

2013 臺灣國際科學展覽會

優勝作品專輯

作品編號	050004
參展科別	動物學科
作品名稱	Special Concealed behavior in the colony of tropical tramp
得獎獎項	三等獎

就讀學校 國立臺灣師範大學附屬高級中學

指導教師 張瑜紋、鍾兆晉

作者姓名 林威任

關 鍵 字 邵氏姬針蟻、藏匿行為、哺育行為

作者簡介



林威任，目前就讀師大附中二年級。小時候住家附近有著大片茂密的樹林，一直嚮往暢遊其中，投身自然的生活，對大自然的奧妙懷抱著無限的期望。又於國中時遇上了鍾老師、接觸了科展後，就對自然事物的探求更加著迷。在實驗中更學習到了許多不一樣的技能；在探索未知現象的研究旅程中，更令我完全地沉浸於發現新知的喜悅，樂在其中。從接觸科展以來已有五年餘了，非常感謝一路上支持我、教導我，甚至體諒我的父母、老師、學長姐、同儕以及所有幫助過我的朋友，因為有你們，才有今天的我及成就。

摘要

本實驗主要針對邵氏姬針蟻(*H. sauteri*) 的進擊行為以及特殊的畜牧行為(concealed behavior)進行探討。在實驗的過程中發現邵氏姬針蟻(*H. sauteri*) 在遇上不同種的螞蟻時，會出現不同的進擊模式：分巢式進擊、漸進式進擊、一般式進擊。邵氏姬針蟻(*H. sauteri*) 在攻擊其他螞蟻種類後，會將職蟻屍體做為食物，儲存在蟻巢中，一般肉食螞蟻不會發生類似情形。

有別於一般蟻種俘虜行為中的蓄奴行為(slave-making behavior)，邵氏姬針蟻出現的畜牧行為較接近多數胡蜂科(Vespidae)、鈎土蜂科(Tiphiidae)、泥蜂科(Sphécidae)寄生蜂(parasitoids)所具有的寄生行為(parasitical behavior)。實驗中更發現邵氏姬針蟻(*H. sauteri*) 在搶奪蓬萊點琉璃蟻(*B. wroughtoni*)幼蟲時，會以螫針螫刺幼蟲，注入毒液，造成被俘虜的蓬萊點琉璃蟻幼蟲的背血管(heart)收縮頻率下降及限制幼蟲行動等狀況。在畜牧行為發生後，邵氏姬針蟻不會將幼蟲照顧至羽化，反倒將幼蟲作為食物進食。另外，邵氏姬針蟻還可依據幼蟲表面碳氫化合物的不同來辨別不同狀況下的幼蟲。

本研究首次記錄邵氏姬針蟻(*H. sauteri*) 進食職蟻屍體、儲存食物行為，更首次於螞蟻中記錄到邵氏姬針蟻類似寄生蜂寄生的特殊畜牧行為。

Abstract

The main purpose in this study is to realize the attacking, special concealed behavior in *Hypoponera sauteri*, and establish the whole system of this new behavior in *Hypoponera sauteri*. In the process of experiment, I find there are different attacking strategies in *Hypoponera sauteri* while they meet other ant species, such as general attacking, progressive attacking, and separate attacking. However, different from other carnivorous ant species, after killing workers in other ant species, *Hypoponera sauteri* would save their corpses as food.

Compared to the general slave-making behavior in other ant species, the special concealed behavior in *Hypoponera sauteri* is more similar to some kinds of parasitoids that would show parasitical behavior in Vespidae, Tiphidae, and Sphecidae. When *Hypoponera sauteri* caught the larvae of *Bothriomyrmex wroughtoni*, they would use their stings to stab the larvae, injecting the venom into the larvae's body, and caused the heartbeat slowing down, and restrict the action of larvae. After the special concealed behavior happened, instead of feeding them for working as slaves, *Hypoponera sauteri* regarded the larvae in *Bothriomyrmex wroughtoni* as food. This is the first record of the special concealed behavior in ants that is similar to parasitoids' parasitical behavior. In addition to, *Hypoponera sauteri* could recognizing larvae at different situation rely on the cuticular hydrocarbons of larvae. It is also the first record of the behavior of eating workers corpse and storing food in *Hypoponera sauteri*.

This work opens the new perspectives for studies in aggression strategies in carnivorous ant species and concealed behavior in ant species.

壹、前言

螞蟻是一種高度依賴化學訊息溝通的社會性昆蟲，所以螞蟻在判別夥伴關係上，亦是依靠化學氣味，因此一般的螞蟻會排斥並且攻擊不同種甚至同種不同聚落的螞蟻。少數螞蟻雖然會有掠奪其他螞蟻幼蟲或蛹回巢中照顧，並將掠奪的幼蟲及蛹照顧成成蟲作為奴隸役使，如：悍山蟻（*Polyergus*）、亞全山蟻（*Formica subintegra*）等，但這些蓄奴蟻的俘虜對象也侷限於同屬之間的物種，在本研究之前，科學家並未發現高於屬的分類階層的俘虜關係。

螞蟻的社會性俘虜行為可以分為同種俘虜（例如臭巨山蟻不同聚落的俘虜）與異種俘虜（例如悍山蟻），且亞全山蟻的俘虜對象最多也侷限於多種同屬的螞蟻種類。而奴隸蟻因為在幼蟲期或蛹期就已被蓄奴蟻聚落俘虜，因此在羽化後不會出現反抗或排斥的情形，反而完全聽從蓄奴蟻下達的命令，協助蓄奴蟻聚落進行照顧子代、築巢、覓食等勞役工作，少數會做獵食工作。（Topoff Howard, 1985）

邵氏姬針蟻是分布於中低海拔的森林底層、落葉層的肉食螞蟻，平常即會對棲地附近的其他螞蟻進行攻擊，而本研究將朝向其整體進擊模式及特殊的畜牧行為以及哺育行為進行探討及分析，並試圖了解其中機制及成因。

特別針對邵氏姬針蟻類似胡蜂科（*Vespidae*）、鈎土蜂科（*Tiphiidae*）、泥蜂科（*Sphecidae*）的寄生蜂具有的螫刺行為進行分析，企圖自邵氏姬針蟻的螫刺行為推導整體特殊畜牧行為（concealed behavior）的產生及機制，並企圖將其毒液作用的物質及作用部位找出，進一步擴展至他種生物。

貳、研究目的

本研究目的為深入探討邵氏姬針蟻特殊的俘虜行為（Slavemaking behavior）、邵氏姬針蟻之俘虜行為與其他種類會行俘虜行為的蟻種之差異，並從各個面向去

探討邵氏姬針蟻俘虜行為之機制。進一步設計實驗加以驗證。

(一) 邵氏姬針蟻(*H. sauteri*) 基礎生物學之探討

1. 邵氏姬針蟻基礎行為觀察
2. 統計邵氏姬針蟻的居住模式

(二) 探討邵氏姬針蟻(*H. sauteri*) 進擊方式

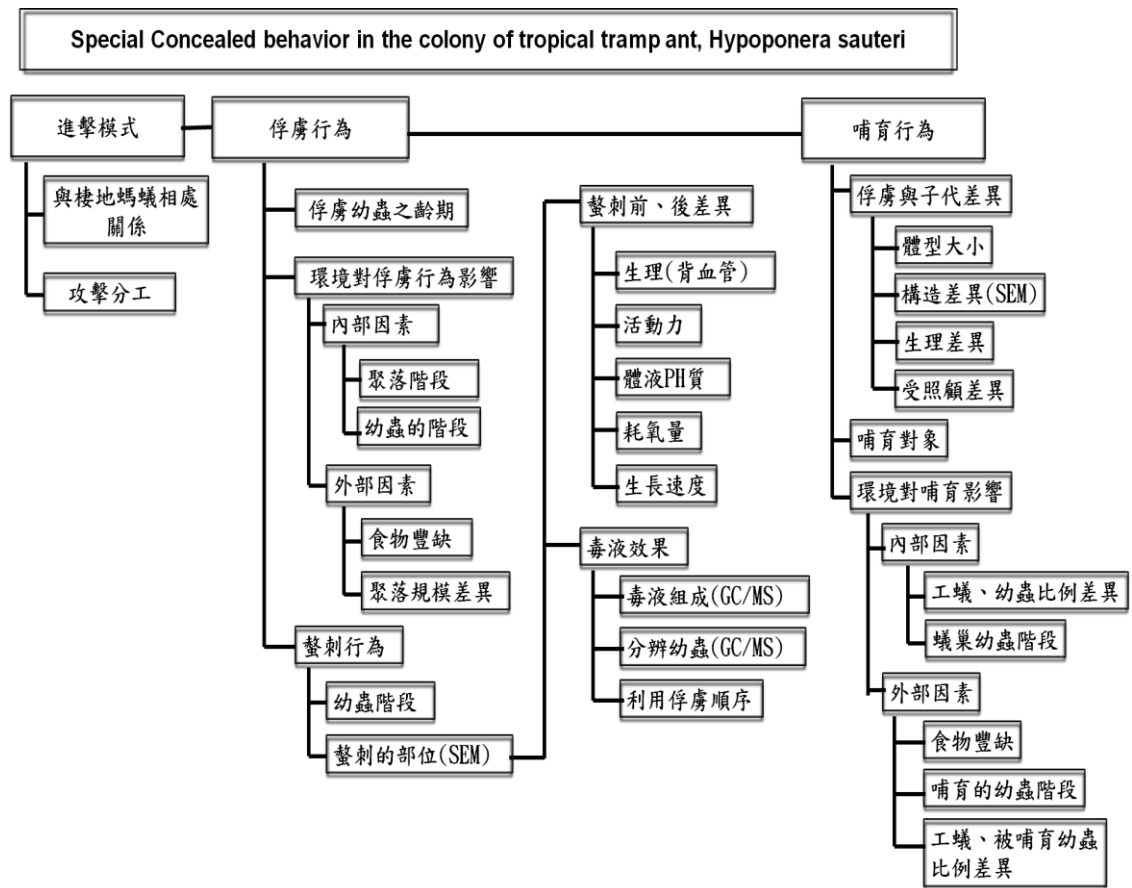
1. 紀錄邵氏姬針蟻與棲地附近螞蟻相處關係
2. 調查攻擊階段邵氏姬針蟻聚落分工

(三) 邵氏姬針蟻(*H. sauteri*)對蓬萊點琉璃蟻(*B. wroughtoni*)之俘虜行為
探討

1. 調查邵氏姬針蟻俘虜幼蟲之齡期
2. 測試環境對俘虜行為影響
3. 釐清邵氏姬針蟻螫刺幼蟲行為之原因

(四) 邵氏姬針蟻(*H. sauteri*) 哺育行為之探究

1. 比較邵氏姬針蟻對俘虜幼蟲與本身子代差異
2. 探查邵氏姬針蟻行哺育行為之目的
3. 試驗環境對哺育時間長短影響



圖一 實驗流程

參、研究材料與方法

一、邵氏姬針蟻基礎生物學之探討

(一)統計邵氏姬針蟻的生活型態

1、採集區設立：

設立四個採集區，如：1、山林區 2、雜木林地 3、新林步道 4、落葉堆，尋找是否出現邵氏姬針蟻，並記錄下地點，以便日後採集後紀錄。



圖二 採集邵氏姬針蟻聚落的四個樣區。(A、山林區；B、雜木林地；C、新林步道；D、落葉堆)

2、聚落(colony)的採集：

在石頭下、土壤、落葉堆中及朽木裡搜尋邵氏姬針蟻的蹤跡，採集時，如邵氏姬針蟻居住於朽木，則將朽木整段取回；如居住於石頭下、土壤、落葉堆中，則將附近範圍中的土壤、落葉取回，以免採集不完全，帶回實驗室後並計錄其居住型態，製成圖表加以分析。

3、飼養方式：

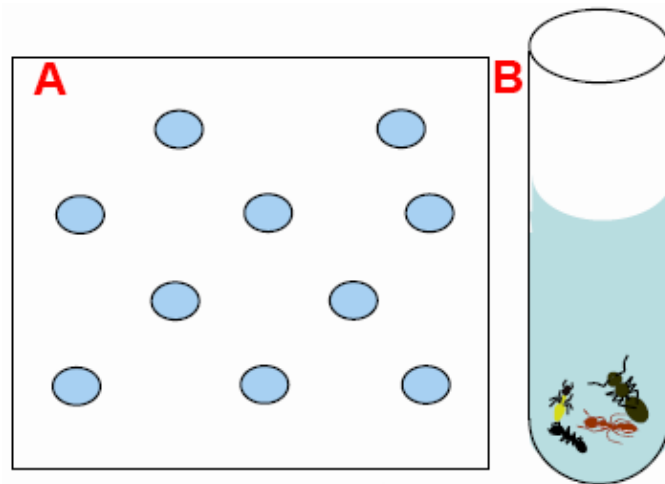
於飼養螞蟻時，主要以維持原棲息環境為前提，保留少量的落葉、土壤，並將其飼養於底座為石膏的塑膠盒中，以利保濕。在依照不同實驗需求遷移至不同的實驗盒進行實驗。

(二)基礎行為調查

飼養邵氏姬針蟻，平時定期每日觀察攻擊、育幼、獵食、進食等行為，並將特殊的行為紀錄下來，以便日後分析邵氏姬針蟻的其他行為。

二、探討邵氏姬針蟻進擊模式

(一)探討邵氏姬針蟻與棲地附近螞蟻相處關係



圖三 調查邵氏姬針蟻棲地四周的面螞蟻相調查(A 掉落式陷阱法分布圖。掉落式陷阱法分布圖。掉落式陷阱法分布圖。B 掉落式陷阱法離心管示意圖。)

掉落式陷阱法：將採集區每一平方公尺劃分成數個面積範圍，並且在每個一平方公尺的範圍中埋入十支離心管(已盛裝有 50ml、體積百分濃度為 3%的沙拉脫水溶液)，一日後，返回樣區取回離心管，詢問專家、查詢螞蟻品種後進行實驗(圖三)。

1. 在邵氏姬針蟻棲地附近架設掉落式陷阱法，調查野外邵氏姬針蟻棲地附近的螞蟻種類。
2. 調查完畢後開始進行實驗，飼養調查完畢後開始進行實驗，飼養調查完畢後開始進行實驗，飼養邵氏姬針蟻，並將掉落式，

並將掉落式陷阱法於邵氏姬針蟻的棲地蒐集之螞蟻種類聚落，與邵氏姬針放置於同空間內進行實驗。

3. 每日攝影及目視觀察，邵氏姬針蟻與其棲地附近螞蟻之間的關係。
4. 紀錄邵氏姬針蟻與棲地附近螞蟻之間的關係。

(二)攻擊分工

1. 飼養邵氏姬針蟻聚落，待穩定後開始進行實驗。
2. 將邵氏姬針蟻聚落和邵氏姬針蟻會對其進行攻擊的螞蟻聚落置於實驗盒中。
3. 分別對邵氏姬針蟻在攻擊過程中進行搜尋、獵食分巢工作之蟻胸部標上三種不同顏色以做為辨識工具。(簡家豪，2011)2011)

(1) 標記方法

將邵氏姬針蟻背面朝上放置在展肢板(海棉塊)上，使用兩條具有彈性的細繩緊壓在邵氏姬針蟻頸部及腰節，避免邵氏姬針蟻掙扎，並以油漆筆在邵氏姬針蟻胸部及腹部第一節點上顏色作為標記，以利分辨。



圖四 A 紅色箭頭指向處為固定邵氏姬針蟻時固定的位置(頸部及第一節背板)。B 為標記邵氏姬針蟻胸部及腹部第一節的位置。

三、邵氏姬針蟻(*H. sauteri*) 對蓬萊點琉璃蟻(*B. wroughtoni*)之俘虜行為探討

(一)調查邵氏姬針蟻俘虜幼蟲之齡期

1. 飼養邵氏姬針蟻聚落及蓬萊點琉璃蟻聚落，待聚落穩定後開始進行實驗。
2. 將邵氏姬針蟻具有四種階段子代(一齡幼蟲、二齡幼蟲、三齡幼蟲、蛹)的蓬萊點琉璃蟻聚落，與聚落規模相當的邵氏姬針蟻聚落置入實驗盒中。
3. 紀錄邵氏姬針蟻俘虜四種階段子代(一齡幼蟲、二齡幼蟲、三齡幼蟲、蛹)的數量。
4. 計算各階段幼蟲被俘虜的機率，製成圖表加以分析。

(二)測試環境對俘虜行為影響

在俘虜對象的實驗中，邵氏姬針蟻在聚落處於不同階段、不同大小的狀況下，大小兩種規模聚落的俘虜對象的範圍(對象齡期範圍)有所差異，進而思考邵氏姬針蟻的俘虜行為是否會受到聚落發展階段的影響，那外在的環境呢?因此設計以下實驗：

1. 內部因素

(1) 聚落階段(聚落階段區分的相關文獻)

飼養正處於不同階段的邵氏姬針蟻聚落(發展期、穩定期、衰退期)，將不同規模的聚落與蓬萊點琉璃蟻進行俘虜實驗，紀錄邵氏姬針蟻獵取的蓬萊點琉璃蟻子代的齡期及數量。統計數量數據結果，以 one-way ANOVA, Postoc Test: Tukey Test 比較兩者是否具差異，進而確定聚落規模是否對俘虜行為產生影響。

(2) 巢中幼蟲的階段

在採集的時候發現，邵氏姬針蟻在野外同一時期，不同的聚落中，蟻巢中幼蟲會出現齡期集中的現象，且不同聚落潮中主要幼蟲齡期也不相同，而每個階段幼蟲需要的照顧略有差異(霍德·伯勒，愛德華·威爾森, 1999)，因此欲了解是否影響俘虜行為發生。

