

# 中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學(一)科

**探究精神獎**

082813

**雲端也行~智慧型黑棘蟻觀察箱**

學校名稱：高雄市左營區新上國民小學

作者：  小五 陳柏丞  小四 林承學  小六 賴品睿	指導老師：  鄭文生
---	------------------

關鍵詞：黑棘蟻、智慧型、蟻窩

## 摘要

黑棘蟻（*polyrhachis dives*）為台灣常見本土的大型蟻種；它體型碩大容易觀察，是了解馬蟻生態重要的蟻種，同時也是入侵本島、危害環境的紅火蟻剋星。黑棘蟻對溫度、濕度、食物及水源十分依賴，環境不良便會強力的遷徙。本作品採用剪枝法摘取蟻窩，保持黑棘蟻完整的族群，放置於智慧型黑棘蟻觀察箱飼養。智慧型黑棘蟻觀察箱有以下的特點：1.觀察箱配有 Webduino 晶片控制溫、濕度感應器自動控制排風系統，使觀察箱保持最適合的環境。2.利用水位感測器及沉水馬達自動補水。3.利用 google 表單自動紀錄觀察箱的環境變化。4.利用網路遠端操控觀察箱。

## 壹、研究動機

紅火蟻入侵台灣相當嚴重，而本土黑棘蟻是對抗紅火蟻的最佳蟻種。藥典本草綱目記載黑棘蟻具有藥效，且屏東有店家推出黑棘蟻蛋捲還登上新聞。我們認為黑棘蟻極具研究價值，但野生黑棘蟻觀察不便，因而想要設計一套智慧型黑棘蟻觀察箱，方便觀察研究。

## 貳、研究目的

- 一、了解野外環境黑棘蟻的生態行為。
- 二、野外採集並飼養黑棘蟻。
- 三、飼養箱結合 Webduino 晶片功能可行性探究。
- 四、製作具物聯網功能的智慧型黑棘蟻觀察箱。
- 五、智慧型黑棘蟻觀察箱實際運作探究。

## 參、研究設備及器材

- 一、食物類：各類水果、糖果、白糖、清水、蝦米、鳳梨酥、巧克力。
- 二、材料類：空心板、中藥罐、透明軟管、果凍筒、。
- 三、設備類：Webduino 晶片、溫濕度感應晶片、筆記型電腦、沉水馬達、微型吸塵器、照相機、攝影機。

## 肆、研究過程

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，但在郊區及果園也因農藥噴灑很難發現其蹤跡。我們花了很多心力尋找仍然沒有成果。透過網際網路的搜尋，竟然有號稱全世界唯一人工飼養繁殖的螞蟻專門店在販售黑棘蟻，原本打算花錢買來做研究，但一個蟻窩竟要價高達台幣 3000 元，深深覺得不可思議（圖 1）。最後透過介紹得知，台南有位退休老師研究黑棘蟻多年，在他的指引下，前往台南市新營區天鵝湖公園採集黑棘蟻蟻窩（圖 2）。

（一）了解黑棘蟻築巢的環境選擇：

黑棘蟻築巢環境是否與離地高度、築巢環境、日光照射、築巢材料有關，藉由實際的觀察記錄，加以比較分析。（表一）（圖 3~7）

表一、台南市新營區天鵝湖公園黑棘蟻蟻窩調查

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*5	130	楊梅樹	背光	無	枯枝+枯草+蟻絲蛋白
2		13*10*8	165	楊梅樹	背光	無	枯枝+枯草+蟻絲蛋白
3		15*40*5	200	椰子樹葉內	背光	無	枯草+椰子纖維+蟻絲蛋白
4		90*2.5*2.5	10	塑膠水管	向光	無	開口處枯草+蟻絲蛋白
5		30*30*2	0	石頭縫	背光	無	枯草+蟻絲蛋白
6		11*20*5	30	芒草	背光	無	枯草+蟻絲蛋白
7		10*15*2	90	木橋	背光	無	枯草+蟻絲蛋白
8		50*30*30	90	垃圾袋	背光	無	枯草+蟻絲蛋白
9		17*13*6	38	芒草	背光	無	枯草+蟻絲蛋白
10		25*16*8	62	楊梅樹	背光	無	枯枝+枯草+蟻絲蛋白
11		6*6*48	90	竹竿	向光	無	竹膜+枯草+蟻絲蛋白
12		10*10*15	0	警示燈	背光	無	枯草+蟻絲蛋白



(圖 1) 網路販售黑棘蟻一窩要價 3000 元



(圖 2) 黑棘蟻觀察採集地~台南市新營區天鵝湖公園之 Google 地圖



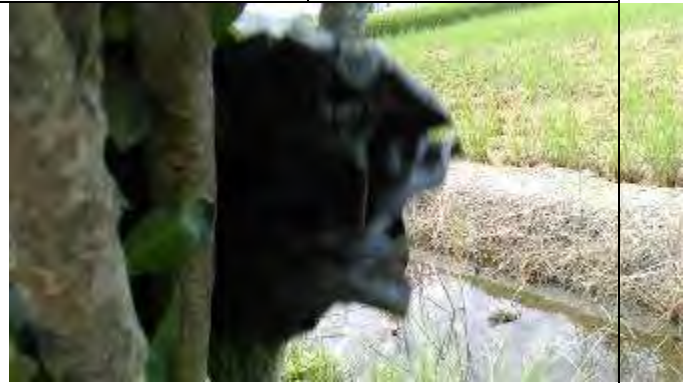
(圖 3) 楊梅樹蟻巢

(圖 4) 警示燈蓋蟻巢

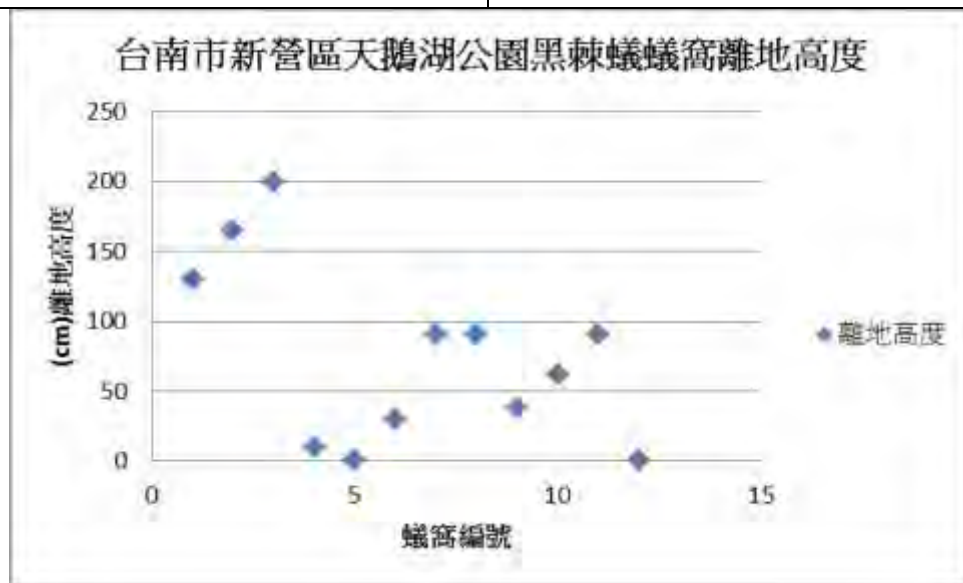
(圖 5) 木橋上蟻巢



(圖 6) 椰葉蟻巢



(圖 7) 垃圾袋蟻巢



(圖 8) 調查區蟻巢離地高度平均在 75.4 cm，顯示喜歡在離地一定高度的地方築巢。

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，如橫躺竹竿、警示燈、石頭縫等，自行築巢的位置大多選擇離地面有一定的高度（圖 8）。推測是要通風及避開積水威脅。
4. 黑棘蟻的蟻巢大多位於茂密的樹葉底下，推測為避免陽光直射使蟻巢溫度過高。

