕捉黑棘蟻的方式。
- 四、人工飼養下觀察記錄黑棘蟻。
- 五、人工飼養下黑棘蟻對環境刺激的行為模式探究。

參、設備及器材

- 一、食物類：各類水果、糖果、黃糖、清水、蝦米。
- 二、材料類：珍珠板、中藥罐、透明軟管、氣球棍、透明油罐、果凍筒。
- 三、設備類：溫度計、電燈泡、打氣幫浦、二氧化碳鋼瓶、照相機、攝影機。

肆、研究過程與結果討論

一、了解野外環境黑棘蟻的生態行為。

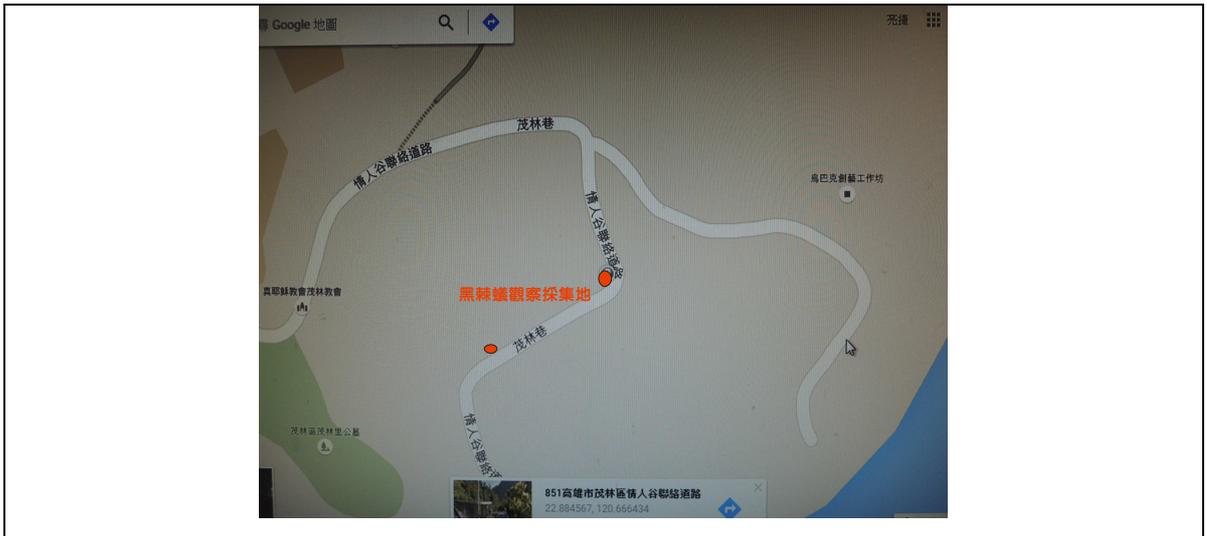
黑棘蟻在市區幾乎已經看不見蹤影，但在山區及未噴灑農藥的果園仍很常見。在高雄市茂林區情人谷停車場附近農場有大量的黑棘蟻出沒(圖一)。經得農場主人的同意，我們對周邊 14 個黑棘蟻蟻巢進行觀察、紀錄、採集等研究(圖二~八)。

(一) 了解黑棘蟻築巢的環境選擇：

黑棘蟻築巢環境是否與日光照射、強風吹襲、雨水、築巢材料有關，藉由實際的觀察記錄，加以比較分析。(表一)

表一、茂林區野外環境黑棘蟻蟻窩調查

特 性 編 號	環 境	蟻窩大小 長*寬*高 (公分)	離地高度 (公分)	築巢位置	日照	風雨 遮蔽	蟻巢外觀材料
1		17*12*3	180	鐵絲網	有	無	枯草+蟻絲蛋白
2		22*10*3.5	165	鐵絲網	有	無	枯草+蟻絲蛋白
3		15*40*5	200	椰子樹葉內	有	無	枯草-椰子纖維 +蟻絲蛋白
4 廢棄蟻窩		28*32*6	172	鐵絲網	單面有 青苔	無	枯草+蟻絲蛋白
5 廢棄蟻窩		18*13*5	158	鐵絲網	單面有 青苔	無	枯草+蟻絲蛋白
6		90*2.5*2.5	0	塑膠水管	有	無	開口處枯草+蟻 絲蛋白
7		60*30*2	0	破牛仔褲	有	無	棉布纖維+枯草 +蟻絲蛋白
8		11*20*2	0	石頭縫內	無	無	枯草+蟻絲蛋白
9		50*32*18	90	鐵絲網	有	無	枯枝+枯草+蟻 絲蛋白
10		15*13*3	54	鐵絲網	有	無	枯草+蟻絲蛋白
11		17*13*6	38	芒草	有	無	枯草+蟻絲蛋白
12		25*16*4	52	鐵絲網	有	無	枯草+蟻絲蛋白
13		8*8*48	10	破竹竿	有	無	竹膜+枯草+蟻 絲蛋白
14		10*10*8	60	橋頭警示燈	有	無	枯草+蟻絲蛋白



