

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 動物與醫學科

(鄉土)教材獎

052009

「鎮」「興」倦-探討鎮定劑、興奮劑對螞蟻族群的影響

學校名稱：國立潮州高級中學

作者： 高二 杜亭儀 高二 王苑蓉	指導老師： 林燈烟 楊勝惠
-------------------------	---------------------

關鍵詞：高雄巨山蟻、鎮定劑、興奮劑

摘要

高雄巨山蟻是社會型動物，有族群勢力範圍和首領。外敵入侵，蟻群會迅速啟動有紀律防禦(接觸、攻擊、護卵、殲敵)，並在最短時間完全殲敵(平均 18 分 13 秒)。蟻后是防禦領導者兼主要殺手，殲敵率 78%。服用鎮定劑一個月後，工蟻、蟻后領域概念低，蟻群出現防禦瓦解，殲敵率僅 11%(60 分鐘內)，蟻后殲敵率「零」，完全失去領導力，但仍保有領導地位。服用興奮劑一個月後，工蟻、蟻后個別育幼行為雖明顯提高，但領域防禦降低，外敵最終由工蟻完全殲滅(平均 52 分 52 秒)。蟻后殲敵率降為 56%，工蟻不再餵食蟻后，已喪失領導地位。停藥二個月後，興奮劑組蟻后有恢復領導地位，但兩組在 60 分鐘內，皆未完全殲敵，族群領域防禦仍未恢復，明顯已造成不可逆傷害。

壹、研究動機

現代人常會因不同情況(壓力、焦慮、興奮、工作……)而導致睡眠問題，而睡眠中斷或失眠，常會導致日常活動模式改變，甚至影響行為表現。例如：造成次日的代償性睡眠反彈(正常活動期間無活動頻率增加)或隨後的正常睡眠期增加睡眠強度(Barrett A.Klein .etc2010)。安眠藥雖然可以協助睡眠，但長期服用所帶來的身心影響或行為模式的改變，在個體上雖容易觀察，但對整個「族群的行為」的影響卻所知有限。所以我們選擇社會性昆蟲(螞蟻)作為實驗模組，探討在長期服用鎮定劑(安眠藥)和興奮劑(咖啡因)後，新殖民的蟻后和工蟻個別行為(包括覓食、育幼、飲水等)是否有明顯改變，進而觀察蟻群社會性的行為(領域防衛、領導……)有何影響，用以類推並評估，人類在長期服用後，是否可能會對族群造成什麼影響，進而避免族群悲劇發生。

貳、研究目的

- 一、高雄巨山蟻活動時間的探討
- 二、高雄巨山蟻單月產卵、成蛹、羽化數量的觀察
- 三、觀察高雄巨山蟻蟻群的防衛行為模式
- 四、探討服用鎮定劑一個月後蟻群活動量、生殖育幼、防衛行為的變化
- 五、探討服用興奮劑一個月後蟻群活動量、生殖育幼、防衛行為的變化
- 六、探討停用鎮定劑二個月後蟻群活動量、生殖育幼、防衛行為的變化
- 七、探討停用興奮劑二個月後蟻群活動量、生殖育幼、防衛行為的變化

參、研究設備及器材

一、實驗器材：

高雄巨山蟻(1后8工)9組	筆記型電腦	巖穴密閉巢
3D 列印連接管橡膠塞轉接頭	數位複式顯微鏡	高圓筒餵食區
鎮定劑(Silence：LORAZEPAM 0.1ppm)	滴管(3ml)	偏素食螞蟻專用飼料
咖啡因(Alfa:Aesar 0.1ppm)	滑石防逃液(30ml)	透明塑膠軟管
PLA 螞蟻專用餵食盆(4*2*0.6cm)	有刻度量杯(10ml)	棉花
金屬鑷子	松木試管架	圓桶型給水器(3*3cm)
密封罐(小)	收集瓶	蒸餾水
二號砂糖	分光光度計	拭鏡紙
攝影機+腳架	玻璃試管	研鉢

肆、研究過程或方法

一、收集資料

(一)了解睡眠對生物行為的影響：

睡眠是一種狀態，生理特徵是可逆的意識和肌肉張力喪失，對外部刺激無反應，即感覺閾值增加(Barrett A.Klein .etc2010)，對於腦部結構簡單的生物，常使用行為定義。在模型昆蟲（如果蠅、蜜蜂）中進行的神經行為學研究發現，昆蟲的不活動合併期，具有許多其他動物觀察到的定義性睡眠特徵(Deby L. Cassill.. etc 2009)，而且這種類似睡眠的狀態若被破壞，將會影響行為表現和認知缺陷(Kevin... etc 2017)，包括記憶、求偶、攻擊、導航性能和壽命……。

螞蟻活動都可以觀察到具有周期性休息時間模式，在蟻窩中，工蟻以輪流方式，平均每天 250 次小睡，每次持續一分鐘，每天大約有 4 到 5 個小時的睡眠時間。蟻后通常每天小睡 90 次，每次小睡 6 分鐘，每天大約睡眠 9 個小時，熟睡時觸角會快速運動(Deby L. Cassill.. etc 2009)，休息時較緩慢。由於螞蟻的深度睡眠和休息不易區分，所以選擇較易觀察的行為活動(育幼、餵食、飲水等)的頻率作反向比較。由於昆蟲的大腦比哺乳動物的大腦簡單，因此對昆蟲睡眠的研究有望為其神經元基礎和功能的作用提供新的見解，最終有助於解決睡眠中的最大謎團(CharlotteHelfrich-Förster2017)。

(二)觀察高雄巨山蟻蟻群的活動和習性

高雄巨山蟻的物種分類：

界：動物界 Animalia

門：節肢動物門 Arthropoda

綱：昆蟲綱 Insecta

目：膜翅目 Hymenoptera

亞目：細腰亞目 Apocrita

科：蟻科 Formicidae

亞科：山蟻亞科 Formicinae

族：巨山蟻族 Camponotini

屬：巨山蟻屬 Camponotus

種：高雄巨山蟻 *Camponotus irritans*



高雄巨山蟻蟻后(俯視圖)



高雄巨山蟻蟻后(側面圖)

預備實驗中選擇高雄巨山蟻(*Camponotus irritans*) 是因為比較不怕干擾，容易觀察。卵和蛹位置不會固定一處，會不定時的遷移。我們觀察到巨山蟻非常愛乾淨，因此巨山蟻會將死去的蟻屍聚集到一個地方(遠離卵和蛹)。所以在蟻窩(乙)兩邊，分別設計一邊是餵食區(丙)，另一邊接著一支試管，作為如廁區(甲)(圖一)。工蟻的主要活動有餵食蟻后、清潔卵、移動卵、飲水、清潔環境、警界等，而蟻后的主要活動是進食、護幼(清潔卵或蛹表面)，這也是我們實驗中主要觀察的活動指標。



(圖一)蟻窩設計

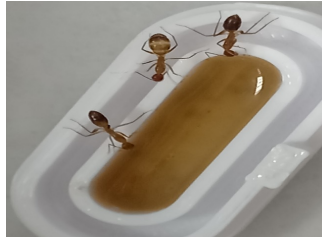
二、設計實驗

(一) 螞蟻活動時間的探討

1. 一般螞蟻的活動時間白天較活躍(Theodore Rabb 2020)，我們將 1 后 8 工為一組的螞蟻群各分封於新的螞窩 A、B、C，總共 3 組，並架設攝影機 (圖二)。每天固定以 2c.c.的水和 3c.c.螞蟻飼料混合後定量餵食 0.5c.c.，於早上 8:00 至下午 21:00 持續拍攝錄影。目的在於選出螞蟻最活躍時段，作為後續各項實驗的參考。
2. 每天選擇 8:00~9:00 和 14:00~15:00 以及 20:00~21:00 三個時段，紀錄工蟻在不同時段覓食次數 (圖三)、飲水次數 (圖四)、育幼次數 (以清潔卵或蛹表面次數和搬動卵或蛹的次數為主圖五)，錄影並紀錄一個月。
3. 每天選擇 8:00~9:00 和 14:00~15:00 以及 20:00~21:00 三個時段，紀錄蟻后在不同時段進食次數 (由工蟻餵食圖六)、護幼次數 (蟻后清潔卵或蛹表面圖七)，錄影並紀錄一個月。



(圖二)



(圖三)



(圖四)



(圖五)



(圖六)



(圖七)

(二) 螞窩單月產卵、成蛹、羽化數量的觀察

每日於 14:00~15:00 觀察並紀錄高雄巨山蟻的卵 (圖八)、蛹 (圖九)、新羽化之幼蟻 (圖十)、工蟻 (圖十一) 的數量，持續一個月。



(圖八)



(圖九)



(圖十)



(圖十一)

(三) 觀察蟻群的防衛行為模式

社會性昆蟲的領土規模取決於解決邊界衝突的規則，當工蟻往返邊界次數增加或在邊界處的工蟻數量大增，將在競爭中會有更大的殖民地優勢(Frederick R. Adler, et al 2018)。我們以外敵為中心，將進入 1cm 範圍內的工蟻視為有參與防衛，工蟻以觸角接觸到外敵觸角為「接觸」(圖十二)，嘴巴撕咬為「攻擊」(圖十三)，第一次外敵死亡時間為「初勝」，將卵移動為「護卵」(圖十四)，外敵完全死亡為「防衛結束」。



(圖十二)



(圖十三)



(圖十四)

1. 以校園內捕獲的褐大頭蟻(Global Invasive Species Database.) (圖十五)為外敵，選擇巨山蟻最活躍時段(14:00~15:00)，分別在 3 個蟻窩(A、B、C 每組皆為 1 后 8 工)，於距離蟻窩 2cm 的試管區位置(圖十六)，放入 3 隻為一組的褐大頭蟻共九隻再連接蟻窩，開始錄影持續 60 分鐘。每 5 分鐘紀錄 3 個蟻窩工蟻的各項防衛反應，包括工蟻最快「接觸」時間、最快「攻擊」時間、最快「護卵」時間、「初勝」時間以及防衛結束的時間。

2. 在各時段每 5 分鐘也同時記錄 3 窩蟻后的最快「接觸」時間、最快「攻擊」時間、「初勝」時間以及「防衛結束」時間。
3. 每 5 分鐘紀錄統計各時段 3 窩參與防衛的工蟻隻次、工蟻「攻擊」次數以及蟻后的攻擊次數。
4. 將實驗(一)~實驗(三)數據統整後，作為對照組。



(圖十五) 褐大頭蟻



(圖十六) 外敵擺放位置

(四) 探討服用鎮定劑一個月後蟻群活動量、生殖育幼、防衛行為的變化

1. 以人體重量等比例換算，將 1mg 鎮定劑(Silence：Lorazepam)加蒸餾水稀釋配成濃度 0.1ppm，每天以 1c.c.的鎮定劑加 1c.c.的蒸餾水和 3c.c.螞蟻飼料餵食 As、Bs、Cs 三組螞蟻。
2. 三天後開始，每天選擇巨山蟻最活躍時段(14：00~15：00)，並架設攝影機紀錄工蟻這時段時間覓食次數、飲水次數、育幼次數(清潔卵或蛹表面次數和搬動卵或蛹的次數)，同樣也錄影並紀錄蟻后在相同時段(14：00~15：00)進食次數(由工蟻餵)、護幼次數(蟻后清潔卵或蛹表面)為期一個月。
3. 每日選擇巨山蟻最活躍時段(14：00~15：00)觀察並紀錄卵、蛹、新羽化之工蟻的數量，持續一個月。
4. 同樣以校園內捕獲的褐大頭蟻(Global Invasive Species Database.)為外敵，選擇巨山蟻最活躍時段(14：00~15：00)，分別在 3 組蟻窩(As、Bs、Cs 每組皆為 1 后 8 工)於距離蟻窩 2cm 的試管區位置，放入 3 隻為一組的褐大頭蟻共九隻再連接

蟻窩，開始錄影持續 60 分鐘。每 5 分鐘紀錄 3 個蟻窩工蟻的各項防衛反應，包括工蟻最快「接觸」時間、最快「攻擊」時間、最快「護卵」時間、「初勝」時間以及防衛結束的時間。

5. 在各時段每 5 分鐘也同時紀錄 3 窩蟻后的最快「接觸」時間、最快「攻擊」時間、「初勝」時間以及「防衛結束」時間。
6. 每 5 分鐘紀錄統計各時段 3 窩參與防衛的工蟻隻次、工蟻「攻擊」次數以及蟻后的攻擊次數。
7. 取 3c.c.濃度 0.1ppm 的鎮定劑，以分光光度計檢測吸收波長。將未服用鎮定劑螞蟻的屍體加 5c.c.的蒸餾水磨碎，離心後取上清液 3c.c.，以分光光度計檢測吸收波長。另取 5c.c.濃度 0.1ppm 的鎮定劑與未服用鎮定劑螞蟻的屍體，離心後取上清液 3c.c.，以分光光度計檢測吸收波長。最後將有服用鎮定劑的螞蟻屍體加 5c.c.的蒸餾水磨碎，離心後取上清液 3c.c.，以分光光度計檢測吸收波長。

(五) 探討服用興奮劑一個月後蟻群活動量、生殖育幼、防衛行為的變化

1. 準備 3 組新的蟻窩(Da、Ea、Fa 每組皆為 1 后 8 工)。以人體重量等比例換算，將 1mg 興奮劑(Alfa:Aesar)加蒸餾水稀釋配成濃度 0.1ppm，每天以 1c.c.的鎮定劑加 1c.c.蒸餾水和 3c.c.螞蟻飼料餵食 Da、Ea、Fa 三組螞蟻，作為另一實驗組。
2. 三天後開始，每天選擇巨山蟻最活躍時段(14:00~15:00)，並架設攝影機紀錄工蟻這時段覓食次數、飲水次數、育幼次數(清潔卵或蛹表面次數和搬動卵或蛹的)次數，同樣也錄影並記錄蟻后在相同時段(14:00~15:00)進食次數(由工蟻餵食)、護幼次數(蟻后清潔卵或蛹表面)為期一個月。
3. 每日選擇巨山蟻最活躍時段(14:00~15:00)觀察並記錄卵、蛹、新羽化之工蟻的數量，持續一個月。
4. 同樣以校園內捕獲的褐大頭蟻(Global Invasive Species Database.)為外敵，選擇巨山蟻最活躍時段(14:00~15:00)，分別在 3 個蟻窩(Da、Ea、Fa 每組皆為 1 后 8 工)於距離蟻窩 2cm 的試管區位置，放入 3 隻為一組的褐大頭蟻共九隻再連接蟻窩，開始錄影持續 60 分鐘。每 5 分鐘紀錄 3 個蟻窩工蟻的各項防衛反應，包括