- A. 飼養邵氏姬針蟻聚落，待聚落穩定後，將五聚落幼蟲組成狀況各為:1、無幼蟲。2、一~二齡幼蟲居多。3、三齡幼蟲居多。4、終齡幼蟲居多。5、繭居多等五種狀況。
- B. 將五窩邵氏姬針蟻聚落分別與五窩蓬萊點琉璃蟻一齊置入邵氏姬針蟻的飼養盒中。
- C. 觀察是否發生俘虜行為，重複進行實驗，並計算俘虜行為發生機率，比對巢中幼蟲的階段對俘虜行為發生的影響。

2. 外部因素

(1) 食物豐缺

- A. 飼養兩窩聚落規模相當的邵氏姬針蟻聚落，待聚落穩定後，其中一窩，每日正常進行餵食物、水；另一窩，只供應水以維持基本生存需求，一星期後開始進行實驗。
- B. 將兩窩邵氏姬針蟻聚落分別與兩窩聚落規模相當、子代數目相等且會被邵氏姬針蟻俘虜的聚落置入實驗盒中。
- C. 觀察是否發生俘虜行為，重複進行實驗，並計算俘虜

行為發生機率，比對食物豐/缺時影響俘虜行為發生。

(2) 與俘虜對象聚落規模差異

- A. 飼養四窩邵氏姬針蟻聚落，待聚落穩定後開始進行實驗。
- B. 將會被邵氏姬針蟻俘虜的聚落，依邵氏姬針蟻工蟻數為基本單位，分為四組：邵氏姬針蟻聚落規模的 1、0.5 倍大。2、相等。3、1.5 倍大。4、2 倍大。
- C. 將四組聚落分別與聚落規模相當的邵氏姬針蟻置入實驗盒中。
- D. 觀察是否發生俘虜行為，重複進行實驗，並計算俘虜行為發生機率，比對聚落規模差異對俘虜行為發生的影響。

(三)釐清邵氏姬針蟻螫刺幼蟲行為之原因

1. 幼蟲階段

- (1) 飼養一窩邵氏姬針蟻聚落，待聚落穩定後開始進行實驗。
- (2) 將邵氏姬針蟻置入實驗盒中，並在實驗盒中放入，會被邵氏姬針蟻俘虜的螞蟻各階段的幼蟲。
- (3) 紀錄邵氏姬針蟻在進行掠奪幼蟲動作時，對各階段幼蟲進行刺擊動作的次數。
- (4) 計算各階段幼蟲被邵氏姬針蟻刺擊的機率，並製作圖表，分析幼蟲階段差異對刺擊行為發生的影響

2. 幼蟲被螫刺的部位

發現邵氏姬針蟻對蓬萊點琉璃蟻幼蟲在掠取時有螫刺的行為後，

欲了解其螫刺的作用部位，因此先從分析螫刺位置開始，進而了解作用部位是否固定：

將蓬萊點琉璃蟻幼蟲置入邵氏姬針蟻飼養箱中，代其被邵氏姬針蟻螫刺並帶回蟻巢哺育時，將俘虜的幼蟲取出，並利用電子顯微鏡(SEM)進行拍攝，分析被螫針刺擊的位置，繪製圖表且分析，進而了解毒液的作用範圍。

3. 幼蟲被刺擊前、後差異

(1) 外觀、生理反應

- A. 飼養一窩邵氏姬針蟻聚落，待聚落穩定後開始進行實驗。
- B. 將邵氏姬針蟻置入實驗盒中，並在實驗盒中放入會被邵氏姬針蟻俘虜的幼蟲。
- C. 觀察幼蟲在被邵氏姬針蟻刺擊後，外觀、生理上的變化。

(2) 活動力強弱變化

在胡蜂科(Vespidae)、鈎土蜂科(Tiphiidae)、泥蜂科(Sphecidae)等具有寄生行為的蜂類在捕捉獵物時會以螫針麻痺獵物使獵物無法移動，以避免獵物威脅自己子代生存的狀況。

本實驗欲了解邵氏姬針蟻在俘虜蓬萊點琉璃蟻幼蟲時，進行的螫刺行為是否也與寄生蜂類一般會使俘虜幼蟲無法進行移動的動作，因此本實驗將統計蓬萊點琉璃蟻幼蟲在被螫刺前後每分鐘身體蠕動的次數，比較蓬萊點琉璃蟻幼蟲在被邵氏姬針蟻螫刺且俘虜前後，活動力是否也發生類似於寄生蜂類寄主行動力降低的改變。

(3) 體液 PH 質變化

在正常狀況下，螞蟻螫針所儲存的分泌物應為酸性物質，亦稱蟻酸(霍德·伯勒，愛德華·威爾森, 1999)本實驗想要了解邵氏姬針蟻螫針所分泌的蟻毒是否與一般螞蟻的分泌物一樣為酸性。

取蓬萊點琉璃蟻的幼蟲、被邵氏姬針蟻以螫針螫刺過的蓬萊點琉璃蟻幼蟲，以解剖針劃破幼蟲體表，以毛細管抽取體液，並測量兩種幼蟲體液酸鹼值，比較蓬萊點琉璃蟻幼蟲在被邵氏姬針蟻螫刺過後，體液酸鹼值的變化。

(4) 耗氧量比較

在比較蓬萊點琉璃蟻被邵氏姬針蟻以螫針螫刺後，背血管收縮的收縮頻率變化後，發覺心搏減速並不能十分完整代表代謝速度的減緩。因此本實驗欲進一步檢測蓬萊點琉璃蟻幼蟲在被邵氏姬針蟻螫刺後，蓬萊點琉璃蟻呼吸作用是否下降，或產生變化。

分別將未曾被邵氏姬針蟻以螫針螫刺過的幼蟲及被邵氏姬針蟻螫刺過後的蓬萊點琉璃蟻幼蟲各 10 隻放入自製裝置中，放置 30 分鐘，以游標卡尺測量袍。毛細管中水移動的距離，統計數據並比較兩者是否有差異。

測量裝置製作:

- A. 將兩離心管打洞後以毛細管連接，並在離心管上 A 再連接上一支毛細管。
- B. 另毛細管吸收 0.5cm 的水，將氫氧化鈉加入離心管 B。
- C. 實驗前，將幼蟲放入離心管 A 並以凡士林將管子縫隙

塗滿防止氣體外漏。

(5) 生長速度差異

在胡蜂科(Vespidae)、鈎土蜂科(Tiphiidae)、泥蜂科(Sphecidae)等具有寄生行為的蜂類在捕捉獵物時有些種類的蜂毒會抑制寄主的成長(Ian Gauld and Barry Bolton)，因此想檢驗邵氏姬針蟻螫刺是否亦有此狀況。統計蓬萊點琉璃蟻幼蟲在正常狀況下的成長速度(公分/時間)，且在邵氏姬針蟻螫刺蓬萊點琉璃蟻幼蟲後統計成長速度(公分/時間)比較蓬萊點琉璃蟻幼蟲在被邵氏姬針蟻螫刺後，生長的速度是否漸慢。

4. 以生物檢驗法(Bioassay)檢驗毒液效果

在觀察的過程中，發現邵氏姬針蟻在掠取幼蟲過程中，會以螫針刺擊幼蟲，而蓬萊點琉璃蟻幼蟲在被俘虜後，背血管收縮頻率會出現下降的現象，因此實驗以生物檢驗(Bioassay)方式以人工製作的毛細管抽取邵氏姬針蟻的毒腺並抽取毒囊中的毒液，並打入蓬萊點琉璃蟻幼蟲體內，比較其變化：

毛細管的製作：



圖五 燒製毛細管的過程圖

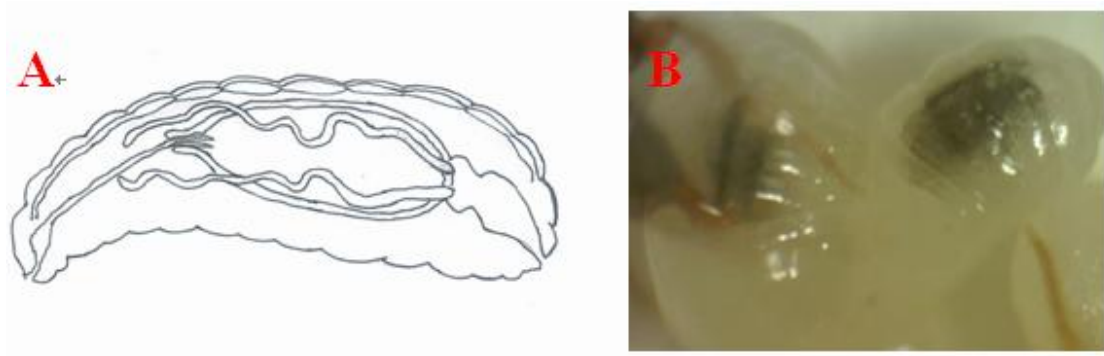
取得玻璃管或玻璃毛細管，利用打火機及酒精燈加熱玻璃管，待毛細管周圍火焰由藍轉紅，且玻璃管管壁被火焰加熱至顏色由透明漸漸轉變成淡黃色且逐漸變紅之際，將玻璃管離開火源，並在離開火源瞬間迅速自兩側施力拉長玻璃管至細線狀，待其冷卻後由中間細現狀處折斷，放置顯微鏡下確認細管是否中空，且可正常吸水運作。

- (1) 飼養邵氏姬針蟻聚落，於餵食時觀察會對以螫針螫刺獵物的工蟻，並將其挑出。
- (2) 對邵氏姬針蟻進行解剖，將其毒腺挑出將樣本置於冰上，等螞蟻停止活動後，在解剖顯微鏡視野下以鑷子夾取螫針，順勢將毒囊拉出，取得毒液系統(黃嘉銘，2010)。
- (3) 利用自製玻璃毛細管，抽取儲存於邵氏姬針蟻毒腺中儲存的毒液。
- (4) 紀錄兩隻蓬萊點琉璃蟻幼蟲背血管收縮頻率。



圖六 在解剖顯微鏡視野下解剖邵氏姬針蟻，挑出毒囊流程。(A 以鑷子夾住邵氏姬針蟻邀集以利固定、B 是以鑷子夾住螫針、C 順勢拔出螫針，取取得毒液系統、D 邵氏姬針蟻的毒液系統及毒囊(紅圈處))。

- (5) 分別自兩隻幼蟲倒數第二節體節位置打入抽出的邵氏姬針蟻毒液及水。(注入倒數第二節體節可避開背血管、消化系統(Henry R. Hermann, 1979)，可避免幼蟲是因為受到物理性傷害而導致死亡)。
- (6) 統計蓬萊點琉璃蟻幼蟲在被打入物質後，背管收縮頻率的變化，並比較被俘虜幼蟲、人工螫刺後的幼蟲背管收縮變化。



圖七 幼蟲身體、背血管側面位置，即背血管在顯微鏡視野下的狀況。(A 幼蟲體側透視手繪消化系統及背血管、B 幼蟲正拍背血管狀況)。

5. 分析毒液組成物質

飼養邵氏姬針蟻聚落，觀察獵食過程中會以螫針對獵物進行攻擊的工蟻，並將其挑出。將樣本置於冰上，等螞蟻停止活動後，在解剖顯微鏡視野下以鑷子夾取螫針，順勢將毒囊拉出，取得毒液系統(黃嘉銘，2010) 並利用自製玻璃毛細管，抽取邵氏姬針蟻毒囊中儲存的毒液。進行 GC/MS 檢測毒液的物質組成。

(1) GC/MS



圖八、氣相層析質譜儀(gas chromatography – Saturn 2200 turbo mass)

研究中所使用的氣相層析質譜儀(如圖八)為 CP 3800 gas chromatography – Saturn 2200 turbo mass (Varian Inc., now Agilent,

Palo Alto, CA, USA)，使用的管柱為 VF-5MS (5% phenyl 95% dimethylpolysiloxane) 毛細管柱 (capillary column)，載流氣體 (carrier gas) 為氦氣 (helium, 純度: 99.995 %), 流量為每分鐘 1 ml，樣本是由自動分注器 Autosampler 8400 (Varian Inc., now Agilent, Palo Alto, CA, USA) 注入體積 1 μ l 的待測樣本。溶劑萃取樣品會先由 Injector 在 250 $^{\circ}$ C 的 split mode 中氣化，而固相微萃取樣本則會在 Injector 熱脫附 10 分鐘，烘箱的升溫條件為 120 $^{\circ}$ C 維持 5 分鐘再以每分鐘 10 $^{\circ}$ C 將溫度提高至 180 $^{\circ}$ C，並維持 3 分鐘；之後再以每分鐘 10 $^{\circ}$ C 將溫度提高至 240 $^{\circ}$ C，並維持 10 分鐘；最後再以每分鐘 5 $^{\circ}$ C 將溫度提高至 280 $^{\circ}$ C，並維持 6 分鐘。研究中會使用連續碳數的直鏈烷類 (C12~C22)(Supelco, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 作為標準品。

(2) 分析結果

氣象層析結果輸入資料系統後，將結果輸出成圖，分析毒液中含有的成分。

(3) 合成分析出的物質並以人工注射的方式將分析出的物質注入蓬萊點琉璃蟻幼蟲體內。

(4) 統計並比較蓬萊點琉璃蟻幼蟲背血管收縮頻率變化。

(5) 找出邵氏姬針蟻毒液中的何種物質導致蓬萊點琉璃蟻幼蟲背血管收縮頻率下降的現象。

6. 檢測邵氏姬針蟻如何分辨幼蟲

為了解邵氏姬針蟻如何辨別幼蟲為自己本身聚落幼蟲還是俘虜的幼蟲、已被螫刺與否、死亡與否，因此本實驗以 GC/MS 檢測蓬萊

點琉璃蟻在四種不同的狀況下的表面化學物質，進而理解邵氏姬針蟻對幼蟲的辨別方法：

- a. 邵氏姬針蟻的幼蟲
- b. 正常的蓬萊點琉璃蟻的幼蟲(在蓬萊點琉璃蟻蟻巢中)。
- c. 被邵氏姬針蟻螫刺過的蓬萊點琉璃蟻幼蟲。
- d. 死亡的蓬萊點琉璃蟻幼蟲。

7. 利用固相微萃取法(SPME)搭配顯微注射(Micro-injector)以及 GC/MS 剖析邵氏姬針蟻選擇利用俘虜順序

哺育行為在各齡期間會出現不同的時間長短，而針對其中一齡來看，又有先後順序、時間長短的差異，不禁引人思索發生如此現象的原因。本實驗欲就蓬萊點琉璃蟻幼蟲被螫刺且俘虜後，表面化學物質的變化來比較邵氏姬針蟻在選擇利用俘虜先後順序的準則：



圖九 固相微萃取法(SPME)搭配顯微注射器(Micro-injector)

取出一窩蓬萊點琉璃蟻聚落中各齡期幼蟲並置入邵氏姬針蟻聚落的飼養盒中，待邵氏姬針蟻螫刺蓬萊點琉璃蟻幼蟲且帶回蟻巢後一日將被哺育的幼蟲(3 隻/次)取出，利用固相微萃取法(SPME)搭配

顯微注射(Micro-injector) (Billen J., C. S. Lam, and C. C. Lin. 2012.)沾取幼蟲體表，蒐集幼蟲表面學物質，並以 GC/MS 檢測蓬萊點琉璃蟻幼蟲表面的化學物質，並且每 24 小時重複一次，直到巢中全數幼蟲皆被進食、取出，比較每日檢測出的物質並比較中間的關係。

四、探究邵氏姬針蟻之哺育行為

(一)比較邵氏姬針蟻對俘虜幼蟲與本身子代差異

1. 型態差異

(1) 體型大小

A.飼養邵氏姬針蟻、蓬萊點琉璃蟻聚落。

B.分別從兩聚落中取出各齡期的幼蟲(1~2 齡、3~4 齡、終齡、蛹或繭)，並測量其體長、體寬。

C.統計並製作圖表分析其差異。

(2) 以電子顯微鏡(SEM)分析身體構造差異



圖十 電子顯微鏡(Scanning Electron Microscope.)