(圖一) 黑棘蟻觀察採集地之 Google 地圖



(圖二) 樹上蟻巢



(圖三) 水管蟻巢



(圖四) 樹洞蟻巢



(圖五) 燈蓋蟻巢



(圖六) 鐵網蟻巢



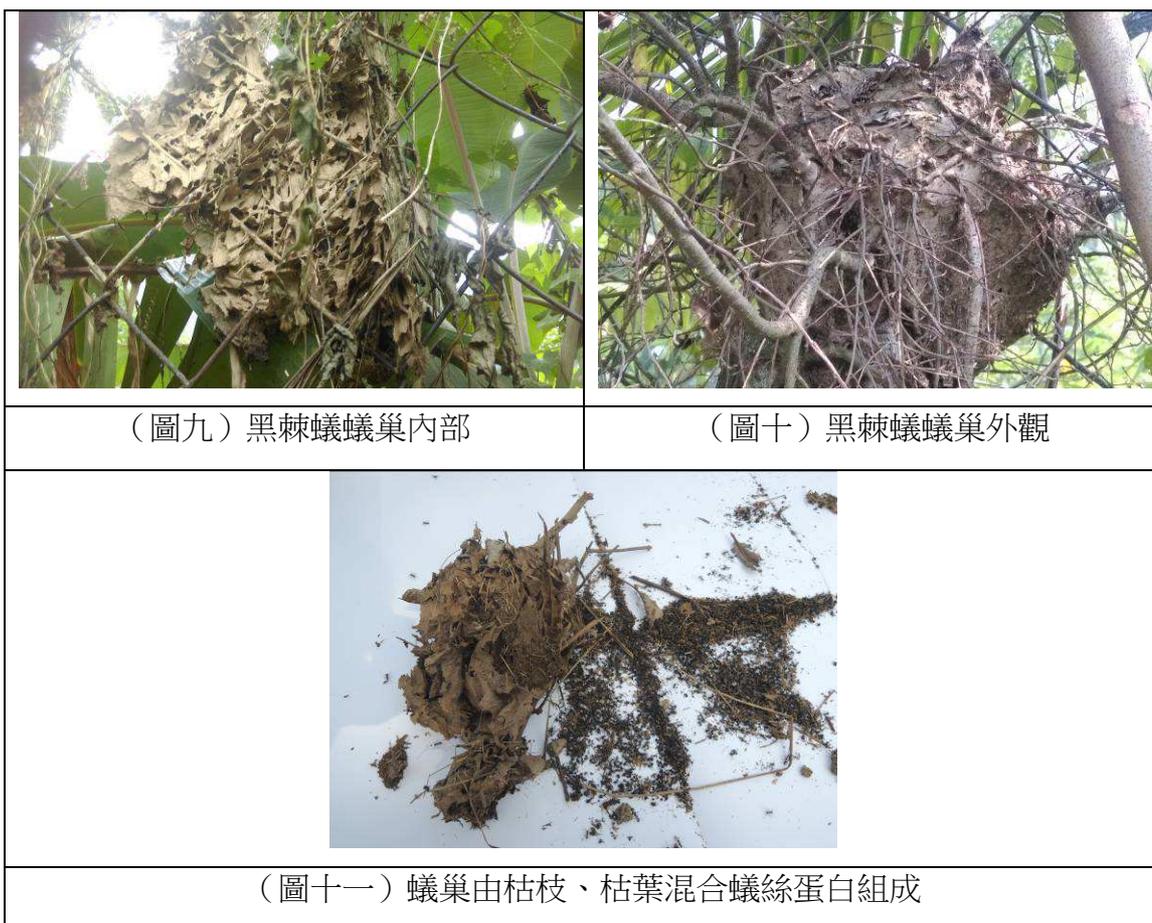
從野外黑棘蟻蟻巢的調查、觀察發現：

1. 黑棘蟻的蟻巢大小不一，且有彼此聯絡進出，碰到不同蟻巢的黑棘蟻並未出現攻擊的行為。由此推測黑棘蟻有分巢的行為，一個族可以有多個蟻巢以擴展其勢力範圍。
2. 從廢棄蟻巢知道，黑棘蟻的蟻巢外層不能夠完全防水，當遇大雨又未能及時得到充足陽光曬乾，則可能重新尋覓更好的位置，拋棄受損蟻巢，重新建立新家。
3. 黑棘蟻的蟻巢位置除少數遷就遮蔽物，如水管、牛仔褲、石頭縫等，自行築巢的位置大多選擇離地面有一定的高度。推測是要能順利接收陽光、保持通風狀態並能避開積水威脅。

(二) 了解黑棘蟻築巢的材料：

1. 蟻巢內外材質不同。蟻巢內部纖維經過螞蟻唾液的分解較細緻且柔軟舒適，而蟻巢外部枯葉枯枝明顯，比較堅硬。推測蟻窩的建構是由內向外，逐層堆疊。蟻巢內部包覆的枯枝枯葉會慢慢的以唾液加以分解使其細密柔軟，至於太粗的纖維則做為支撐物。(圖九)
2. 黑棘蟻的蟻巢形狀不盡相同，但大多配合附著物或遮蔽物做調整。在鐵絲網上的蟻巢，可能考慮附著面積，多呈現長寬較厚度大的扁圓狀，而非球形。而牛仔褲、水管、破竹竿、石頭縫、警示燈等處的蟻巢為遷就遮蔽物，只在開口處以枯葉纖維及蟻絲蛋白封閉。可知黑棘蟻築巢多採就地取材、就勢順勢的方式進行。(圖

十、十一)



(三) 了解黑棘蟻食物攝取的種類：

從文獻中得知黑棘蟻的食性為葷、素並取的雜食性螞蟻（圖十二、十三）。我們於茂林鄉情人公園停車場進行黑棘蟻食性調查。調查範圍分為三區。第一區為茄苳樹下區；第二區為農場鐵絲網區；第三區為道路邊坡區。第一區有兩個蟻巢，分別為塑膠水管和牛仔褲。第二區有六個蟻巢，分佈在鐵絲網上。兩區相鄰距離約 20 公尺。第三區有六個蟻巢，分別築巢在石頭縫、乾芒草及鐵絲網上。我們分別從攝食對象、螞蟻數量和進食方式做紀錄。(表二)

表二、野外環境黑棘蟻攝食記錄。括弧（）內為螞蟻隻數

食 物 編 號	第一區 茄苳樹下	第二區 農場鐵絲網區	第三區 道路邊坡區
1	紫斑蝶屍體 (23)	紫斑蝶屍體 (8)	蚱蜢屍體 (8)
2	椿象屍體 (6)	絲瓜蒂 (53)	蚯蚓 (4)
3	蚯蚓 (8)	芽蟲蜜汁 (22)	野生芭樂 (14)

4	茄苳樹樹汁 (63)	花蜜 (4)	爛蓮霧 (11)
5	昆蟲乾屍 (36)	—	—
素食螞蟻數量	63	79	12
葷食螞蟻數量	73	8	25
攝食螞蟻總量	136	87	37
三區素食數量合計		154	
三區葷食數量合計		106	
三區攝食螞蟻總量合計		260	
黑棘蟻的食性為葷、素並取的雜食性螞蟻			



(圖十二) 黑棘蟻舔蚜蜜



(圖十三) 黑棘蟻搬昆蟲屍體

從表二、野外環境黑棘蟻攝食記錄可以發現

1. 黑棘蟻攝食葷素不拘。但素食有 154 隻大於葷食 106 隻，推測此地為農場，植物性食物來源較豐富。
2. 黑棘蟻對素食性食物進食時，多靜止不動把頭緊貼食物，似乎用口器內的唇鬚及顎鬚進行舔食。當離開時腹部明顯變大，有時候還會對其他螞蟻進行餵食的動作。
3. 黑棘蟻對葷食性食物進食時部分用舔的方式，部分則用撕咬的方式，並將之帶回巢穴，如蚱蜢屍體。