工蟻最快「接觸」時間、最快「攻擊」時間、最快「護卵」時間、「初勝」時間以及防衛結束的時間。

5. 在各時段每 5 分鐘也同時紀錄 3 窩蟻后的最快「接觸」時間、最快「攻擊」時間、「初勝」時間以及「防衛結束」時間。
6. 每 5 分鐘紀錄統計各時段 3 窩參與防衛的工蟻隻次、工蟻「攻擊」次數以及蟻后的攻擊次數。
7. 取 3c.c.濃度 0.1ppm 的咖啡因，以分光光度計檢測吸收波長。另取 5c.c.濃度 0.1ppm 的咖啡因與未服用咖啡因蟻蟻的屍體磨碎，離心後取上清液 3c.c.，以分光光度計檢測吸收波長。最後將有服用咖啡因的蟻蟻屍體加 5c.c.的蒸餾水磨碎，離心後取上清液 3c.c.，以分光光度計檢測吸收波長。

(六) 探討停用鎮定劑二個月後蟻群活動量、生殖育幼、防衛行為的變化

1. 將鎮定劑組 As、Bs、Cs 三組停藥二個月後，改以 An、Bn、Cn 進行紀錄觀察，同時，恢復每日固定以 2c.c.的水和 3c.c.蟻蟻飼料混合後定量餵食 0.5c.c.(對照組飲食)，持續一個月。
2. 二個月後開始，每天選擇巨山蟻最活躍時段(14：00~15：00)，並架設攝影機紀錄工蟻這時段覓食次數、飲水次數、育幼次數(清潔卵或蛹表面次數和搬動卵或蛹的次數)，同樣也錄影並紀錄蟻后在相同時段(14：00~15：00)進食次數(由工蟻餵)、護幼次數(蟻后清潔卵或蛹表面)為期一個月。
3. 每日選擇巨山蟻最活躍時段(14：00~15：00)觀察並紀錄卵、蛹、新羽化之工蟻的數量，持續一個月。
4. 同樣以校園內捕獲的褐大頭蟻(Global Invasive Species Database.)為外敵，選擇巨山蟻最活躍時段(14：00~15：00)，分別在 3 組蟻窩(An、Bn、Cn 每組皆為 1 后 8 工)於距離蟻窩 2cm 的試管區位置，放入 3 隻為一組的褐大頭蟻共九隻再連接蟻窩，開始錄影持續 60 分鐘。每 5 分鐘紀錄 3 個蟻窩工蟻的各項防衛反應，包括工蟻最快「接觸」時間、最快「攻擊」時間、最快「護卵」時間、「初勝」時間以及防衛結束的時間。

5. 在各時段每 5 分鐘也同時紀錄 3 窩蟻后的最快「接觸」時間、最快「攻擊」時間、「初勝」時間以及「防衛結束」時間。
6. 每 5 分鐘紀錄統計各時段 3 窩參與防衛的工蟻隻次、工蟻「攻擊」次數以及蟻后的攻擊次數。
7. 將已停用鎮定劑二個月後的螞蟻屍體加 5c.c.的蒸餾水磨碎，離心後取上清液 3c.c.，以分光光度計檢測吸收波長。

(七) 探討停用興奮劑二個月後蟻群活動量、生殖育幼、防衛行為的變化

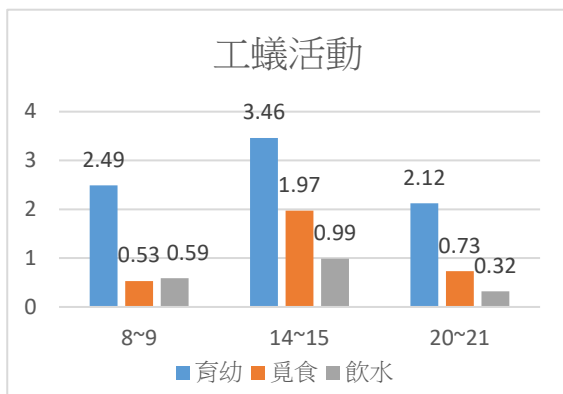
1. 將興奮劑組 Da、Ea、Fa 三組停藥二個月後，改以 Dn、En、Fn 進行紀錄觀察，同時，恢復每日固定以 2c.c.的水和 3c.c.螞蟻飼料混合後定量餵食 0.5c.c.(對照組飲食)，持續一個月。
2. 二個月後開始，每天選擇巨山蟻最活躍時段(14：00~15：00)，並架設攝影機紀錄工蟻這時段覓食次數、飲水次數、育幼次數(清潔卵或蛹表面次數和搬動卵或蛹的次數)，同樣也錄影並紀錄蟻后在相同時段(14：00~15：00)進食次數(由工蟻餵)、護幼次數(蟻后清潔卵或蛹表面)為期一個月。
3. 每日選擇巨山蟻最活躍時段(14：00~15：00)觀察並紀錄卵、蛹、新羽化之工蟻的數量，持續一個月。
4. 同樣以校園內捕獲的褐大頭蟻(Global Invasive Species Database.)為外敵，選擇巨山蟻最活躍時段(14：00~15：00)，分別在 3 組蟻窩(Dn、En、Fn 每組皆為 1 后 8 工)於距離蟻窩 2cm 的試管區位置，放入 3 隻為一組的褐大頭蟻共九隻再連接蟻窩，開始錄影持續 60 分鐘。每 5 分鐘紀錄 3 個蟻窩工蟻的各項防衛反應，包括工蟻最快「接觸」時間、最快「攻擊」時間、最快「護卵」時間、「初勝」時間以及防衛結束的時間。
5. 在各時段每 5 分鐘也同時紀錄 3 窩蟻后的最快「接觸」時間、最快「攻擊」時間、「初勝」時間以及「防衛結束」時間。

6. 每 5 分鐘紀錄統計各時段 3 窩參與防衛的工蟻隻次、工蟻「攻擊」次數以及蟻后的攻擊次數。
7. 將已停用興奮劑二個月後的螞蟻屍體加 5c.c.的蒸餾水磨碎，離心後取上清液 3c.c.，以分光光度計檢測吸收波長。

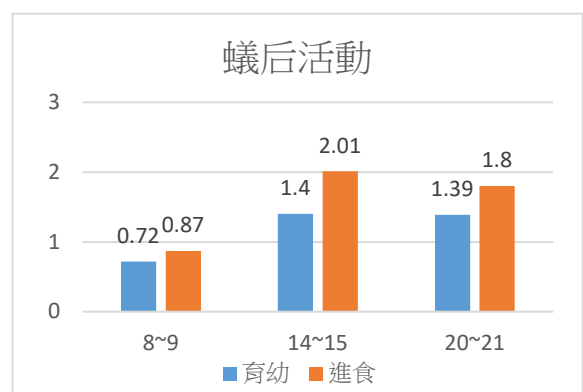
伍、研究結果

一、高雄巨山蟻的活躍時間

- (一) 以工蟻實驗所得各項數據(附表一)做 t-test 結果(附表二、三、四)分析，工蟻無論育幼次數、覓食次數、飲水次數等的平均值，以 14：00～15：00 最活躍(圖十七)，大於 8：00～9：00($p < 0.001$)，也大於 20：00～21：00($p < 0.001$)皆有非常明顯差異。
- (二) 以蟻后實驗所得各項數據(附表五)做 t-test 結果(附表六、七)分析，蟻后無論護幼次數、進食次數等的平均值，以 14：00～15：00 最活躍(圖十八)，大於 8：00～9：00($p < 0.001$)，也大於 20：00～21：00($p < 0.001$)皆有非常明顯差異。蟻群於 14：00～15：00 各項活動量如(附表八)。



(圖十七)



(圖十八)

二、高雄巨山蟻單月產卵、成蛹、羽化數量的觀察

經過一個月的觀察，3 組合計增加 42 顆卵、20 個蛹並孵化出 14 隻幼蟻(附表九)。

三、蟻群的防衛行為模式

(一) 工蟻的防衛行為

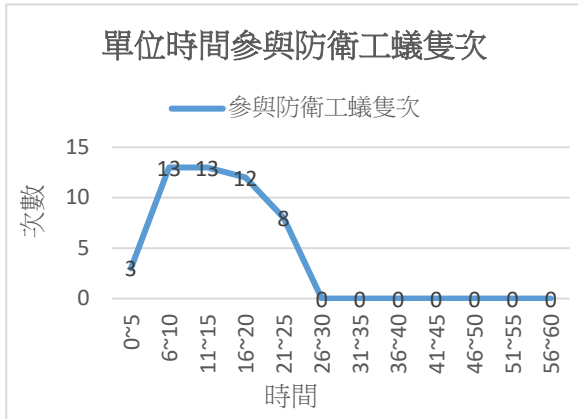
1. 實驗結果(附表十), A 組工蟻在 5 分第一次「接觸」外敵並在 5 分 01 秒進行「攻擊」。6 分 35 秒時部分工蟻將卵移動進行「護卵」, 在 8 分 54 秒時工蟻殺死第一隻外敵(初勝), 最後由蟻后於 22 分 57 秒完全殲滅外敵(防衛結束)。
2. B 組工蟻在 5 分 05 秒第一次「接觸」外敵, 並在 5 分 09 秒進行「攻擊」。6 分時部分工蟻將卵移動進行「護卵」, 3 隻外敵陸續完全由蟻后於 13 分 19 秒殲滅(防衛結束)。過程中工蟻沒有殺死一隻螞蟻。
3. C 組的工蟻在 4 分 27 秒第一次「接觸」外敵並在 4 分 28 秒進行「攻擊」。5 分 31 秒時, 部分工蟻將卵移動進行「護卵」, 在 5 分 44 秒時工蟻殺死第一隻外敵(初勝), 最後由蟻后於 18 分 24 秒完全殲滅外敵(防衛結束)。
4. 以時間平均值來看工蟻的整體防衛, 平均在 4 分 50 秒做出反應, 且在 4 分 52 秒開始進行攻擊, 而另一部分工蟻平均在 6 分 02 秒將卵移動(護卵)。A、C 組平均在 7 分 19 秒各殺死第一隻外敵(初勝), 其餘最後皆由蟻后殲滅, 完成防衛(平均 18 分 13 秒)。

(二) 蟻后的防衛行為

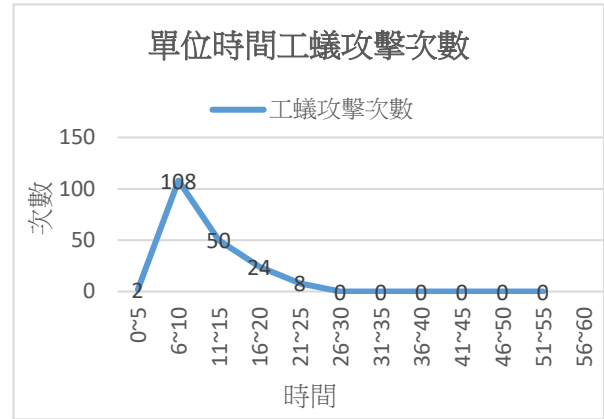
1. 實驗結果(附表十一), A 組蟻后在 14 分 41 秒第一次「接觸」外敵即同時進行攻擊, 且秒殺第二隻外敵, 最後在 22 分 57 秒完全殲滅外敵(防衛結束)。
2. B 組蟻后則在 7 分 32 秒第一次「接觸」外敵即同時進行攻擊, 並於 7 分 32 秒殺死第一隻外敵, 且相繼於 9 分 30 秒殺死第二隻外敵, 最後於 13 分 19 秒完全殲滅外敵(防衛結束)。
3. C 組蟻后 17 分 55 秒第一次「接觸」外敵並攻擊秒殺第二隻外敵, 於 18 分 24 秒完全殲滅外敵(防衛結束)。
4. 外敵除了 A 組(8 分 54 秒)、C 組(5 分 44 秒)由工蟻各殺死 1 隻外, 其餘 7 隻皆由蟻后殲滅, 蟻后接觸瞬間即咬殺外敵。

(三) 蟻群的防衛模式

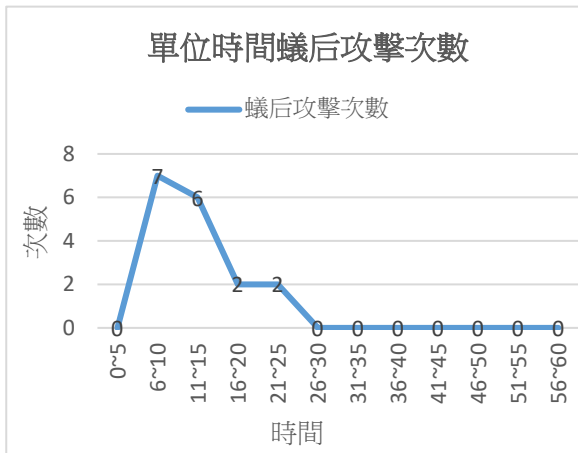
三組實驗結果分析(附表十二、十三、十四)，蟻窩防衛由工蟻在 5 分鐘內啟動(圖十九)，在 6~10 分鐘達到攻擊最高峰(圖二十)，在這 5 分鐘內參與的工蟻隻次有 13 隻，攻擊次數達到 108 次。蟻后的攻擊次數雖不多(圖二十一)，但比工蟻兇猛致死率高(圖二十二)，殲敵率高達 78%(7/9 隻)。