（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 9）
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，多呈現長寬較厚大的扁圓狀，而非球形。而塑膠帶、破竹竿、石頭縫、警示燈等處的蟻巢為遷就遮蔽物，只在開口處留一通行孔，其餘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 10）



（圖 9）黑棘蟻蟻巢外觀



（圖 10）蟻巢由枯枝、枯葉混合蟻絲蛋白組成

綜觀上述築巢的環境選擇、築巢的材料觀察結果發現：黑棘蟻築巢時會選擇背光面、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。

二、野外採集並飼養黑棘蟻。

野地的黑棘蟻族群中雖然沒有【兵蟻】，但蟻蟻皆兵，任何一隻都是攻擊力超

強的兵蟻，只要一有風吹草動便會傾巢而出，要在野地採集黑及以必先找到好的方法。以下列舉幾個常見得採集方式：

1. 二氧化碳麻醉法：黑棘蟻對二氧化碳相當敏感，利用二氧化碳鋼瓶灌入蟻窩內，可在短時間內迷昏。但二氧化碳的劑量如果控制不當，則對黑棘蟻造成永久性傷害。
2. 強迫扒巢：蟻窩經常與樹枝、鐵網燈支撐物緊密結合，利用外力支解蟻窩會造成混亂騷動中，螞蟻四處竄逃，不僅容易被叮咬功即且所採集的族群一定不完整。
3. 引蟻入洞：黑及蟻在遮蔽黑暗處才有安全感，式先製作黑箱製於蟻窩附近，騷擾蟻群，請蟻入甕。但耗費時間很長且收穫很難預期。
4. 完整剪除：越大的蟻窩往往盤根錯節，如果挑選小的蟻窩，剪下樹枝和樹葉便可以獲得完整的族群。(圖 11)


人工飼養需要考慮的是：

1. 人工飼養黑棘蟻需考慮飼養箱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完整移植黑棘蟻窩。

參考資料發現，目前的人工飼養方式有石膏蟻窩、置物箱蟻窩、紙箱蟻窩...等等(圖 12、13)，並配合「防逃膏」(圖 14、15)、「辣椒水」、「奈米塗料」、等來防止其脫逃。我們覺得令人擔心的是黑棘蟻脫逃，一旦出現圍堵破綻，可能不但半天的時間黑棘蟻遷移他處或到處亂竄行成【蟻災】。



(圖 11) 小的蟻窩，剪下樹枝和樹葉便可以獲得完整的族群

	
<p>(圖 12) 他人蟻窩 1：置物箱中擺放玻璃管，箱緣塗上奈米塗料氟塑膠防止脫逃</p>	<p>(圖 13) 他人蟻窩 2：扁平狀石膏蟻窩</p>
	
<p>(圖 14) 蟻蟻防逃劑</p>	<p>(圖 15) 以滑石粉為主要原料的防逃膏</p>

以下介紹我們設計的【封閉式黑棘蟻飼養觀察箱】，採全封閉式可以避免蟻災（圖二十四）

(一) 封閉式黑棘蟻飼養觀察箱組成介紹：(圖 16)

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。本筒的特點是筒子夠大，足以移入整個黑棘蟻蟻窩。
2. 食物艙：以小型透明塑膠中藥罐來製作。本艙共有兩艙，艙艙均以相等距離與蟻窩筒相連。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不同食物選擇，可觀察出黑棘蟻攝食偏好。
3. 飲水艙：以小型透明塑膠中藥罐來製作，內裝乾淨飲用水。
4. 蟻屍艙：在開放的環境中，黑棘蟻會將蟻屍搬出巢外，但在封閉式的



觀察箱必須提供一個蟻屍處理空間。

5. 透明通道：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。
6. 排風扇：以小型吸塵器作為黑棘蟻太空艙的強制換氣設備。在蟻窩筒通風不佳或潮濕時，適時提供換氣、除濕、除臭的功用。
7. 通氣孔：蟻窩筒、各分艙以迴紋針加熱打洞作為通氣孔。



(圖 16) 封閉式黑棘蟻飼養觀察箱

## (二) 封閉式黑棘蟻飼養觀察箱特殊功能介紹：

1. 有效防止脫逃：本觀箱為一個蟻窩桶配製置了四個分艙分別提供食物、飲水、廢棄物處理功能，艙艙均以透明通道與蟻窩桶相連。透明通道不僅方便觀察，必要時還能進行封閉管制。蟻窩桶上方及側邊以迴紋針加熱方式打洞，作為通風孔。通風孔直徑很小，約 2mm，黑棘蟻無法通過；抽風機的出風口罩以三層尼龍網防止脫逃。本觀察箱除了空氣流通之外，與外界完全隔離，就像一座全封閉式螞蟻太空城。
2. 最接近原生方式的觀察箱：黑棘蟻社群分工精細，照護蟻負則巢內蟻后及蟻蛹的照顧；覓食蟻負則獵食及巡邏任務；工蟻專司交配。我們的觀察箱像個外星基地一樣，蟻窩內的結構機能完全維持原樣，而蟻窩外仍有足夠空間提供覓食蟻巡邏獵食。
3. 舒適的溫室：黑棘蟻喜歡的溫度在攝氏 25~35° 之間，偏熱氣候時活力最強。而透明觀察箱就像大型溫室一樣，在冬天可以保溫，在夏天又可以透過密密麻麻的通氣孔及置頂型排風扇來調節溫度。
4. 宜居的環境：黑棘蟻感受威脅或環境不佳時會大舉遷巢。在飼養期間，我們打開一個觀察箱的頂蓋一星期，結果發現覓食蟻離開箱外覓食巡邏，但蟻巢內的蟻后卻絲毫沒有要遷移的現象，可見蟻群在觀察箱中已經完全適應。
5. 近距離觀察：觀察箱本體為透明 PE 塑膠筒，蟻窩內的螞蟻離巢後會攀附在筒壁，觀察者可以近距離做顯微照像及攝影。蟻窩通道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。
6. 保持完整的黑棘蟻族群：一般採集蟻窩難免破壞及驚擾蟻群造成生存壓力(黑棘蟻會處死無生產力的工蟻，並叮咬蟻蛹促使分泌蟻絲用以遮蔽蟻巢)。將整個蟻窩摘下放入觀察箱可以保持黑棘蟻完整的族群，對其干擾度大大降低。族群中維持多蟻后、雄蟻、工蟻及蟻蛹一樣不缺，對後續的繁殖及安定大有助益。而小型吸塵器為黑棘蟻觀察箱的強制換氣設備。在通風不佳或蟻窩潮濕時，適時提供換氣、除濕、除臭的功用。