利用冷凍乾燥法將兩幼蟲乾燥，避免身體產生形變，並以電子顯微鏡(SEM)拍攝邵氏姬針蟻、蓬萊點琉璃蟻的幼蟲，比較

邵氏姬針蟻及蓬萊點琉璃蟻兩者之間幼蟲身體構造(表面、頭部、口器、剛毛等)上的差異。

2. 生理差異

(1) 背血管收縮頻率

A.飼養邵氏姬針蟻、蓬萊點琉璃蟻聚落。

B.分別從兩聚落中取出 3~4 齡幼蟲(因此階段幼蟲背血管最為明顯)，並記錄兩種幼蟲背血管收縮頻率

C.統計並製作圖表分析其差異。

3. 受照顧差異

(1) 飼養邵氏姬針蟻、蓬萊點琉璃蟻聚落，待聚落穩定後開始進行實驗。

(2) 將邵氏姬針蟻與蓬萊點琉璃蟻放置於相通空間中，帶俘虜行為發生後開始進行觀察、紀錄。

(3) 並比較邵氏姬針蟻對聚落中子代、俘虜的幼蟲在照顧上的差異。

(二)哺育對象

1. 幼蟲階段

(1) 飼養一窩邵氏姬針蟻聚落，待聚落穩定後開始進行實驗。

(2) 將邵氏姬針蟻與蓬萊點琉璃蟻聚落中各階段幼蟲置入實驗盒。

(3) 紀錄邵氏姬針蟻對各階段幼蟲進行哺育行為的機率。

(4) 製作圖表、測驗各階段幼蟲表面化學物質，並比較其差異，企圖了解邵氏姬針蟻選擇哺育對象的差異、原因。

(三)環境對哺育時間長短影響

1. 內部因素

(1) 巢中工蟻、幼蟲比例差異

在採集邵氏姬針蟻後，計算各聚落中幼蟲與工蟻的數量，並計算兩者比例，並利用盒狀圖統計平均、極端數值(極低、極高)。

A.飼養三窩聚落規模相當的邵氏姬針蟻聚落，待聚落穩定後，以人工方式將三聚落中，工蟻、幼蟲比例控制在上述三種狀況。

B.將三窩邵氏姬針蟻聚落分別與三窩聚落規模相當、子代數目相等且會被邵氏姬針蟻俘虜的聚落置入實驗盒中。

C.觀察是否發生哺育行為，重複進行實驗，並計算哺育行為發生機率，比對巢中工蟻、幼蟲比例差異對哺育行為發生的影響。

(2) 巢中幼蟲階段

A.飼養五窩聚落規模相當的邵氏姬針蟻聚落，待聚落穩定後，以人工方式令五聚落內子代各為:1、無幼蟲。2、一齡幼蟲。3、二齡幼蟲。4、三齡幼蟲。5、繭，等五種狀況。

B.將五窩邵氏姬針蟻聚落分別與五窩聚落規模相當、子代數目相等且會被邵氏姬針蟻俘虜的聚落置入實驗盒中。

C.觀察是否發生哺育行為，重複進行實驗，並計算哺育行為發生機率，比對巢中幼蟲的階段對哺育行為發生的影響。

2. 外部因素

(1) 食物豐缺

- A.飼養兩窩聚落規模相當的邵氏姬針蟻聚落，待聚落穩定後，其中一窩，每日正常進行餵食物、水；另一窩，只供應水以維持基本生存需求，一星期後開始進行實驗。
- B.將兩窩邵氏姬針蟻聚落分別與兩窩聚落規模相當、子代數目相等且會被邵氏姬針蟻俘虜的聚落置入實驗盒中。
- C.每日觀察、紀錄，分別統計各階段幼蟲在巢中被哺育的時間。
- D.製作圖表，比較食物豐/缺兩中狀況下，邵氏姬針蟻哺育時間差異，企圖了解邵氏姬針蟻在遇上缺乏食物時的反應。

(2) 被哺育的幼蟲階段

- A.飼養一窩邵氏姬針蟻聚落，待聚落穩定後開始進行實驗。
- B.將邵氏姬針蟻與與會被邵氏姬針蟻俘虜的螞蟥各階段幼蟲置入實驗盒中。
- C.統計各階段幼蟲被哺育於邵氏姬針蟻巢中的時間。
- D.製作圖表，比較各階段幼蟲被哺育的時間長短，企圖了解哺育對象階段對哺育行為發生時間的影響。

(3) 工蟻、被哺育幼蟲比例差異

在每次哺育行為發生後後，計算各聚落中受哺育的幼蟲與工蟻的數量，並計算兩者比例，利用盒狀圖統計平均、極端數值(極低、極高)。

- A.飼養三窩聚落規模相當的邵氏姬針蟻聚落，在哺育行為發生後，以人工方式將三聚落中，取出或置入工蟻令工蟻、幼蟲比例控制在上述三種狀況。

B.每日觀察、紀錄在三種狀況下邵氏姬針蟻哺育時間。

C.製作圖表，比對邵氏姬針蟻在受哺育的幼蟲與工蟻比例不同的狀況下，哺育時間長短差異。

肆、研究結果

一、邵氏姬針蟻基礎生物學之探討

(一)查詢文獻

1. 邵氏姬針蟻的分類：

動物界(*Kingdom Animalia*)、節肢動物門(*Phylum Arthropoda*)、昆蟲綱(*Class Insecta*)、膜翅目(*Order Hymenoptera*)、蟻科(*Family Formicidae*)、姬針蟻屬(*Hypoconer*)的邵氏姬針蟻(*Hypoconer suateri*)。(林宗岐，2007。)

2. 邵氏姬針蟻之生物特徵

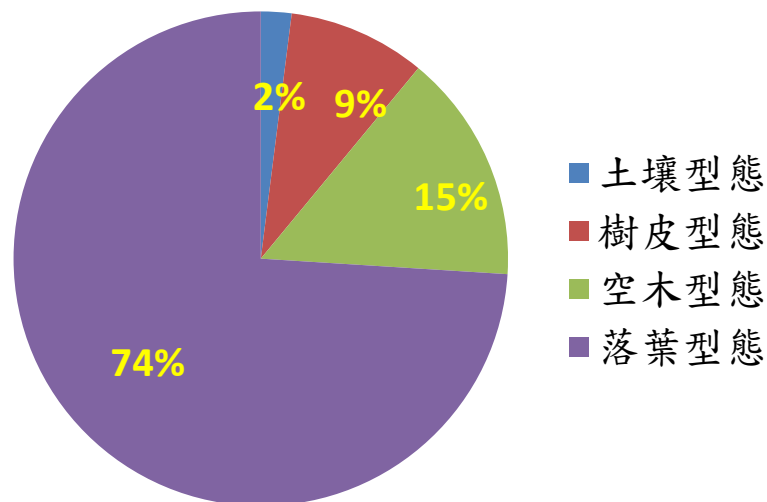
邵氏姬針蟻屬於蟻科、姬針蟻亞科的邵氏姬針蟻，分布於中國、台灣、日本，工蟻體長約2毫米，體色依蟲齡的變化，由黃色慢慢轉變為黃褐色，蟻后稍大於工蟻，居住於土壤、朽木、落葉堆、石頭底下。另外，跟一種特徵與邵氏姬針蟻十分相近的刺瓦姬針蟻的分辨方式:邵氏姬針蟻的腰節側面的長寬的差異較刺瓦姬針蟻大。



圖十一 透過數位顯微鏡拍攝之邵氏姬針蟻及刺瓦姬針蟻。(A 為邵氏姬針蟻的腰節。B 為刺瓦姬針蟻的腰節)

(二)統計刺瓦姬針蟻的生活型態

目前為止，共採了 52 窩的邵氏姬針蟻聚落，邵氏姬針蟻聚落通常居住在土壤、空木頭、樹皮夾層、落葉中，而在四種居住型態之中其中又屬落葉的居住型態最多高達 73%。

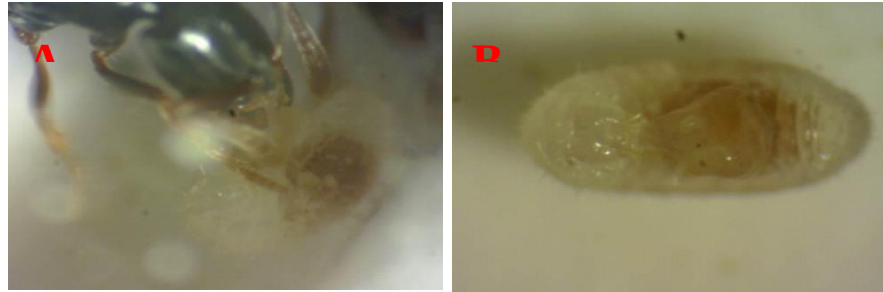


圖十二 邵氏姬針蟻個居住型態之比例

(三)基礎行為

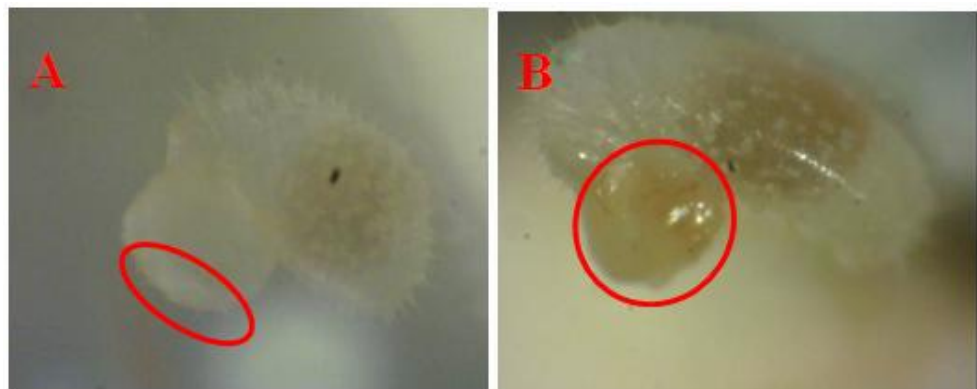
1. 進行邵氏姬針蟻基礎調查時，發現邵氏姬針蟻的工蟻在餵食幼蟲時，並非逐一的對幼蟲進行直接口器對口器的餵食，而是會

先將獵物肢解成較小的食物塊，並將食物塊放置到幼蟲身上，讓幼蟲自行進食，一段時間後再將食物塊取走，放置在另一隻幼蟲的身上令其進食。



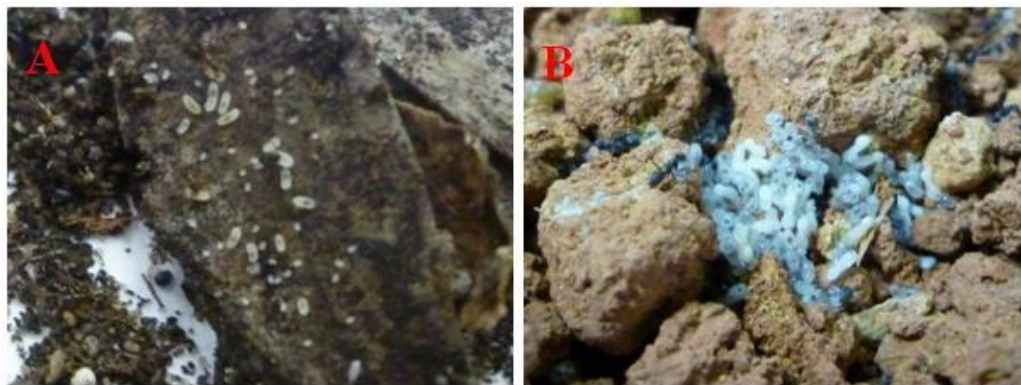
圖十三 A 為邵氏姬針蟻餵食幼蟲進食圖。B 為幼蟲進食食物的狀況

2. 在進行邵氏姬針蟻聚落生命週期的調查時，發現邵氏姬針蟻工蟻餵食幼蟲的食物塊中，一部分可以看出表面有細毛(如圖 A)，且可看見內部具有如幼蟲之內臟(如圖 B)，而且觀察到工蟻將自身聚落幼蟲餵食聚落中其他幼蟲。



圖十四 邵氏姬針蟻幼蟲被餵食自身聚落幼蟲狀況。(A 紅圈內可看見幼蟲的細毛、B 可看見幼蟲的內臟。)

3. 在進行實驗時，發現邵氏姬針蟻在擺放幼蟲時與蓬萊點琉璃蟻不大相同，邵氏姬針蟻在擺放幼蟲時會將幼蟲擺放的密度較低，且不做堆疊的動作，而蓬萊點琉璃蟻則是將幼蟲堆疊成堆。



圖十五 邵氏姬針蟻及蓬萊點琉璃蟻擺放幼蟲的方式。

(A 邵氏姬針蟻擺放幼蟲情形、B 蓬萊點琉璃蟻擺放幼蟲情形。)

二、探討邵氏姬針蟻俘虜機制

(一)探討刺瓦姬針蟻與異種螞蟻相處關係

以掉落式陷阱法在邵氏姬針蟻棲地附近所蒐集到居住在相似棲地的螞蟻種類如表一。

表一 掉落陷阱法採集邵氏姬針蟻棲地周圍的螞蟻種類

螞蟻名稱	學名
蓬萊點琉璃蟻	<i>Bothriomyrmex wroughtoni</i>
光滑管琉璃蟻	<i>Ochetellus glaber</i>
台灣大頭家蟻	<i>Pheidole taivensis</i>
長角黃山蟻	<i>Paratrechina longicornis</i>
黑頭慌琉璃蟻	<i>Tapinoma melanocephalum</i>
畢氏粗角蟻	<i>Cerapachys biroi</i>
多樣大頭家蟻	<i>Pheidologeton diversus</i>
太平洋皺家蟻	<i>Tetramorium pacificum</i>
勤勉舉尾蟻	<i>Crematogaster laborisa</i>
暗褐舉尾家蟻	<i>Crematogaster subnuda</i>
熱烈大頭家蟻	<i>Pheidole fervens</i>
黃足粗針蟻	<i>Pachycondyla luteipes</i>
黑褐毛山蟻	<i>Lasius niger</i>
堅硬雙針家蟻	<i>Pristomyrmex pungens</i>

1. 實驗後結果如表二所示，邵氏姬針蟻與異種螞蟻相處關係分為兩種：

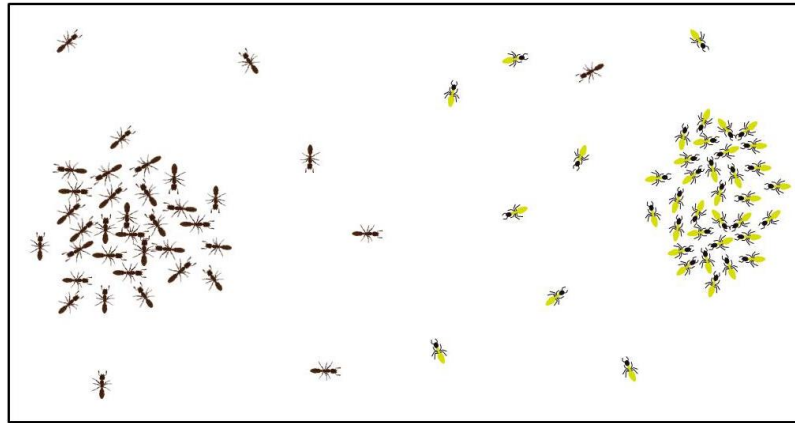
- (1) 邵氏姬針蟻發生攻擊行為，但邵氏姬針蟻不將他種類螞蟻之子代作為俘虜掠取回巢。例：台灣大頭家蟻(*P. taivensis*) 長角黃山蟻(*P. longicornis*)畢氏粗角蟻(*C. biroi*)多樣大頭家蟻(*P. diversus*)太平洋皺家蟻(*T. pacificum*)勤勉舉尾蟻(*C. laborisa*)暗褐舉尾家蟻(*C. subnuda formosae*)熱烈大頭家蟻(*P. fervens*)黃足粗針蟻(*P. luteipes*)黑褐毛山蟻(*L. niger*)堅硬雙針家蟻 (*P. pungens*)
- (2) 邵氏姬針蟻對他種類螞蟻發動攻擊，並將異種螞蟻的屍體做為食物儲存。例：蓬萊點琉璃蟻(*B. wroughtoni*)、黑頭慌琉璃蟻(*T. melanocephalum*)。

表二 邵氏姬針蟻與棲地內其他土棲螞蟻的互動關係

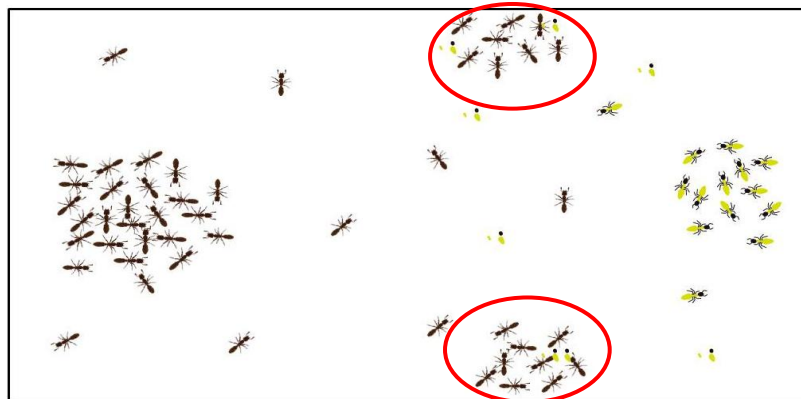
螞蟻名稱	捕食與否	俘虜與否
蓬萊點琉璃蟻(<i>B. wroughtoni</i>)	+	+
光滑管琉璃蟻(<i>O. glaber</i>)	—	—
台灣大頭家蟻(<i>P. taivensis</i>)	—	—
長角黃山蟻(<i>P. longicornis</i>)	—	—
黑頭慌琉璃蟻(<i>T. melanocephalum</i>)	+	—
畢氏粗角蟻(<i>C. biroi</i>)	—	—
多樣大頭家蟻(<i>P. diversus</i>)	—	—
太平洋皺家蟻(<i>T. pacificum</i>)	—	—
勤勉舉尾蟻(<i>C. laborisa</i>)	—	—
黃足粗針蟻(<i>P. luteipes</i>)	—	—
黑褐毛山蟻(<i>L. niger</i>)	—	—
堅硬雙針家蟻(<i>P. pungens</i>)	—	—

2. 在邵氏姬針蟻與黑頭慌琉璃蟻的實驗中發現了邵氏姬針蟻一種

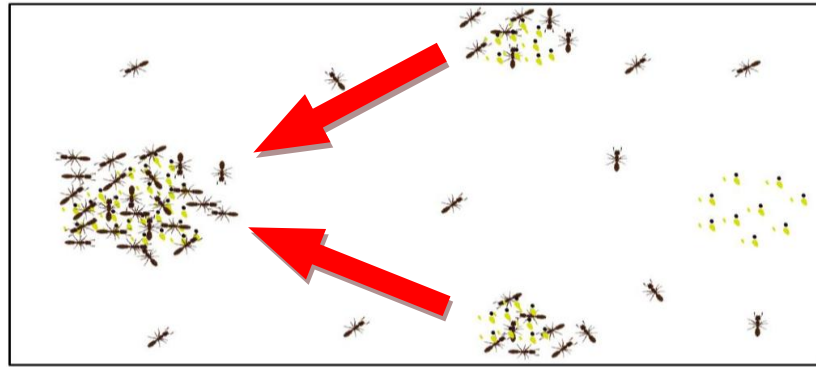
攻擊模式，當邵氏姬針蟻攻擊黑頭荒琉璃蟻時，並非與大部分的肉食螞蟻一樣，派出所有具攻擊能力的職蟻進行大規模的攻擊，將對手一次殲滅，而先進行分巢，將近 81% 的職蟻集結到較靠近對方巢室的地方，再對蓬萊點琉璃蟻進行攻擊，攻擊結束後，邵氏姬針蟻會先將獲取的職蟻屍體存放在各個距離對方蟻巢較近較小的巢室，最後再將屍體運送回主要的巢室儲存。