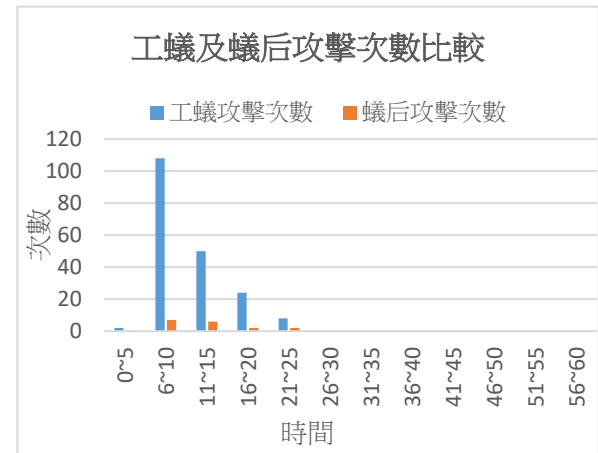
(圖十九) 單位時間參與防衛工蟻隻次



(圖二十) 單位時間工蟻攻擊次數



(圖二十一)單位時間蟻后攻擊次數



(圖二十二) 蟻后、工蟻攻擊次數比較

四、 服用鎮定劑一個月後蟻群活動量、生殖育幼、防衛行為的變化

(一) 長期服用鎮定劑後蟻群活動量、單月產卵、成蛹、羽化數量的變化

服用鎮定劑一個月後，工蟻覓食、蟻后育幼活動減少(附表十五)。且 3 組螞蟻的蟻后皆不再產卵，並且也沒有新的蛹生成(附表十六)。

(二) 長期服用鎮定劑後工蟻的防衛行為

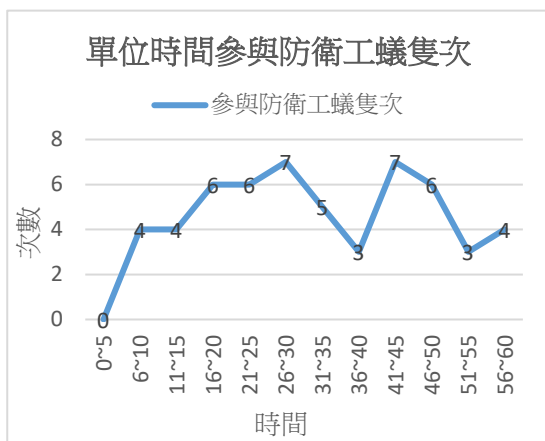
1. 實驗結果(附表十七)發現 As 組工蟻在 17 分 49 秒第一次「接觸」外敵並在 18 分 27 秒進行「攻擊」。21 分 35 秒時部分工蟻將卵移動進行「護卵」，雖然在 21 分 24 秒時工蟻殺死第一隻外敵(初勝)，但截至 60 分鐘結束時，仍有 2 隻外敵沒有被殲滅。
2. Bs 組工蟻在 7 分 42 秒第一次「接觸」外敵，並在 7 分 42 秒進行「攻擊」。10 分 03 秒時部分工蟻將卵移動進行「護卵」，但截至 60 分鐘結束時，沒有殲滅任何一隻外敵。
3. Cs 組的工蟻在 30 分 46 秒第一次「接觸」外敵並在 50 分 38 秒進行「攻擊」。41 分 15 秒時，部分工蟻將卵移動進行「護卵」，但截至 60 分鐘結束時，沒有殲滅任何一隻外敵。
4. 以時間平均值來看工蟻的整體防衛，平均在 18 分 45 秒做出反應，且在 25 分 35 秒開始進行攻擊，而另一部分工蟻平均在 24 分 17 秒將卵移動(護卵)，除了 As 組在 21 分 24 秒工蟻殺死 1 隻外敵(初勝)外，其餘皆為無效攻擊，9 隻外敵僅死亡 1 隻。

(三) 長期服用鎮定劑後蟻后的防衛行為

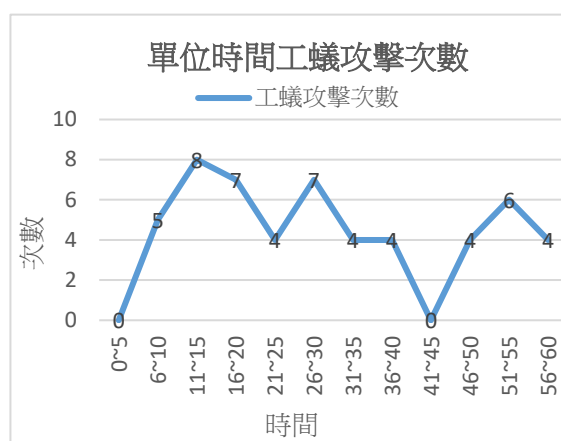
1. 實驗結果(附表十八)發現，As 組蟻后於 31 分 12 秒「接觸」外敵並發動第一次攻擊，但截至 60 分鐘結束時，沒有殲滅任何一隻外敵。
2. Bs 組蟻后，從頭到尾完全沒有接觸外敵，截至 60 分鐘結束時，沒有殲滅任何一隻外敵。
3. Cs 組蟻后，雖在 51 分 12 秒接觸外敵，但從頭到尾完全沒有發動攻擊，截至 60 分鐘結束時，沒有殲滅任何一隻外敵。
4. 長期服用鎮定劑的蟻后雖然平均在 42 分 12 秒有接觸，但幾乎沒有攻擊企圖，60 分鐘內沒有殺死 1 隻外敵。

(四) 長期服用鎮定劑後蟻群的防衛模式

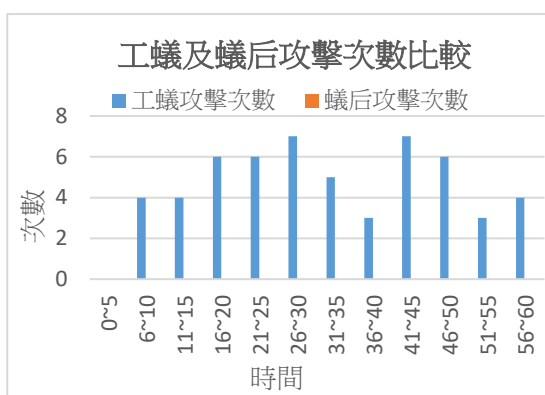
由三組實驗結果數據(附表十九、二十、二十一)分析，在服用鎮定劑後，蟻窩的防衛最快由工蟻在 7 分 42 秒啟動(圖二十三)，單位時間內(每 5 分鐘)參與的工蟻隻次最多 7 隻，沒有明顯攻擊高峰(圖二十四)，攻擊次數最高 8 次。蟻后則完全沒有參與(圖二十五)。



(圖二十三)單位時間參與防衛工蟻隻次



(圖二十四)單位時間工蟻攻擊次數



(圖二十五)蟻后、工蟻攻擊次數比較

五、服用興奮劑一個月後蟻群活動量、生殖育幼、防衛行為的變化

(一)蟻群活動時間、單月產卵、成蛹、羽化數量的變化

服用興奮劑一個月後，工蟻、蟻后育幼暴增，但工蟻餵食蟻后「零」(附表二十二)。且 3 組螞蟻的卵僅增加 29 顆(附表二十三)。

(二)長期服用興奮劑後工蟻的防衛行為

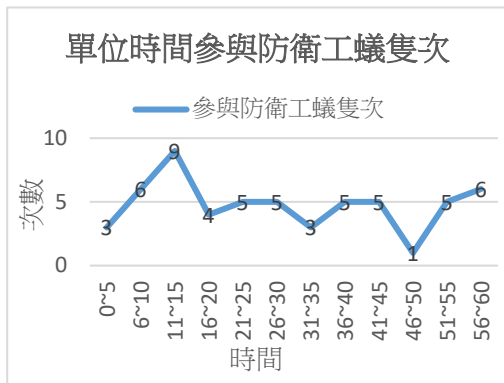
1. 實驗結果(附表二十四)發現 Da 組工蟻在 14 分 07 秒第一次「接觸」外敵並「攻擊」，且秒殺外敵，部分工蟻則在 18 分 58 秒進行「護卵」的動作，中間蟻后咬殺第二外敵，直到 57 分 14 秒，工蟻才又殲滅第 3 隻外敵。
2. Ea 組工蟻在 4 分 13 秒即第一次「接觸」外敵，21 分 13 秒才進行「攻擊」，6 分 18 秒時部分工蟻將卵移動進行「護卵」。中間蟻后咬殺前二隻外敵，直到 59 分工蟻才殺死第三隻。
3. Fa 組的工蟻在 4 分 28 秒第一次「接觸」外敵並在 16 分 28 秒進行「攻擊」，但沒有戰果，8 分 15 秒時部分工蟻將卵移動進行「護卵」。中間蟻后咬殺前二隻外敵，直到 42 分 23 秒工蟻才殺死 1 隻(最後 1 隻)外敵，結束防衛。
4. 以時間平均值來看工蟻整體防衛，在 7 分 36 秒做出反應，但在 17 分 16 秒才開始攻擊，而另一部分工蟻在 11 分 10 秒將卵移動(護卵)，平均 38 分 30 秒殺死第一隻外敵，整體防衛結束時間卻長達 52 分 52 秒。

(三)長期服用興奮劑後蟻后的防衛行為

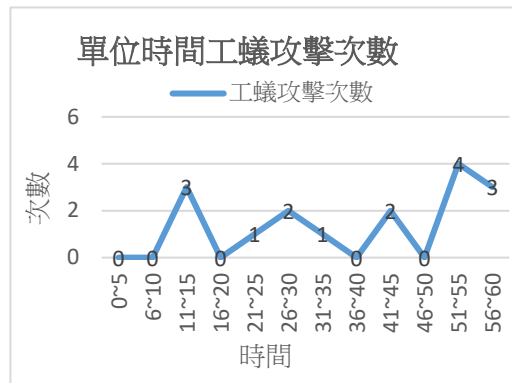
1. 實驗結果(附表二十五)，Da 組蟻后於 32 分 41 秒「接觸」外敵，但在 34 分 08 秒才發動攻擊並秒殺(第二隻外敵)，最後餘 57 分 14 秒才由工蟻殲滅第三隻。
2. Ea 組蟻后於 7 分 04 秒「接觸」外敵並在 7 分 49 秒發動攻擊，分別在 7 分 52 秒、21 分 13 秒各咬殺 1 隻外敵，但直到 59 分才由工蟻殺死第 3 隻外敵，結束防衛。
3. Fa 組蟻后在 9 分 39 秒接觸外敵並在 12 分發動攻擊，分別在 15 分 15 秒、26 分 29 秒各咬殺 1 隻外敵，直到 42 分 23 秒才由工蟻結束防衛。
4. 以平均值來看，蟻后在 16 分 28 秒第一次接觸，17 分 59 秒第一次攻擊，但最後皆由工蟻在 52 分 52 秒完成防衛。

(四) 長期服用興奮劑後蟻群的防衛模式

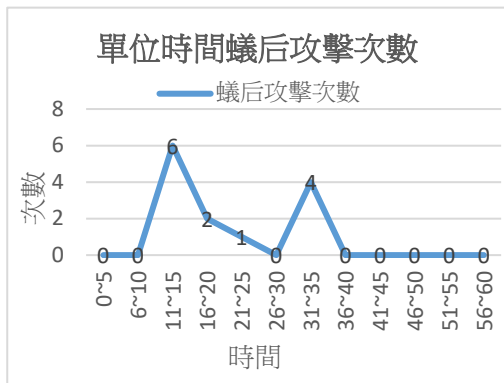
由三組實驗結果數據分析(附表二十六、二十七、二十八)，在服用興奮劑後，蟻窩的防衛最快由工蟻在 4 分 13 秒啟動(圖二十六)，沒有明顯攻擊高峰(圖二十七)，單位時間內(每 5 分鐘)參與的工蟻隻次最多 9 隻，攻擊次數最高 4 次。蟻后明顯攻擊高峰(圖二十八)是 6 次(11~15 分鐘)，攻擊次數雖少於工蟻(圖二十九)，但殲敵率 56%(5/9)仍大於工蟻。



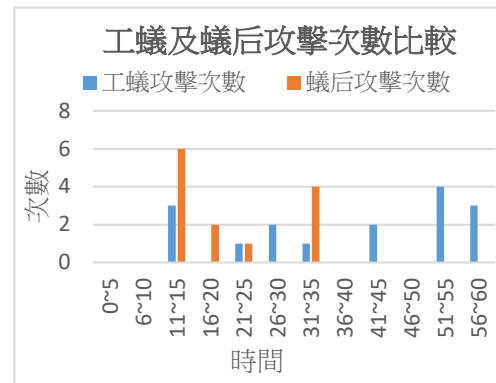
(圖二十六)單位時間參與防衛工蟻隻次



(圖二十七) 單位時間工蟻攻擊次數



(圖二十八) 單位時間蟻后攻擊次數



(圖二十九) 單位時間工蟻、蟻后攻擊次數比較

六、停用鎮定劑二個月後蟻群活動量、生殖育幼、防衛行為的變化

(一) 停用鎮定劑後蟻群活動量、單月產卵、成蛹、羽化數量的變化

停用鎮定劑二個月後，工蟻育幼暴增(40.46 次/時)(附表二十九)。但 3 組螞蟻的族群數量並未明顯增加(附表三十)。

(二) 停用鎮定劑後工蟻的防衛行為

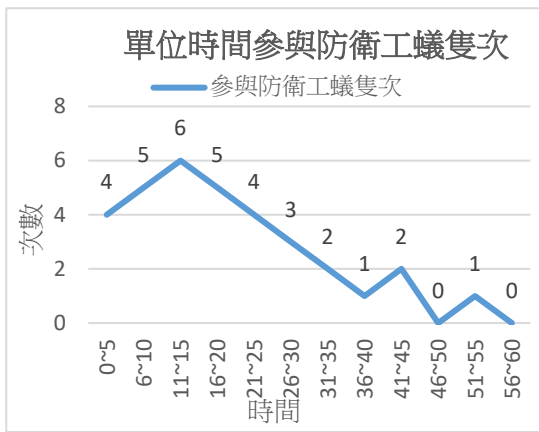
1. 實驗結果(附表三十一)發現 An 組工蟻在 48 秒第一次「接觸」外敵並在 55 秒進行「攻擊」。1 分 55 秒時部分工蟻將卵移動進行「護卵」，在 1 分 23 秒時工蟻殺死第一隻外敵(初勝)，17 分 53 秒完全殲滅外敵。
2. Bn 組工蟻在 1 分 30 秒第一次「接觸」外敵，並在 13 分 27 秒進行「攻擊」，但 5 分 42 秒即有部分工蟻將卵移動進行「護卵」，但截至 60 分鐘結束時，沒有殲滅任何一隻外敵。
3. Cn 組的工蟻在 4 分 55 秒第一次「接觸」外敵並在 5 分 27 秒進行「攻擊」。10 分 03 秒時，部分工蟻將卵移動進行「護卵」，在 19 分 14 秒時工蟻殺死第一隻外敵(初勝)，40 分 36 秒完全殲滅外敵。
4. 以時間平均值來看工蟻的整體防衛，平均在 2 分 24 秒做出反應，且在 6 分 36 秒開始進行攻擊，而另一部分工蟻平均在 5 分 53 秒將卵移動(護卵)。三組防禦無規則性，平均於 53 分 32 秒殲滅外敵

