

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高中組 生物（生命科學）科

第三名

040716

C.S.On tree- 懸巢舉尾蟻的防禦行為探討

學校名稱：國立新莊高級中學

作者： 高一 洪巧竹	指導老師： 李貞苡 鍾兆晉
---------------	---------------------

關鍵詞：領域行為、社會生物學(Sociobiology)、
生物模擬 (Biomimic)

CS Ontree－懸巢舉尾蟻 (*Crematogaster rogenhoferi*) 防禦系統之 探討 摘要

過去生物模擬在螞蟻的社會行爲已有完整的研究，例如：擁塞學中利用螞蟻出巢路徑探討人類塞車等等問題。但是在人類軍事行爲中顯少有模擬生物的情形，而瑪以這種社會性昆蟲卻有可能發展出複雜的防禦機制，因此我選擇防禦速度較其他以中快速且在野外灌木、喬木混合林中常見的樹棲蟻－懸巢舉尾蟻 (*Crematogaster rogenhoferi*) 來探討防禦行爲及模式。探討方向分爲出巢、歸巢時間、出巢後的路徑、範圍、數量，經過一連串的實驗，將彙整的數據探究其中的關聯並推衍公式。初步的實驗結果：攻擊後有固定的出巢防禦及持續防禦時間，約爲 20 分鐘；在攻擊初期的防禦路徑爲：以攻擊點爲中心向外 10 公分往返，以圓形擴散；防禦數量最高峰皆約 450 隻懸巢舉尾蟻。在之後將用白天夜晚、攻擊物是否停留以及攻擊點的位置不同，這三項變因來進行防禦行爲的比較。

壹、研究動機

在野外常常看到樹棲性的懸巢舉尾蟻 (*Crematogaster rogenhoferi*) 受侵擾而快速出巢，長期野外觀察，發現懸巢舉尾蟻與其他蟻種相較來說防禦出巢時間快速許多，而且懸巢舉尾蟻是野外常見的樹棲蟻種。如此猛烈的防禦系統，讓我產生了好奇心，而且在螞蟻社會性行為上，有許多專家學者利用這些行為，進行與人類社會連結的研究，因此讓我更想探究懸巢舉尾蟻的防禦行為，並開啓與人類生活接軌的門。而希望在未來能推行公式，推導出一系列防禦模式，可以提供國家軍事部署參考。



圖一、懸巢舉尾蟻 (*C. rogenhoferi*) 受侵擾後的防衛圖。

貳、研究目的

- 一、探討樹棲築紙巢螞蟻防禦之重要性。
- 二、懸巢舉尾蟻 (*C. rogenhoferi*) 的生物學描述。
- 三、訂定懸巢舉尾蟻蟻巢 (*Crematogaster rogenhoferi*) 被攻擊後的反應階段。
- 四、測量懸巢舉尾蟻 (*C. rogenhoferi*) 出巢的防禦路徑與各反應階段所達之時間。
- 五、計算懸巢舉尾蟻 (*C. rogenhoferi*) 一次攻擊後最龐大的工蟻防禦數量。
- 六、推導懸巢舉尾蟻 (*C. rogenhoferi*) 防禦機制。

參、研究器材

- 一、訂定懸巢舉尾蟻蟻巢 (*Crematogaster rogenhoferi*) 被攻擊後的反應級數。

表一、攻擊及測量範圍之研究器材

編號	器材名稱	數量	規格
一	梯子	1 把	2 公尺
二	相機	1 台	
三	求積器	1 台	
四	樹枝	1 枝	直徑 1 公分
五	筆記本	1 本	
六	筆	1 枝	
七	攝影機	1 台	

表二、測量化學兵噴發蟻酸的距離

編號	器材名稱	數量	規格
一	白紙	3 張	A4
二	酚紅	200 毫升	
三	直尺	30 公分	

二、測量懸巢舉尾蟻 (*C. rogenhoferi*) 出巢的防禦路徑與各反應階段所達之時間。

表三、攻擊及測量出入巢時間之研究器材

編號	器材名稱	數量	規格
一	碼錶	1 個	
二	捲尺	1 捲	5 公尺
三	梯子	1 把	2 公尺
四	樹枝	1 枝	直徑 1 公分
五	筆記本	1 本	
六	筆	1 枝	
七	攝影機	1 台	
八	相機	1 台	
三	廣告顏料	2 罐	咖啡色、綠色
四	水彩筆	2 枝	直徑 0.5 公分

三、計算懸巢舉尾蟻 (*C. rogenhoferi*) 一次攻擊後最龐大的工蟻防禦數量。

表四、攻擊及計算懸巢舉尾蟻出巢防禦隻數隻研究器材

編號	器材名稱	數量	規格
一	梯子	1 把	2 公尺
二	樹枝	1 枝	直徑 1 公分
三	相機	1 台	
四	筆記本	1 本	
五	筆	1 枝	
六	攝影機	1 台	