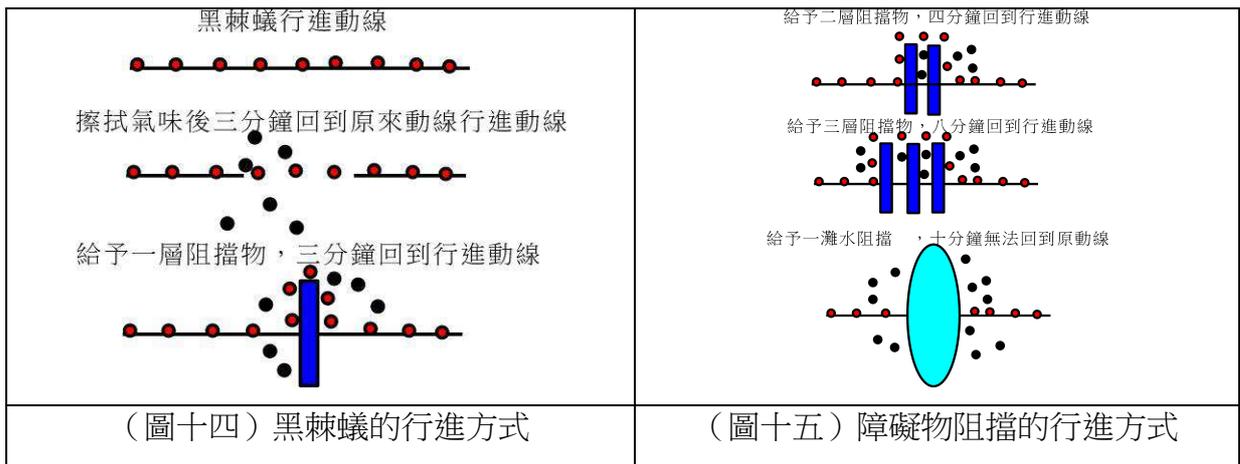
綜觀上述觀察得知：黑棘蟻葷素不忌，並無特別喜好，單就環境所提供加以進食。當食物無法搬離，則就地舔食，回巢後再餵食同伴。當食物可以支解便於搬動，則直接帶回巢穴。

(四) 了解黑棘蟻的行進隊伍遇到干擾時的處理方式：

黑棘蟻行進時都是一隻接一隻沿著同一方向前進。當遇到對向螞蟻則會以觸鬚彼此碰觸，接著錯身通過。在未受到外力干擾的野地沒有發現倒退、重疊、轉身、回頭等行為。為瞭解黑棘蟻行進隊伍遭受外界干擾所做的應變，我們施以清水擦拭、障礙物阻擋 1 層、2 層、3 層、淹水等五種狀況，觀察其行進方式有否改變。(圖十四、十五)(表三)

表三、黑棘蟻的行進隊伍遇到干擾時的處理方式

行 進 \ 障 礙	清水擦拭	障礙物阻擋 1 層	障礙物阻擋 2 層	障礙物阻擋 3 層	淹水
行進方式	最短距離	最短距離	最短距離	最短距離	無法通行
花費時間	三分鐘	三分鐘	四分鐘	八分鐘	十分鐘



1. 觀察中發現黑棘蟻行進時遇到障礙物則會探索新的路線；當障礙物阻隔時，前頭螞蟻會有徘徊、轉身、行進無章及觸鬚放低等現象。但阻隔範圍越小（一塊壓克力板），則修正的時間越短，反之（三塊壓克力板）則要花費更多的時間，才能重新連接行進隊伍。
2. 在行進隊伍旁放置食物，引誘其改變行進方向時，部分黑棘蟻受食物影響前往覓食，但行進隊伍依然保持原有路線並未改變。
3. 使用清水擦拭行進路線時，當水乾之後走在前頭的黑棘蟻的觸鬚朝下，探索可能殘留的氣味，行進隊伍可以在最短時間進行連結。
4. 當行進路線完全被水淹沒時，前頭的黑棘蟻首先採取警戒姿態，接

著部分轉身尋原路往回走，部分四處遊走。直到水完全退去 1 個小時，仍未見行進路線連結。

綜觀上述築巢的環境選擇、築巢的材料、食物攝取的種類、行進方式的四個觀察結果發現：黑棘蟻築巢時會選擇光照充足、通風、離開地面（避淹水）及食物獲取便利性的環境。而築巢材料與攝食習慣則遷就所在環境，沒有特別的選擇性，屬於隨遇而安類型。而當行進動線遭受外界阻擋時，部分好奇心較重探索性較高的黑棘蟻會嘗試走出新路，重新連結動線。但原來動線若遭受大規模破壞以致連結困難度太高，則會放棄舊有的行進動線，另闢新路。

二、設計螞蟻太空艙飼養黑棘蟻。

由野外黑棘蟻的觀察瞭解其生存環境及習性之後，為了方便研究並隨時觀察，於是構思作人工飼養。人工飼養必須考慮的是：1.野外的黑棘蟻移植到飼養箱中，是否能提供生存的基本需求，如食物、飲水、光線、通風等；2.如何防止其脫逃；3.餵食及更換食物的方便性；4.安全而不傷害黑棘蟻的情況移植黑棘蟻巢。本作品基於上述的需求，從星際大戰的太空人「小空間、大族群、多樣性、舒適性」做考量。設計出「螞蟻太空艙」，用以飼養黑棘蟻。飼養期間也參考坊間的文獻及論點，以縮短探索期。

（一）螞蟻太空艙各艙組成介紹：（圖十六）

1. 蟻窩筒：以大型透明塑膠果凍桶來製作，在上方設置通道孔以方便連接通道。其上方及側邊以迴紋針加熱方式打洞，作為通風孔。本艙的特點是桶子夠大，足以移入整個黑棘蟻蟻窩。
2. 太空主艙：以大型透明塑膠中藥罐來製作有六個分艙的中心艙。位於整個基地的中心點。中藥罐上方設置通道孔，與蟻窩筒相連，側上方設置六通道孔與六個分艙分別連通，方便黑棘蟻進出分艙。其上方及側邊以迴紋針加熱方式打洞，作為通風孔。本艙的主要功能是作為第二蟻窩。當主蟻窩被破壞，可提供黑棘蟻移民之用。
3. 太空分艙：以小型透明塑膠中藥罐來製作。本艙是太空主艙的六個分艙，上方做上標記並設置通道，艙艙均以相等距離與主艙相

連。其上方及側邊以迴紋針加熱方式打洞，作為通風孔。本艙的主要作用在提供螞蟻食物及用水。可觀察出黑棘蟻攝食偏好。

4. 通道 A：以水族專用的透明塑膠打氣軟管（內徑 0.3 公分）作為黑棘蟻通道。本通道剛好僅容一隻黑棘蟻通行（體長 0.7 公分，身寬 0.3 公分）。可清楚觀察黑棘蟻的運動方式。
5. 通道 B：以醫院點滴瓶專用的透明塑膠軟管（內徑 0.2 公分）作為黑棘蟻通道。本通道黑棘蟻通行時必須縮身才能通過（體長 0.7 公分，身寬 0.3 公分）。本通道可提供我們清楚觀察黑棘蟻如何在比身體更狹隘通道時的運動方式。
6. 打氣幫浦：以水族館的小型幫浦作為黑棘蟻太空艙的強制換氣設備。在太空艙通風不佳或蟻窩潮濕時，適時提供換氣、除濕、除臭的功用。
7. 通氣孔：在蟻窩筒、主艙、分艙以迴紋針加熱打洞作為通氣孔。（圖十六）