(三) 停用鎮定劑後蟻后的防衛行為

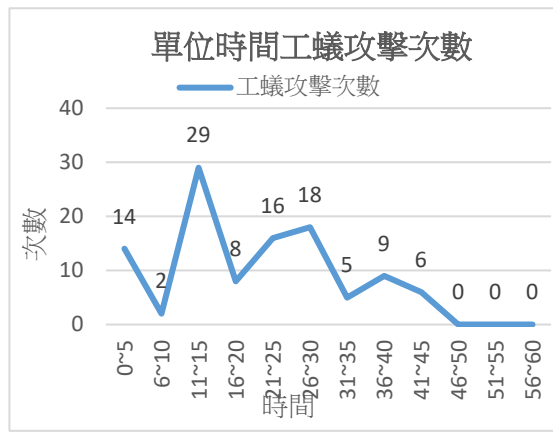
1. 實驗結果(附表三十二)發現，An、Cn 組蟻后從頭到尾完全沒有接觸外敵，截至 60 分鐘結束時，沒有殲滅任何一隻外敵。Bx 組蟻后雖於 40 分 12 秒「接觸」外敵並發動第一次攻擊，但截至 60 分鐘結束時，沒有殲滅任何一隻外敵。

(四) 停用鎮定劑後蟻群的防衛模式

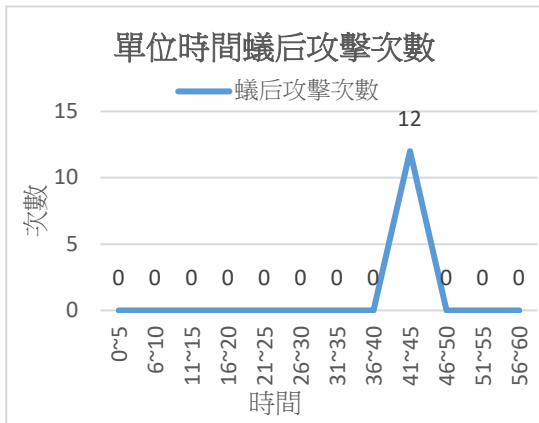
由三組實驗結果數據(附表三十三、三十四、三十五)分析，在停用鎮定劑後，蟻窩的防衛最快由工蟻在 48 秒啟動(圖三十)，單位時間內(每 5 分鐘)參與的工蟻隻次最多 6 隻，工蟻攻擊高峰(11~15 分鐘)攻擊次數最高 29 次(圖三十一)，殲滅外敵 6 隻。蟻后僅 Bn 組有攻擊 12 次(41~45 分，圖三十二)，但完全沒有殲滅一隻外敵。



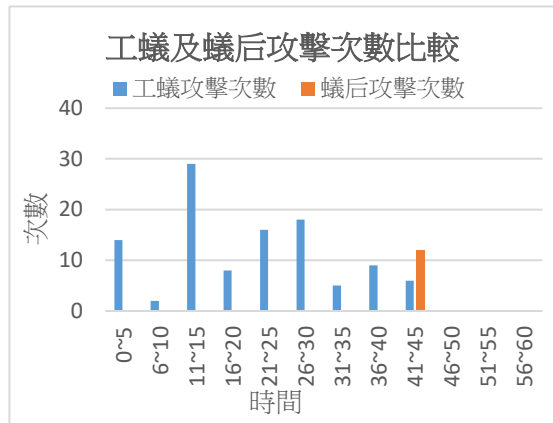
(圖三十) 單位時間參與防衛工蟻隻數



(圖三十一) 單位時間工蟻攻擊次數



(圖三十二) 單位時間蟻后攻擊次數



(圖三十三) 單位時間工蟻、蟻后攻擊次數比較

七、停用興奮劑後蟻群活動量、生殖育幼、防衛行為的變化

(一) 停用興奮劑二個月後，工蟻、蟻后育幼仍暴增，工蟻開始餵食蟻后(附表三十六)。

但 3 組螞蟻的族群數量並未顯著增加(附表三十七)。

(二) 工蟻停用興奮劑後的防衛行為

1. 實驗結果(附表三十八)發現，Dn 組工蟻在 54 分 52 秒第一次「接觸」外敵並「攻擊」，沒有「護卵」的動作，60 分鐘未殲滅任何外敵。
2. En 組工蟻在 03 秒即第一次「接觸」外敵，08 秒即進行「攻擊」，5 分 21 秒時部分工蟻將卵移動進行「護卵」。分別於 17 分 53 秒(一)、23 分 57 秒(二)咬殺前二隻外敵，但直到 60 分仍未殺死第三隻。

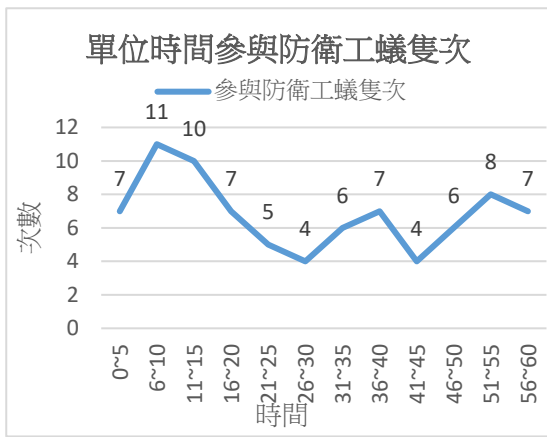
3. Fn 組的工蟻在 5 分 37 秒第一次「接觸」外敵並在 7 分 30 秒進行「攻擊」，8 分 25 秒時部分工蟻將卵移動進行「護卵」。分別於 9 分 49 秒(一)、17 分 18 秒(二)咬殺前二隻外敵，但直到 60 分仍未殺死第三隻。
4. 以時間平均值來看工蟻整體防衛，在 20 分 10 秒做出反應，但在 20 分 50 秒才開始攻擊，而另一部分工蟻平均在 6 分 53 秒將卵移動(護卵)，平均 13 分 51 秒殺死第一隻外敵，整體在 60 分鐘內皆未完成防衛。

(三) 蟻后停用興奮劑後的防衛行為

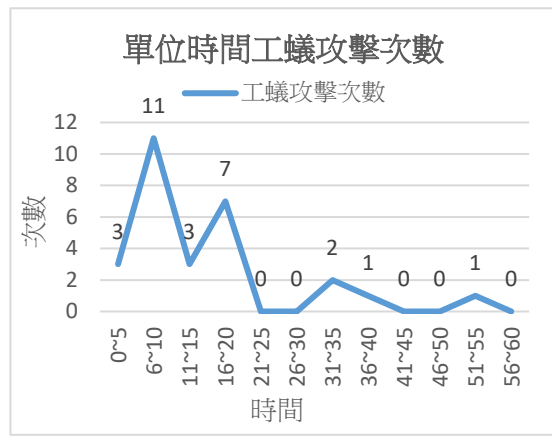
1. 實驗結果(附表三十九)，Dn 組蟻后於 39 分 23 秒「接觸」外敵，在 39 分 25 秒攻擊並秒殺第一隻外敵，但接下來並無作為，截至 60 分鐘結束時仍未完成殲敵防衛。
2. En 組蟻后於 4 分 43 秒「接觸」外敵並在 4 分 51 秒發動攻擊，但截至 60 分鐘結束時未殺死任何外敵。
3. Fn 組蟻后於 14 分 08 秒「接觸」外敵並發動攻擊，但截至 60 分鐘結束時也未殺死任何外敵。
4. 以平均值來看，蟻后在 19 分 24 秒第一次接觸，19 分 28 秒第一次攻擊，但殲敵率僅 11%(1/9)，且截至 60 分鐘結束時仍未完成防衛。

(四) 停用興奮劑後蟻群的防衛模式

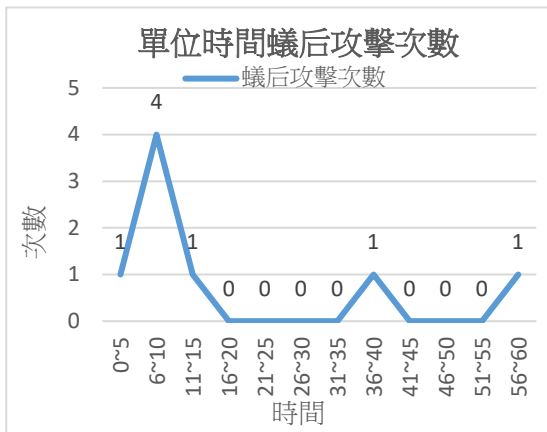
由三組實驗結果數據(附表四十、四十一、四十二)分析，在停用咖啡因後，蟻窩的防衛最快由工蟻在 03 秒啟動(圖三十四)，攻擊高峰在 6~10 分鐘(11 次，圖三十五)，參與的工蟻隻次 9 隻(最多)，殲敵率 44%(4/9)。蟻后明顯攻擊高峰(圖三十六)是 4 次(6~10 分鐘)，攻擊次數、殲敵率 (11%)皆小於工蟻(圖三十七)。



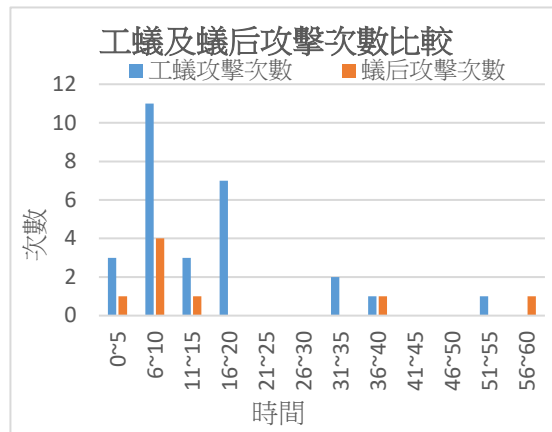
(圖三十四) 單位時間參與防衛工蟻隻數



(圖三十五) 單位時間工蟻攻擊次數



(圖三十六) 單位時間蟻后攻擊次數



(圖三十七) 單位時間工蟻、蟻后攻擊次數比較

(五) 各組分光光度計檢測結果

從分光光度計的數據結果分析，除了吸收值的差異外，鎮定劑加螞蟻屍體的吸收波峰(附圖一)、餵食鎮定劑後螞蟻屍體吸收波峰(附圖二)以及鎮定劑的吸收波峰(附圖三)皆相似，可以確認餵食鎮定劑的螞蟻體內有鎮定劑存在。且與沒有餵食藥物的螞蟻屍體吸收值和吸收波峰則完全不一樣(附圖四)。另外，興奮劑加螞蟻屍體的吸收波峰(附圖五)、餵食興奮劑後螞蟻屍體吸收波峰(附圖六)以及興奮劑的吸收波峰(附圖七)皆相似。可以確認餵食興奮劑的螞蟻體內有興奮劑存在。且與沒有餵食藥物的螞蟻屍體吸收值和吸收波峰則完全不一樣。而在停藥兩個月後，停止餵食鎮定劑螞蟻屍體的吸收波峰(附圖八)以及停止餵食興奮劑螞蟻屍體的吸收波峰(附圖九)皆與沒有餵食藥物的螞蟻屍體的吸收值和吸收波峰則幾乎相似，可以確認停藥後螞蟻體內已無藥物存在。

陸、討論

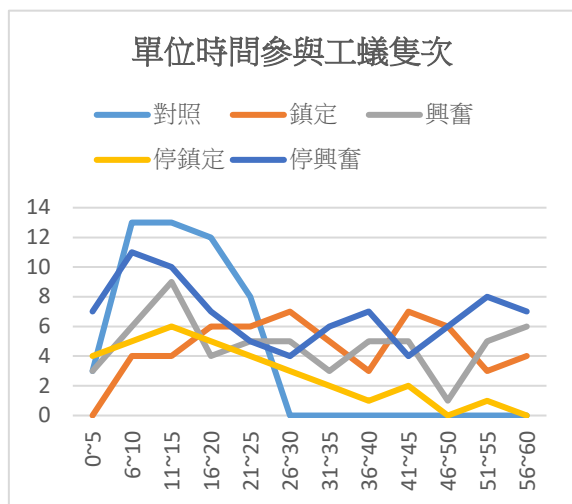
一、高雄巨山蟻在 14:00~15:00 最活躍，對照組工蟻平均育幼 3.46(次/時)、覓食 1.97(次/時)、飲水 0.99(次/時)，蟻后護幼 1.4(次/時)、餵食 2.01(次/時)。但在服用鎮定劑一個月後，工蟻覓食 1.13(次/時， $p < 0.001$)、蟻后護幼 0.7(次/時， $p < 0.001$)皆減少。而服用興奮劑一個月後，平均工蟻育幼 23.95(次/時)、蟻后育幼 15.28(次/時)，皆明顯暴增數倍，且蟻后完全沒有工蟻餵食。我們分析認為，服用鎮定劑的蟻群，雖然蟻后沒有防禦、領導等作為，生育率下降，但仍保有領導地位。而服用興奮劑的蟻群，工蟻、蟻后育幼次數雖暴增，但工蟻不再餵食蟻后，蟻后已喪失領導地位(附表四十三)。停藥二個月後，鎮定劑組(40.46 次/時)、興奮劑組(33.01 次/時)的工蟻育幼暴增，但生育率沒有明顯增加，而興奮劑組的工蟻有恢復餵食蟻后，蟻后恢復領導地位。