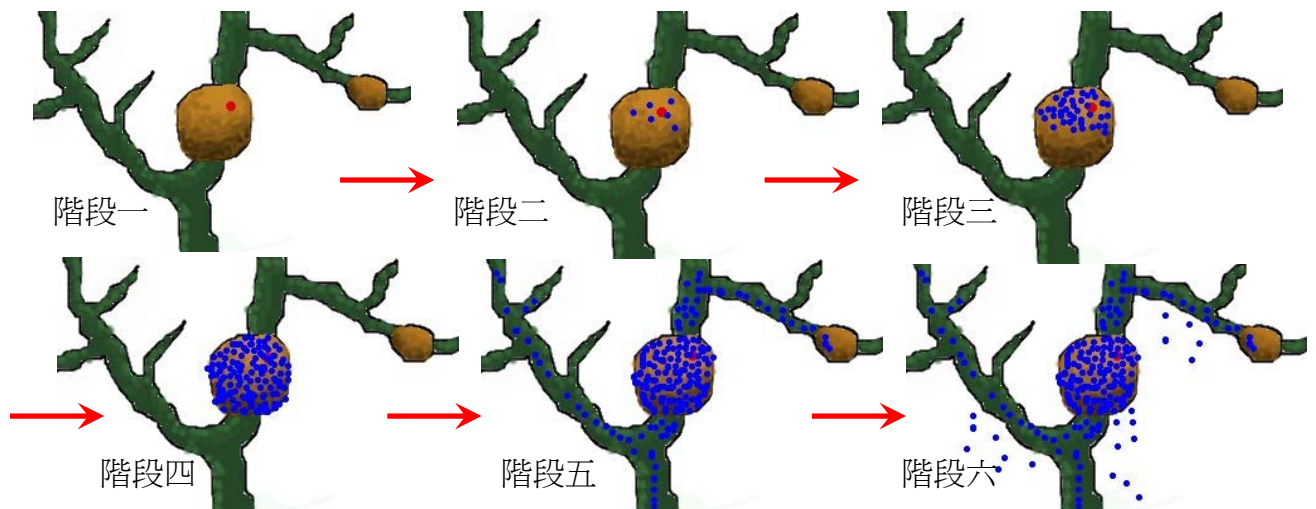
肆、研究過程及方法

一、訂定懸巢舉尾蟻巢 (*Crematogaster rogenhoferi*) 被攻擊後的反應級數：以懸巢舉尾蟻的角度、反應，來訂定攻擊強度，因此我將分成搖晃及搓動干擾兩種攻擊方式。

(一) 防禦範圍：

1、首先測試不同力度的攻擊，測量準確懸巢舉尾蟻的防禦範圍。

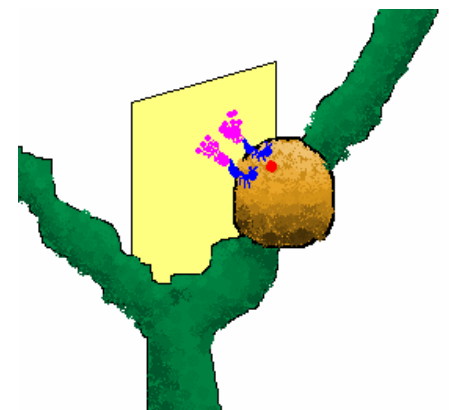
- 2、在不同力度下，懸巢舉尾蟻會在不同時間達到不同程度的防禦範圍。
- 3、由上述，記錄蟻蟻開始出巢後的五個階段（圖二）中懸巢舉尾蟻達到的時間。
- 4、階段一：攻擊後，蟻蟻還沒出巢；階段二：少數蟻蟻衝出巢外；階段三：蟻蟻佈滿攻擊點外；階段四：佈滿整窩蟻蟻巢；階段五：蟻蟻延伸到支幹；階段六：出現散兵掉落在蟻蟻巢下的枝葉。



圖二、階段一至六為假設範圍，以便時間的測量。(藍點：懸巢舉尾蟻分布點、紅點：攻擊點)

(二) 化學兵噴發蟻酸：由工蟻防禦時噴發蟻酸的射程，得知工蟻防禦的機警程度，成為另一種辨識攻擊強度的方法。

- 1、攻擊蟻巢前，在距離蟻巢外 5 公分、10 公分、15 公分的位置，各直立一張浸泡過酚紅的紙張，如圖三。
- 2、攻擊後，觀察化學兵所噴出蟻酸的距離。



圖三、化學兵噴發蟻酸實驗示意圖。

二、測量懸巢舉尾蟻 (*C. rogenhoferi*) 出巢的防禦路徑與各反應階段所達之時間。

(一) 出巢的防禦路徑

1、搓動：

- (1) 以樹枝搓動蟻巢。
- (2) 仔細觀察第一隻懸巢舉尾蟻從攻擊點出發防禦，還是蟻巢洞口。
- (3) 觀察另一個重點：第一隻懸巢舉尾蟻兵蟻的出巢路徑是以圖四，第一隻出巢的螞蟻到距離攻擊點最遠，第二隻其次，依序距離越來越近；還是以圖五的模式，第一隻出巢的螞蟻到距離攻擊點最近，第二隻其次，依序距離越遠，或是還有其它方式。
- (4) 以相機拍照記錄。