### 三、飼養箱結合 Webduino 晶片功能可行性探究。

飼養期間適逢連續假期，飼養箱沒人照顧，旅遊期間擔心飲水不足，造成傷亡。於是興起將目前最熱門的 AI 人工智能運用在我們的黑棘蟻飼養觀察箱，期望能為我們飼養的黑棘蟻創造最安全、最舒適的環境。

#### (一) Webduino 晶片功能介紹

1. Arduino 晶片是目前全世界使用最廣泛、價格最低廉的程式晶片。由於是開放自由軟體 (Free software) 和開放碼源 (Open source) 程式發佈與使用自由免費，因此流通最廣泛。(圖 17)
2. Webduino 開發板是結合了 Arduino Pro Mini 和 WiFi 模組晶片，所開發出來的電路板。只要插上電源就會自動連上雲端，方便開發者進行物聯網裝置的研發與應用。它的特色是使用者不必學寫程式，只要登入網路平台，就可透過平台提供的積木程式加以組合設計自己需要的程式庫。更重要的是晶片已經內建網路，只要有 WiFi 環境，便可以做遠端操控及雲端記錄，對於使用者及觀察研究者非常方便實用。簡單的說就是到積木倉庫挑選排列積木，按下執行指令，晶片就會指揮機器設備開始工作。(圖 18)



(圖 17) 全世界使用最廣泛的 Arduino 晶片



(圖 18) Webduino 就是 Web + Arduino 的合稱「透過網頁」控制物聯網的開發板

(二) 設計物聯網功能的智能黑棘蟻觀察箱。

黑棘蟻的觀察箱必須提供良好的生存環境，包括濕度維持在 70%以上，溫度控制在 25~35 度之間。因此我們希望製作實現具物聯網功能的智能螞蟻生態箱。

1. 自動感測生態箱溫、濕度，並記錄雲端日誌。
2. 自動感測生態箱水量，並記錄雲端日誌。
3. 當溫、濕度超過環境上限，自動啟動風扇，降溫排濕。
4. 當水量不足時，自動啟動抽水馬達，補充水量。

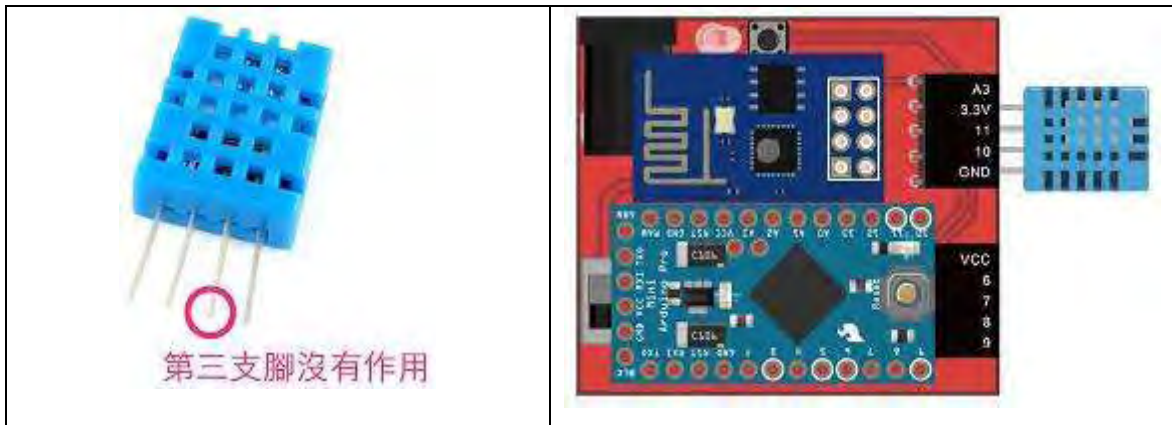
四、製作具物聯網功能的智慧型黑棘蟻觀察箱。

(一)Webduino Smart 開發板：Webduino Smart 是一塊長 3 公分寬 2.5 公分的開發板，重量約 85 公克。(圖 19) 腳位有數位腳 0、2、4、5、14、16，PWM 腳位 12、13、15，類比腳 AD(A0)，其他腳位 TX、RX、3.3V、VCC、RST 和 GND 各 1 個。



(二)溫、濕度傳感器有四隻針腳，第一隻針腳為 v (接 3.3V)，第二隻為

data (接 11)，第三隻沒有作用，為 N/C，第四隻為 GND，可以直接將溫濕度傳感器接在馬克 1 號上，或利用麵包板接線出來。(圖 20~22)



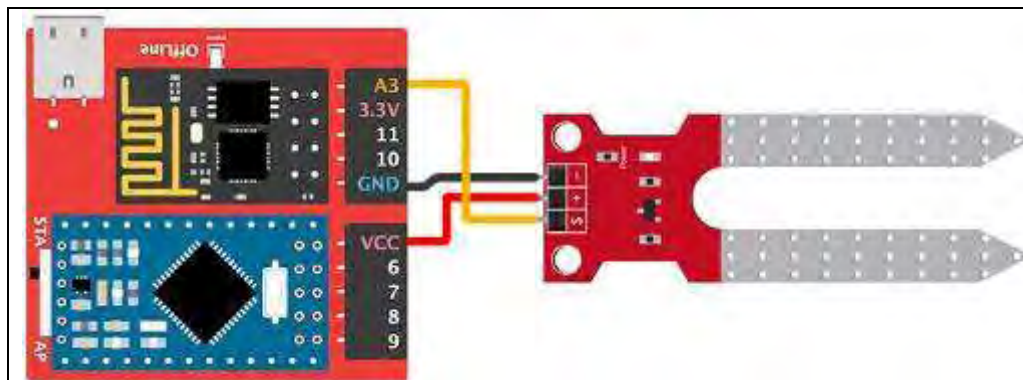
(圖 20) 溫濕度傳感器

(圖 21) 溫、濕度傳感器與 Webduino 結合



(圖 22) 積木開發程式設定每秒擷取一次溫度、濕度資料

(三)以土壤濕度偵測器當做水位感測器。水位感測器有三支針腳，分別是訊號腳 S、GND 和 VCC，將 S 接在 A3 的位置，VCC 接 5V，GND 接 GND。當滿水位時壤濕度偵測器偵測到的濕度為 100%。(圖 23、24)