二、以時間軸來比較對照組、用藥後實驗組、停藥後實驗組工蟻參與防衛的工蟻隻次(附表四十四)，我們發現對照組參與防衛的總工蟻隻次(49 隻次)，時間集中在與外敵接觸的 20 分鐘內。而服用鎮定劑(55 隻次)、興奮劑(52 隻次)、停用鎮定劑(33 隻次)、停用興奮劑(82 隻次)的實驗組，皆凌亂分散在與外敵接觸的 60 分鐘。推測不管是長期服用鎮定劑或興奮劑，都會導致工蟻個體組織性的防禦降低、時間延長。甚至在停藥二個月後，依然有不可逆的影響。(圖三十八)

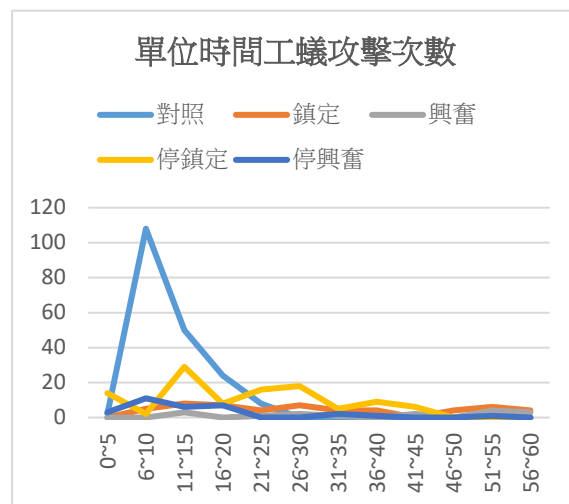
三、另以時間軸分析對照組、用藥後實驗組、停藥後實驗組工蟻攻擊次數(附表四十五)，我們發現對照組的攻擊火力，也是集中在與外敵接觸的 20 分鐘內，並在 6~10 分鐘中就已達到攻擊最高峰(108 次/5 分鐘)，攻擊次數高達 192 次/60 分鐘，整個防衛迅速、兇猛、有明顯組織和紀律，工蟻的殲敵率 22% (2/9)。服用鎮定劑、興奮劑、停用鎮定劑、停用興奮劑的實驗組，攻擊時間凌亂分散在與外敵接觸的 60 分鐘內。各組攻擊最高峰皆比對照組慢且攻擊次數也皆小於對照組。殲敵率除了鎮定劑組的 (11%)小於對照組外，其餘興奮劑(44%)、停用鎮定劑(66%)、停用興奮劑(44%)皆大於對照組。但除了興奮劑組延遲完全殲敵(52 分 52 秒)外，其餘三組在 60 分鐘內皆未完全殲敵。雖然實驗組工蟻的殲敵

率普遍較高，但長期服用鎮定劑、興奮劑的共同特徵就是攻擊次數減少、防衛時間延長(或未完成)，整體領域防禦下降，即使在停藥二個月後，工蟻族群領域防禦仍未改善(圖三十九)。

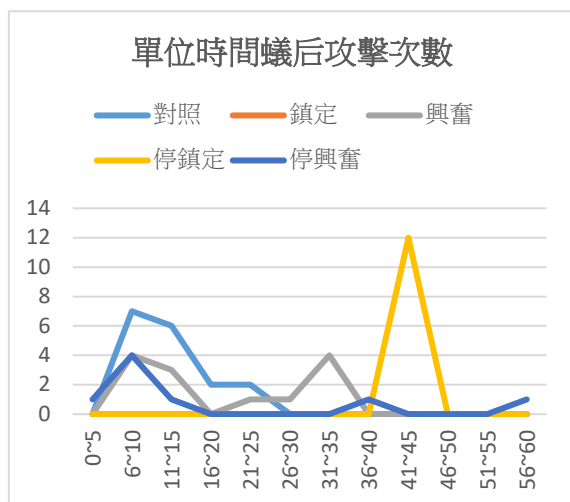
四、若以時間軸分析對照組、用藥後實驗組、停藥後實驗組蟻后攻擊次數(附表四十六)，我們發現對照組蟻后的攻擊火力，是集中在與外敵接觸的 15 分鐘內，並在 6~10 分鐘中就達到攻擊最高峰(7 次/5 分鐘)，整個防衛迅速、致死率高，攻擊次數雖然不多(17 次/25 分鐘)，但蟻后的殲敵率高達 78% (7/9)。服用鎮定劑的蟻后，60 分鐘內殲敵率為「零」。而服用興奮劑的蟻后，攻擊凌亂分散在與外敵接觸的 60 分鐘內(共 13 次)，且殲敵率降為 56% (5/9)。我們認為，鎮定劑使蟻后喪失領域防衛、領導行為。而興奮劑則造成蟻后的領域防禦降低。停用鎮定劑組的蟻后，僅在 41~45 分鐘時，進行 12 次無效攻擊，殲敵率仍為「零」。而停用興奮劑組的蟻后，8 次的攻擊零散分布在 60 分鐘內，殲敵率為 11%。雖然蟻后恢復領導地位，但族群領域防禦力明顯下降。(圖四十)



(圖三十八)



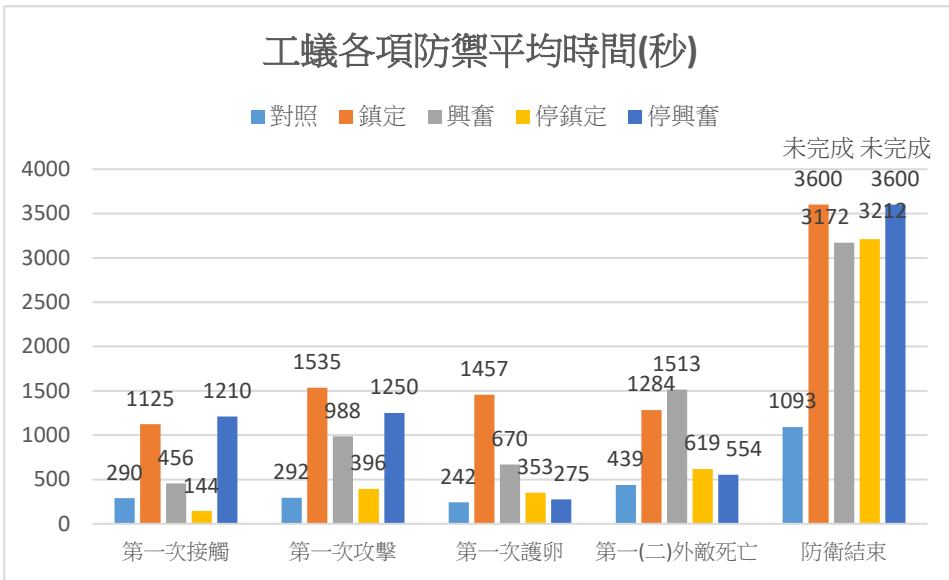
(圖三十九)



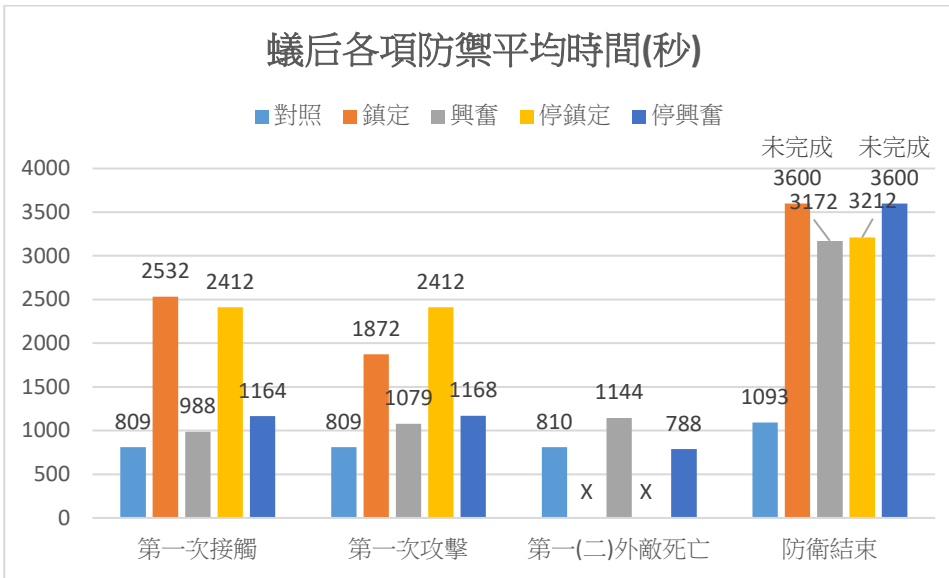
(圖四十)

五、若以各項防禦的反應平均時間(附表四十七、四十八)，分析螞蟻族群的整體防衛模式，對照組的工蟻(圖四十一)，無論是在接觸(290 秒)、攻擊(292 秒)、殺死外敵(439 秒)的第一時間，皆呈現快速反應。而蟻后也很快加入防禦，並擔任整個防禦的主角，於 1093 秒完全殲滅外敵。整體防衛模式明顯由蟻后主導，工蟻配合，短暫、迅速、有紀律。服用鎮定劑組的工蟻，無論是在接觸(1125 秒)、攻擊(1535 秒)、殺死外敵(1284 秒)的第一時間，皆呈現遲緩，蟻后也幾乎沒有加入防禦。整個螞蟻族群呈現群龍無首，殲敵率僅 11%(1/9)。而服用興奮劑組的工蟻，雖然在接觸(456 秒)、攻擊(988 秒)的第一時間，有比服用鎮定劑組的工蟻反應快，但攻擊時間凌亂分散。蟻后的防禦凌亂分散，直到 3172 秒才由工蟻(三組皆是)殺死第三隻外敵。雖然整個族群仍有防禦在進行，但明顯缺乏組織、紀律和有效的攻擊。我們認為，不管是鎮定劑或興奮劑除了對個體造成行為影響外，對於社會性動物來講，更進一步嚴重影響整個族群的領域防禦和蟻后的領導行為。此現象在停藥兩個月後，仍未有改善。(圖四十二)

六、從分光光度計的檢測確認，服藥期間螞蟻體內個別存在鎮定劑和興奮劑，而停藥兩個月後各組體內雖已不存在鎮定劑和興奮劑，但族群領域防禦和蟻后領導行為並沒有恢復。



(圖四十一)



(圖四十二)

柒、結論

- 一、高雄巨山蟻有強烈領域概念，外敵入侵時，在蟻后的領導下，能展現快速、有紀律的防禦，完全殲滅外敵(平均 18 分 13 秒)，蟻后殲敵率 78%，族群數量也維持穩定的成長(對照組)。
- 二、長期服用鎮定劑後，除了造成高雄巨山蟻的工蟻、蟻后個體行為遲緩，更嚴重影響蟻群領域概念和族群領導等社會性的行為。工蟻、蟻后在外敵出現時，幾乎沒有防禦攻擊，殲敵率由 100%(對照組)降為 11% (1/9)，整個蟻群的防禦幾近瓦解。蟻后沒有任何(領導)作為，殲敵率「零」，但工蟻仍然餵養蟻后，顯然領導地位並未喪失。而長期服用鎮定劑同時也降低蟻群的生育率，使族群數量下降。
- 三、長期服用興奮劑後，高雄巨山蟻的工蟻、蟻后個體行為躁動，育幼次數雖暴增，但族群數並未明顯增加。蟻群領域防衛降低，當外敵出現時，蟻群呈現無紀律的防禦，直到 52 分 52 秒(平均)才由工蟻完成殲敵的工作。蟻后的殲敵率明顯下降(56%)，且已喪失領導地位，工蟻不再餵食蟻后。
- 四、不管將實驗組停用鎮定劑或興奮劑後，對螞蟻的族群領域防禦和蟻后的領導力，仍有嚴重不可逆的影響。

捌、未來展望

許多藥物對個體有明顯副作用，可以容易觀察到。但是，當社會型動物群體中，有太多個體服用時，對族群行為會造成什麼影響，卻不得而知。即使用人類常用的老鼠、猴子來做實驗，也通常僅止於個體反應的觀察，不容易進一步探討族群行為的影響。而我們的實驗證實，螞蟻在醫藥方面可以是很好的「模式生物」，不但沒有人道問題，而且容易飼養、好觀察、行為反應明顯、世代短，未來藥物對個體行為影響的評估，更可以擴及到藥物對人類族群行為的整體影響，為將來族群的永續發展，提供更充分的評估資訊。