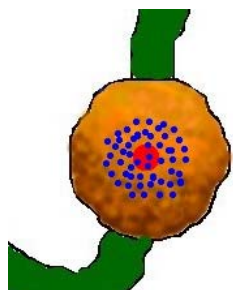
圖四、懸巢舉尾蟻出巢路徑的假設圖。(紅點：攻擊位置、藍點：出巢路徑)

- A：第一隻出巢的螞蟻距離攻擊口最遠，第二隻其次，依序距離越來越近。
B：第一隻出巢的螞蟻距離攻擊口最近，第二隻其次，依序距離越來越遠。

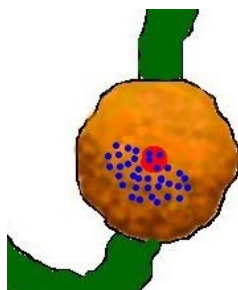
2、搖晃

- (1) 以搖晃樹幹的方式攻擊蟻巢。
- (2) 觀察第一隻懸巢舉尾蟻兵蟻的出巢路徑是以下頁圖三，還是以下頁圖四的模式，或是還有另一種方式。
- (3) 以相機連續拍照記錄。

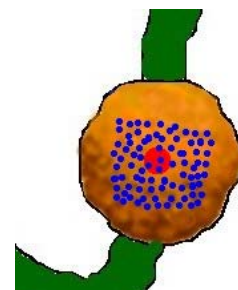
(二) 範圍形狀：在攻擊後，觀察懸巢舉尾蟻出巢防禦在圖五階段三時的防禦形狀，是以圓形，如圖五、扇形，如圖六、矩形，如圖七，或者還有其他形狀。



圖五、圓形的防禦形狀。



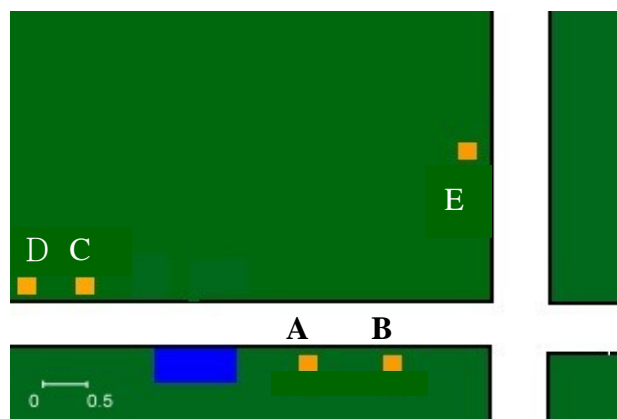
圖六、扇形的防禦形狀。



圖七、矩形的防禦形狀。

(三) 各反應階段所達時間

- 1、尋找野外實驗樣區，如圖六。
- 2、用碼錶計時，從攻擊的那一刻開始測計。
- 3、直到第一隻懸巢舉尾蟻兵蟻出巢防禦後，標記時間。
- 4、在懸巢舉尾蟻兵蟻行走防禦速度開始明顯減緩時，標記分秒。
- 5、在最後的懸巢舉尾蟻兵蟻完全回巢的時候，停止計時。
- 6、記錄第一隻懸巢舉尾蟻兵蟻從攻擊到出巢所耗費的秒數，以及持續防禦的時間。



圖六、實驗樣區。(藍色區域：校門、橘點：實驗蟻巢地點)