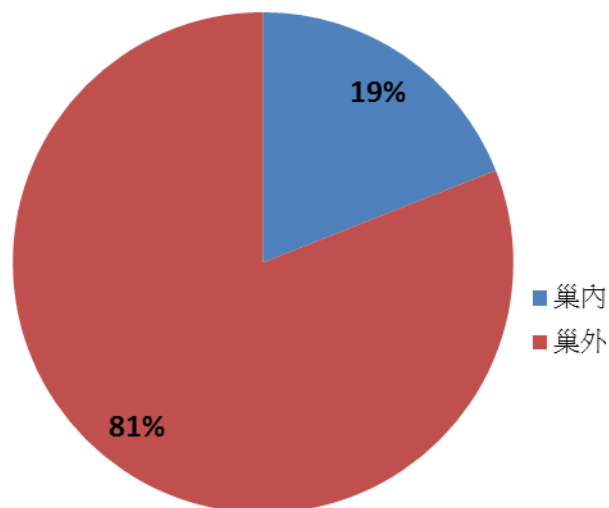
圖十六 邵氏姬針蟻(*H. sauteri*) 遇上黑頭荒琉璃蟻(*T. melanocephalum*) 時，邵氏姬針蟻(*H. sauteri*) 負責搜尋的職蟻再遇上黑頭荒琉璃蟻(*T. melanocephalum*) 時，會先返回蟻巢，不會直接進行攻擊



圖十七 邵氏姬針蟻(*H. sauteri*) 開始進行攻擊前，會先以分巢的方式，聚集到較靠近黑頭荒琉璃蟻(*T. melanocephalum*) 的位置(紅圈處)，才開始進行攻擊的動作

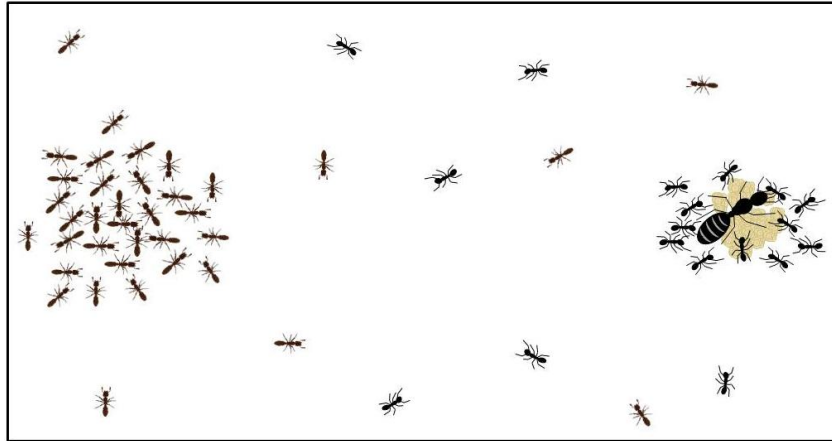


圖十八 邵氏姬針蟻(*H. sauteri*) 攻擊黑頭荒琉璃蟻(*T. melanocephalum*)
結束後，會先將攻擊獲得的屍體存放在分巢，最後才運送回主要的巢室儲存(紅色箭頭方向)，而工蟻則繼續進行搜尋的工作

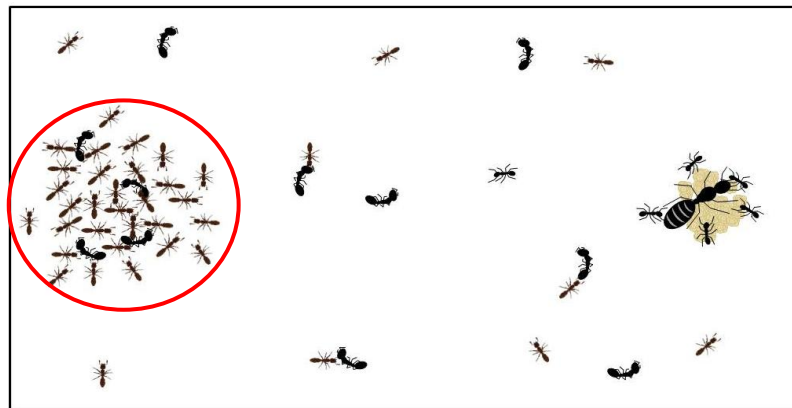


圖十九 邵氏姬針蟻遇上黑頭荒琉璃蟻時巢內、外的的工蟻比例

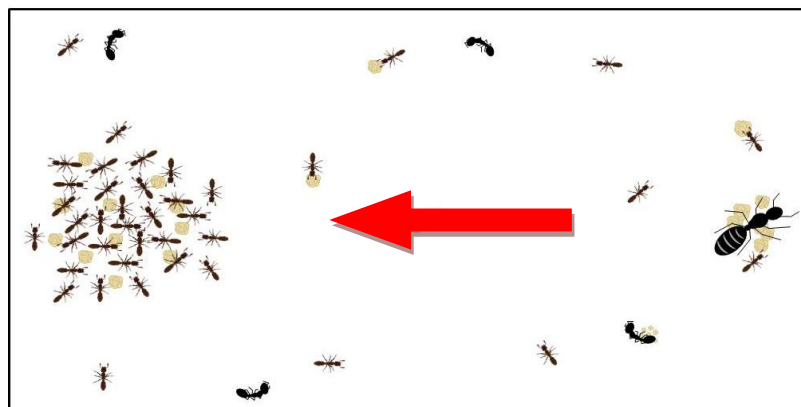
3. 在邵氏姬針蟻與蓬萊點琉璃蟻的相處關係實驗中，亦發現了另一種攻擊模式，當邵氏姬針蟻攻擊蓬萊點琉璃蟻時，並非與先前所述的肉食螞蟻相同，而只派出 12% 的職蟻分次以螫針獵殺蓬萊點琉璃蟻的斥侯，並將屍體帶回巢內做為食物，當沒有再派出蓬萊點琉璃蟻斥侯，進入敵巢將剩下的蓬萊點琉璃蟻的職蟻，之後將蓬萊點琉璃蟻的幼蟲帶回巢中。



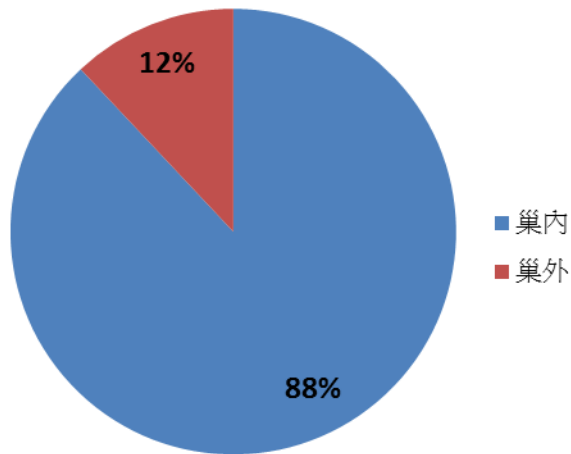
圖二十 邵氏姬針蟻(*H. sauteri*) 遇上蓬萊點琉璃蟻(*B. wroughtoni*)時，邵氏姬針蟻(*H. sauteri*) 負責搜尋的職蟻再遇上蓬萊點琉璃蟻(*B. wroughtoni*)時，會先返回蟻巢，不會直接進行攻擊



圖二十一 邵氏姬針蟻(*H. sauteri*) 攻擊時，會分次的對蓬萊點琉璃蟻(*B. wroughtoni*)職蟻進行攻擊，並將蓬萊點琉璃蟻(*B. wroughtoni*)職蟻肢解，並帶回蟻巢作為食物儲存(紅圈處)



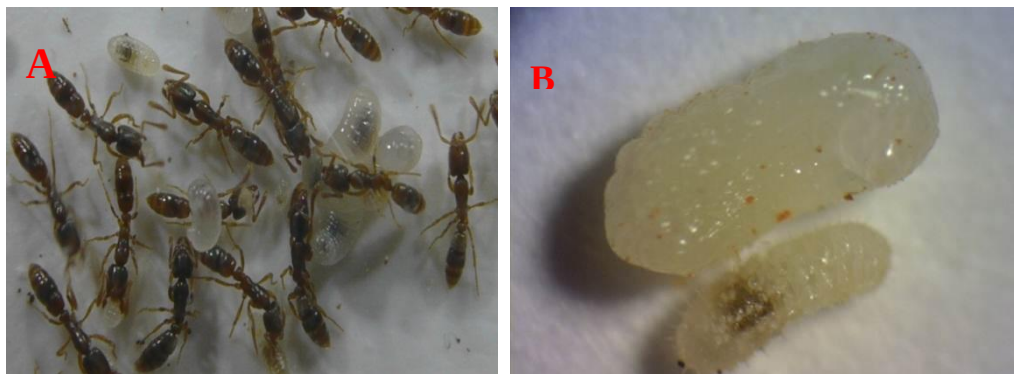
圖二十二 邵氏姬針蟻(*H. sauteri*) 在蓬萊點琉璃蟻(*B. wroughtoni*)職蟻無法保護所有子代時，邵氏姬針蟻(*H. sauteri*) 會開始將蓬萊點琉璃蟻(*B. wroughtoni*)的子代，帶回巢中當作俘虜照顧(紅色箭頭方向)



圖二十三 邵氏姬針蟻遇上蓬萊點琉璃蟻時，巢內、外的比率

(二) 俘虜目的

長期觀察後，發現邵氏姬針蟻攻擊蓬萊點琉璃蟻，且俘虜蓬萊點琉璃蟻幼蟲後，沒有將俘虜來的幼蟲立刻進食，但亦未與蓄奴蟻相同：照顧俘虜，將俘虜培育成成蟲，並把俘虜做為奴隸，進行清理環境、照顧幼蟲、餵哺其他成蟲(Bert Holdobloer et al. 1994)。反而給予俘虜照顧，卻在一段時間後將俘虜進食。



圖二十四 圖 A:邵氏姬針蟻照顧俘虜。圖為邵氏姬針蟻與蓬萊點琉璃蟻終齡幼蟲比較(上:蓬萊點琉璃蟻幼蟲、下:邵氏姬針蟻幼蟲。)

(三) 俘虜對象

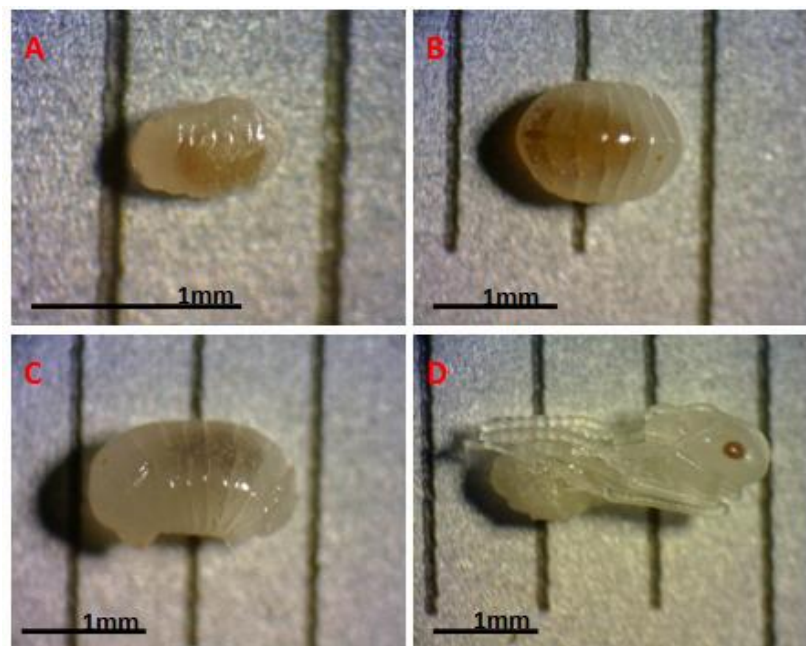
1. 螞蟻種類

以掉落式陷阱法在邵氏姬針蟻棲地附近所蒐集到居住在相似棲

地的螞蟻種類如表三。

表三、掉落式陷阱法採集邵氏姬針蟻棲地周圍的螞蟻種類

螞蟻名稱	學名
蓬萊點琉璃蟻	<i>Bothriomyrmex wroughtoni</i>
光滑管琉璃蟻	<i>Ochetellus glaber</i>
台灣大頭家蟻	<i>Pheidole taivensis</i>
長角黃山蟻	<i>Paratrechina longicornis</i>
黑頭慌琉璃蟻	<i>Tapinoma melanocephalum</i>
畢氏粗角蟻	<i>Cerapachys biroi</i>
多樣大頭家蟻	<i>Pheidologeton diversus</i>
太平洋皺家蟻	<i>Tetramorium pacificum</i>
勤勉舉尾蟻	<i>Crematogaster laborisa</i>
暗褐舉尾家蟻	<i>Crematogaster subnuda</i>
熱烈大頭家蟻	<i>Pheidole fervens</i>
黃足粗針蟻	<i>Pachycondyla luteipes</i>
黑褐毛山蟻	<i>Lasius niger</i>
堅硬雙針家蟻	<i>Pristomyrmex pungens</i>

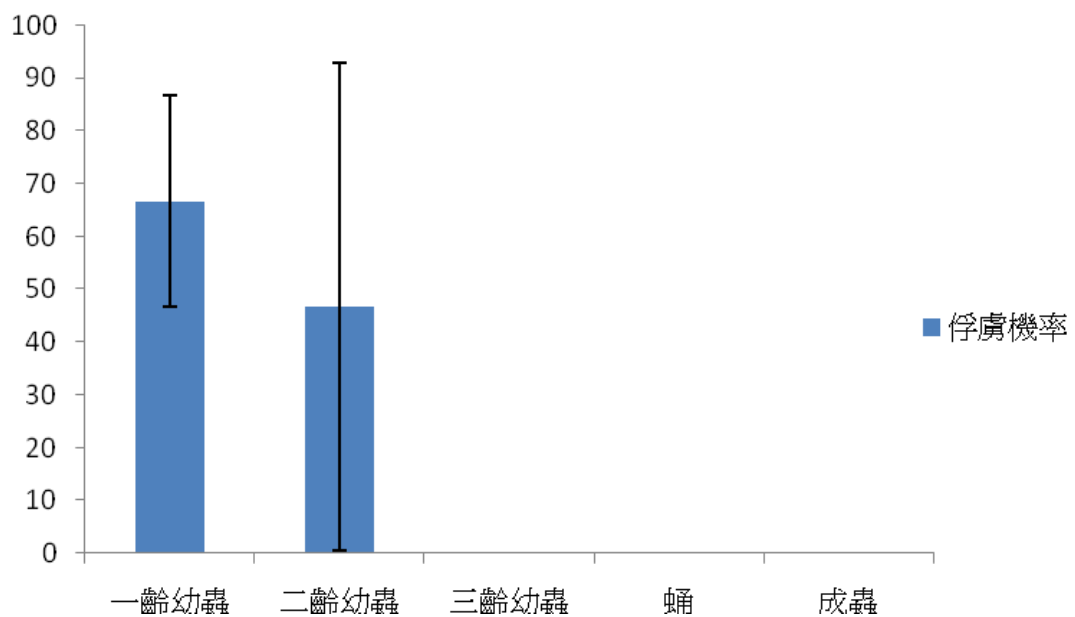


圖二十五 蓬萊點琉璃蟻四個階段的子代。

(A：一齡幼蟲、B：二齡幼蟲、C：三齡幼蟲、D：蛹)