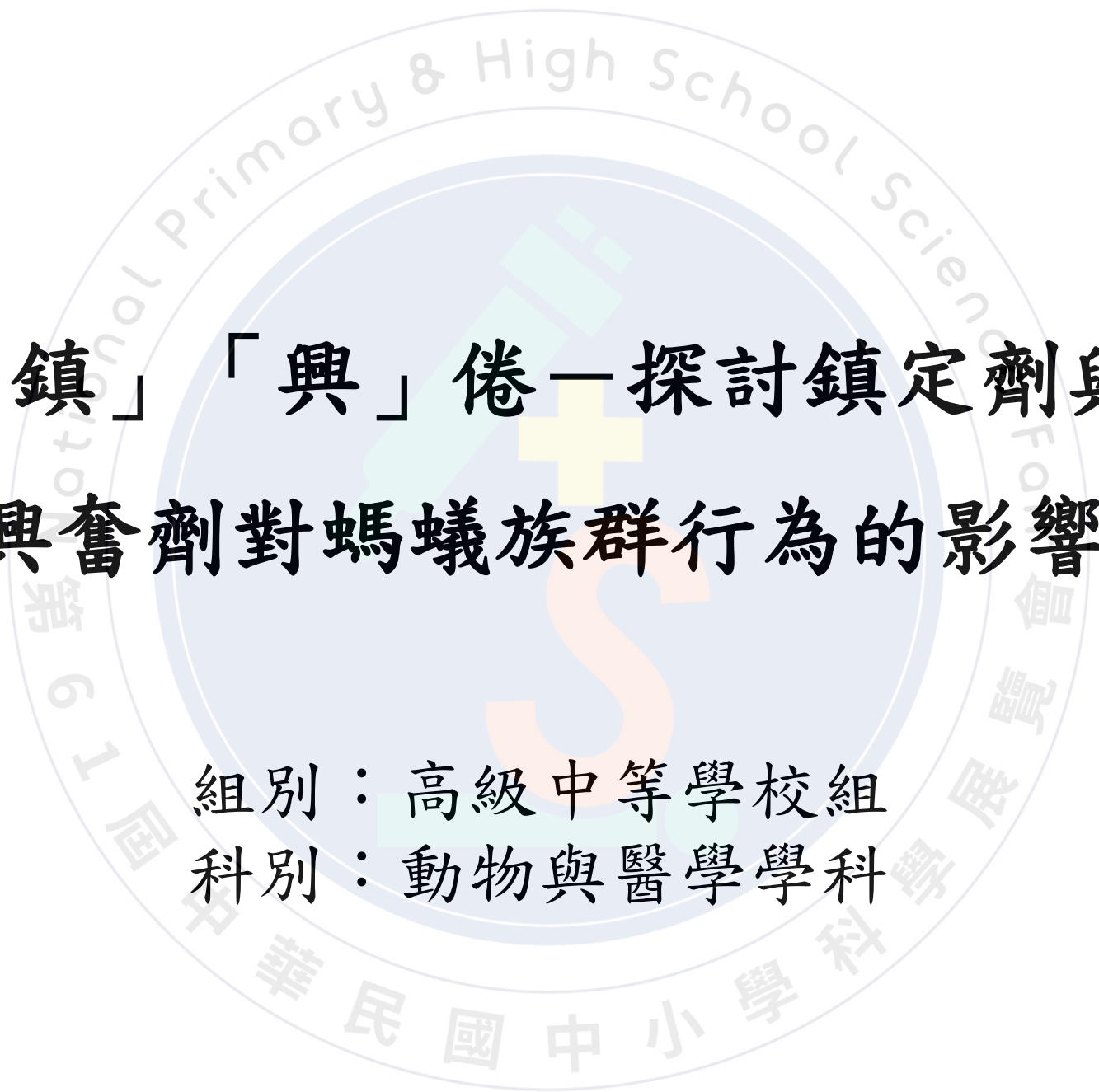
玖、參考文獻

1. 吳芷敬 陳芳榆 (2014) 眾蟻尋路千百度 中華民國第 54 屆中小學科學展覽會作品說明書
2. 辛翔鈞 (2019) 狂「蜂」暴「蟻」－蜜蜂和螞蟻的相似性比較 2019 全國高中職小論文競賽
3. 蔡承志(譯) (2000)。螞蟻·螞蟻。台北市：遠流出版社
4. Barrett A.Klein,Margaret K.Wray,Ulrich G. Mueller, and Thomas D.Seeley (2010). Sleep deprivation impairs precision of waggle dance signalin in honey bees PNAS December 28, 2010
5. CharlotteHelfrich-Förster (2017). Insects and the Meaning of Sleep POSTED BY LAURA SANDERS ON SEP 25, 2018
6. Deby L. Cassill, Skye Brown, Devon Swick & George Yanev (2009).Polyphasic Wake/Sleep Episodes in the Fire Ant, *Solenopsis Invicta* Journal of Insect Behavior volume 22, Article number: 313
7. KevinTougeron & Paul K. Abram. (2017). An Ecological Perspective on Sleep Disruption. *The American Naturalist* vol. 190, no. 3
8. Frederick R. Adler, Sean Quinonez, Nicola J R Plowes ,Eldridge S. Adams(2018).Mechanistic Models of Conflict between Ant Colonies and Their Consequences for Territory Scaling. May 2018 *The American Naturalist*
- 9.Tobler I II,Neuner-Jehle M.(1992).24-h variation of vigilance in the cockroach *Blaberus giganteus*.*Dec ; l(4) : 231-239.*
10. Theodore Rabb(2020). Do Ants Sleep? July 24, 2020 Ned Hardy

【評語】 052009

1. 此作品的研究目的明確且聚焦，研究內容具鄉土之相關性，其結果對相關研究領域可能具有貢獻。
2. 以螞蟻為模式生物，來探討鎮定劑或興奮劑對個體或族群的影響，似乎未見有相關的國內外研究，雖可能具新穎性及科學價值，然人類與螞蟻的神經系統畢竟有極大的差異。建議應有文獻回顧的段落，以說明此作品探討內容是否合理，與過去相似研究有哪些異同。
3. 此研究所使用的方法大致合理可行，然大多數資料的數據分析未使用統計方法及顯著性檢定；少數資料分析雖有使用，但未標示誤差線，也未標示進行比較的組別。此外，作品中似乎也未提及實驗的重複次數(從附表看來像是單次實驗)，其會影響結果及結論的正確性或適當性，在實驗設計上應更清楚說明。少數圖的 Y 或 X 軸未標示標題及單位，如圖 17-18。每一組蟻窩僅 1 后 8 工，一組的褐大頭蟻也只有 3 隻，若要據以闡述族群的行為，則整體樣本數有些少。
4. 簡報資料編排大致合理，但部分圖內容稍嫌擁擠，甚至重疊；此外，有些圖的字太小或顏色太淡、不清晰。檢測單純變因（如：覓食、育幼、飲水）所造成的影響，創意有限，邏輯不甚合理，單純呈現觀察結果但無進一步的探討。

作品簡報



「鎮」「興」倦—探討鎮定劑與
興奮劑對螞蟻族群行為的影響

組別：高級中等學校組

科別：動物與醫學學科

研究背景與動機

1. 睡眠的定義：

- 是可逆的意識和肌肉張力喪失(Barrett A.Klein ..etc2010)。
- 昆蟲的不活動合併期(Deby L. Cassill.. etc 2009)。

2. 睡眠對生物的影響：

- 影響行為表現和認知缺陷(Kevin... etc 2017)。
- 睡眠中斷或失眠，常會導致日常活動模式改變(BarrettA.Klein ..etc2010)。

3. 螞蟻的睡眠：

- 工蟻每天大約有4到5個小時的睡眠時間。蟻后每天大約睡眠9個小時 (Deby L. Cassill.. etc 2009)。

■ **研究動機**：從螞蟻個體行為的影響，進而分析螞蟻領域防禦力、領導力等族群行為可能的改變。

■ 預備實驗

1. **對照組、停藥實驗組**：每天固定以2c. c. 的水和3c. c. 螞蟻飼料混合後定量餵食0.5c. c. 。
 2. **實驗組**：兩組每天固定以1c. c. 的藥物(濃度0.1ppm)加1c. c. 的蒸餾水和3c. c. 螞蟻飼料混合後定量餵食0.5c. c. 。
- 鎮定劑組(Silence：Lorazepam)
 - 興奮劑組(Alfa:Aesar)



(圖一)蟻窩設計



(圖二)高雄巨山蟻蟻后

實驗介紹

■ 活動時間探討

1. 工蟻：覓食次數（圖三）、飲水次數（圖四）、育幼次數（圖五）。
2. 蟻后：進食次數（圖六）、護幼次數（圖七）。



(圖三)工蟻覓食



(圖四)工蟻飲水



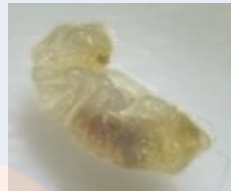
(圖五)工蟻育幼



(圖六)蟻后進食



(圖七)蟻后護幼



(圖八)卵



(圖九)蛹



(圖十)新羽化之工蟻



(圖十一)工蟻

■ 蟻窩數量觀察：卵（圖八）、蛹（圖九）、新羽化之工蟻（圖十）、工蟻（圖十一）。

■ 防衛行為觀察

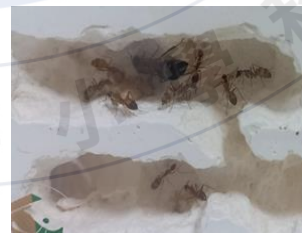
1. 工蟻：接觸時間（圖十二）、攻擊時間（圖十三）、護卵時間（圖十四）、初勝時間、防衛結束時間。
2. 蟻后：接觸時間、攻擊時間、初勝時間、防衛結束時間。
3. 紀錄「參與防衛的工蟻隻次」、工蟻「攻擊」次數、蟻后「攻擊」次數。