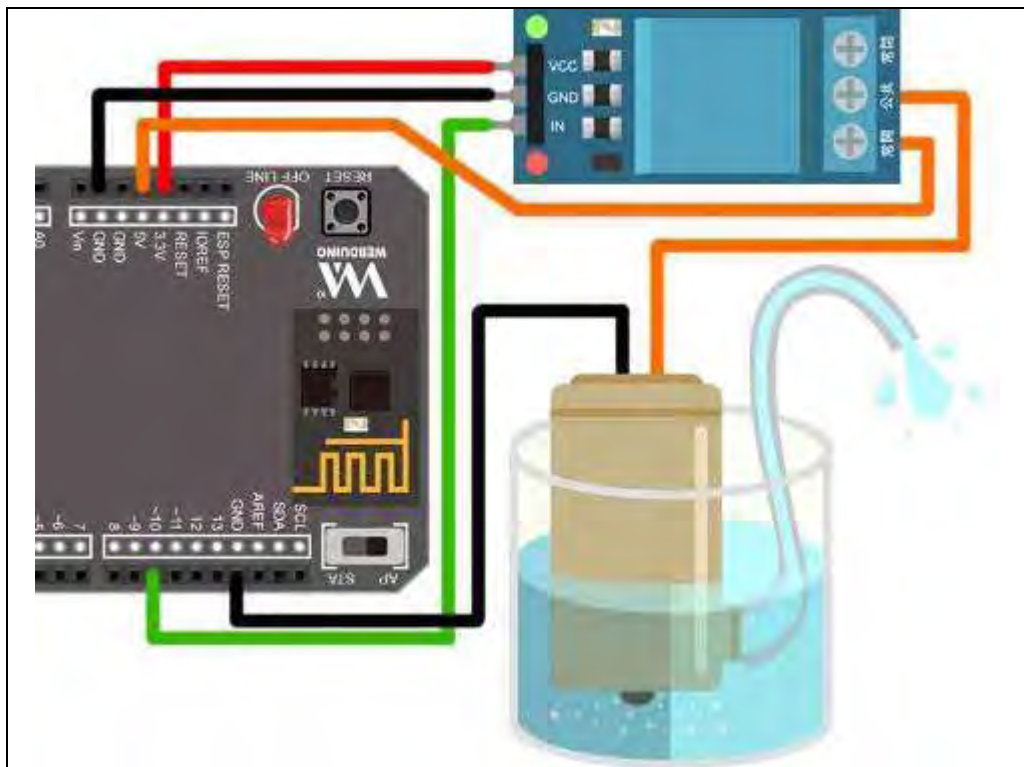


(圖 23) 土壤濕度偵測器與 Webduino 結合，替代水位感測器



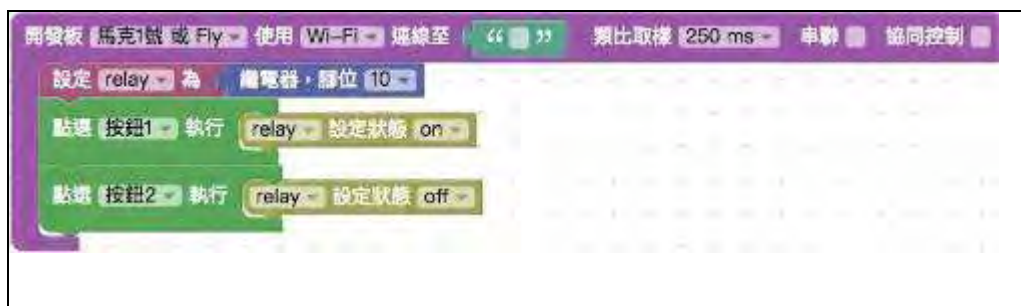
(圖 24) 土壤濕度偵測器感測濕度程式

(四)抽水馬達(水泵)。透過馬達的加壓，可以做到一個管子抽水，然後從另外一個管子放水的動作。水泵只有兩條電線，一條接 5V 一條接 GND，通電之後就會啟動內部的馬達開始抽水，所以在電路上使用一個繼電器作為開關，透過網頁控制繼電器，就可以啟動水泵或關閉水泵。(圖 25、26)



(圖 25) Webduino 晶片透過繼電器控置抽水馬達運作

(五)風扇。功能、接線同水泵。







(圖 29) 研究團隊的同學都可以登入使用和編輯資料

3. 選取資料庫\Google 試算表積木：貼上該連結。(圖 30)



(圖 30) 在開發程式內連結 Google 試算表的網址

(一)具物聯網功能的智慧型黑棘蟻觀察箱程式。(圖 31)



開關板 Smart 使用 Wi-Fi 連線至 [e4XB] 類似取樣 1 sec 中斷 放行控制

設定 **temp** 為 溫度感測器，腳位 5

設定 **soil** 為 土壤濕度感測，類比腳位：A0

設定 **relay** 為 繼電器，腳位 14

設定 **led** 為 LED 燈，腳位 27

**temp** 偵測溫度，值 5000 單位 (1/1000 秒) 一次

執行 顯示 顯示文字串 [ ]

執行 **temp** 取得感測器的 溫度 (攝氏) [ ]

執行 [ ]

執行 [ ]

執行 **temp** 取得感測器的 溫度 (%) [ ]

執行 [ ]

執行 將資料寫入 試算表 myData [ ]

輸出 A 值 現在的時間 [ ]

輸出 B 值 現在的時間 [ ]

輸出 C 值 **temp** 取得感測器的 溫度 (攝氏) [ ]

輸出 D 值 **temp** 取得感測器的 溫度 (%) [ ]

執行 **temp** 取得感測器的 溫度 (攝氏) [ ] 27

控制 led 設定狀態 on

控制 led 設定狀態 off

**soil** 偵測濕度

執行 顯示 **soil** 取得感測器的 濕度 [ ]

執行 如果 [ ] 那麼 [ ]

執行 **soil** 取得感測器的 濕度 [ ] 20

執行 relay 設定狀態 on

(暫時)等待 [ ] 秒之後

執行 relay 設定狀態 off

否則 relay 設定狀態 off

(暫時)等待 [ ] 秒

執行 將資料寫入 試算表 myData [ ]

輸出 A 值 現在的時間 [ ]

輸出 B 值 現在的時間 [ ]

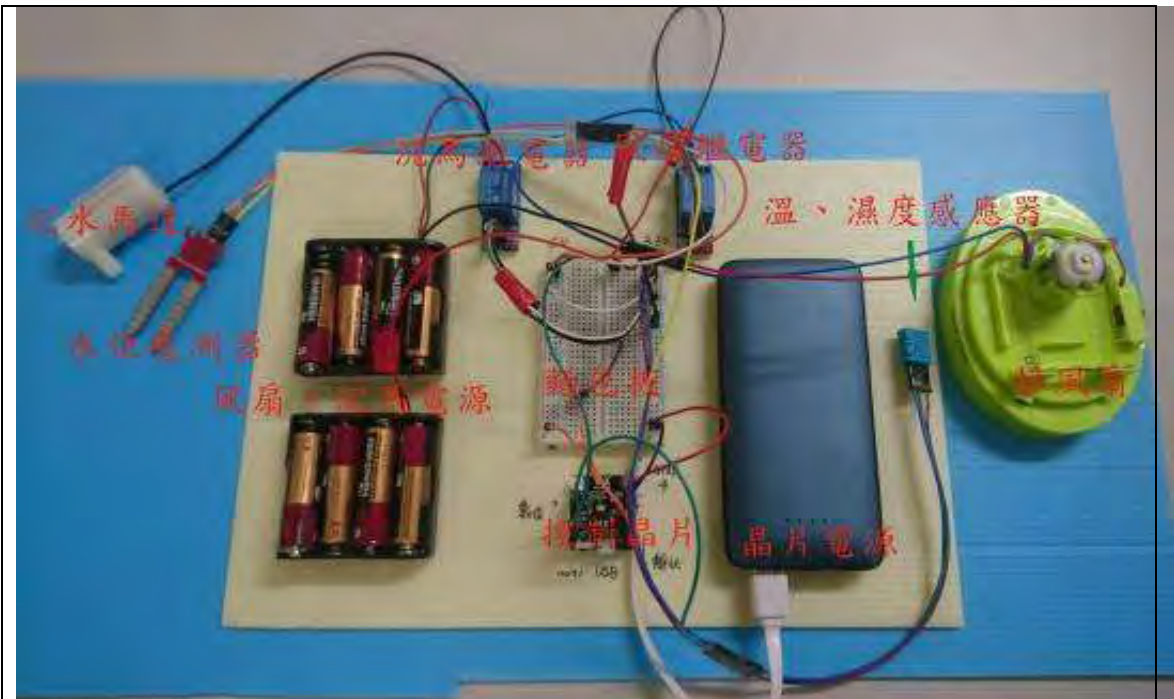
輸出 C 值 **soil** 取得感測器的 濕度 [ ]