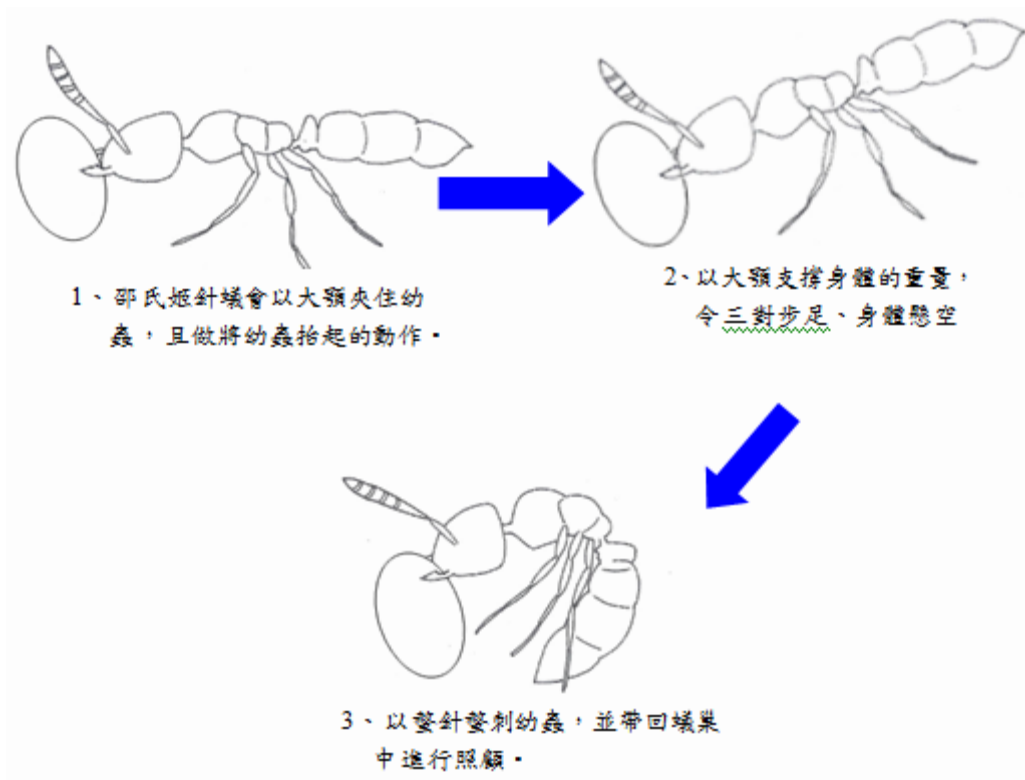
2. 子代

實驗後發現邵氏姬針蟻俘虜的幼蟲階段為一齡幼蟲、二齡幼蟲，一齡幼蟲的俘虜機率約為 73%，二齡幼蟲俘虜機率約為 47%，三齡幼蟲、蛹及成蟲皆不會被俘虜，而沒有被俘虜的三齡幼蟲又可分為三種情形:1、被邵氏姬針蟻以螫針攻擊，但未被進食。2、被邵氏姬針蟻以螫針攻擊且進食。3、沒有被邵氏姬針蟻攻擊、進食。成蟲分兩種:1、被邵氏姬針蟻以螫針攻擊致死。2、被邵氏姬針蟻以螫針致死後，帶回巢中做為食物儲存。蛹則沒有被邵氏姬針蟻理會。



圖二六 蓬萊點琉璃蟻個階段子代的被俘虜的機率。(n=6; ANOVA; $P < 0.05$)

(一) 分析邵氏姬針蟻刺擊幼蟲

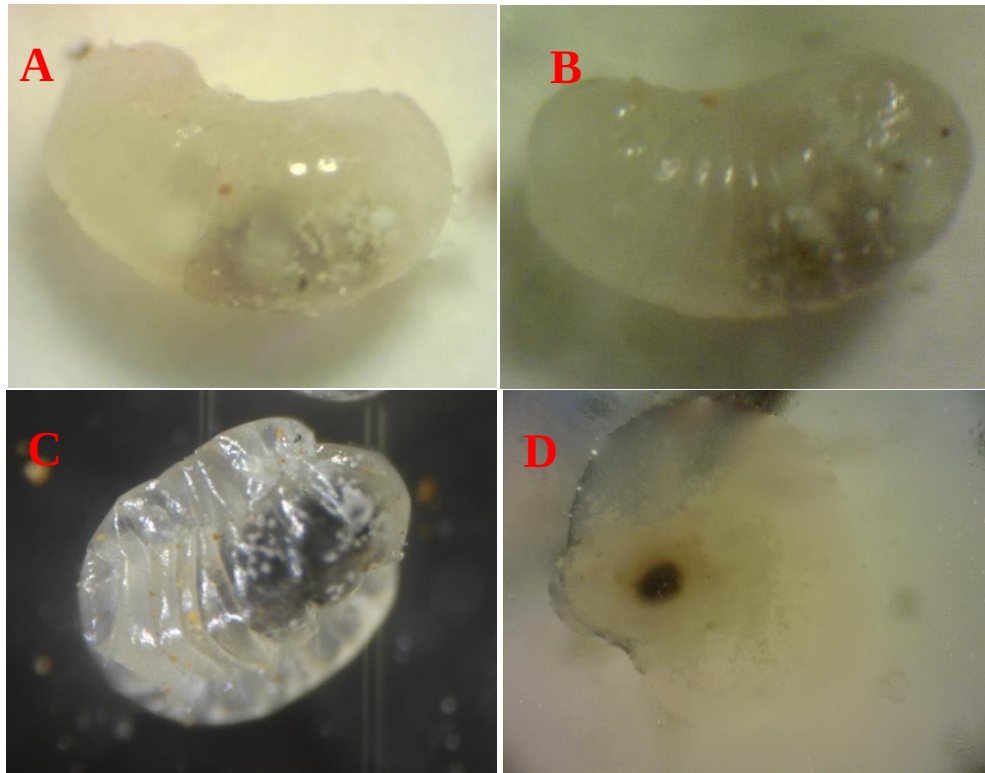


圖二十七 邵氏姬針蟻在掠取蓬萊點琉璃蟻幼蟲時，進行的螫刺行為細部過程描述示意。

1. 幼蟲在被刺擊前、後差異

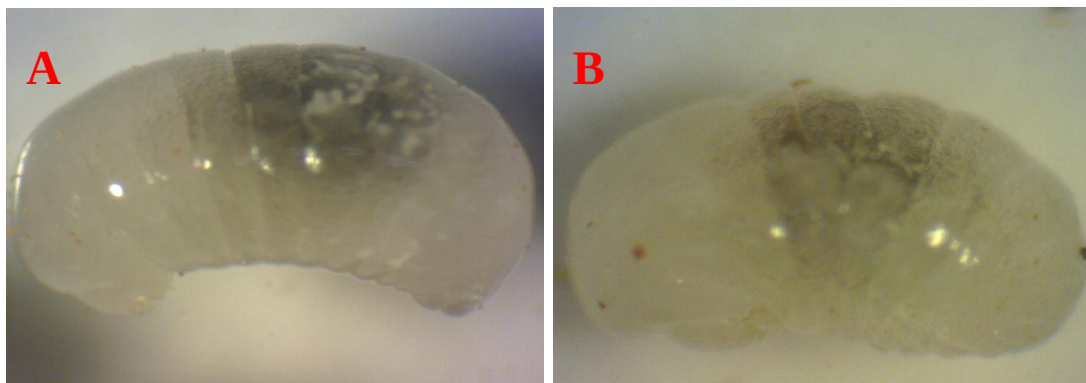
(1) 外觀

在比較蓬萊點琉璃蟻幼蟲在被邵氏姬針蟻刺擊且俘虜前後體表、外觀差異，發現到蓬萊點琉璃蟻幼蟲在被邵氏姬針蟻工蟻用螫針刺擊後，在外觀上並沒有改變，且並不會像一般死亡的幼蟲會出現身體內部水解，體表凹陷及散發腐臭味的現象，因此可以確定幼蟲在被刺擊後並沒有死亡。



圖二十八 A為蓬萊點琉璃蟻幼蟲被刺擊之前。B為蓬萊點琉璃以幼蟲被刺擊之後。C為蓬萊點琉璃蟻幼蟲在身體內部水解後，身體表面塌陷。D 蓬萊點琉璃蟻幼蟲完全水解

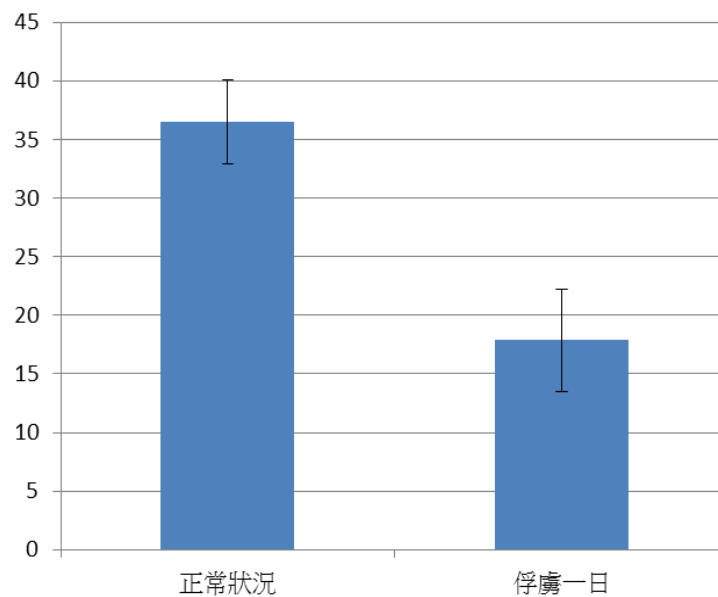
此外，在比較蓬萊點琉璃蟻被邵氏姬針蟻螫刺前後的頭部狀況，可以發現在被螫刺之前的蓬萊點琉璃蟻幼蟲頭部、身體是成放鬆的狀態，而在被螫刺之後，蓬萊點琉璃蟻幼蟲的體表可看出有顯得皺褶代表收縮，而且頭部時向身體腹部面緊縮。



圖二十九 蓬萊點琉璃蟻幼蟲在被螫刺前後的身體型態差異。(A 頭部伸出、身體平滑。B 頭部像腹部面緊縮、體表皺褶明顯)。

(2) 生理反應

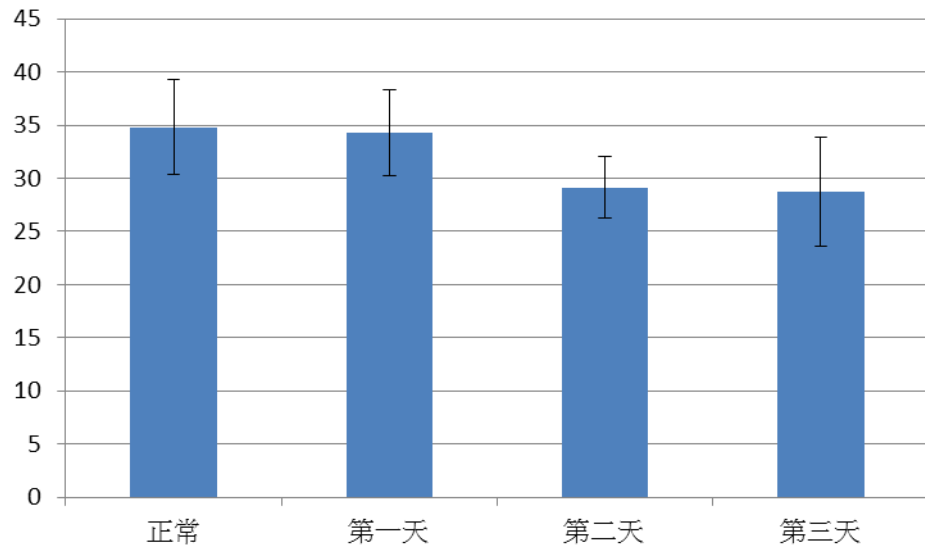
統計蓬萊點琉璃蟻幼蟲在被刺擊後被血管收縮頻率後，發現蓬萊點琉璃蟻的幼蟲在被邵氏姬針蟻俘虜前，被血管的收縮頻率為 37 次/分鐘，而在被俘虜過後背血管的收縮頻率下降到 18 次/分鐘，而體外循環幼蟲的背血管收縮即為其呼吸運動，亦可表示期代謝的速度，因可得知蓬萊點琉璃蟻幼蟲在被邵氏姬針蟻刺擊且俘虜後，代謝的速度會大幅下降。



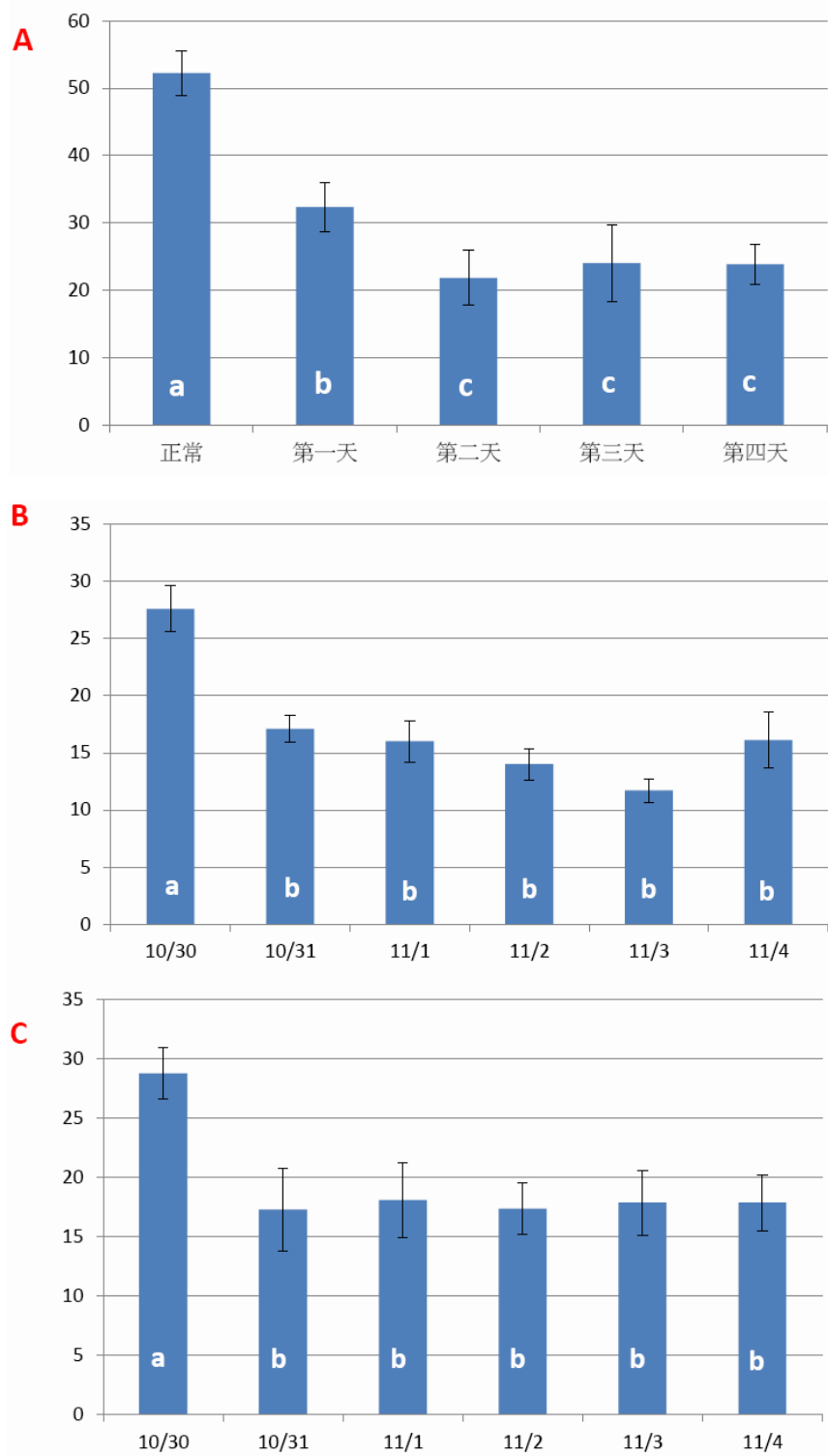
圖三十 蓬萊點琉璃蟻幼蟲俘虜前後背血管收縮頻率比較。(unpair T-test, $P < 0.05$)。

在持續監測被俘虜的蓬萊點琉璃蟻幼蟲隻背血管收縮頻率。統計分析之後，發現蓬萊點琉璃蟻幼蟲在一般失去照顧的狀況下，其背血管的收縮頻率並不會因為時間的增加而產生差異，但被邵氏姬針蟻刺擊且俘虜的蓬萊點琉璃蟻幼蟲背血管收縮頻率因時間的增加，可分為正常狀況、第一天以及第二天之後，由圖可以看到蓬萊點琉璃蟻在被刺擊且俘虜之後，其背血管收縮的頻率從被刺擊之後直到第二天產生了下降的現象，第

二天之後就呈現較穩定的狀況。



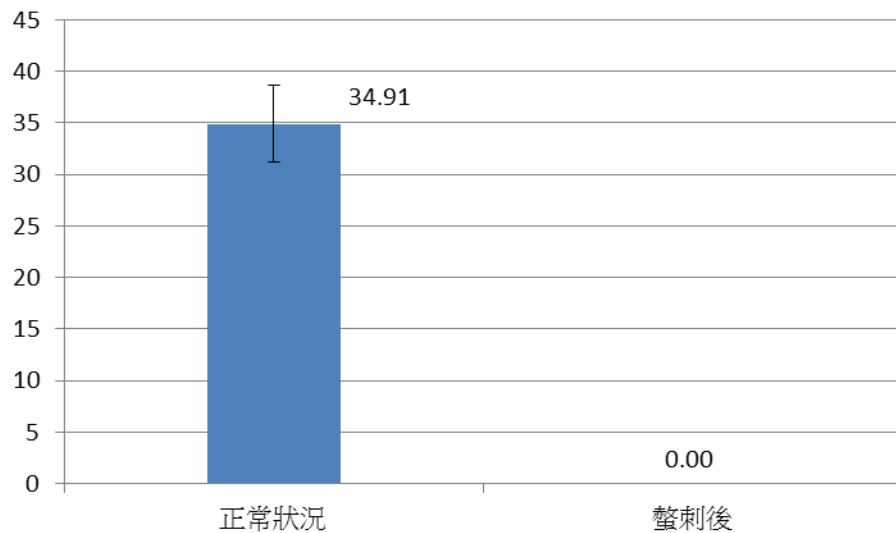
圖三十一、蓬萊點琉璃蟻幼蟲在一般失去照顧的情況下，背血管收縮速率(次/分鐘)的變化，可看到收縮頻率並沒有明顯的差異，且成穩定的狀況。
(one-way ANOVA, Postoc Test: Tukey Test, $P > 0.05$)。



圖三十二 蓬萊點琉璃蟻幼蟲在被邵氏姬針蟻俘虜後，背血管收縮速率(次/分鐘)的變化，可看出 A 可分為正常狀況、第一天及第二天之後三種階段，而在第二天後收縮速率呈較低頻率且穩定的狀況。B、C 則分為 10/30、10/31 之後 5 天，在 10/31 之後背管收縮的頻率就呈穩定的狀態。(one-way ANOVA, Postoc Test: TukeyTest, $P < 0.05$)。