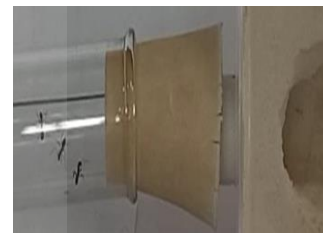
(圖十二)接觸外敵



(圖十三)攻擊外敵

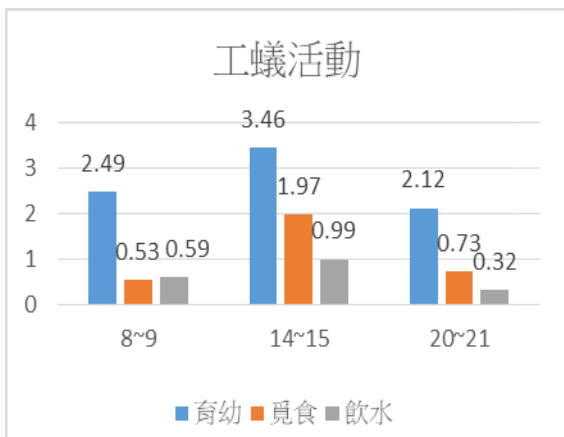


(圖十四)工蟻護卵

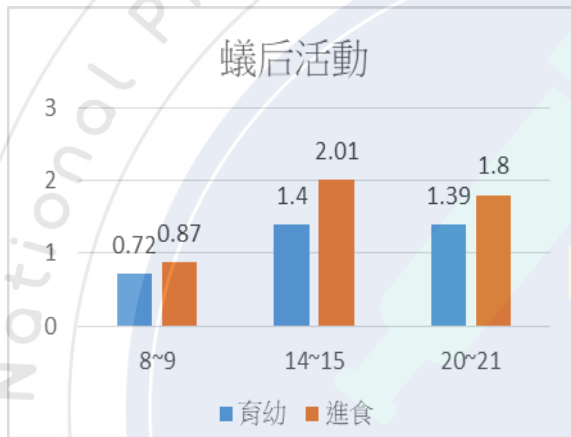


(圖十五)外敵擺放位置

對照組實驗結果



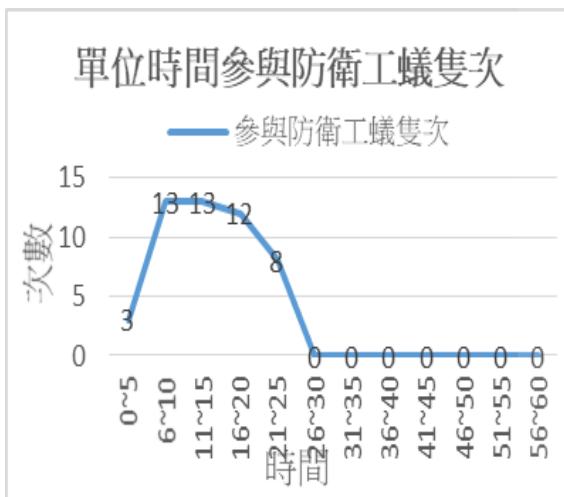
(圖十六)工蟻活躍時間



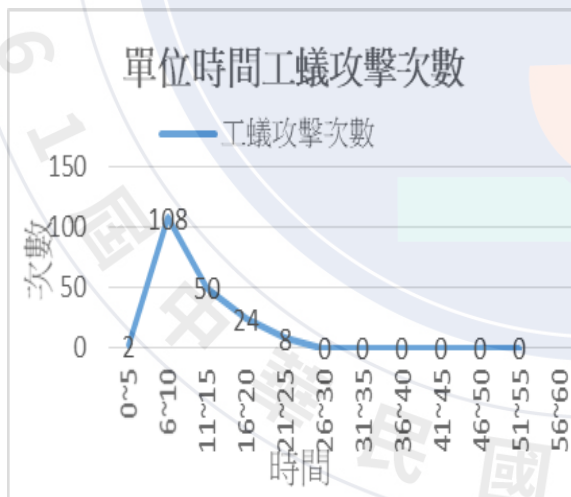
(圖十七)蟻后活躍時間

	卵	蛹	幼蟻	工蟻
A組	18	6	6	6
B組	13	7	3	3
C組	11	7	5	5
總增加數	42	20	14	14

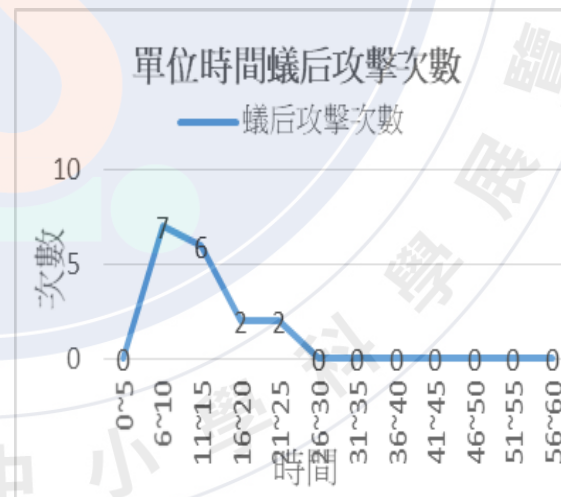
(表一)蟻窩數量



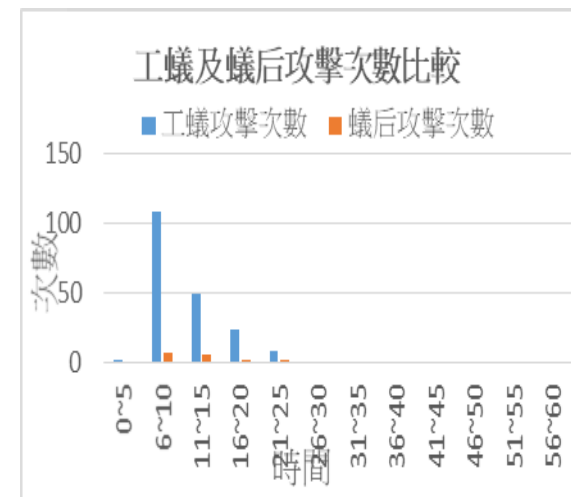
(圖十八)參與防衛工蟻隻次



(圖十九)工蟻攻擊次數



(圖二十)蟻后攻擊次數



(圖二十一)工蟻及蟻后攻擊比較

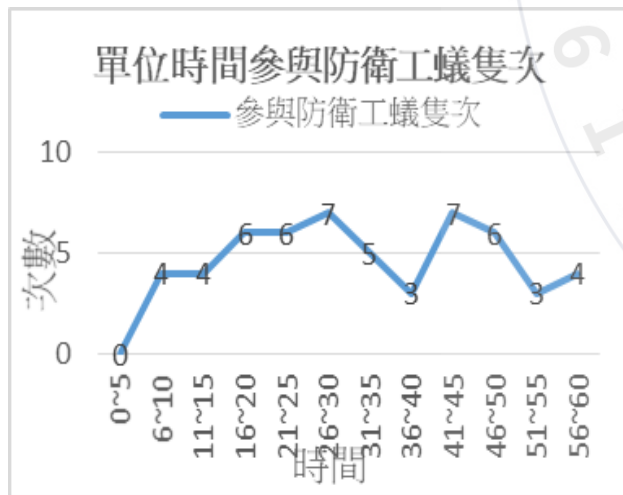
實驗組實驗結果—鎮定劑

	工蟻 育幼	工蟻 覓食	工蟻 飲水	蟻后 育幼	蟻后 進食
總平均次數 (次/時)	3.07	1.13	0.7	0.7	2.23

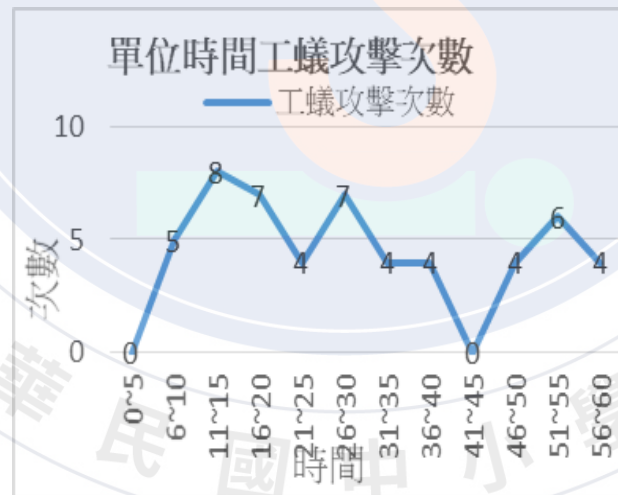
(表二)鎮定劑組平均活動次數

	卵	蛹	幼蟻	工蟻
As組	-4	0	0	-1
Bs組	-12	0	0	-4
Cs組	0	0	0	-2
總增加數	-16	0	0	-7

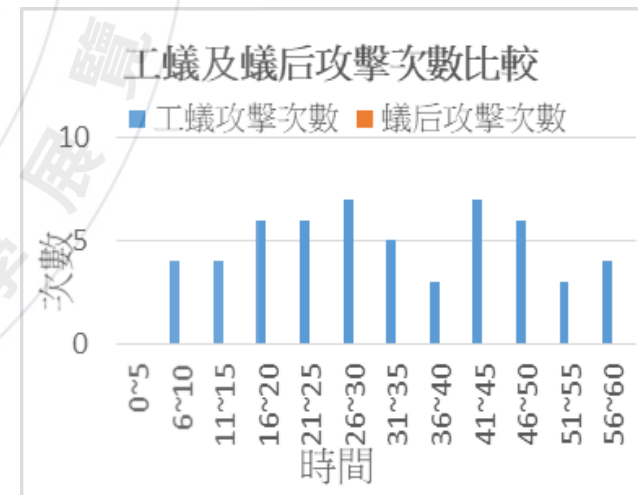
(表三)蟻窩數量



(圖二十二)參與防衛工蟻隻次



(圖二十三)工蟻攻擊次數



(圖二十四)工蟻及蟻后攻擊次數比較

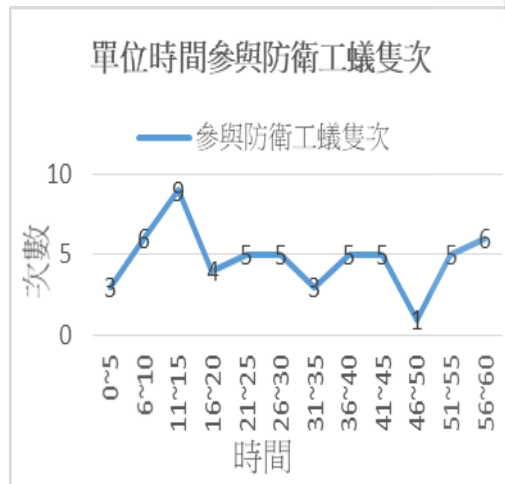
實驗組實驗結果—興奮劑

	工蟻 育幼	工蟻 覓食	工蟻 飲水	蟻后 育幼	蟻后 餵食
總平均次數 (次/時)	23.95	1.75	0.7	15.28	0

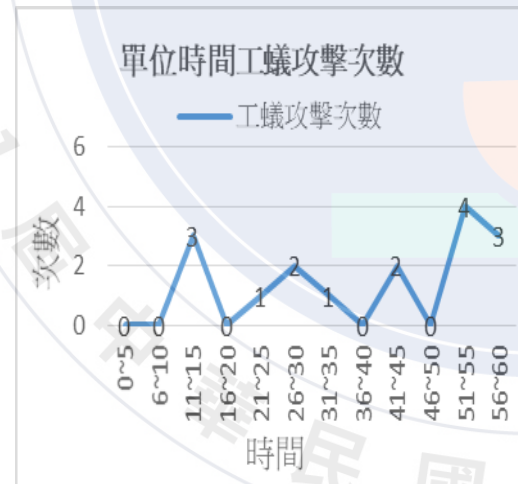
(表四)興奮劑組平均活動次數

	卵	蛹	幼蟻	工蟻
Da組	5	0	0	0
Ea組	13	3	0	-2
Fa組	11	1	1	0
總增加數	29	4	1	-2

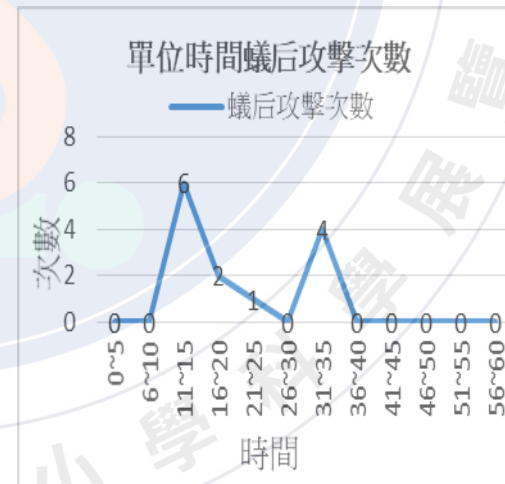
(表五)蟻窩數量



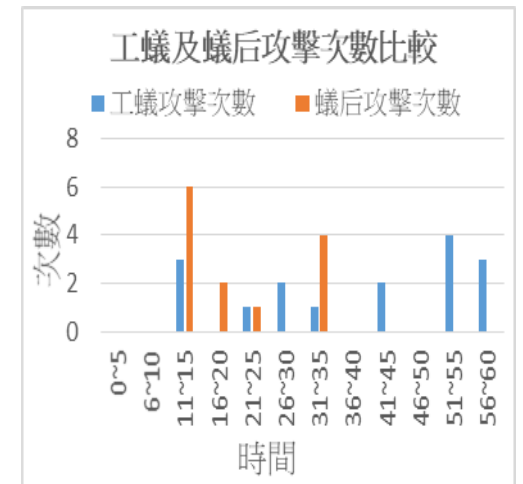
(圖二十五)參與防衛工蟻隻次



(圖二十六)工蟻攻擊次數



(圖二十七)蟻后攻擊次數



(圖二十八)工蟻及蟻后攻擊比較

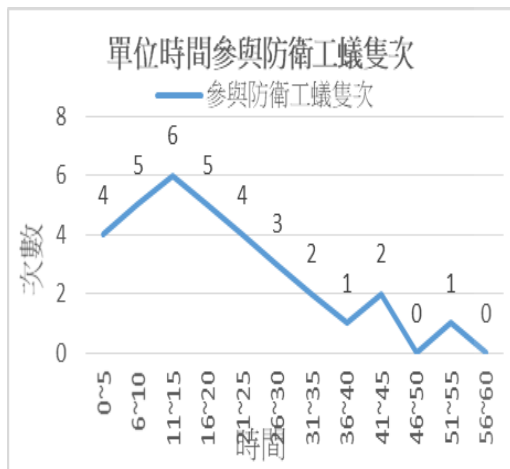
停藥實驗組結果—停用鎮定劑

	工蟻育 幼	工蟻 覓食	工蟻 飲水	蟻后 育幼	蟻后 餵食
總平均數 (次/時)	40.46	2.21	5.3	2.91	2.85

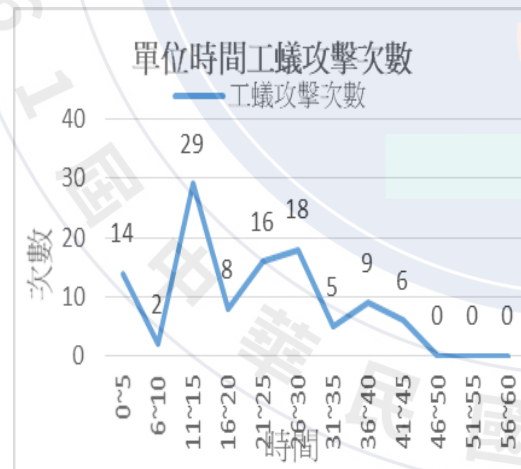
(表六)鎮定劑組平均活動次數

	卵	蛹	幼蟻	工蟻
An組	2	1	1	1
Bn組	3	0	0	-1
Cn組	-1	0	0	-3
總增加數	4	1	1	-3

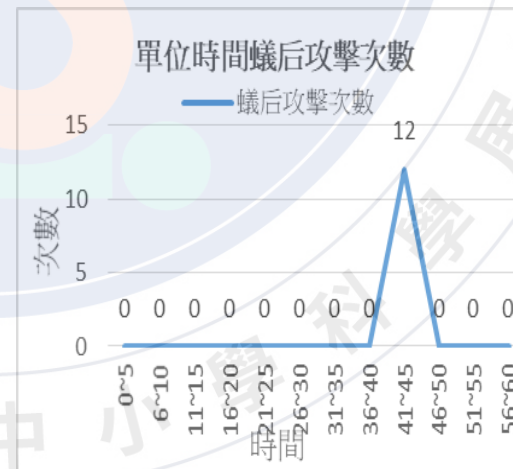
(表七)蟻窩數量



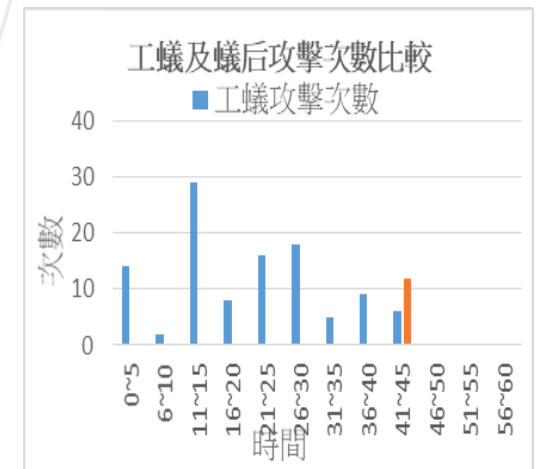
(圖二十九)參與防衛工蟻隻次



(圖三十)工蟻攻擊次數



(圖三十一)蟻后攻擊次數



(圖三十二)工蟻及蟻后攻擊比較

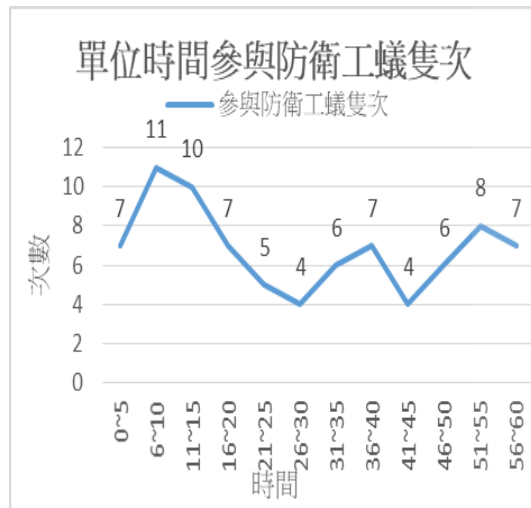
停藥實驗組結果—停用興奮劑

	工蟻育幼	工蟻覓食	工蟻飲水	蟻后育幼	蟻后進食
總平均數 (次/時)	33.01	4.5	1.83	12.96	1.25

(表八)鎮定劑組平均活動次數

	卵	蛹	幼蟻	工蟻
Dn組	3	0	0	0
En組	3	1	4	4
Fn組	-1	-4	4	4
總增加數	5	-3	8	8

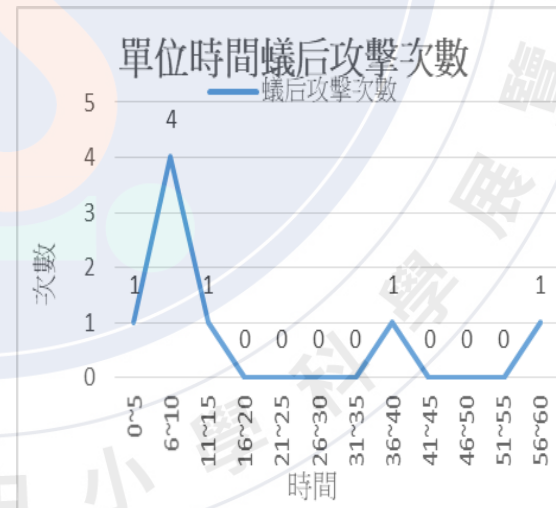
(表九)蟻窩數量



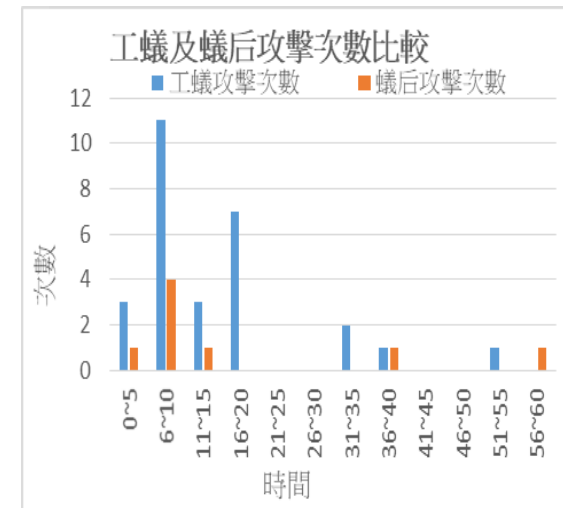
(圖三十三)參與防衛工蟻隻次



(圖三十四)工蟻攻擊次數

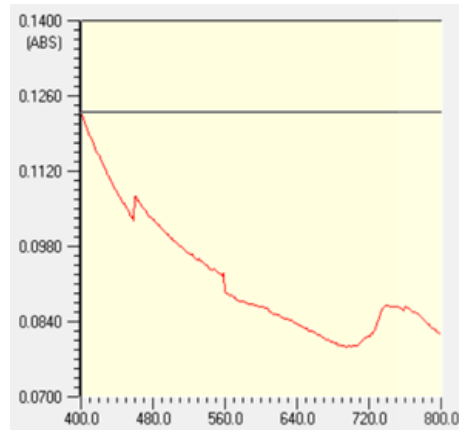


(圖三十五)蟻后攻擊次數

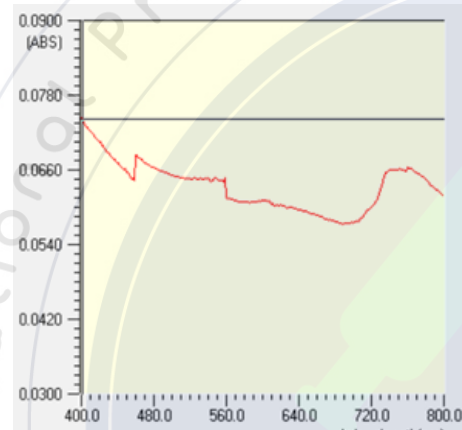


(圖三十六)工蟻及蟻后攻擊比較

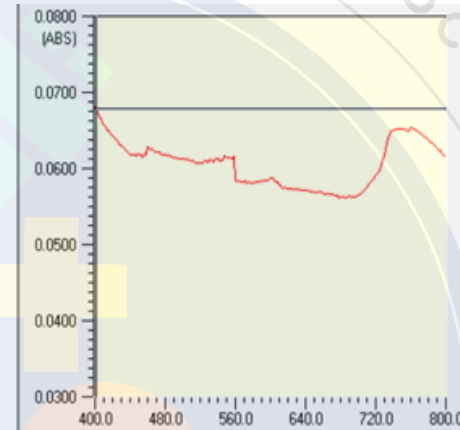
分光光度計檢測