(圖 31) 具物聯網功能的智慧型黑棘蟻觀察箱程式

## 伍、 研究結果

完成智慧型黑棘蟻觀察箱之後，我們摘取完整的黑棘蟻蟻窩，置入觀察箱實際運作。(圖 32~41)

- (一) 溫度、濕度的感應、控制與紀錄。
  - 1. 舒適環境：黑棘蟻生長於台灣中、低海拔區域，適合生長的溫度為 25~35°C；濕度為 70°以上。
  - 2. 負壓風扇：(冬季)設定溫度 26°C 以上、濕度 70°以下，啟動排風系統將蟻窩筒內的空氣排出，透過通氣孔將外界新鮮空氣吸入，達到換氣的目的。
  - 3. 溫度、濕度感應器：設置在蟻窩筒的正上方，可以感測筒內的最高溫度。
  - 4. 上傳紀錄：蟻窩筒內環境溫、濕度上傳雲端表單，每 5 秒記錄一次。
- (二) 水位的感應、控制與紀錄。
  - 1. 水位感測器：置於飲水艙內，水線接觸感測器時，抽水馬達不啟動；水線低於接觸感測器時，抽水馬達啟動。
  - 2. 抽水馬達： 飲水艙並不大，防止一次抽水量過大，造成泛濫。抽水馬達一次啟動一秒鐘。
- (三) 生態環境紀錄：上傳雲端以 google 表單紀錄，為免資料庫過於龐大，設定五秒紀錄一次。



(圖 32) 智慧型黑棘蟻觀察箱各部元件組合、測試



(圖 33) 具有溫濕度調節、自動補水功能的智慧型黑棘蟻觀察箱



(圖 34) 打開電腦，智慧型黑棘蟻觀察箱溫、濕度一目了然

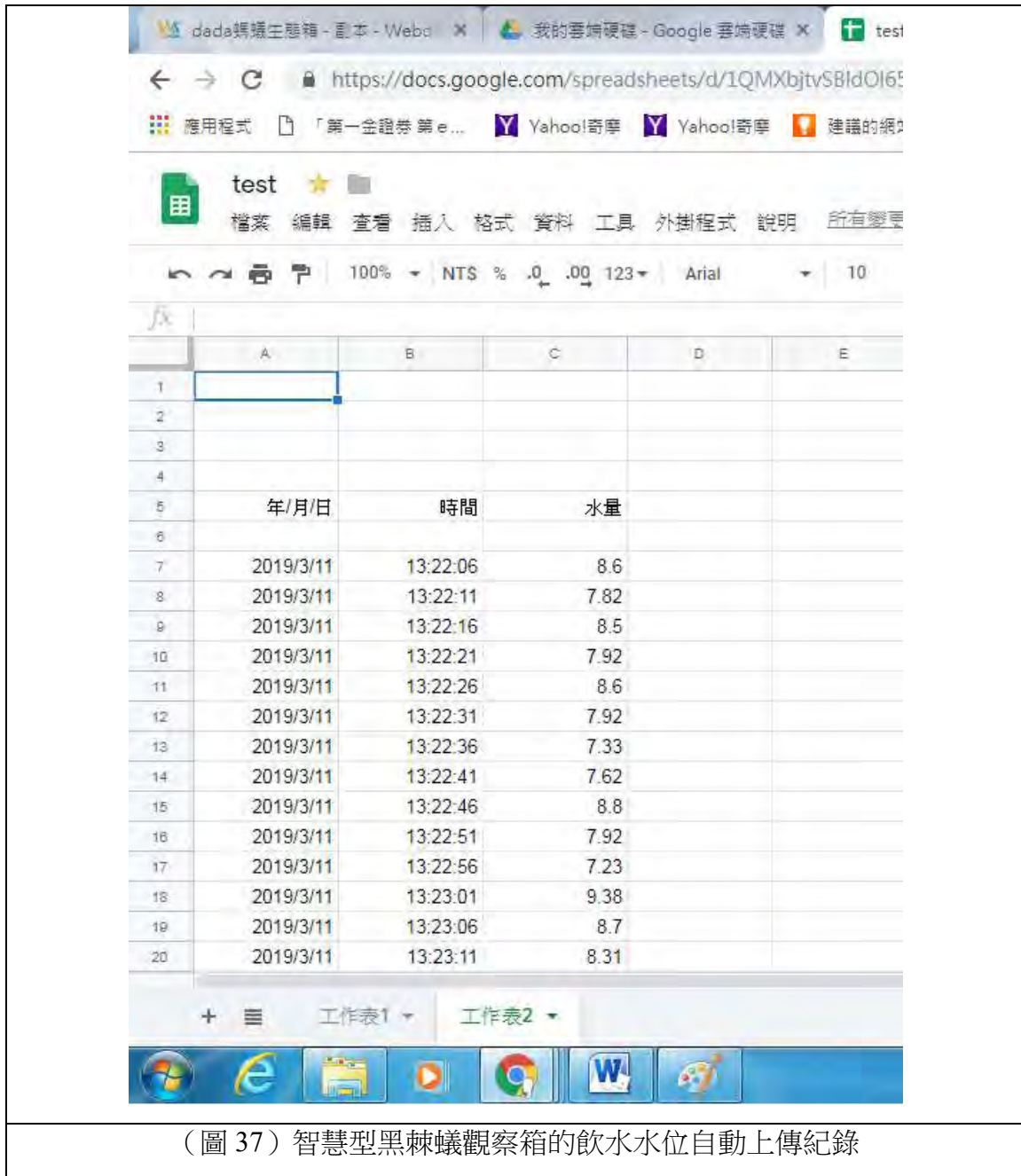
The screenshot displays a Google Sheets spreadsheet titled "test" with the following data:

	A	B	C	D	E	F
4						
5	年/月/日	時間	溫度			
6						
7	2019/3/11	13:22:01	24	58		
8	2019/3/11	13:22:06	24	58		
9	2019/3/11	13:22:12	24	58		
10	2019/3/11	13:22:17	24	58		
11	2019/3/11	13:22:23	24	58		
12	2019/3/11	13:22:28	24	58		
13	2019/3/11	13:22:33	24	58		
14	2019/3/11	13:22:39	24	58		
15	2019/3/11	13:22:44	24	58		
16	2019/3/11	13:22:49	24	58		
17	2019/3/11	13:22:54	24	58		
18	2019/3/11	13:22:59	24	58		
19	2019/3/11	13:23:05	24	58		
20	2019/3/11	13:23:10	24	58		
21	2019/3/11	13:23:16	24	58		
22	2019/3/11	13:23:21	24	58		
23	2019/3/11	13:23:26	24	58		

The spreadsheet interface includes a menu bar with options like "檔案", "編輯", "查看", "插入", "格式", "資料", "工具", "外掛程式", and "說明". The status bar at the bottom shows "工作表1" and "工作表2".