(3) 活動力強弱變化

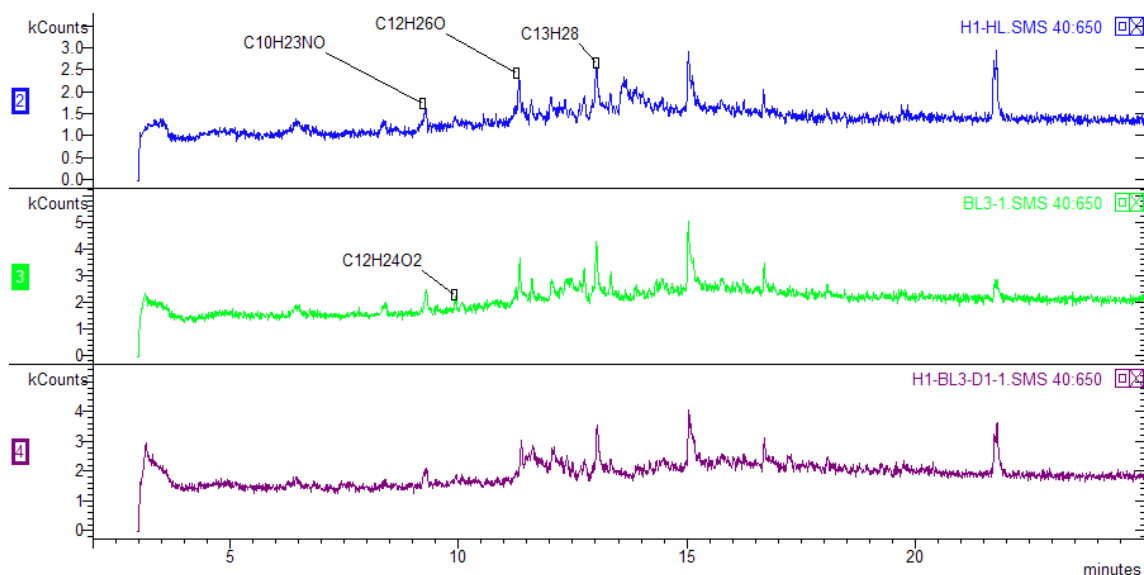
蓬萊點琉璃蟻在被邵氏姬針蟻螫刺之前，平均每分鐘頭部會有 34.91 次/分鐘的蠕動，而在蓬萊點琉璃蟻幼蟲被邵氏姬針蟻以螫針螫刺之後，頭部會往內縮，而不會出現蠕動的狀況，以 T-test 檢測 $P < 0.05$ 具有顯著差異。



圖三十三 蓬萊點琉璃蟻幼蟲被邵氏姬針蟻螫刺前後蠕動頻率比較。(T-test, $P < 0.05$)。

(4) 表面碳氫化合物

蓬萊點琉璃蟻幼蟲在被邵氏姬針蟻螫刺前，體表具有一種邵氏姬針蟻幼蟲所沒有的化合物 $C_{12}H_{24}O_2(D)$ ，但蓬萊點琉璃蟻幼蟲在被邵氏姬針蟻螫刺且俘虜一天後，此物質即於蓬萊點琉璃蟻幼蟲體表消失，而對於其他的物質則無產生影響。



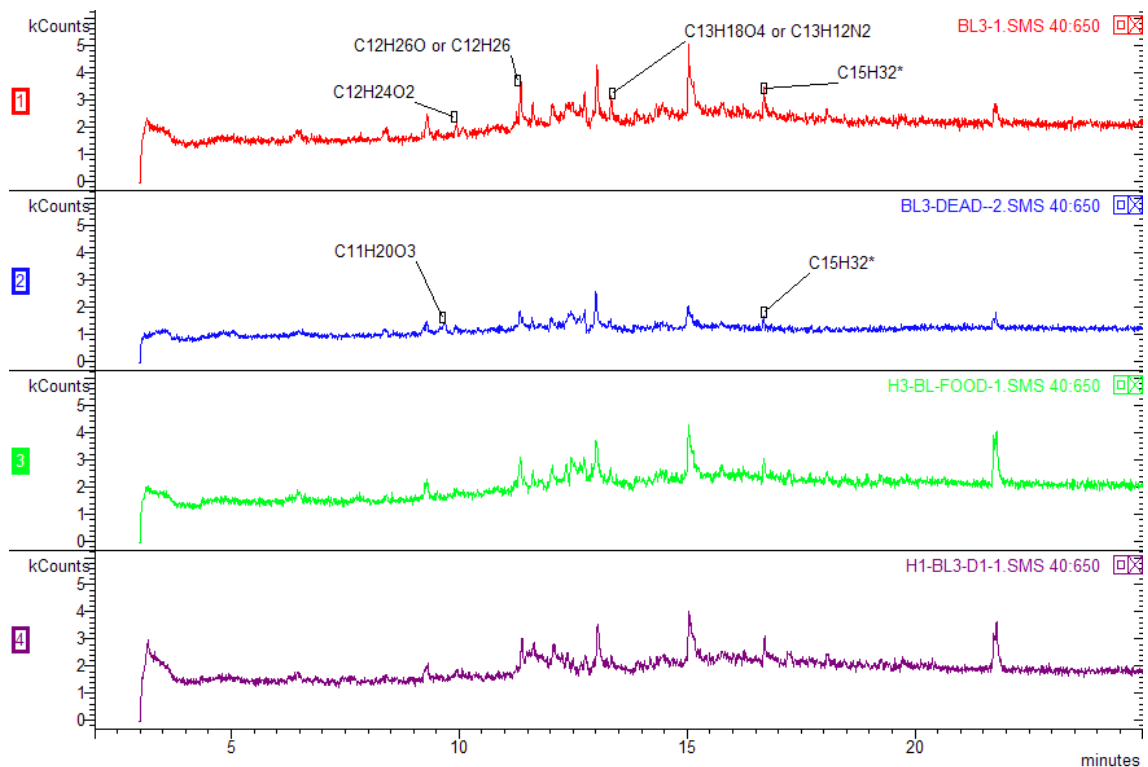
圖三十四 邵氏姬針蟻幼蟲及蓬萊點琉璃蟻幼蟲在不同形況下碳氫化合物組成比較圖。(1st 邵氏姬針蟻幼蟲。2nd 蓬萊點琉璃蟻幼蟲。3rd 蓬萊點琉璃蟻幼蟲被螫刺後一日)。

2. 檢測邵氏姬針蟻如何分辨幼蟲

分析各種狀況下蓬萊點琉璃蟻幼蟲表面碳氫化合物後(如圖)，發現當蓬萊點琉璃蟻幼蟲死亡時，幼蟲體表會有 $C_{11}H_{20}O_3(D)$ 的化合物出現，而其他狀況下(一般狀況、被螫刺後一日、被螫刺後一日且被進食)則沒有此化合物的存在。

3. 剖析邵氏姬針蟻選擇利用俘虜順序

在四種狀況下比較化合物 $C_{15}H_{32}(E)$ ，可以看到在健康狀況下的幼蟲以及被螫刺後一日的幼蟲濃度較高，而被螫刺後作為食物的幼蟲(具生命跡象)具有化合物 $C_{15}H_{32}(E)$ 的濃度則與死亡的幼蟲，因此得知邵氏姬針蟻可依此化合物 $C_{15}H_{32}(E)$ 作為判定進食幼蟲先後順序的依據、準則，意即邵氏姬針蟻在決定進食蓬萊點琉璃蟻被俘虜的幼蟲先後順序時，會選擇體表化合物 $C_{15}H_{32}(E)$ 的濃度較低的幼蟲食用。



圖三十五 蓬萊點琉璃蟻在不同形況下表面碳氫化合物組成比較圖。(1st 一般狀況。2nd 死亡。3rd 被俘虜一日且被作為食物(具生命跡象)。4th 被螫刺後一日)。

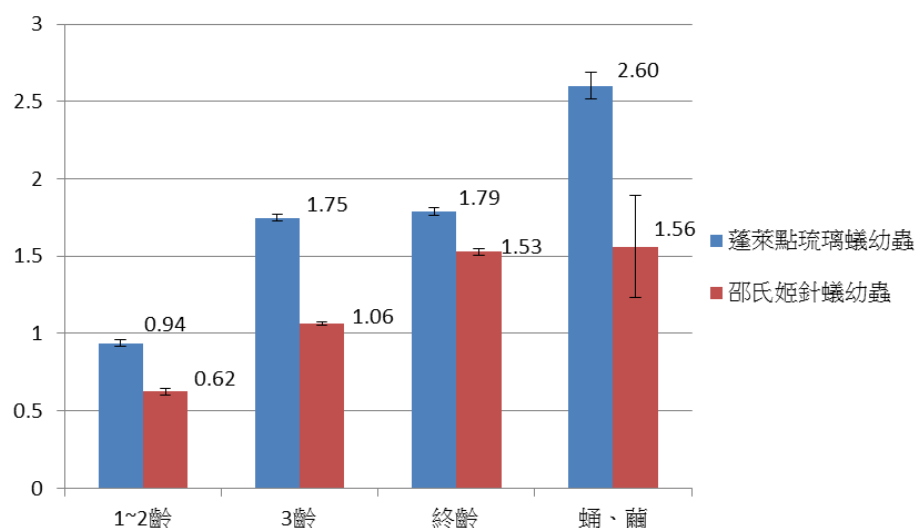
三、探究邵氏姬針蟻之哺育行為

(一)比較邵氏姬針蟻對俘虜幼蟲與本身子代差異

1. 型態差異

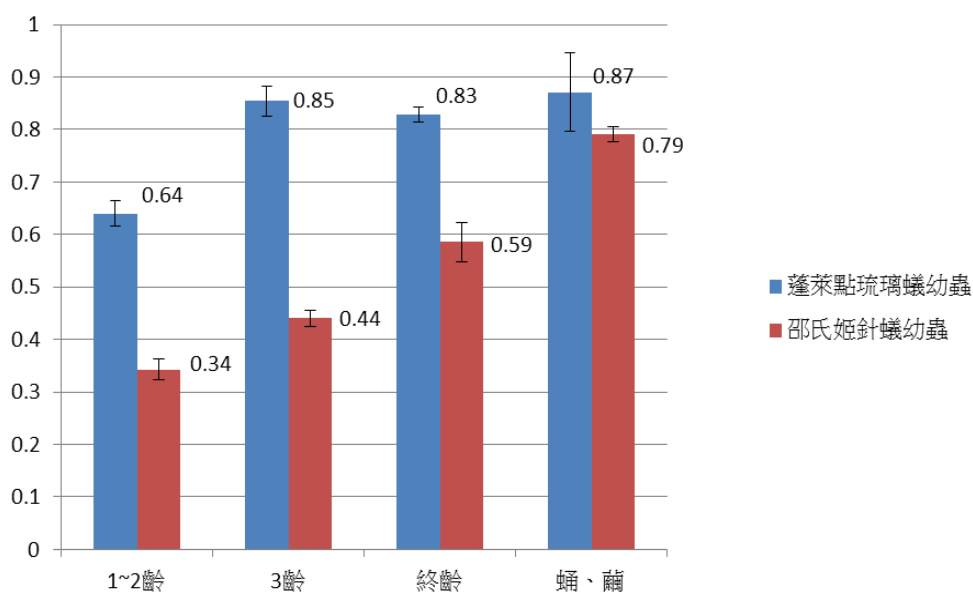
(1) 體型大小

統計邵氏姬針蟻、蓬萊點琉璃蟻個階段子代的體型大小，發現蓬萊點琉璃蟻各個階段的子代都與邵氏姬針蟻的子代有明顯差異($P < 0.05$)，蓬萊點琉璃蟻各階段的子代之身體長度相較於邵氏姬針蟻子代，體長皆較長。



圖三十六 邵氏姬針蟻與蓬萊點琉璃蟻兩者子代身體長度比較，分別為 1~2 齡幼蟲、三齡幼蟲、終齡幼蟲及蛹。可看出蓬萊點琉璃蟻的子代大於邵氏姬針蟻之子代。(T-test, $P < 0.05$)。

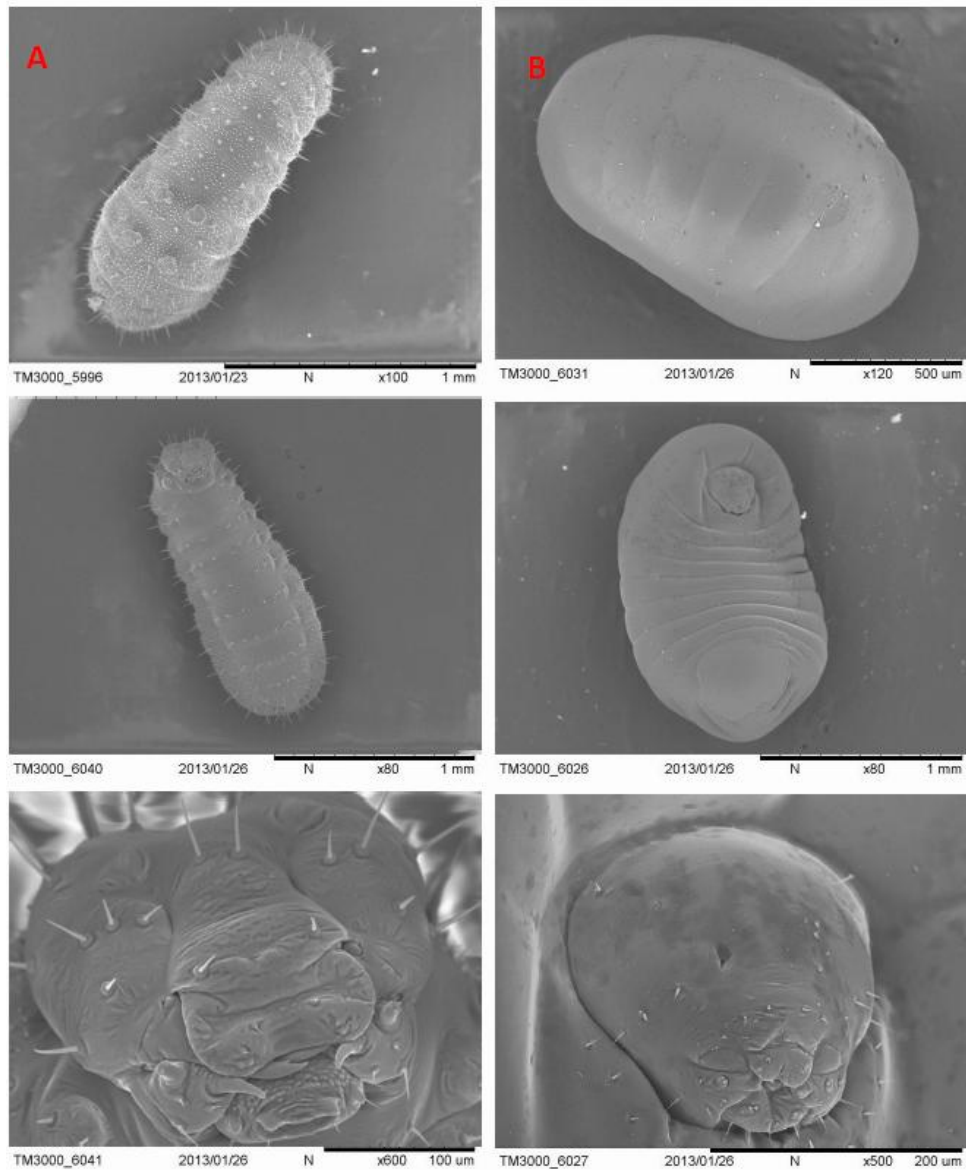
而身體寬度部分，邵氏姬針蟻各階段子代相較於蓬萊點琉璃蟻，亦有顯著差異($P < 0.05$)蓬萊點琉璃蟻各階段的子代身體寬度皆寬於邵氏姬針蟻各階段子代身寬。有上述二點可知蓬萊點琉璃蟻的子代，在體型大小上，明顯大於邵氏姬針蟻的子代。



圖三十七 邵氏姬針蟻與蓬萊點琉璃蟻兩者子代身體長度比較，分別為 1~2 齡幼蟲、三齡幼蟲、終齡幼蟲及蛹。可看出蓬萊點琉璃蟻子代大於邵氏姬針蟻之子代。(T-test, $P < 0.05$)。

(2) 以電子顯微鏡(SEM)分析身體構造差異

從電子顯微鏡視域下，可明顯看出邵氏姬針蟻幼蟲體表具有明顯且書量較多的纖毛，體表具有顆粒狀，且背部具有四枝特化的黏腺，方便其在蟻巢中維持腹面向上的狀況；蓬萊點琉璃蟻幼蟲體表光滑，纖毛少且短，身體近似一橢圓體。

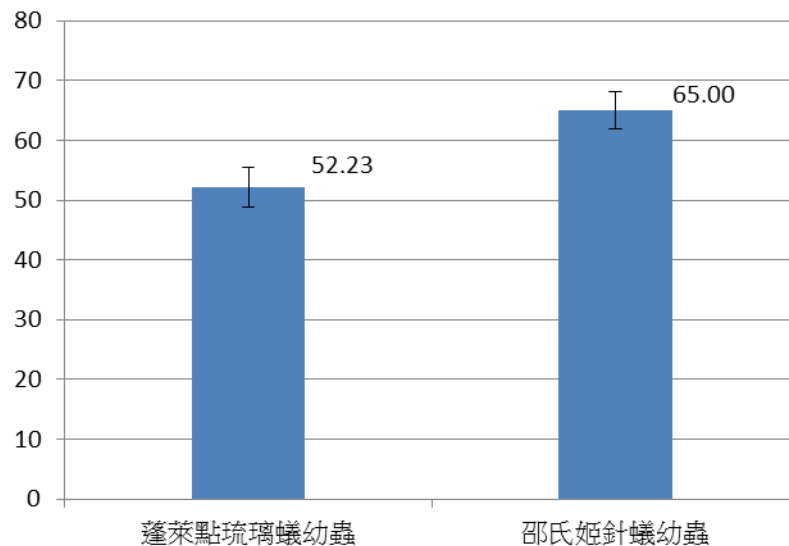


圖三十八 在電子顯微鏡視域下的邵氏姬針蟻幼蟲及蓬萊點琉璃蟻幼蟲身體構造比較
(A 邵氏姬針蟻幼蟲背面、腹面、頭部特寫。B 蓬萊點琉璃蟻幼蟲背面、腹面、頭部特寫)