（圖十六）黑棘蟻太空艙



（圖十七）黑棘蟻太空艙通風孔

三、探討安全有效捕捉黑棘蟻的方式。

參考文獻提到利用二氧化碳迷昏黑棘蟻再加以捕捉。但實際在野外採集黑棘蟻時，發現其方法不盡理想。原因是在開闊地使用二氧化碳鋼瓶迷昏時，由於二氧化碳容易散失在空氣中，迷昏的效果不佳，且以手指抓或鑷子夾取會使螞蟻（螞蟻卵、螞蟻蛹）受傷或身體殘缺以致存活率降低。我們參考昆蟲吸氣瓶及桌上型電動吸塵器，將兩者結合，設計出一款前所未見的「電動吸蟻瓶」。使用這款吸蟻瓶配合二氧化碳迷昏法，可在不接觸、不傷害及不破壞身體氣味的情況下，輕鬆抓取黑棘蟻。以下介紹電動吸蟻瓶構造及功用。

(一) 人工昆蟲吸入瓶：利用嘴巴吸氣將昆蟲吸入瓶中。構造簡單實用方便，但往往一併吸到昆蟲的氣味或泥沙。捕捉黑棘蟻時，強烈蟻酸使人難以忍受。(圖十八)

(二) 電動吸蟻瓶：(圖十九)

1. 保特瓶：作為吸蟻瓶的結構主體及黑棘蟻蒐集容器。瓶底與吸塵器相連，瓶身上端打洞插入透明塑膠軟管，瓶內軟管通到最底部可以導引黑棘蟻進入保特瓶瓶底；瓶外軟管則用以吸取黑棘蟻。
2. 電動吸塵器：吸塵器啟動時會讓保特瓶內產生負壓，利用大氣壓力將黑棘蟻帶入保特瓶內。
3. 衛生紙緩衝墊：當黑棘蟻被吸入瓶內，其在管內吸入速度很快，可能會撞擊瓶身而造成傷害。利用柔軟的衛生紙置於瓶底，可以有效地減低傷亡。
4. 二氧化碳鋼瓶：一般的小型家蟻或在光滑平面的黑棘蟻可以利用電動吸蟻瓶直接吸取捕捉。但在野外的黑棘蟻其攀附能力很強，必須先以二氧化碳噴灑，雖不能迷昏，但卻能降低其攀附及逃避的能力。



(圖十八) 人工昆蟲吸入



(圖十九) 自製電動吸蟻瓶

(三) 黑棘蟻窩野地採集

1. 防護裝備：黑棘蟻雖不具毒性，但強而有力的大顎卻可造成疼痛。而其動作迅速、蟻海戰術、瘋狂叮咬使得採集者必須做相當的防護。除了長袖上衣、長褲、長統襪、棉布手套、面罩外，寬板膠帶、橡皮筋（束口）也是必備。(圖二十、二十一)
2. 大型垃圾袋：運用於附著度不高的小型蟻窩。如短的竹竿，可將

其完整包覆，捕捉黑棘蟻。但必須立刻移植於黑棘蟻太空艙。否則黑棘蟻可在短時間內咬破垃圾袋進行逃亡，形成「蟻禍」災難。

3. 二氧化碳迷昏法：多數黑棘蟻窩均攀附於樹枝上，且牢牢包覆。想完整取下幾乎不可能，必須對蟻窩進行破壞式的摘取。此時麻醉迷昏可以防止黑棘蟻大量竄逃。由於二氧化碳比空氣重，在灌入時需將導管由蟻窩上方插入，讓二氧化碳由上往下沈。為確保整窩蟻都迷昏，插入導管必須迅速、多點。而蟻窩置入蟻窩筒內，必須在3分鐘內以人工方式吹入新鮮空氣，以排除筒中的二氧化碳，確保黑棘蟻健康。(圖二十二、二十三)
4. 由上往下拆解蟻窩：由於二氧化碳會往下沈澱，蟻窩上方的蟻甦甦醒較快，蟻窩下方蟻甦甦醒較慢。故拆解蟻窩應橫向撕開；由上往下一大片一大片拆卸。最下方要利用容器承接，因昏迷蟻甦甦會掉入此區，所以此區域蟻卵、蟻蛹、工蟻及雄蟻的數量最為龐大。(圖二十四)



(圖二十) 膠帶封口，全身防護



(圖二十一) 蟻蟻爬滿身



(圖二十二) 鋼瓶太重，先裝到塑膠袋



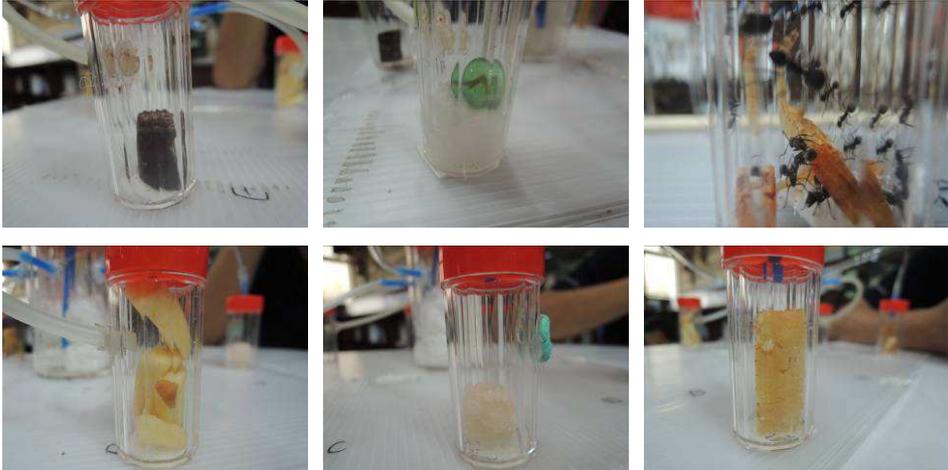
(圖二十三) 對蟻窩打入二氧化碳



(圖二十四) 拆解蟻窩放入果凍桶

(四) 開始飼養

1. 乾燥的環境：黑棘蟻蟻窩移入蟻窩筒中，不到二小時便在桶壁上形成大量的水氣，造成雄蟻翅膀沾黏及部分黑棘蟻身體沾濕而死亡，且不利於觀察。此現象可能是人工飼養破壞原有的蟻窩結構，內部濕氣散出，造成蟻窩筒濕氣過高。於是啟動打氣幫浦，連續運轉一天，使水氣不再產生。
2. 提供築巢材料：原有的蟻巢遭受破壞，黑棘蟻可能需要修補蟻巢或再造新巢。所以在太空艙的主艙內放置 3 張衛生紙提供築巢材料。(圖二十五)
3. 提供飲水：查詢的文獻均未提及黑棘蟻是否需要飲水，所以選擇一個分艙直接裝水供其飲用。但卻也造成多隻螞蟻溺死。於是改用棉花吸水，上置一顆彈珠供其攀爬，從此不見有溺水死亡現象。(圖二十六)
4. 多樣性食物：黑棘蟻屬雜食性；所以在太空分艙中提供鳳梨酥、餅乾、蘋果、蝦米、巧克力等五種葷素不同食物以供其自由選擇。(圖二十七)
5. 人工遮光：野外環境有近 12 小時的夜晚，而人工飼養下必須塑造其日夜情境。我們準備一塊黑色透氣棉布加以遮蔽，用以製造人工夜間的環境。
6. 剛開始飼養的前兩天，黑棘蟻爆發一波死亡潮，但到了第三天似乎進入穩定狀態，不再有大量的螞蟻死亡。於是正式開始我們的飼養、觀察、實驗之旅。