(圖 35) 智慧型黑棘蟻觀察箱溫、濕度自動上傳紀錄





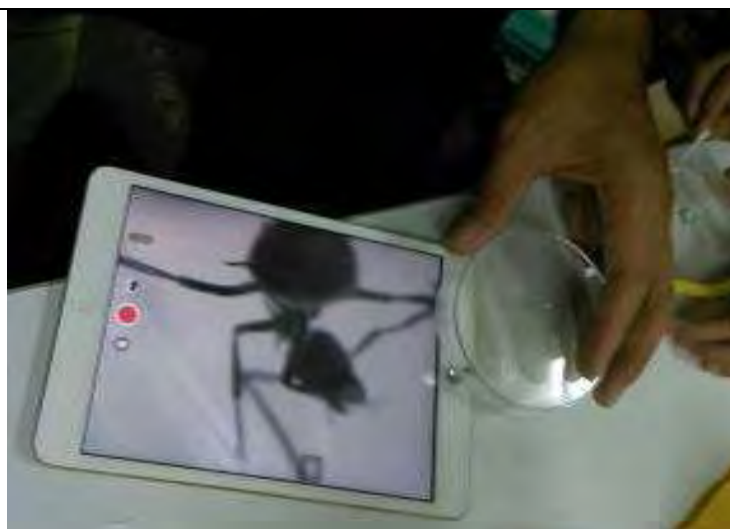
(圖 37) 智慧型黑棘蟻觀察箱的飲水水位自動上傳紀錄

(四) 透過智慧型黑棘蟻觀察箱實際拍攝、觀察、紀錄黑脊蟻。

透過自製的智慧型黑棘蟻觀察箱，我們可以很輕鬆自在、隨時隨地的觀察與研究，以下是研究期間，利用自製的【手機、平板顯微鏡】搭配像機所拍攝到的珍貴畫面。



(圖 38) 螞蟻生態觀察箱內清楚看見黑棘蟻的活動



(圖 39) 自製的【平板顯微鏡】拍攝黑棘蟻





(圖 40) 利用平板顯微鏡清楚的【看】到黑棘蟻



(圖 41) 清楚的拍攝到兩隻公蟻同時與蟻后交配

## 陸、討論

- 一、智慧型黑棘蟻觀察箱可以自動補水、調節溫度、紀錄環境變化。但由於使用電池座電力供應，無法提供自動加熱的設備，對於害怕低溫的黑棘蟻抵禦寒流的功能較弱，對此希望未來能有解決之道。
- 二、未來希望加裝移動感測器，可以偵測黑棘蟻對食物及飲水的攝取次數做比較紀錄。

- 三、黑棘蟻在面臨危機時，會將公蟻處死，以減低生存壓力。而智慧型黑棘蟻觀察箱飼養大約四週後，看到大量體型只有成蟻 70% 的小黑棘蟻，研判應是繁殖的子代，表示環境適合族群生存。
- 四、智慧型黑棘蟻觀察箱可加以調整使成為封閉式生態箱，例如箱內培育植物和蚜蟲，可進一步成為封閉式黑棘蟻生態系。

## 柒、結論

將近八個月的研究努力下，我們對黑棘蟻的生態及智慧型黑棘蟻觀察箱提出的結論如下：

- 一、摘取黑棘蟻蟻窩必須保持完整性，二氧化碳麻醉或撕裂蟻窩的方式都無法保持完整性。野地採集黑棘蟻最好採小窩整窩摘取的方式較能保持完整族群。
- 二、採取開放式飼養會因缺乏隱蔽處而使黑棘蟻焦躁不安。而我們設計的飼養觀察箱既可以保有原來蟻窩的隱蔽性又可以就近觀察黑棘蟻的活動。
- 三、飲水、空氣、溫度是飼養黑棘蟻最需注意的部分，利用 Webduino 晶片可以避免人為疏忽造成傷害。
- 四、透過 Google 雲端試算表記錄感測值，智慧型黑棘蟻觀察箱的環境變化一目了然。智慧型黑棘蟻觀察箱可以在不干擾黑棘蟻的狀態下，隨時隨地、輕鬆自在的觀察研究。

## 捌、參考資料

### 一、中文書籍

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

### 二、期刊

- 許弘瑋、石正人、楊景程·台灣昆蟲第三十三卷第二期（1995）·*黑棘蟻與入侵紅火蟻之種間競爭：評估具生物抗性之潛力物種*

### 三、網路資源

- A---LIAW（2012）·*A---LIAW 的自然生態部落格：螳螂、蟬、蜂、蟻*·取自 <http://blog.xuite.net/wen6.chuan3/twblog?st=c&p=1&w=4946013>

- 中廣新聞網 (2006) · 痞客邦：英國研究顯示**螞蟻會彼此教導與學習**。http：  
//luvjeremy.pixnet.net/blog/post/1860651
- 林義祥 · **嘎嘎昆蟲：膜翅目、蜂、蟻** · 取自 http：  
//gaga.jes.mlc.edu.tw/new23/index9008.htm
- 侯修煒 (2010) · **螞蟻的家：黑棘蟻—飼蟻重點說明** · 取自 http：  
//www.ant-home.idv.tw/888/a-2/a2-01.htm#黑棘蟻
- 鍾承典 (2015) · **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。
- Nature | News (2013) · ***Tracking whole colonies shows ants make career moves*** ·  
http：//www.nature.com/news/tracking-whole-colonies-shows-ants-  
make-career-moves-1.12833
- 張弘毅、周馥瑩 · 《科學發展》2005 年 5 月，389 期，52 ~ 57 頁**入侵紅火蟻**  
https：//scitechvista.nat.gov.tw/c/5Odk.htm
- Webduino 官網 · **Webduino 基礎教學** · 取自 https：  
//tutorials.webduino.io/zh-tw/docs/basic/index.html
- 螞蟻帝國官網 · **螞蟻資料庫** · 取自 http：// http：  
//www.empireofants.com/tag/%E8%9E%9E%E8%9F%BB%E5%B7%A5%E5%9D%  
8A/