2. 生理差異

(1) 背血管收縮頻率

統計後得蓬萊點琉璃蟻幼蟲背血管收縮頻率為 52.23 次/分鐘，而邵氏姬針蟻的幼蟲則為 65 次/分鐘，相較於蓬萊點琉璃蟻幼蟲以 one-way ANOVA, Postoc Test: Tukey Test, $P < 0.05$ 測得邵氏姬針蟻、蓬萊點琉璃蟻幼蟲背血管收縮頻率具有顯著差異。



圖三十九 蓬萊點琉璃蟻幼蟲與邵氏姬針蟻幼蟲兩者背血管收縮頻率比較。可看出邵氏姬針蟻幼蟲收縮頻率高於蓬萊點琉璃蟻幼蟲(one-way ANOVA, Postoc Test: Tukey Test, $P < 0.05$)

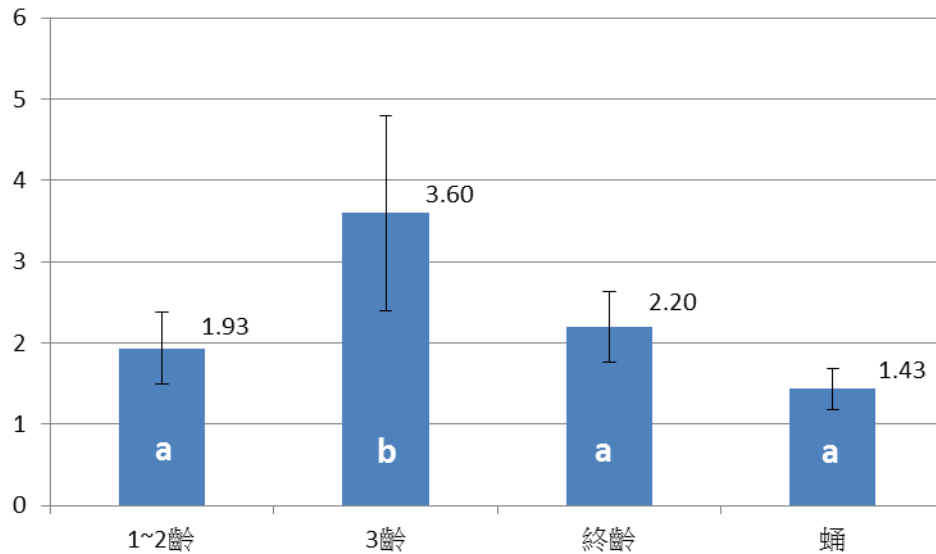
(二)環境對哺育時間長短影響

1. 外部因素

(1) 被哺育的幼蟲階段

邵氏姬針蟻俘虜蓬萊點琉璃蟻個階段子代後，對各階段子代進行哺育行為時間有所差異，平均時間分別為：1～2 齡幼蟲 1.93 天、3 齡幼蟲 3.6 天、終齡幼蟲 2.2 天、蛹 1.43 天，而邵氏姬針蟻在俘虜行為發生後，進食各齡期子代的順序為：蛹、1~2

齡幼蟲、終齡幼蟲，而 3 齡幼蟲哺育的時間則最長，甚至曾長達 14 天之久。



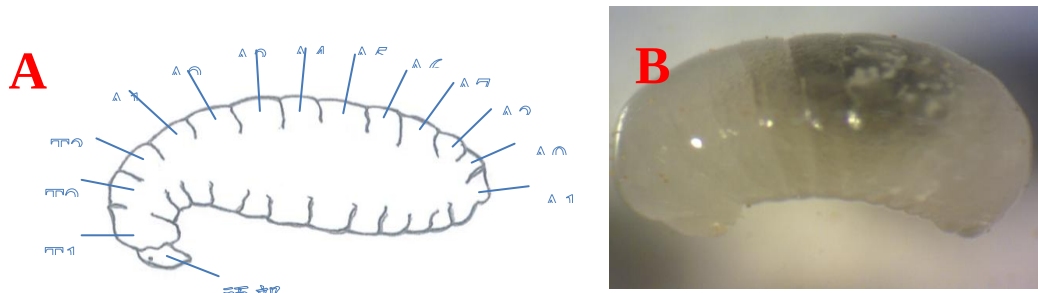
圖四十、蓬萊點琉璃個階段子代被邵氏姬針蟻哺育時間長短的比較

伍、討論

1. 在圖中可以發現，邵氏姬針蟻在選擇居住環境時，大多居住於落葉堆中，且多居住在落葉交互堆疊成塊狀之處，推測邵氏姬針蟻如此選擇是因為落葉在堆疊時，在落葉與落葉之間會產生一個剛好可以讓邵氏姬針蟻居住的空間，而且這些空間相互連接，就像是一個天然的蟻巢，且在落葉堆中的溫度較外面的環境高(林晉宇等，2011)，且食物來源豐富穩定，落葉堆在野外也相當普遍，因此較常居住於落葉層中。
2. 蓬萊點琉璃蟻在擺放幼蟲時，是成堆的疊放，但是相較於蓬萊點琉璃蟻的擺放方式，邵氏姬針蟻的擺放較為鬆散，且居為單層的擺放方式。比較兩者生活環境，推測會造成此狀況是因為蓬萊點琉璃蟻居住在土質鬆軟的紅土區或石頭底下，其能夠自行築巢，巢室空間也較大，幼蟲自然能夠堆起。反觀邵氏姬針蟻，其居住於落葉堆中，大部分時間都居住於

落葉跟落葉的夾層中間，僅能擁有較狹隘的空間作擺放。

在進一步比較餵食方式及幼蟲身體構造。邵氏姬針蟻本身在進行餵食時，是直接將食物擺放在幼蟲的腹面，讓幼蟲自行進食食物，因此如果將幼蟲擺放的過於靠近，再加上邵氏姬針蟻幼蟲身體前四節(頭部、T1、T2、T3)能夠自由轉動(Henry R. Hermann, 1979)，當幼蟲碰到身邊的幼蟲時會將身邊的幼蟲誤認為是食物，而自將殘殺，導致幼蟲數量減少。反之，蓬萊點琉璃蟻是以口對口的哺食方式，幼蟲就不會有此狀況發生，因此能夠堆疊擺放。



圖四十一 幼蟲手繪圖及蓬萊點琉璃蟻幼蟲在顯微鏡下的狀況(A:幼蟲體節手繪圖，T1、T2、T3 為可轉動部分。蓬萊點琉璃蟻幼蟲)

3. 在對邵氏姬針蟻聚落進行飼養時，經常都會發生工蟻不斷減少、聚落規模不斷縮減的狀況，一開始認為是飼養技術的問題，因此不斷改良飼養方式，但卻意外發現邵氏姬針蟻聚落中，巢中的工蟻會對自己聚落中的工蟻進行攻擊，並且在其還活著的狀況下進食其軀體，推測可能是因為食物不夠充足，而產生的生存機制，但還不能完全確定，之後將會在進一步的做觀察，而目前並未再發生類似狀況。

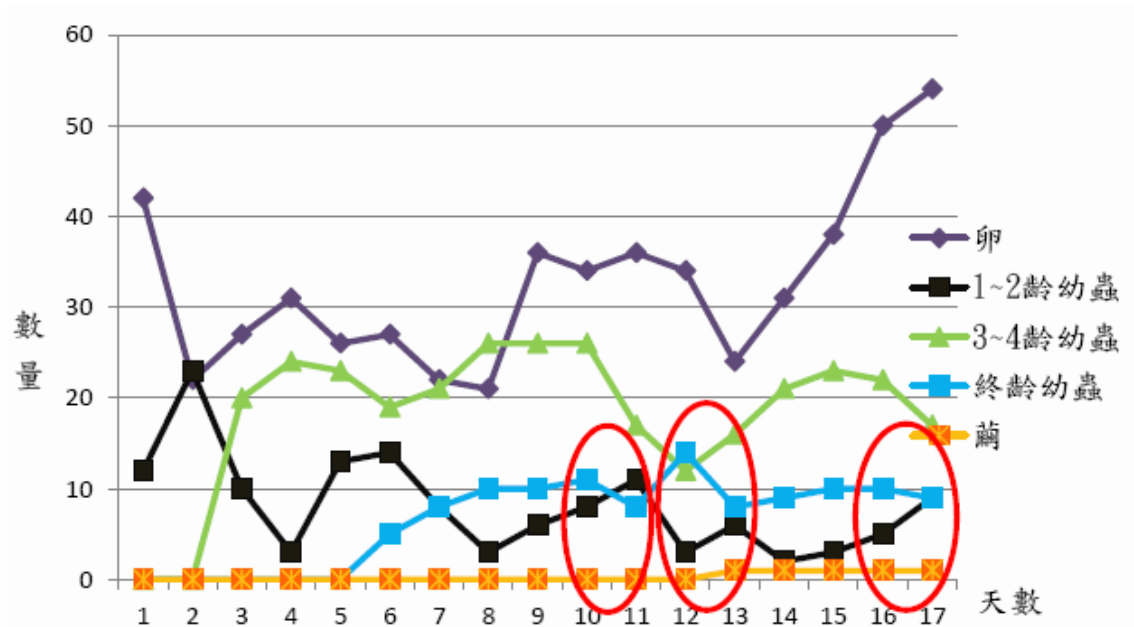


圖四十二 邵氏姬針蟻聚落規模縮減狀況。(A 為剛帶回實驗室的狀況、B 為一個月後。)



圖四十三 邵氏姬針蟻聚落中工蟻被攻擊、進食的狀況(紅圈內為被進食過的頭部)

4. 在進行生命週期調查時，發現子代的數量變化有點奇怪，但一開始因為卵一直都有在產出，所以無法判定是否真的有出現狀況，但終齡幼蟲出現後，就可以看到在第 10~11、12~13、16~17 天，終齡幼蟲減少的量應該要與繭增加的數量相同，但是終齡幼蟲減少的數量卻大於繭出現的數量，意外發現邵氏姬針蟻的工蟻會將自身聚落中的幼蟲，餵食自身聚落中的其他幼蟲，此現象十分少見，值得進一步深入的探討。



圖四十四、邵氏姬針蟻巢中子代(1~2 齡、3~四齡、終齡、繭)數量變化狀況。紅圈為可明顯看出數量異常(終齡幼蟲減少，繭卻沒增加)的日子

5. 一般螞蟻聚落在進行攻擊其他螞蟻聚落的動作時，就是派出大部分有攻擊能力的職蟻進行攻擊、盡量在最短的時間內將敵人殲滅，而邵氏姬針蟻攻擊行為的特別之處就在於邵氏姬針蟻在攻擊時，具有多樣的攻擊模式，本實驗將其歸納出三種：

- (1) 一般型攻擊模式：和大部份的螞蟻相同，派出大部分具攻擊能力的職蟻，一次將敵人殲滅。
- (2) 分巢型攻擊模式：當遇上黑頭慌琉璃蟻時，邵氏姬針蟻會從主要蟻巢中分巢至較靠近目標的地方，聚集之後，以少數工蟻進入目標蟻巢，待目標職蟻傾巢而出後，再展開攻擊。
- (3) 逐次型攻擊模式：當遇上蓬萊點琉璃蟻時，邵氏姬針蟻僅會派出少數職蟻(約佔全巢職蟻 12%)對蓬萊點琉璃蟻的斥侯進行攻擊，慢慢消滅蓬萊點琉璃蟻的數量，最後進入敵巢獵殺剩下的蓬萊點琉璃蟻的職蟻。

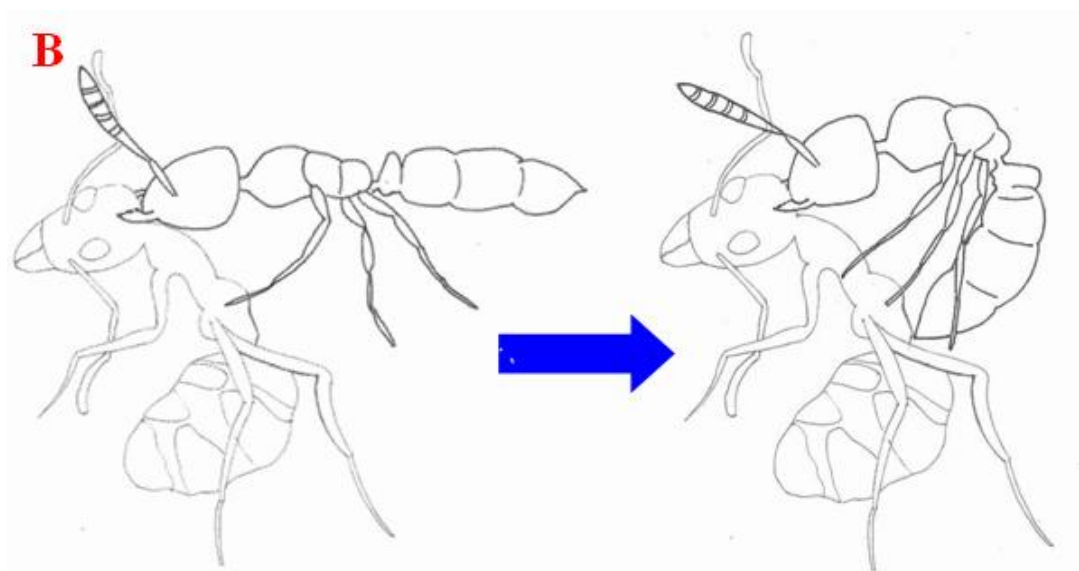
6. 在邵氏姬針蟻與蓬萊點琉璃蟻的相處實驗中，發現邵氏姬針蟻在將蓬萊

點琉璃蟻職蟻全數獵殺後、俘虜幼蟲後，邵氏姬針蟻並不會獵殺蓬萊點琉璃蟻的蟻后，初步推測此現象可能只是因為蟻后與邵氏姬針蟻體型差異過大，而邵氏姬針蟻的攻擊通常是個別行動的緣故。

7. 在比較各階段蓬萊點琉璃蟻的幼蟲被邵氏姬針蟻俘虜機率實驗中，二齡幼蟲被俘虜的機率標準差高達 46.667，表示二齡幼蟲被俘虜的機率十分不穩定，表示二齡幼蟲被俘虜的機率尚不及一齡幼蟲的機率。而一齡幼蟲俘虜機率的誤差值也達 20，主要是因為實驗時幼蟲的數量去太少，之後會再將數量增加，以加強實驗可信度。
8. 根據文獻，一般俘虜行為的發生目的主要是為了獲的奴隸，如俗稱亞馬遜蟻的這種悍山蟻屬螞蟻，發動俘虜行為掠奪其他種類的螞蟻聚落的子代，並且在帶回巢中，待俘虜成熟後將俘虜做為奴隸來使用，而奴隸並不因為與悍山蟻的品種不同而產生排斥，因為當奴隸在未成熟階段就以開始接收悍山蟻蟻后在聚落中散發出來的費洛蒙，所以不會有反抗、逃離的情況，反而認為自己也是聚落中的一份子，而奴隸的工作亦和在原巢的工蟻無異，但巢中所有職務皆為奴隸負責，如：照顧子代、清理環境、餵哺、築巢，以補全悍山蟻在口器構造上的不足；而邵氏姬針蟻的俘虜行為的特別之處在於：邵氏姬針蟻俘虜蓬萊點琉璃蟻的幼蟲的目的，並不在於將俘虜飼養成奴隸來使用，而是將俘虜飼養在巢中一段時間後，在將其進食，推測可能原因如下：1、為了長期的儲存食物。2、可能幼蟲在某階段可能會分泌某種邵氏姬針蟻所需的物質，所以先將幼蟲飼養在巢中，之後再將其進食。
9. 在實驗中，發現邵氏姬針蟻要將蓬萊點琉璃蟻的子代俘虜回巢內時，如果是卵，邵氏姬針蟻會直接將其搬運回巢，如果是 1~2 齡幼蟲、3 齡幼蟲或中終齡幼蟲，邵氏姬針蟻會先以大顎夾住幼蟲，做抬起幼蟲的動作，

但並未舉起幼蟲。接著仰起腹部，數秒後以螫針螫刺幼蟲，這種攻擊的動作與平常邵氏姬針蟻攻擊其他成蟲的動作不同，在攻擊狀況下，邵氏姬針蟻螫刺蓬萊點琉璃蟻成蟲，僅以大顎咬住蓬萊點琉璃蟻成蟲，並以螫針對其連續的螫刺攻擊，因此認為以螫針螫刺幼蟲的行為與平常的攻擊不同，可能具有其他螫刺的目的及原因。