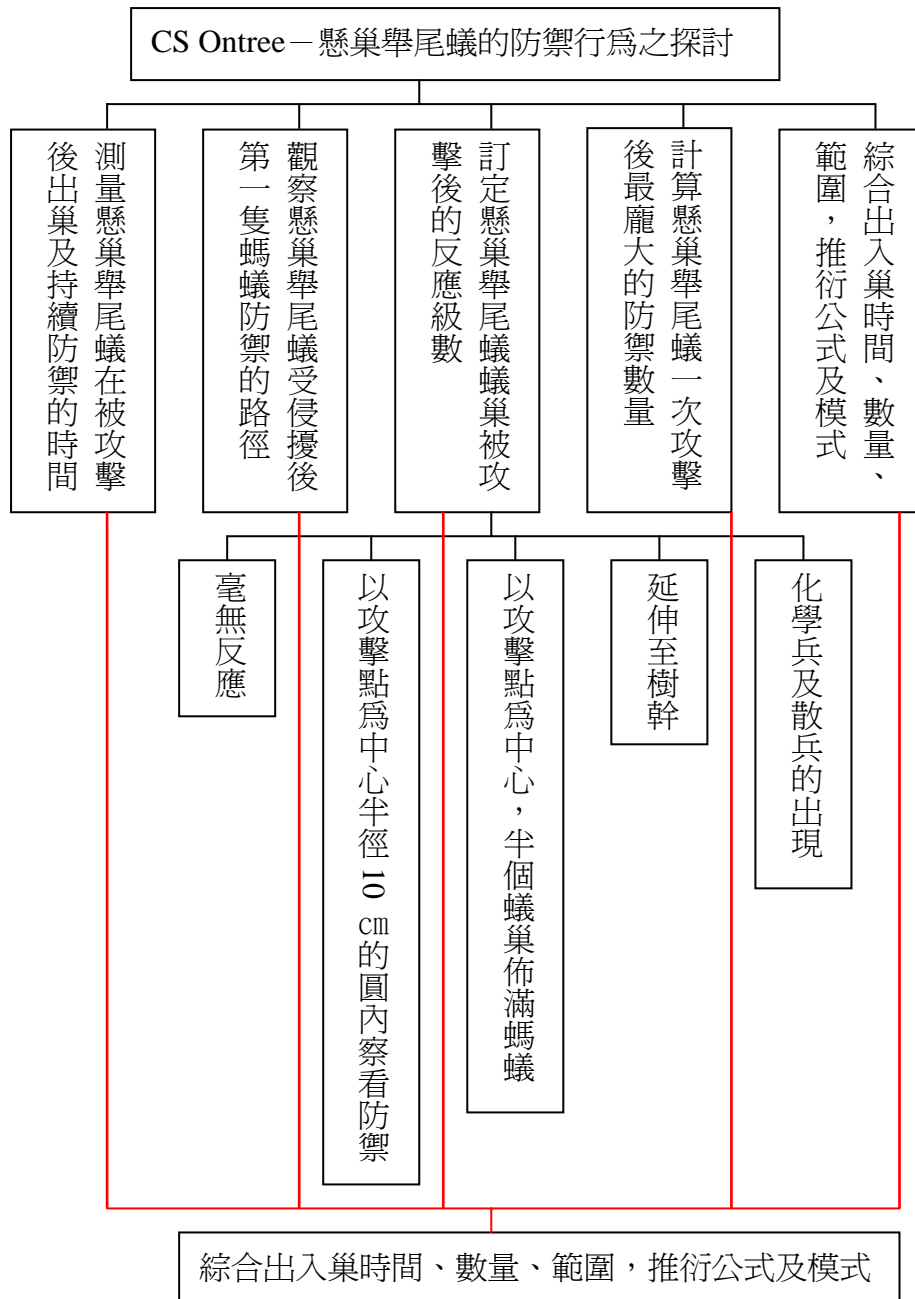
四、計算懸巢舉尾蟻 (*C. rogenhoferi*) 一次攻擊後最龐大的兵蟻防禦數量。

- (一) 以搖晃、搓動的方式攻擊。
- (二) 記錄整個懸巢舉尾蟻蟻巢每 3 秒的兵蟻出巢情形。
- (三) 整理、計算照片出現的懸巢舉尾蟻兵蟻隻數，並標記此攻擊最大量的防禦懸巢舉尾蟻兵蟻，以及記錄時間點。
- (四) 最後將此攻擊所導致出巢範圍做以上五種分類。

五、綜合出入巢時間、數量、範圍，推衍公式及模式。

(一) 整理五個等級下所有懸巢舉尾蟻出入巢時間、數量、範圍，推衍公式。

(二) 整理五個等級下所有懸巢舉尾蟻出巢方式，導出規律的模式。



圖七、流程圖。(紅線：未完成)

伍、研究結果

一、文獻探討

(一) 陸軍兵種簡介：

1、戰鬥部隊：

(1)步兵：徒步戰鬥為人類的本能，扮演著勇猛的先鋒角色。步兵依其機動方式可分為：徒步步兵、裝甲步兵、空降步兵。

(2)裝甲兵：裝甲兵係以戰車為主之諸兵種聯合戰鬥部隊，為機動作戰中之決勝兵種。具有高度機動力、強大火力、裝甲防護力、靈活之通信、彈性之編組，及由諸特性所產生之震撼力，可遂行戰略及戰術性之任務。

(3)騎兵：具有較輕便快速之機動力，可擔任地面與空中搜索、警戒、監視及追擊任務。若予砲、工兵加強後，亦可擔任概同步兵或裝甲兵之戰鬥任務。騎兵依其機動工具可分為：乘馬騎兵、乘車騎兵、裝甲騎兵、空中騎兵、陸軍航空兵