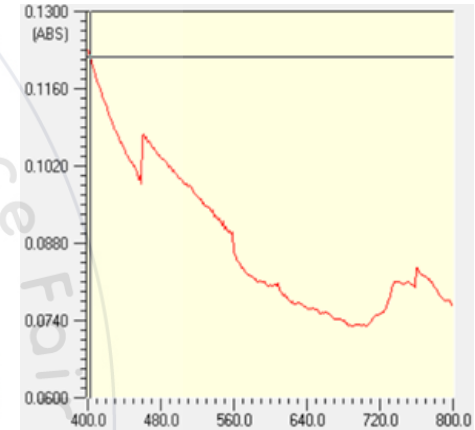
(圖三十七)鎮定劑加碼蟻屍體



(圖三十八)餵食鎮定劑碼蟻屍體



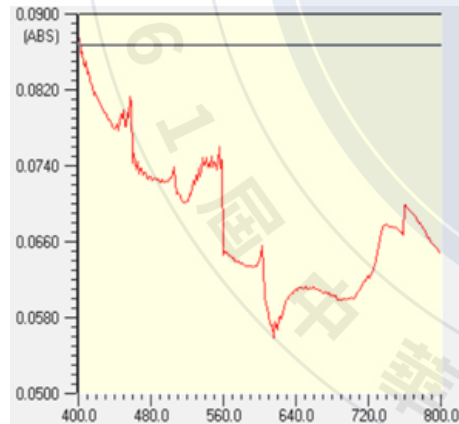
(圖三十九)鎮定劑吸收峰



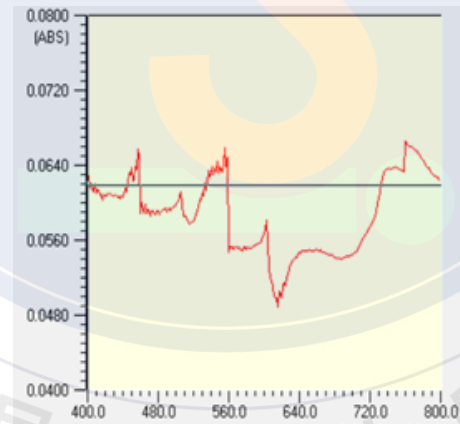
(圖四十)停止餵食鎮定劑碼蟻屍體



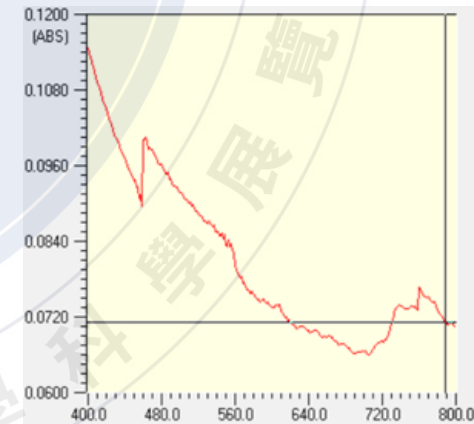
(圖四十一)興奮劑加碼蟻屍體



(圖四十二)餵食興奮劑碼蟻屍體



(圖四十三)興奮劑吸收波峰



(圖四十四)停止餵食興奮劑碼蟻屍體



(圖四十五)碼蟻屍體吸收波峰

討論

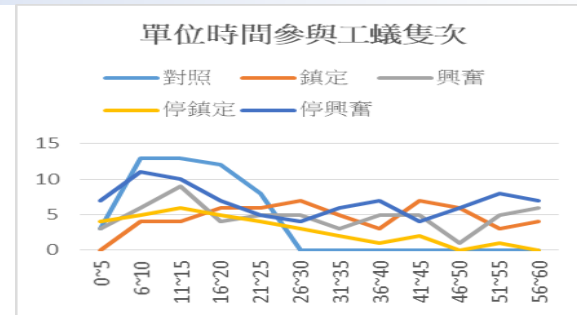
■ **對照組**：工蟻殲敵率22% (2/9)；蟻后殲敵率78% (7/9)。

■ 實驗組

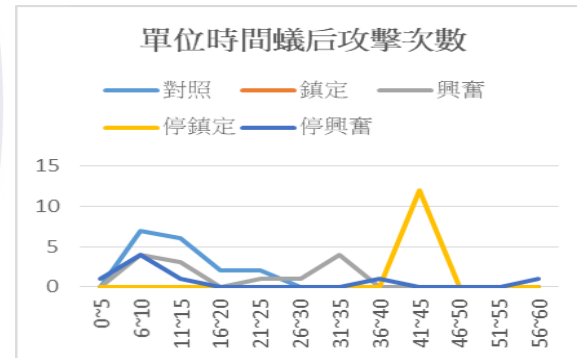
1. 鎮定劑組：工蟻殲敵率11%(1/9)；蟻后殲敵率「零」，沒有加入防禦。
2. 興奮劑組：工蟻殲敵率44%(4/9)；蟻后殲敵率56% (5/9)，防禦凌亂分散。

■ 停藥實驗組

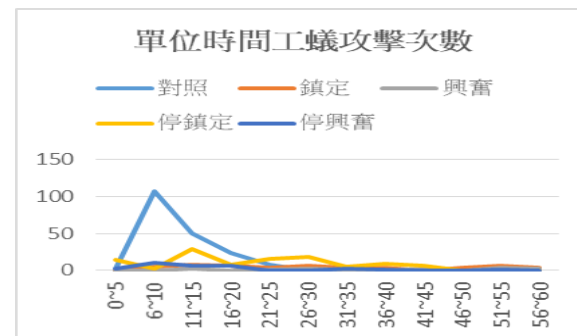
1. 鎮定劑組：工蟻殲敵率66%(6/9)；蟻后殲敵率「零」，12次無效攻擊。
2. 興奮劑組：工蟻殲敵率44%(4/9)；蟻后殲敵率11%(1/9)。



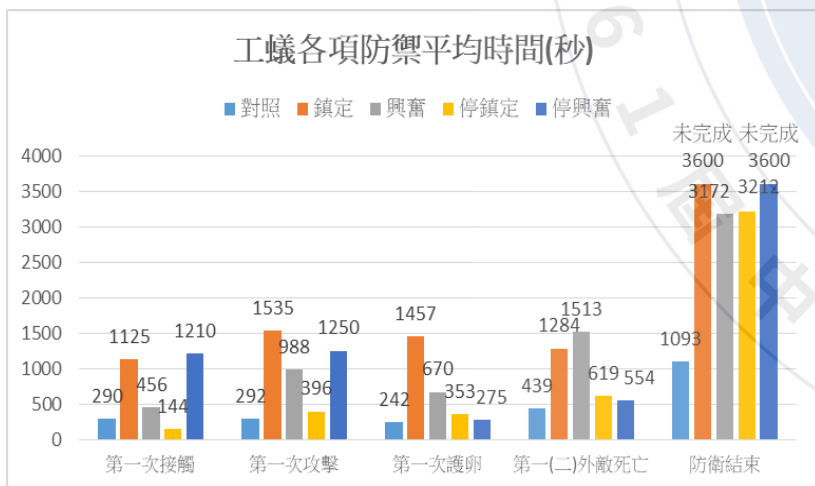
(圖四十八)五組參與防衛工蟻隻次



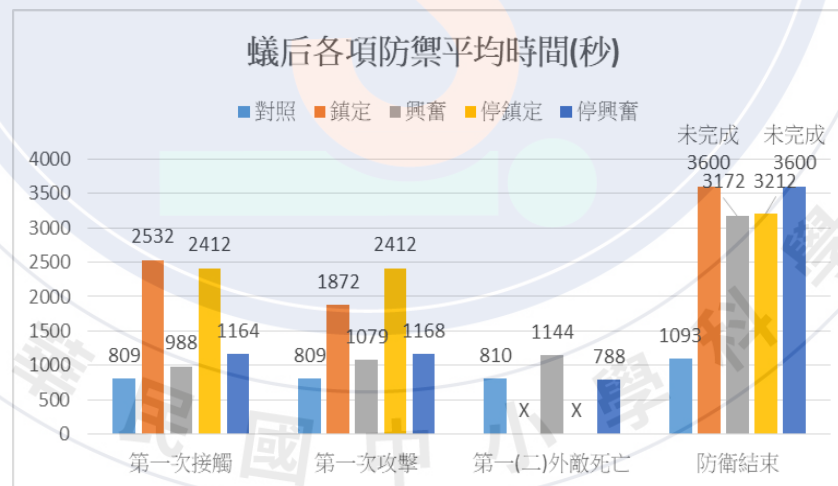
(圖四十九)五組蟻后攻擊次數



(圖五十)五組工蟻攻擊次數



(四十六)五組工蟻各項防禦時間



(四十七)五組蟻后各項防禦時間

結論

- 1. 對照組：**在蟻后的領導下，平均18分13秒完全殲滅外敵，工蟻殲敵率為22%，蟻后殲敵率78%，族群數量維持穩定的成長。
- 2. 長期服用鎮定劑：**蟻后沒有任何領導作為，殲敵率「零」，但工蟻仍然餵養蟻后，領導地位並未喪失。60分鐘內仍未完成防禦，工蟻殲敵率由100%(對照組)降為11%。同時也降低蟻群的生育率，使族群數量下降。
- 3. 長期服用興奮劑：**平均52分52秒由工蟻完全殲敵，工蟻殲敵率為44%。蟻后的殲敵率降為56%，工蟻不再餵食蟻后，喪失領導地位。育幼次數暴增但族群數並未明顯增加。
- 4. 鎮定劑或興奮劑停用二個月後：**60分鐘內皆無法完全殲滅外敵，鎮定劑組，工蟻殲敵率66%，蟻后殲敵率「零」。興奮劑組，工蟻殲敵率44%，蟻后殲敵率11%。藥物顯然對螞蟻的族群領域防禦力和蟻后領導力，存在嚴重不可逆的影響。

未來展望及參考文獻

■ 未來展望

1. 螞蟻在醫藥方面可以是很好的「模式生物」。
2. 容易飼養、好觀察、行為反應明顯、世代短。
3. 為將來族群的永續發展，提供更充分的評估資訊。

■ 參考文獻

- [1] Barrett A. Klein, Margaret K. Wray, Ulrich G. Mueller, and Thomas D. Seeley. (2010). Sleep deprivation Impairs precision of waggle dance signal in honey bees PNAS December 28, 2010
- [2] Deby L. Cassill, Skye Brown, Devon Swick & George Yanev (2009). Polyphasic Wake/Sleep Episodes in the Fire Ant, *Solenopsis Invicta* Journal of Insect Behavior volume 22, Article number: 313
- [3] Kevin Tougeron & Paul K. Abram. (2017). An Ecological Perspective on Sleep Disruption. *The American Naturalist* vol. 190, no. 3
- [4] Frederick R. Adler, Sean Quinonez, Nicola J R Plowes, Eldridge S. Adams (2018). Mechanistic Models of Conflict between Ant Colonies and Their Consequences for Territory Scaling. May 2018 *The American Naturalist*
- [5] Tobler I I, Neuner-Jehle M. (1992). 24-h variation of vigilance in the cockroach *Blaberus giganteus* Dec ; 1(4) : 231-239.