	
<p>(圖二十五) 提供衛生紙做築巢材料</p>	<p>(圖二十六) 提供飲水</p>
	
<p>(圖二十七) 太空分艙分別放入巧克力、飲水、櫻花蝦、蘋果、柑仔糖、鳳梨酥等葷、素不同的食物</p>	

綜觀上述的設計及初步飼養情形可以得知：

1. 螞蟻太空艙的設計可讓黑棘蟻自由移動，同時提供不同的居住及飲食環境供其選擇。而透明罐的設計更利於研究者做觀察。
2. 黑棘蟻靠費洛蒙留下氣味，若用手直接抓取會改變氣味甚至造成傷亡。使用電動吸蟻瓶可以大大改善情況。
3. 黑棘蟻容易受到驚擾而拼命攻擊，野地採集需要有充分的防護措施並利用二氧化碳迷昏，方能安全、順利捕捉。
4. 飼養初期，蟻窩筒內含大量水氣，造成黑棘蟻大量死傷（尤其雄蟻翅膀被黏住最嚴重）。經施以打氣幫浦強迫換氣，情況明顯好轉。證明打氣幫浦是必要的且成效良好。

四、人工飼養下觀察記錄黑棘蟻。

黑棘蟻能夠探索食物、餵養同類、照顧幼蟲、清潔環境。但到底有沒有智商，會不會有學習的能力，是我們想要了解的課題。在飼養觀察的過程我們發現一些有趣現象。

(一) 黑棘蟻個體間彼此有個性差異

部分黑棘蟻有較強烈的好奇心。黑棘蟻移入太空艙中，大多數靜止不動的躲在遭受破壞的蟻窩中，少數特定幾隻會外出前往探索。當探索到食物返回蟻巢，與其他螞蟻接觸傳遞食物氣味，蟻巢內的螞蟻才會跟隨進食。所以部分黑棘蟻比較具備冒險犯難的精神。

(二) 黑棘蟻有遵循的交通規則

為觀察螞蟻在狹小通道發生行動衝突時黑棘蟻的處理方式，我們將太空艙的往來通道設為 0.3 公分，與正常黑棘蟻身體寬度差不多。結果觀察到一些有趣現象：

1. 遠征軍優先通行：在移入太空艙的前二天，往返蟻窩筒（棲息）與太空主艙（與食物艙連結）的黑棘蟻如果正面相碰，蟻窩筒的黑棘蟻會以倒退的方式退回禮讓。（圖二十八）
2. 學習轉身：第三天之後，黑棘蟻似乎有學習能力，蟻窩筒的螞蟻開始採用轉身回頭的方式禮讓。（圖二十九）
3. 學習錯身：第五天之後，黑棘蟻改用翻身、上下交錯的方式彼此錯身通行，此後未再出現後退或轉身的情形。
4. 由以上觀察現象似乎說明黑棘蟻具備部分學習、修正的能力。



(圖二十八) 黑棘蟻在狹小的通道倒退行進



(圖二十九) 轉身回頭的黑棘蟻

(三) 黑棘蟻也會偏食

1. 提供鳳梨酥、櫻花蝦、蘋果、柑仔糖、巧克力等五種不同食物及飲水以供其自由選擇。
2. 移入太空艙第二天便開始進食。初期以鳳梨酥最受歡迎；蘋果其次。印象中螞蟻喜歡吃糖，但令人訝異的是柑仔糖、巧克力卻是乏蟻問津。
3. 移入太空艙第七天，蘋果發黑腐爛，黑棘蟻不再進食，而將蟻屍搬到此艙。鳳梨酥仍最受歡迎，此時開始部分螞蟻停留在柑仔糖上分泌唾液軟化硬糖、巧克力仍是乏蟻問津。
4. 移入太空艙第十天，鳳梨酥完全發黴，不再進食。柑仔糖大受歡迎，近百隻同時擠在蟻艙中，柑仔糖出現很明顯的啃食痕跡。此時蝦米艙也出現大量螞蟻，部分蝦米被搬到太空主艙中。
5. 移入太空艙第十四天，所有食物都吃完只剩巧克力，此時出現大量進食巧克力的狀況。但進食巧克力之後黑棘蟻尾端失去原有的光澤，變成黑色。
6. 此觀察期間未曾發現黑棘蟻有飲水的現象，研判其身體散失水分很少；補充水分由食物獲得。
7. 黑棘蟻食物興趣度為：鳳梨酥 > 蘋果 > 柑仔糖 > 櫻花蝦 > 巧克力。巧克力之所以不受欢迎可能是油脂成分太高。
8. 這個實驗再由兩位同學分頭進行，得到相同的結果，可見黑棘蟻對食物也有偏好。(表四)

表四、黑棘蟻太空艙飼養食物觀察記錄

黑棘蟻太空艙飼養食物觀察記錄 (螞蟻隻數)							
日期	天數	鳳梨酥艙	蘋果艙	柑仔糖艙	櫻花蝦艙	巧克力艙	清水艙
11/7	2	70~80	23	1	0	0	5
11/12	7	>100	9	5	3	1	4

11/15	10	4	1	80~90	38	4	2
11/19	14	3	1	8	2	32	7
黑棘蟻食物興趣度為：鳳梨酥>蘋果>柑仔糖>櫻花蝦>巧克力							

(四) 辛苦的搬屍蟻會被處死

1. 黑棘蟻會將屍體搬到污染度較高的區域集中，但由於我們設計的通道狹窄，有些搬屍蟻花費很長時間還找不到拋棄的場所，辛苦工作的結果，最後竟然被其他螞蟻圍攻。此一有趣的現象，我們懷疑是因長期運屍，身上沾染蟻屍腐敗的氣味。而黑棘蟻的嗅覺較視覺敏銳許多，因此被誤認為另一具屍體而被搬運支解。(圖三十、三十一)
2. 抓取三隻正常健康的黑棘蟻，在身上灑上蟻屍粉，放入太空主艙，結果遭受其他螞蟻的排斥及攻擊，其中一隻甚至被咬斷了腿。