2、戰鬥支援部隊：砲兵、工兵、通信兵、化學兵、運輸兵、憲兵、政治作戰部隊。

3.勤務支援部隊：經理部隊、兵工部隊、衛生部隊、財勤部隊。

(二) 領域行為之文獻探討：

1、一個被動物所佔有和保衛的空間或區域就叫做領域（territory）。領域是受佔有者積極保衛之固定的區域，其大小可依時間和生態條件，而有所調整。領域行為可使動物在捕獲食物得到好處，而領域大小也與食物的豐盛度有關。領域越大侵犯的個體就越多，領域占有者就不得不在更大的範圍內巡視自己的領域。領域行為會隨著資源的時空分布而有不同程度之變化。

2、領域行為是透過個體選擇進化來的，它主要功能是在一些方面，而不是調節種群密度，但領域行為對種群密度是有一定的限制作用。有領域的個體在生存競爭，佔有一定的優勢，因此更容易被自然選擇所保存。而當一個地區因種群密度太高而對生殖不利時，動物會自動到對生殖

有利的棲息地定居，這時領域行為對種群密度完全沒有限制作用。(尙玉昌，2003)

(三) 探討樹棲築紙巢螞蟻防禦之重要性：樹棲築紙巢蟻類因蟻巢建築時，需要浪費很多能量，不可能隨意棄巢，且紙巢建築於樹上，明顯可見易受攻擊，固發展特定之防禦機制。

(四) 懸巢舉尾蟻 (*C. rogenhoferi*) 的生物學描述。

1、懸巢舉尾蟻之生物分類：

膜翅目 Order Hymenoptera

蟻科 Family Formicidae

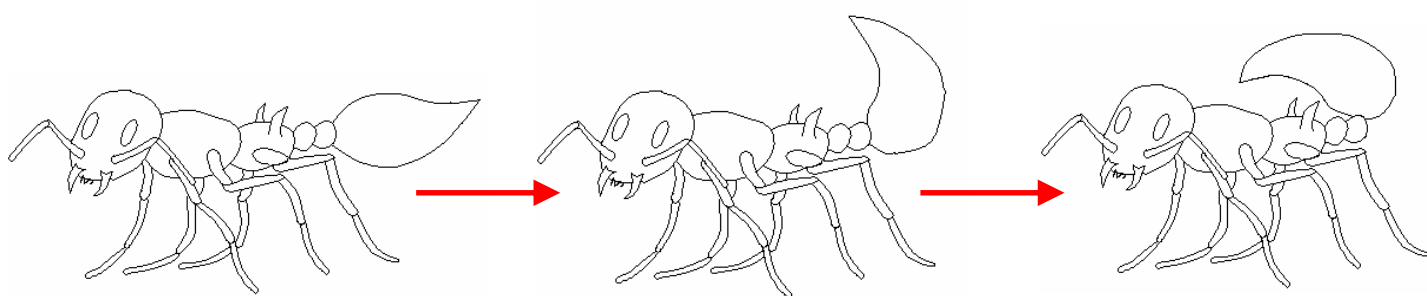
家蟻亞科 Myrmicinae

舉尾家蟻屬 *Crematogaster*

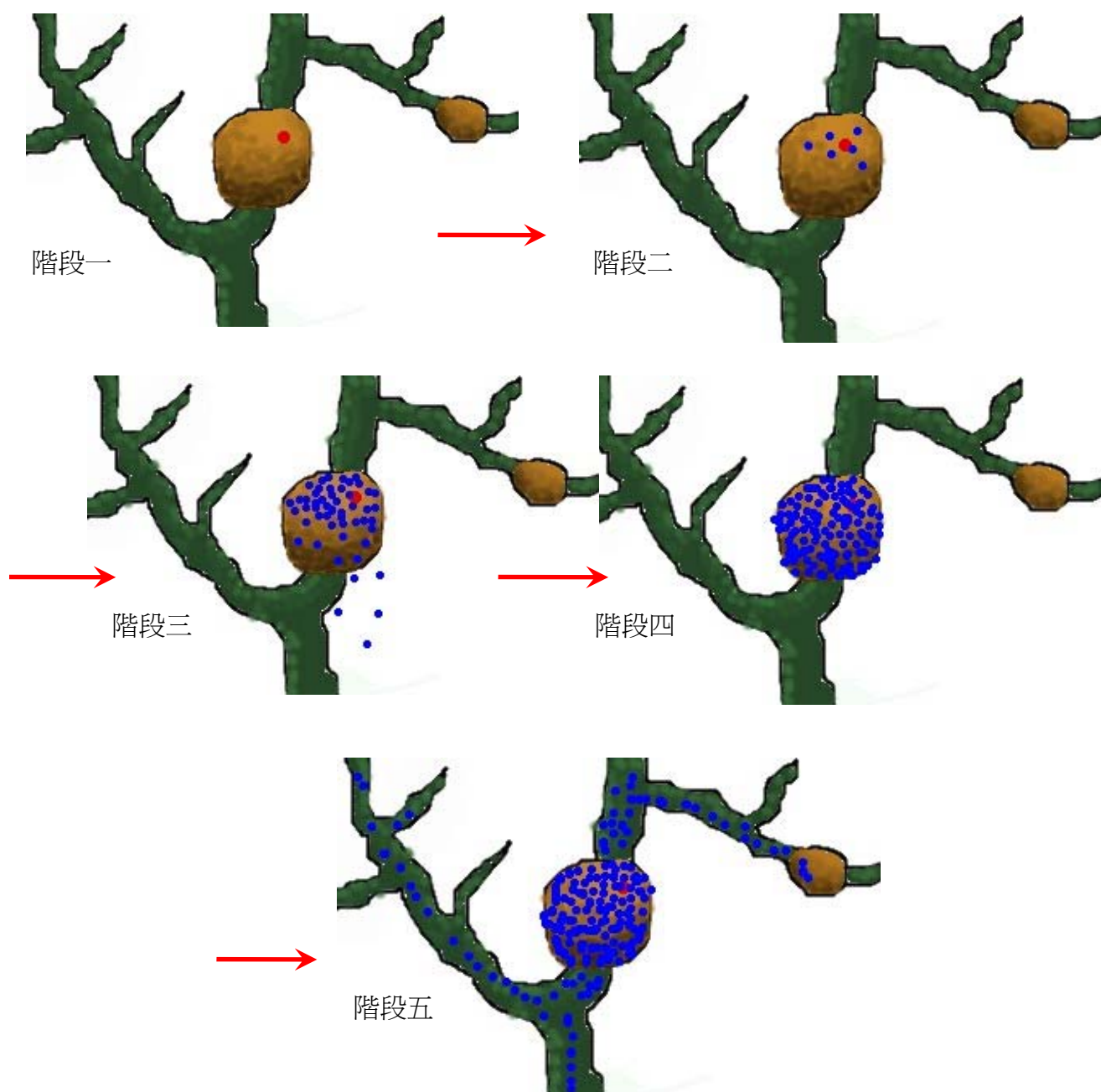
懸巢舉尾蟻 *Crematogaster rogenhoferi*

2、懸巢舉尾蟻基本生物學描述：體長 3.5 - 4.5 mm，頭、胸部褐色，腹部黑褐色呈小水滴狀，習慣上舉。本種會利用植物的纖維包裹枝幹築巢，形狀像蜂巢，卵形，蟻巢則將枝幹整個包住。生活於平地及低海拔山區，常見於竹林內於蚜蟲棲息的環境下活動，喜歡群聚數量很多。