邵氏姬針蟻在螫刺蓬萊點琉璃蟻的幼蟲時，並不會和攻擊成蟲一樣，連續的蟻螫針攻擊，僅螫刺一次。且邵氏姬針蟻在刺擊幼蟲前，有疑似嘗試抬起幼蟲的動作。加上幼蟲在被帶回以巢後，並不會像成蟲一樣死亡，可在巢中生存直到被邵氏姬針蟻進食。加上在紀錄蓬萊點琉璃蟻幼蟲在邵氏姬針蟻被俘虜後，背血管收縮頻率有顯著減慢的現象，因此慾進一步以生物顯測方式，人工抽取邵氏姬針蟻毒液，且以自製毛細管將毒液注入蓬萊點琉璃蟻幼蟲體內，紀錄背血管收縮變化，並比較蓬萊點琉璃蟻背血管收縮頻率下降是否與邵氏姬針蟻螫針注入的蟻毒有關。

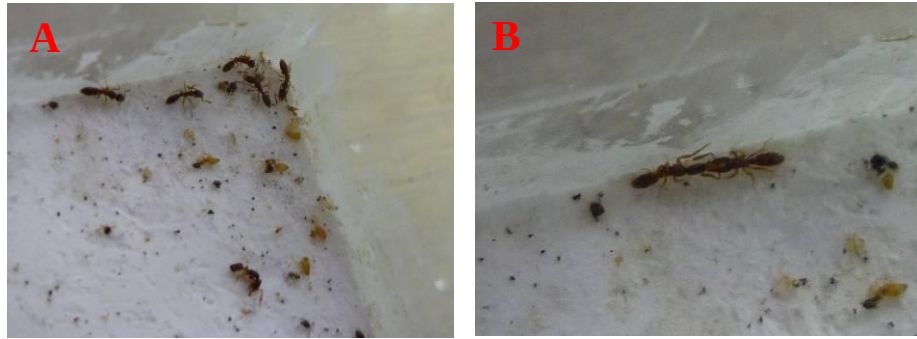


↑ 蟻螫針夾住蓬萊點琉璃蟻。

↑ 立即蟻螫針連續攻擊蓬萊點琉璃蟻

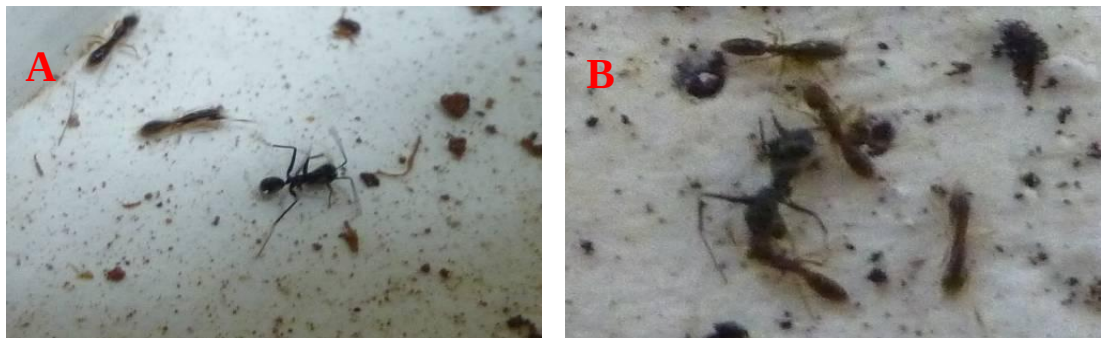
圖四十五 邵氏姬針蟻以螫針刺擊蓬萊點琉璃蟻成蟲之過程邵氏姬針蟻會以大顎咬住蓬萊點琉璃成蟲，並迅速以螫針螫刺蓬萊點琉璃蟻。

10. 在邵氏姬針蟻聚落中發現一個專門餵食的職位：分巢所儲存的食物固定有工蟻守著，當負責進行搜尋工作的工蟻接近時，駐守的工蟻會對負責進行搜尋工作的工蟻進行餵食，但經過顯微鏡拍照觀察後，搜尋工蟻與餵哺工蟻口器並無差異，因此認為只是職位的差異，與構造沒有關係。



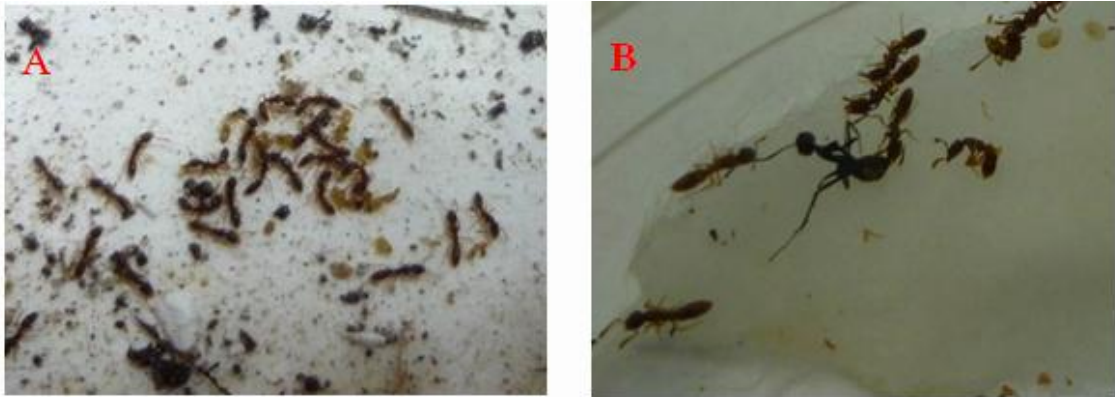
圖四十六 邵氏姬針蟻(*H. sauteri*) 巢外行為照片 A 為巢外的據點、B 為(*H. sauteri*) 職蟻互相餵食。

11. 在邵氏姬針蟻與蓬萊點琉璃蟻的相處實驗過程中，當邵氏姬針蟻與蓬萊點琉璃蟻相遇時，邵氏姬針蟻會使用螫針攻擊蓬萊點琉璃蟻，而蓬萊點琉璃蟻遭受攻擊後，會產生抽搐、抖動的狀況（圖二十四），最後死亡，並被邵氏姬針蟻帶回蟻巢中做為食物儲存，我們推測蓬萊點琉璃蟻再被螫針攻擊後，所產生之抽搐、抖動的狀況是因為在刺瓦姬針蟻攻擊時有用螫針注射了毒液，所以蓬萊點琉璃蟻才會有抽搐、顫抖的狀況發生。



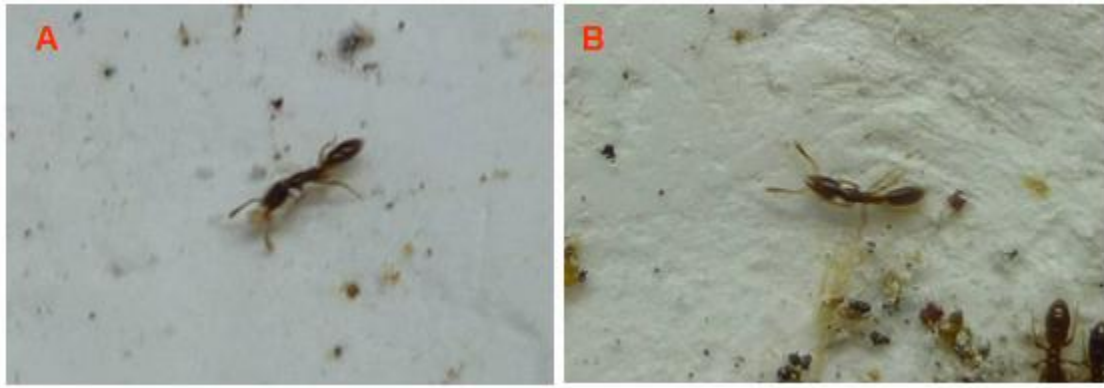
圖四十七 A 為被攻擊後的蓬萊點琉璃蟻。B 為蓬萊點琉璃蟻被拖回蟻巢食用

12. 在一般的肉食性螞蟻聚落中，在殲滅其他聚落的職蟻或聚落後，只會把卵、幼蟲當作食物進食，但不會進食職蟻的屍體，且一次就將所有的食物全數進食，但邵氏姬針蟻竟不只會進食蓬萊點琉璃蟻、黑頭慌琉璃蟻的職蟻屍體，甚至會將食物儲存，不會一次就全數進食，這種情形，在肉食性螞蟻世界中十分少見。



圖四十八 圖 A 邵氏姬針蟻將黑頭慌琉璃蟻職蟻儲存在巢內。圖 B 邵氏姬針蟻在攻擊完蓬萊點琉璃蟻後，儲存其職蟻屍體。

13. 在邵氏姬針蟻與異種螞蟻相觸關係實驗中，發現刺瓦姬針蟻分配在獵食黑頭慌蟻的工蟻比例遠超越獵食蓬萊點琉璃蟻時的工蟻比例，推測因刺瓦姬針蟻的獵食模式不同，獵食黑頭慌蟻時使用分巢式的獵食，需要大量的工蟻到分巢且進行攻擊；而獵食蓬萊點琉璃蟻，可能因對方體型較大，攻擊性較強，所以派遣攻擊能力較強的工蟻進行攻擊。
14. 在觀察後，發現刺瓦姬針蟻在工作分配上會依蟲齡高低來分，其使齡較高的工蟻進行外勤的搜索、獵食工作，蟲齡較低的工蟻留在巢內進行照顧工作，並且發現一段時間後外勤工蟻會集體死亡，推測是因壽命問題而死亡。



圖四十九、不同體色的邵氏姬針蟻(*H. sauteri*)。A 體色較深(蟲齡較高)巢外的外勤獵食工蟻；B 為體色較淡(蟲齡較低)巢內的內勤照顧工蟻

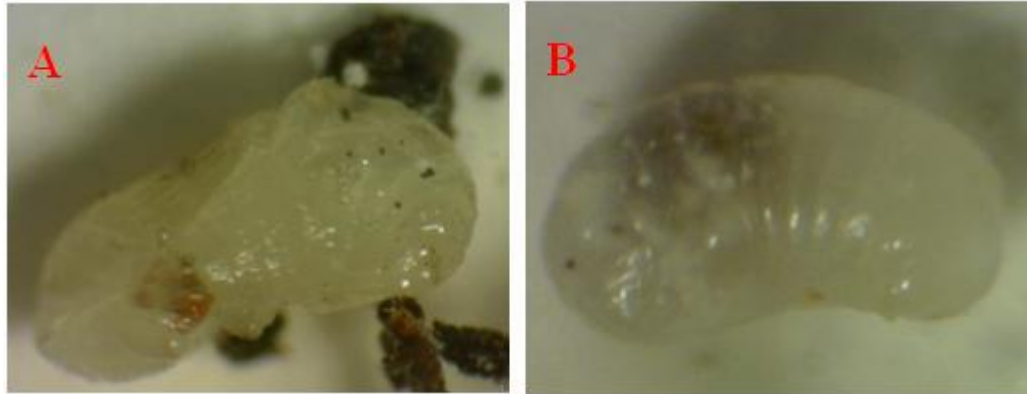
15. 在實驗過程中，在邵氏姬針蟻的巢室裡發現了一隻完整的蓬萊點琉璃蟻蟻后屍體，卻與被儲存做為食物的蓬萊點琉璃蟻工蟻屍體放置在兩個不同的巢室，且屍體沒有和工蟻屍體一樣捲曲的情形，但在隔日亦被做為食物食用，依據放置得巢室區隔及屍體狀況不同這兩點的情形，推測蟻后可能是在活著得狀況下被邵氏姬針蟻帶回巢中俘虜，但因為無法確定蓬萊點琉璃蟻蟻后在被帶回巢中時是否已經死亡，還無法確認此情形是否單純只為了獲得儲存時間較長的食物，或者有其他得原因，因此還需再更進一步的進行探討。



圖五十 蓬萊點琉璃蟻蟻后在邵氏姬針蟻蟻巢中被進食情形(A 第一天、B 第二天、第三天)

16. 蓬萊點琉璃蟻的幼蟲被邵氏姬針蟻工蟻刺擊前、後外觀並沒有發生改變，反而在測定心臟收縮速度時，發現蓬萊點琉璃蟻幼蟲在被刺擊前的平均心跳是 39.33333 次/分鐘，而在被刺擊後卻看不出有明顯的跳動，但是因

為平常工蟻死亡的話會出現水解、脫水的狀況，因此可以確定幼蟲並沒有死亡，僅僅是失去行動，因此進一步推測邵氏姬針蟻能是利用螫針來令幼蟲保持在新鮮的狀態以便餵食自身聚落的幼蟲，亦可避免俘虜在巢中死亡，反而造成邵氏姬針蟻本身巢內的環境變得惡劣，導致聚落受到影響。



圖五十一、蓬萊點琉璃蟻幼蟲。(A 一般死亡後身體內部水解導致體表塌陷的幼蟲、B 被刺擊後的幼蟲。

17. 蓬萊點琉璃蟻幼蟲在被邵氏姬針蟻以螫針螫刺之後，背血管收縮頻率出現顯著的下降，因螞蟻屬於開放式循環系統，背血管收縮就同等於呼吸運動，而呼吸運動減速則表示蓬萊點琉璃蟻幼蟲在被邵氏姬針蟻以螫針螫刺後身體的代謝速度會減慢，且兩天之後維持穩定的狀況，加上邵氏姬針蟻並不會對其俘虜的幼蟲進行哺食的行為，如此可以讓俘虜的幼蟲不消耗蟻巢內的資源又可以讓幼蟲在不進食的狀況下，因為代謝速度減緩、消耗能量不大，而避免俘虜在缺乏營養補充的狀況下死亡，不僅能夠讓俘虜在巢中產生最大的效益，更能讓邵氏姬針蟻在進行掠奪時，不必考量蟻巢每日所需的最大食物量(沒被作為食物進食完的獵物會死亡腐敗)，相較於沒有此機制的肉食性螞蟻攻擊其他螞蟻聚落的次數會降低，減少聚落工蟻的減少，更讓整個俘虜行為的效益提升。

而此行為與胡蜂科(Vespidae)、鈎土蜂科(Tiphiidae)、泥蜂科(Sphecidae)

等具有寄生行為的蜂類在捕捉獵物時會以螫針麻痺獵物的狀況相似 (Gauld and Barry Bolton)而此於螞蟻俘虜行為中出現特殊的螫刺行為還是第一次發現，未來也將以生物檢驗(Bioassay)的方式確認此行為之效果是否為螫針中的毒液所產生。

陸、結論

綜觀本次實驗，發現邵氏姬針蟻在攻擊其他螞蟻後，會將螞蟻屍體做為食物且儲存，在遇上不同種類的螞蟻時，邵氏姬針蟻會使用一般式進擊、分巢式進擊及漸進式進擊三種進擊模式攻擊其他的螞蟻聚落，並在攻擊蓬萊點琉璃蟻後，會對其行類似於屬胡蜂科、鈎土蜂科、泥蜂科等科寄生蜂寄生行為的特殊藏匿行為，且當邵氏姬針蟻在掠取幼蟲時，會出現異於攻擊行為的螫刺行為，並且會造成蓬萊點琉璃蟻幼蟲背血管收縮頻率的降低(表示代謝速度減緩)，加上幼蟲被螫刺後即失去行動力，且其無法進食。如此，邵氏姬針蟻在掠奪幼蟲時不用受限於蟻巢當日最大食物量，而可大量掠取幼蟲，並利用螫刺行為產生的效果令幼蟲處於低代謝的狀態，使畜牧行為達到最大的效益。

柒、應用與展望

本研究希望在未來，能夠確定邵氏姬針蟻進行螫刺行為時，螫刺位置固定與否，並了解幼蟲體內被破壞的部位，並進一步的以生物檢驗的方式，確定被哺育幼蟲背血管收縮頻率的下降是否因邵氏姬針蟻螫針注入的毒液有關。並以 GC/MS 檢測邵氏姬針蟻毒液中可能含有的物質，並一一測試各種物質對幼蟲的影響，且確定幼蟲背血管收縮頻率的下降的現象是由何種物質造成，或將邵氏姬針蟻毒液蛋白定序、萃取，進一步將毒液的效果測試擴及到其他種生物身上。

捌、參考資料

1. 霍德·伯勒，愛德華·威爾森。1999。螞蟻·螞蟻。
2. Billen J., C. S. Lam, and C. C. Lin. 2012. The clypeal gland in *Pyramica sauteri*, a novel exocrine structure in ants, and its role in prey capture. XXIV International Congress of Entomology. Dargu, Korea (2012.8.19-25).
3. Biseau, J. C., L. Passera, D. Daloze, & S. Aron. 2004. Ovarian activity correlates with extreme changes in cuticular hydrocarbon profile in the highly polygynous ant, *Linepithema humile*. *Journal of Insect Physiology* 50:585–593.
4. Brunner, E., K. Katrin, & H. Juergen. 2009. Policing and dominance behaviour in the parthenogenetic ant *Platythyrea punctata*. *Animal Behaviour* 78:1427-1431.
5. Chia-Hao Chien, 2011. The Study of the Chemical Biology of *Strumigenys* in Taiwan (Hymenoptera: Formicidae)
6. Huang Chia- Ming, 2010. The Studies of Ant Venom Allergen Phospholipase A₁ in Taiwan (Formicidae : *Solenopsis invicta* 、 *Solenopsis geminata* 、 *Leptogenys kitteli* 、 *Pachycondyla javana* 、 *Odontomachus monticola*)
7. Topoff Howard, Brent Lamon, LGoodloe, Myrna Goldstein.1985.Ecology of Raiding Behavior In The Western Slave-making Ant *Polyergus Breviceps*.The Southwestern Naturalist 30(2):259-267.

評語

本作品針對邵氏姬蟻的畜牧及哺育行為進行觀察與探討。作者的觀察細心而詳細驗證，讓蟻種的特殊行為有詮釋，值得鼓勵。但有關邵氏姬蟻的生化分析，尤其是 GC/MS 的應用卻未能說明任何事實，應再加強，再做更詳盡的分析，並與研究主題做連結。