(圖三十) 在狹小通道搬運蟻屍



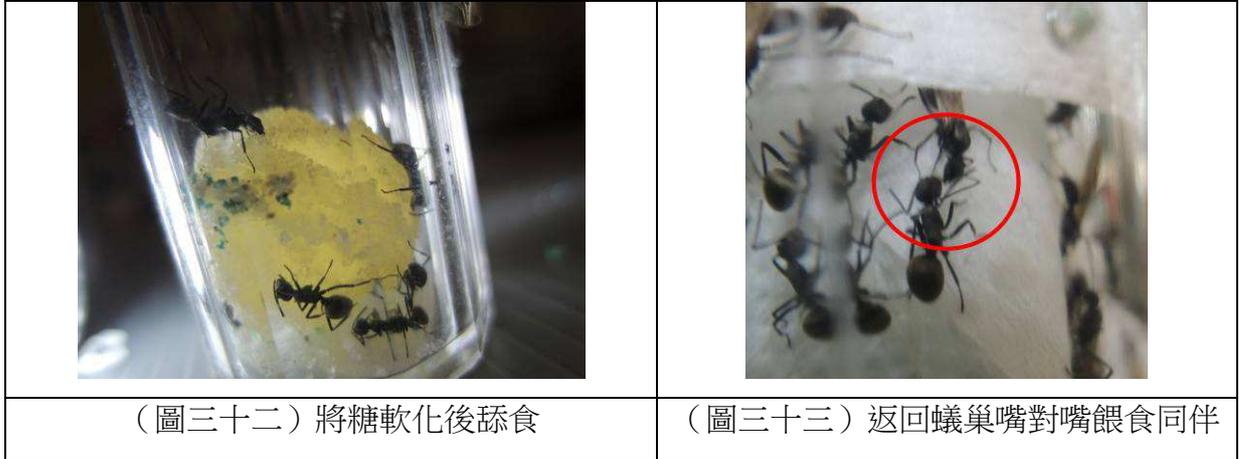
(圖三十一) 食物吃完作為蟻屍堆置場

(五) 黑棘蟻會彼此照顧

部分黑棘蟻一直往返覓食區分艙，但有些螞蟻卻停留在蟻窩的深處，未曾離開。如何進食維持生命令我們好奇。

1. 櫻花蝦及鳳梨酥的酥皮被咬成小碎片帶到太空艙主艙供同伴進食。

- 柑仔糖太硬了於是利用口水溶化之後吸取糖水。進食時靜止不動，一段時間肚子脹大並返回蟻巢，與其他同伴嘴對嘴接吻餵食，一段時間之後肚子又縮小了。(圖三十二、三十三)



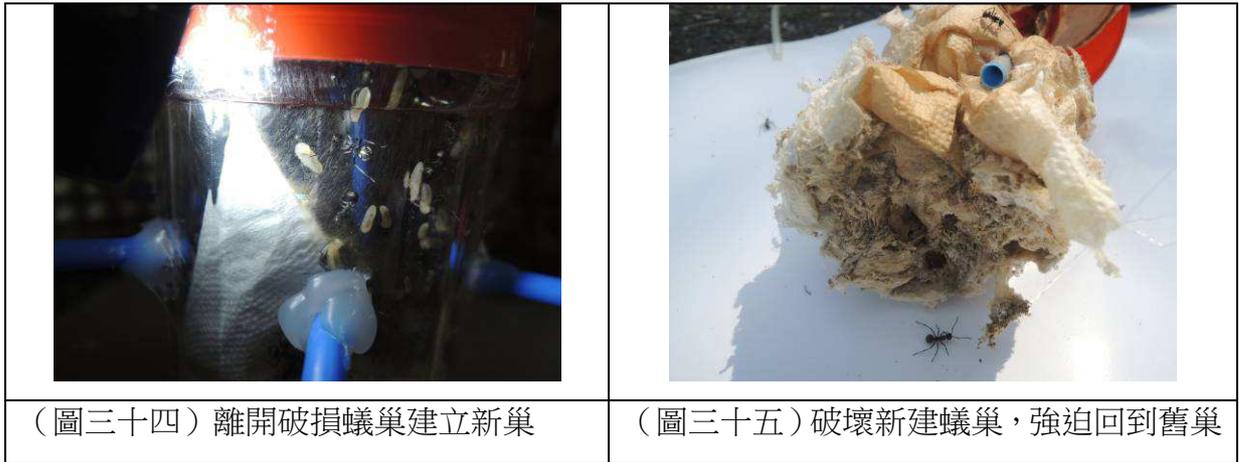
(六) 黑棘蟻會因環境改變而選擇遷巢、還巢

由於野外採集的蟻窩已經受損嚴重，黑棘蟻會從蟻窩筒搬遷到太空主艙，利用我們提供的衛生紙重新築巢，遷移新巢。但如果新巢環境變得更不理想，黑棘蟻是否會搬回舊巢並加以修復定居呢？值得研究。

- 太空主艙的衛生紙在第三天出現褐色的水漬，大量的黑棘蟻以口器咬著衛生紙整天不動，利用唾液分解衛生紙。部分黑棘蟻咬著蟻蛹在瓶內以「之」字形點來點去，仔細觀察可看到吐出細絲。
- 黑棘蟻從受損蟻窩筒遷移到太空主艙花費五天，此時舊蟻巢除了幾隻遊走的螞蟻以外，幾乎沒有螞蟻。(圖三十四)
- 七天之後主艙上半端幾乎被褐色蟻絲及消化過的衛生紙包覆，下半段衛生紙團則出現通道孔洞，所有黑棘蟻全數移民到新巢，遷巢完畢。
- 利用二氧化碳迷昏黑棘蟻並破壞新巢取走衛生紙團之後，黑棘蟻四處遊走，二天之後又全數搬回之前棄置的蟻巢，太空主艙只剩下零星走動的螞蟻。(圖三十五)

由以上實驗觀察可知，在人工飼養下，當蟻巢受環境影響不適合棲息時，黑棘蟻會選擇遷巢，但如果新巢受環境劇烈變化變得更不適合棲息時，

則選擇回到舊巢。



(七) 黑棘蟻有情緒

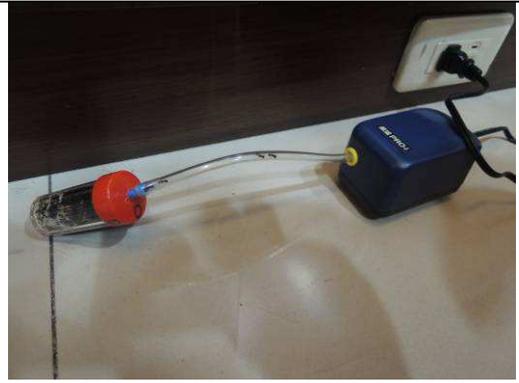
部分逃出太空艙的黑棘蟻會徘徊遊走在附近不肯離開，且不斷將頭部深入通氣口，似乎在追尋同伴的蹤跡。不得其門而入的情況下，其身體姿勢放低；頭部朝下；兩根觸鬚低到幾乎貼近地面，與太空艙的黑棘蟻行走時抬頭挺胸；觸鬚向上，不斷與同伴碰觸交換氣味，形成強烈對比。