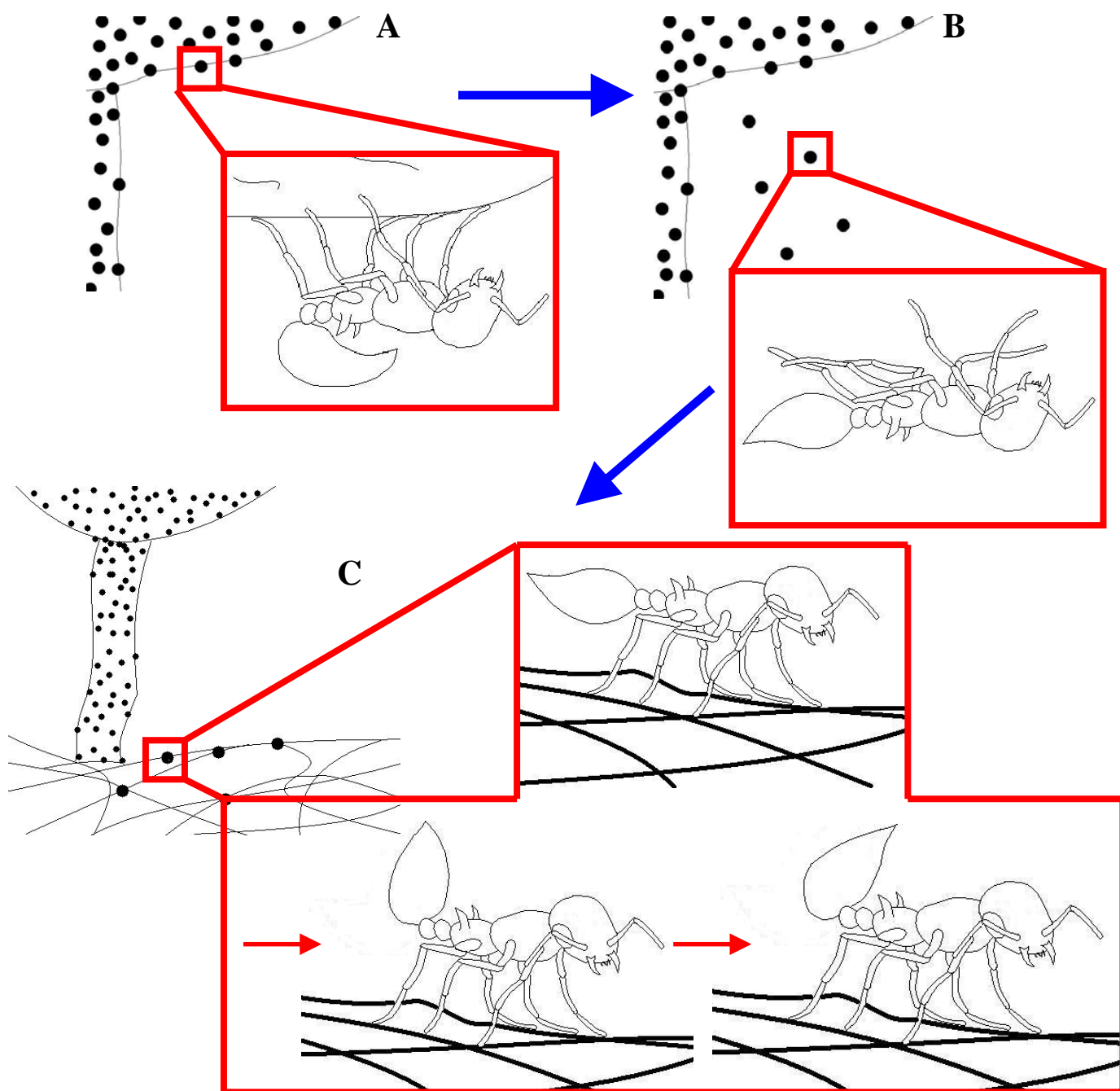
二、訂定懸巢舉尾蟻蟻巢 (*Crematogaster rogenhoferi*) 被攻擊後的反應級數：在懸巢舉尾蟻防禦時運用腹部高舉，如圖八，以示威嚇並且以蟻酸噴發，此稱化學兵；進行實驗後，發現懸巢舉尾蟻出巢的範圍階段，與預期的有所不同：在階段三時，已出現傘兵，但只有平均 5 隻懸巢舉尾蟻傘兵降落，如下頁圖九，傘兵起落點是在蟻巢下方，以背面朝向落點，在降落過程中，再將身體翻覆，以六肢落地，如下頁圖十。



圖八、化學兵的防禦姿勢（高舉腹部）之過程。



圖九、階段一至六為假設範圍，以便時間的測量。(藍點：懸巢舉尾蟻分布點、紅點：攻擊點)



圖十、傘兵降落的過程放大圖。(黑點：工蟻分布點)

三、測量懸巢舉尾蟻 (*C. rogenhoferi*) 出巢的防禦路徑與各反應階段所達之時間。

(一) 出巢防禦路徑

1、搓動攻擊：

- (1) 積許多次的實驗數據，我發現，攻擊後將攻擊累物移走，懸巢舉尾蟻會最先從攻擊點衝出防禦，出發距離巢口 10 公分至 12 公分時，再返回攻擊點，如圖十一。
- (2) 懸巢舉尾蟻出巢防禦在圖五階段三時的防禦形狀是以攻擊點為中心，圓形擴散，並約過 5 秒至 8 秒後，其他巢口會開始有懸巢舉尾蟻出巢，如圖十二。



圖十一、懸巢舉尾蟻出巢示意圖 (等距)。



圖十二、攻擊後約隔 5 秒其他巢口將有懸巢舉尾蟻出巢。

- 2、搖動攻擊：搖晃後懸巢舉尾蟻是沒有任何移動的情形；之後原本在巢外的懸巢舉尾蟻會不斷的往上爬，如下頁圖十三，回到蟻巢下方，如下頁圖十四；接著有大部分的懸巢舉尾蟻往下回到原來的地方，另外 5 隻至 6 隻懸巢舉尾蟻會往震源跑。



圖十三、懸巢舉尾蟻受搖晃攻擊後，向上回巢。(黃箭頭：行走方向)



圖十四、懸巢舉尾蟻受搖晃攻擊後回到蟻巢下方。

(二) 各反應階段所達之時間

- 1、搓動：蟻巢被攻擊後平均第 0.8 秒，就有懸巢舉尾蟻湧出；平均第 97 秒時，出巢數量達最高峰；在平均第 341 秒時，懸巢舉尾蟻的步行速度開始減緩，有回巢的現象；到了平均在第 742 秒時防禦數量減少、歸巢，其餘的蟻留在巢外修補被攻擊點；平均從第一隻工蟻防禦 0.8 秒至第 774 秒時，懸巢舉尾蟻持續以高舉腹部的姿勢防禦。

表五、懸巢舉尾蟻出巢及回巢所花費的時間

	出巢		達到防禦數量最高峰		回巢		持續舉尾	
時間(秒 s)	0.8	0.2	97	15	341	54	774	43

表六、懸巢舉尾蟻受攻擊後達到階段二至六距離攻擊的時間點

	階段二		階段三		階段四		階段五	
距離蟻巢被攻擊的時間(秒 s)	0.8	0.1	6.5	5	34	17	85	26

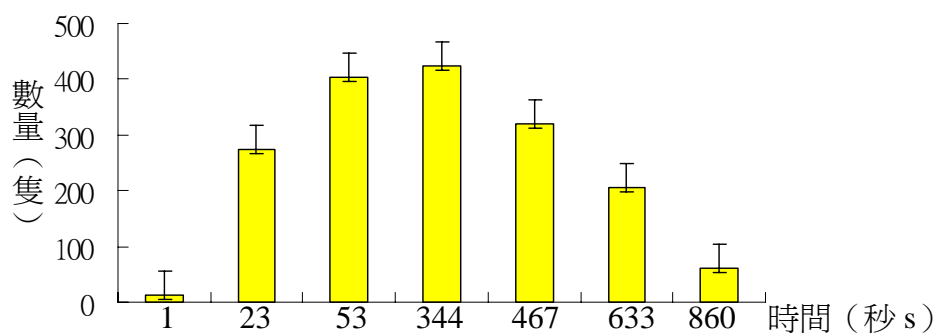
- 2、搖晃後至第 6 秒，懸巢舉尾蟻是沒有任何移動的情形；之後原本在巢外的懸巢舉尾蟻會不斷的往上爬，回到蟻巢下方，平均在第 67 秒接著再往下回到原來的位罝。

(三) 實驗中的一個樣本巢，支持蟻巢的枝幹上有一個小樹洞，如圖十五，而且樹幹是有空心維管束。當懸巢舉尾蟻在搬運食物或是防禦時，有些懸巢舉尾蟻會從這個樹洞跑出，而我觀察其他蟻巢時，並無此現象，因此我推斷懸巢舉尾蟻能適應、利用不同樹種特色，並輔助防禦能力。



圖十五、支持蟻巢的枝幹上有一個小樹洞。

五、計算懸巢舉尾蟻 (*C. rogenhoferi*) 一次攻擊後最龐大的兵蟻防禦數量：綜合實驗數據，以搓動的方式攻擊，平均出巢數目最高峰約在 450 隻懸巢舉尾蟻。而已晃動的方式攻擊，平均出巢數目最高峰 100 隻懸巢舉尾蟻。下圖為搓動攻擊後的出巢數量與時間結合比較圖，在第 344 秒時比第 53 秒時約多 20 隻懸巢舉尾蟻，因為在枝幹上的懸巢舉尾蟻歸巢防禦，如圖十六。



圖十六、受攻擊時懸巢舉尾蟻工蟻數量與時間變化。

陸、討論

- 一、懸巢舉尾蟻受干擾時出現從蟻巢降落的傘兵，傘兵的好處就是可以快速且準確的落在攻擊物上，但是在這一連串的實驗中，卻沒有發現任何傘兵的降落，可能是氣溫的關係，導致懸巢舉尾蟻的活動力降低。
- 二、懸巢舉尾蟻屬於夜行性昆蟲，因此之後的實驗，將會加入晚上與白天懸巢舉尾蟻的防禦機制的比較。

柒、結論

初步的實驗結果顯示，攻擊後 0.9 秒，開始出現懸巢舉尾蟻防禦；在攻擊初期的防禦路徑為以攻擊點為中心向外 10 公分往返，以圓形擴散，經過 5 秒鐘後，其他鄰近的巢口將有懸巢舉尾蟻出巢防禦，且有出現 5 隻傘兵降落；在第 97 秒時，防禦數量最高峰皆約 450 隻懸巢舉尾蟻；在最後剩下維修捕蟻巢的懸巢舉尾蟻；攻擊後有固定的出巢防禦及持續防禦時間，約為 20 分鐘。

捌、參考資料

一、Bert H.、Edward O. W.，螞蟻・螞蟻，2000，pp.59-pp.74、pp.153-pp.170

二、Nicholas W.，昆蟲帝國，2004，pp.139-pp.149

三、Yuchang S.，行為生態學，2003

四、尚玉昌，行為生態學，2003：pp.420-pp.473

五、方煒（2009，3 月 30 日），生物模擬範例簡介，資料引自

<http://ecaaser3.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/lifescience/%A5%CD%AA%AB%BC%D2%C0%C0.htm>

六、林義祥（2009，5 月 29 日），台灣昆蟲譜，資料引自

<http://gaga.jes.mlc.edu.tw/9701bx/in94.htm>

【評語】 040716

- 1、 對於實驗主題深入了解。
- 2、 實驗方法設計合邏輯，連貫性。
- 3、 參賽同學之看板清楚完整。
- 4、 現場之說明有條理，但稍為緊張。
- 5、 多與國外資料比較其防禦行為之模式。