(八) 黑棘蟻無法拒絕死亡陷阱

飼養過程中發現黑棘蟻大量聚集在鳳梨酥分艙爭食，但鳳梨酥崩解時阻塞了通氣孔，可能是缺氧的關係，造成大量死亡。而未死的黑棘蟻活動力明顯降低，只見掙扎卻無力爬出分艙。且身上沒有光澤，呈現死黑色。經利用打氣幫浦打入新鮮空氣後又恢復活動力。有這次搶救經驗，重新換上新瓶加以測試，結果仍出現相同的現象，證明這是有效率的死亡陷阱，黑棘蟻無法逃避。「誘餌缺氧瓶」或許是除掉黑棘蟻的有效設計，值得更進一步研究。(圖三十六、三十七)



(圖三十六) 過度密集缺氧而無力爬出的黑棘蟻



(圖三十七) 打氣搶救又恢復活力

(九) 黑棘蟻為多后多夫的生態

黑棘蟻蟻后藏身在蟻窩的最深層，從太空艙外完全看不到牠的蹤跡。為了了解黑棘蟻的繁殖及統治型態，我們解析一個蟻巢。

1. 利用二氧化碳迷昏由茂林取回的 1/4 蟻巢內黑棘蟻，分類計算各階層的黑棘蟻數量。計工蟻 598 隻、雄蟻 42 隻、蟻后 14 隻。(圖三十八~三十九)
2. 昏迷的黑棘蟻再放入蟻窩筒，並以打氣幫浦灌入新鮮空氣使其甦醒。扣留蟻后使其成為「缺后」的群落，觀察是否會重新產生蟻后。
3. 飼養二星期之後重新迷昏分類計算各階層的黑棘蟻數量。計工蟻 412 隻、雄蟻 16 隻、蟻后 0 隻

由以上的實驗觀察到：

1. 雄蟻的生命力似乎最脆弱，實驗過程死傷最慘重。
2. 抓走了黑棘蟻蟻后，族群仍然繼續存在，但並未重新產生新的蟻后。
3. 一個不完整的蟻巢都有十四隻蟻后，那完整的蟻巢可能更多。而這麼多的蟻后可視為「儲后」。當族群擴大時可分派到新的蟻巢或遞補蟻后。
4. 在野地採集時便發現十公尺之內接連的四個蟻巢，且巢巢相通，彼此並不征戰而和平共處，可能就是同一族群擴大的證明。(圖四十)



(圖三十八) 圖中有四隻蟻后



(圖三十九) 蟻后與工蟻



(圖四十) 四個蟻窩彼此相通

五、人工飼養下黑棘蟻對環境刺激的行為模式探究。

(一) 對光線的刺激反應

將太空艙的分艙分別包上玻璃紙、鋁箔紙使艙內呈現紅、黃、藍、黑、光亮等環境，每個分艙都餵養黃糖（圖四十一）。一天縮時攝影 15 分鐘，紀錄螞蟻經過通道的數量和艙內螞蟻數量。每次為期三天，三天交換顏色一次，以排除分艙螞蟻氣味對實驗的干擾。（表五）

表五、黑棘蟻對光線刺激的反應記錄（螞蟻隻數）

分 艙 數 量	紅		黃		藍		黑		光亮	
	通道	艙內	通道	艙內	通道	艙內	通道	艙內	通道	艙內
第一次	2	8	1	7	4	11	2	3	3	2
第二次	5	4	5	5	8	6	0	5	5	0
第三次	4	3	0	6	3	6	4	8	0	6
平均	3.7	5	2	6	5	7.7	2	5	2.7	2.7
結果	8.7		8		12.7 ※		7		5.4	

從上述實驗得知黑棘蟻並不喜歡全暗或全亮的環境，而選擇透光度較低的藍色環境。



(圖四十一) 黑棘蟻喜歡藍光



(圖四十二) 震動久了黑棘蟻也就習慣

(二) 對震動的刺激反應

將蟻窩筒、太空主艙分別以打氣幫浦啟動的震動給予刺激，每次施以震動 10 分鐘。記錄其警戒→驚慌→恢復正常活動的時間，以觀察黑棘蟻面對震動的反應。(圖四十二)(表六)

表六、黑棘蟻對震動的刺激反應觀察記錄

震 動 時 間	蟻窩筒		太空主艙	
	警戒	恢復正常	警戒	恢復正常
第一次	1 分 12 秒	3 分 26 秒	1 分 2 秒	2 分 36 秒
第二次	58 秒	2 分 34 秒	39 秒	1 分 7 秒
第三次	35 秒	1 分 25 秒	23 秒	1 分 21 秒
平均	55 秒	2 分 28 秒	41 秒	1 分 41 秒
結果	警戒時間縮短	2 分 28 秒正常活動	警戒時間縮短	1 分 41 秒正常活動

從上述實驗得知黑棘蟻對持續的震動反應並不大，大約在 2~3 分鐘便適應而恢復正常活動。其初期的警戒隨著震動的發生次數增加而減少，似乎也說明了黑棘蟻會學習適應震動的環境。

(三) 對二氧化碳刺激反應

捕捉黑棘蟻利用二氧化碳加以迷昏，但迷昏的速度有多快？效果有多好？藉此實驗加以了解。我們將二氧化碳先注入大型垃圾袋以方便控制用

量，並以一分艙的黑棘蟻做實驗（圖四十三）。分別由上方、下方、快速、緩慢注入的方式，觀察其脫逃的方式並加以記錄。（表七）

表七、黑棘蟻對二氧化碳刺激反應記錄表

二 氧 化 碳 反 應	二氧化碳由上往下打入		二氧化碳由下往上打入	
	快速注入	緩慢注入	快速注入	緩慢注入
第一次	2 秒昏迷	往上逃竄，5 秒昏迷	2.2 秒昏迷	往上逃竄，3.6 秒昏迷
第二次	2.3 秒昏迷	往上逃竄，4.6 秒昏迷	1.9 秒昏迷	往上逃竄，4.2 秒昏迷
第三次	1.6 秒昏迷	往上逃竄，4.2 秒昏迷	1.6 秒昏迷	往上逃竄，4.5 秒昏迷
迷昏平均秒數	1.96 秒	4.6 秒	1.9 秒	4.1 秒
結果	無逃脫成功	無逃脫成功	無逃脫成功	無逃脫成功

從上述實驗得知黑棘蟻對二氧化碳的反應非常強烈，在快速注入的情況下，2 秒鐘之內便會昏迷。地震發生前因地殼破裂，有可能釋出地底下的二氧化碳，所以大量的螞蟻驚逃有可能是地震發生的前兆之一。



（圖四十三）二氧化碳二秒內迷昏黑棘蟻效果顯著



（圖四十四）強風吹習慣，黑棘蟻不驚慌

（四）對強風刺激反應

將蟻窩筒前後切開一個直徑 10 公分的大洞，以電風扇對洞內吹風十分鐘，模擬強風對黑棘蟻的影響（圖四十四）。記錄其警戒→驚慌→

恢復正常活動的時間，以觀察黑棘蟻。(表八)

表八、黑棘蟻對強風刺激反應觀察記錄

強風時間	警戒時間	恢復正常時間
第一次	34 秒	1 分 21 秒
第二次	18 秒	48 秒
第三次	7 秒	9 秒
平均	19.7 秒	46 秒
結果	警戒時間越來越短	恢復正常時間越來越快

從上述實驗得知黑棘蟻強風刺激並不在乎，初期的警戒指是誤認為外來的侵入，一旦確認危機解除，風力不至於妨礙行走，很快就恢復正常活動。

(五) 對溫度刺激反應

人工飼養黑棘蟻期間適逢帝王級寒流來襲，全台低溫都在 10°C 以下，黑棘蟻活動力明顯出現變化，興起研究溫度對黑棘蟻的影響。當寒流來襲時我們以 40W 的燈泡製造人工保溫環境使其溫度維持在 25°C 以上，與未加保溫的情況比較（圖四十五）。計算其在黑棘蟻太空艙 7 條通道十分鐘內的通行數量作為活動力強弱指標。(表九)

表九、黑棘蟻對溫度刺激反應觀察記錄

溫度數量	溫暖環境 (25°C 以上)		寒流環境 (18°C 以下)	
	溫度°C	通行總量	溫度°C	通行總量
第一次	30	283	18	103
第二次	26	121	14	2
第三次	28	153	16	12
平均	28	186 ※	16	39
結果	溫度越高活動力越強		溫度降低活動力變弱	

從上述實驗得知黑棘蟻對溫度的反應也很強烈。在溫暖環境(25°C 以上)時，覓食的情況逐漸增加，30°C 時活動量達到最大；反之寒冷環境(18°C 以

下) 時覓食的情況逐漸減少，14°C時活動量完全停止。



(圖四十五) 黑棘蟻喜歡溫暖不喜歡寒流

綜觀上述的實驗可以得知：

1. 黑棘蟻喜歡顏色較暗的藍色，太亮或全暗反而不喜歡。
2. 連續的震動不會影響黑棘蟻的作息。
3. 黑棘蟻不僅呼吸急促且對二氧化碳十分敏感，很短時間便可迷昏。二氧化碳是良好的麻醉劑。
4. 連續的強風吹襲，黑棘蟻很快適應，且活動自如。
5. 黑棘蟻喜歡溫暖環境，18°C以下行動變得遲緩。

伍、 結論

將近六個月的飼養觀察下，我們對黑棘蟻的行為有相當深刻獨到的看法，因此在研究中我們提出的結論如下：

- 一、黑棘蟻築巢時會選擇光照充足、通風、離開地面（避淹水）及食物獲取便利性的環境。而築巢材料則遷就所在環境，沒有特別的選擇性。
- 二、自行設計的黑棘蟻太空艙搭配打氣幫浦，可供給螞蟻多樣性食物及築巢材料且容易觀察。最大的優點是可迅速的清潔、實驗及更換食物。
- 三、二氧化碳可迅速迷昏黑棘蟻，搭配自製的電動吸蟻瓶可以安全有效率捕捉螞蟻。
- 四、黑棘蟻會利用提供的衛生紙加上唾液及蟻絲蛋白，在短短五天內便蓋好一座蟻巢，全部遷離受損嚴重的蟻巢。
- 五、人工飼養觀察到黑棘蟻有個性差異、學習行為、不喜歡高脂食物、不喝水、用味覺「看」世界、彼此照顧餵食及多后多夫等現象。
- 六、黑棘蟻無法抗拒食物的誘惑。運用這個特性可以設計「缺氧」死亡陷阱加以誘殺。
- 七、黑棘蟻對二氧化碳及溫度相當敏感。可能因體型小擴散快的關係，二秒內便能被迷昏；喜歡 25°C 以上的環境，但氣溫低於 14°C 時活動量完全停止。
- 八、黑棘蟻對震動及強風能夠很快的適應，幾分鐘便能適應而恢復正常活動。紅、黃、藍、全亮及全暗的環境中則偏好在藍光環境棲息。

陸、 檢討與未來展望

- 一、在不殺生的情況下要計算黑棘蟻數量相當的困難，雖然透明通道藉助攝影機可加以計算，但蟻窩內的數量卻無法精確計算。計量法的研究值得努力。
- 二、要在不損傷、不干擾氣味下，將螞蟻標記也是一大難題。黑棘蟻是外骨骼生物，或許將來可藉助 X 光攝影機來協助觀察。
- 三、飼養期間發現一些體型小很多的黑棘蟻，但無法證明是人工養殖期間所孵化，相當可惜。
- 四、低溫會大大降低黑棘蟻活動力，飼養應選擇春、夏兩季較好。

柒、參考資料

一、中文書籍

- (一) 王效岳 (1995)。 **有趣的昆蟲世界**。台北市：淑馨出版社。
- (二) 法布爾 (2001)。 **昆蟲世界**。台北市：小知堂出版社。
- (三) 楊平世 (1996)。 **台灣的常見昆蟲**。台北市：渡假出版公司。
- (四) 黛柏拉·戈登 (2001)。 **別和螞蟻拚命**。台北市：皇冠出版。

二、網路資源

1. A---LIAW。螳螂、蟬、蜂、蟻。A---LIAW的自然生態部落格。取自
<http://blog.xuite.net/wen6.chuan3/twblog?st=c&p=1&w=4946013>
2. 林義祥。膜翅目、蜂、蟻。嘎嘎昆蟲
<http://gaga.jes.mlc.edu.tw/new23/index9008.htm>
3. 侯修煒 (民 99 年 8 月 25 日)。黑棘蟻—飼蟻重點說明。螞蟻的家。
<http://www.ant-home.idv.tw/888/a-2/a2-01.htm#黑棘蟻>
4. 鍾承典 (民 104 年)。百「絲」莫解—黑棘蟻 (*Polyrhachis dives*) 蟻絲蛋白探秘。國中組生物科。第 55 屆全國中小學科展。

【評語】 080319

設計飼養箱飼育黑棘蟻，有創意。唯太空艙的設計理念，是由研究者評估觀察需求而得，無法以生物的观点為之，宜再多加思考。