## 【評語】 082813

1. 設計觀察箱之前先行至野外尋找多個黑棘蟻巢後分析出離地高度平均為 74 公分(建議用中位數)，富有科學研究精神，值得鼓勵。
2. 能善用現代化科技技術及簡易塑膠罐建造螞蟻飼養觀察箱，方便飼養及觀察。
3. 以排風裝置進行溫濕度控制，是否有預期功效，應進一步實驗討論。
4. 透過高科技監控飼養螞蟻，遠端觀察製作實驗共筆文件，均為不錯的做法。
5. 觀察資料後續作用為何應加以說明。

# 雲端也行~智慧型黑棘蟻觀察箱

## 摘要

黑棘蟻 (polyrhachis dives) 為台灣常見本土的大型蟻種; 它體型碩大容易觀察, 是了解馬蟻生態重要的蟻種, 同時也是入侵本島、危害環境的紅火蟻剋星。黑棘蟻對溫度、濕度、食物及水源十分依賴, 環境不良便會強力的遷徙。本作品採用剪枝法摘取蟻窩, 保持黑棘蟻完整的族群, 放置於智慧型黑棘蟻觀察箱飼養。智慧型黑棘蟻觀察箱有以下特點: 1. 觀察箱配有Webduino晶片控制溫、濕度感應器自動控制排風系統, 使觀察箱保持最適宜的環境。2. 利用水位感應器及沉水馬達自動補水。3. 利用google表單自動紀錄觀察箱的環境變化。4. 利用網路遠端操控觀察箱。

## 壹 研究動機

紅火蟻入侵台灣相當嚴重, 而本土黑棘蟻是對抗紅火蟻的最佳蟻種。藥典本草網目記載黑棘蟻具有藥效, 且屏東有店家推出黑棘蟻蛋捲還登上新聞。我們認為黑棘蟻極具研究價值, 但野生黑棘蟻觀察不便, 因而想要設計一套智慧型黑棘蟻觀察箱, 方便觀察研究。

## 貳 研究目的

- 一、了解野外環境黑棘蟻的生態行為
- 二、野外採集並飼養黑棘蟻。
- 三、飼養箱結合Webduino晶片功能可行性探究。
- 四、製作具物聯網功能的智慧型黑棘蟻觀察箱。
- 五、智慧型黑棘蟻觀察箱實際運作探究。

## 參 設備及器材

食物類: 各類水果、糖果、白糖、清水、蝦米、鳳梨酥、巧克力。  
材料類: 空心板、中藥罐、透明軟管、果凍筒。  
設備類: Webduino晶片、溫濕度感應晶片、筆記型電腦、沉水馬達、微型吸塵器、照相機、攝影機

## 肆 研究過程與方法

### 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, 但在郊區及果園也因農藥噴灑很難發現其蹤跡。我們花了很多心力尋找仍然沒有成果。透過網際網路的搜尋, 竟然有號稱全世界唯一人工飼養繁殖的蟻蟻專門店在販售黑棘蟻, 原本打算花錢買來做研究, 但一個蟻窩竟要價高達台幣3000元, 深深覺得不可思議(圖1)。最後透過介紹得知, 台南有位退休老師研究黑棘蟻多年, 在他的指引下, 前往台南市新營區天鵝湖公園採集黑棘蟻蟻窩(圖2)。



(圖1) 網路販售黑棘蟻一窩要價3000元



(圖2) 黑棘蟻觀察採集地~台南市新營區天鵝湖公園之Google地圖

表一、台南市新營區天鵝湖公園黑棘蟻蟻窩調查

蟻窩編號	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*5	130	楊梅樹	背光	無	枯枝+枯草+蟻絲蛋白
2	13*10*8	165	楊梅樹	背光	無	枯枝+枯草+蟻絲蛋白
3	15*40*5	200	椰子樹葉內	背光	無	枯草+椰子纖維+蟻絲蛋白
4	90*2.5*2.5	10	塑膠水管	向光	無	開口處枯草+蟻絲蛋白
5	30*30*2	0	石頭縫	背光	無	枯草+蟻絲蛋白
6	11*20*5	30	芒草	背光	無	枯草+蟻絲蛋白
7	10*15*2	90	木桶	背光	無	枯草+蟻絲蛋白
8	50*30*30	90	垃圾袋	背光	無	枯草+蟻絲蛋白
9	17*13*6	38	芒草	背光	無	枯草+蟻絲蛋白
10	25*16*8	62	楊梅樹	背光	無	枯枝+枯草+蟻絲蛋白
11	6*6*4.8	90	竹竿	向光	無	竹膜+枯草+蟻絲蛋白
12	10*10*15	0	警示燈	背光	無	枯草+蟻絲蛋白



(圖3) 楊梅樹蟻巢



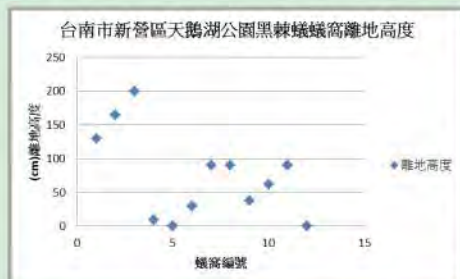
(圖4) 警示燈蟻巢

#### (一) 了解黑棘蟻築巢的環境選擇:

黑棘蟻築巢環境是否與離地高度、築巢環境、日光照射、築巢材料有關, 藉由實際的觀察記錄, 加以比較分析。(表一)(圖3~7)

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, 一個族可以有多个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, 如橫躺竹竿、警示燈、石頭縫等, 自行築巢的位置大多選擇離地面有一定的高度(圖8)。推測是要通風及避開積水威脅。
4. 黑棘蟻的蟻巢大多位於茂密的樹葉底下, 推測為避免陽光直射使蟻巢溫度過高。



(圖8) 調查區蟻巢離地高度平均在75.4cm顯示喜歡在離地一定高度的地方築巢。



(圖5) 木橋上蟻巢



(圖6) 椰葉蟻巢



(圖7) 垃圾袋蟻巢

#### (二) 了解黑棘蟻築巢的材料:

1. 蟻巢內外材質不同。蟻巢內部纖維經過蟻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9)
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, 多呈現長寬較厚大的扁圓狀, 而非球形。而塑膠帶、破竹竿、石頭縫、警示燈等處的蟻巢為遷就遮蔽物, 只在開口處留一通行孔, 其餘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10)



(圖9) 黑棘蟻蟻巢外觀



(圖10) 蟻巢由枯枝、枯葉混合蟻絲蛋白組成

綜觀上述築巢的環境選擇、築巢的材料觀察結果發現: 黑棘蟻築巢時會選擇背光面、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。

### 二、野外採集並飼養黑棘蟻。

野地的黑棘蟻族群中雖然沒有【兵蟻】, 但蟻蟻皆兵, 任何一隻都是攻擊力超強的兵蟻, 只要一有風吹草動便會傾巢而出, 要在野地採集黑棘蟻必先找到好的方法。以下列舉幾個常見得採集方式:

1. 二氧化碳麻醉法: 黑棘蟻對二氧化碳相當敏感, 利用二氧化碳鋼瓶灌入蟻窩內, 可在短時間內迷昏。但二氧化碳的劑量如果控制不當, 則對黑棘蟻造成永久性傷害。
2. 強迫扒巢: 蟻窩經常與樹枝、鐵網燈支撐物緊密結合, 利用外力支解蟻窩會造成混亂騷動中, 蟻蟻四處竄逃, 不僅容易被叮咬功且即所採集的族群一定不完整。
3. 引蟻入洞: 黑及蟻在遮蔽黑暗處才有安全感, 式先製作黑箱製於蟻窩附近, 騷擾蟻群, 請蟻入甕。但耗費時間很長且收穫很難預期。
4. 完整剪除: 越大的蟻窩往往盤根錯節, 如果挑選小的蟻窩, 剪下樹枝和樹葉便可以獲得完整的族群。(圖11)

人工飼養需要考慮的是:

1. 人工飼養黑棘蟻需考慮飼養箱是否能提供生存基本需求, 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完整移植黑棘蟻窩。

參考資料發現, 目前的人工飼養方式有石膏蟻窩、置物箱蟻窩、紙箱蟻窩...等等(圖12、13), 並配合「防逃膏」(圖14、15)、「辣椒水」、「奈米塗料」等來防止其脫逃。我們覺得令人擔心的是黑棘蟻脫逃, 一旦出現圍堵破綻, 可能不到半天的時間黑棘蟻遷移他處或到處亂竄行成【蟻災】。



(圖11) 小的蟻窩, 剪下樹枝和樹葉便可以獲得完整的族群



(圖12) 他人蟻窩1: 置物箱中擺放玻璃管箱緣塗上奈米塗料氣膠膜防止脫逃



(圖13) 他人蟻窩2: 扁平狀石膏蟻窩



(圖14) 蟻蟻防逃劑



(圖15) 以滑石粉為主要原料的防逃膏

以下介紹我們設計的【封閉式黑棘蟻飼養觀察箱】，採全封閉式可以避免蟻災

### (一) 封閉式黑棘蟻飼養觀察箱組成介紹：(圖16)

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通道。其上方及側邊以迴紋針加熱方式打洞，作為通風孔。本筒的特點是筒子夠大，足以移入整個黑棘蟻窩。
2. 食物館：以小型透明塑膠中藥罐來製作。本館共有兩館，館館均以相等距離與蟻窩筒相連。其上方及側邊以迴紋針加熱方式打洞，作為通風孔。本館的主要作用在提供蟻蟻不同食物選擇，可觀察出黑棘蟻攝食偏好。
3. 飲水館：以小型透明塑膠中藥罐來製作，內裝乾淨飲用水。
4. 蟻屍館：在開放的環境中，黑棘蟻會將蟻屍搬出巢外，但在封閉式的觀察箱必須提供一個蟻屍處理空間。
5. 透明通道：以水族專用的透明塑膠打氣軟管(內徑0.3cm)作為黑棘蟻通道。本通道剛好僅容一隻黑棘蟻通行(體長0.7cm, 身寬0.3cm)。可清楚觀察黑棘蟻的運動方式
6. 排風扇：以小型吸塵器作為黑棘蟻太空館的強制換氣設備。在蟻窩筒通風不佳或潮濕時，適時提供換氣、除濕、除臭的功用。通氣孔：蟻窩筒、各分館以迴紋針加熱打洞作為通氣孔。



(圖16) 封閉式黑棘蟻飼養觀察箱

### (二) 封閉式黑棘蟻飼養觀察箱特殊功能介紹：

1. 有效防止脫逃：本觀察箱為一個蟻窩桶配製了四個分館分別提供食物、飲水、廢棄物處理功能，館館均以透明通道與蟻窩桶相連。透明通道不僅方便觀察，必要時還能進行封閉管制。蟻窩桶上方及側邊以迴紋針加熱方式打洞，作為通風孔。通風孔直徑很小，約2mm，黑棘蟻無法通過；抽風機的出風口罩以三層尼龍網防止脫逃。本觀察箱除了空氣流通之外，與外界完全隔離，就像一座全封閉式蟻蟻太空城。
2. 最接近原生方式的觀察箱：黑棘蟻社群分工精細，照護蟻負則巢內蟻后及蟻蛹的照顧；覓食蟻負則獵食及巡邏任務；工蟻專司交配。我們的觀察箱像個外星基地一樣，蟻窩內的結構機能完全維持原樣，而蟻窩外仍有足夠空間提供覓食蟻巡邏獵食。
3. 舒適的溫室：黑棘蟻喜歡的溫度在攝氏25~35°C之間，偏熱氣候時活力最強。而透明觀察箱就像大型溫室一樣，在冬天可以保溫，在夏天又可以透過密密麻麻的通氣孔及置頂型排風扇來調節溫度。
4. 宜居的環境：黑棘蟻感受威脅或環境不佳時會大舉遷巢。在飼養期間，我們打開一個觀察箱的頂蓋一星期，結果發現覓食蟻離開箱外覓食巡邏，但蟻巢內的蟻后卻絲毫沒有要遷移的現象，可見蟻群在觀察箱中已經完全適應。
5. 近距離觀察：觀察箱本體為透明PE塑膠筒，蟻窩內的蟻蟻離巢後會攀附在筒壁，觀察者可以近距離做顯微照像及攝影。蟻窩通道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。
6. 保持完整的黑棘蟻族群：一般採集蟻窩難免破壞及驚擾蟻群造成生存壓力(黑棘蟻會處死無生產力的工蟻，並叮咬蟻蛹促使分泌蟻絲用以遮蔽蟻巢)。將整個蟻窩摘下放入觀察箱可以保持黑棘蟻完整的族群，對其干擾度大大降低。族群中維持多蟻后、雄蟻、工蟻及蟻蛹一樣不缺，對後續的繁殖及安定大有帮助。而小型吸塵器為黑棘蟻觀察箱的強制換氣設備。在通風不佳或蟻窩潮濕時，適時提供換氣、除濕、除臭的功用。

## 三、飼養箱結合Webduino晶片功能可行性探究。

飼養期間適逢連續假期，飼養箱沒人照顧，旅遊期間擔心飲水不足，造成傷亡。於是興起將目前最熱門的AI人工智能運用在我們的黑棘蟻飼養觀察箱，期望能為我們飼養的黑棘蟻創造最安全、最舒適的環境。

### (一) Webduino晶片功能介紹

1. Arduino晶片是目前全世界使用最廣泛、價格最低廉的程式晶片。由於是開放自由軟體 (Free software) 和開放碼源 (Open source) 程式發佈與使用自由免費，因此流通最廣泛。(圖17)
2. Webduino 開發板是結合了 Arduino Pro Mini 和 WiFi 模組晶片，所開發出來的電路板。只要插上電源就會自動連上雲端，方便開發者進行物聯網裝置的研發與應用。它的特色是使用者不必學寫程式，只要登入網路平台，就可透過平台提供的積木程式加以組合設計自己需要的程式庫。更重要的是晶片已經內建網路，只要有WiFi環境，便可以做遠端操控及雲端記錄，對於使用者及觀察研究者非常方便實用。簡單的說就是到積木倉庫挑選排列積木，按下執行指令，晶片就會指揮機器設備開始工作。(圖18)



(圖17) 全世界使用最廣泛的 Arduino 晶片

(圖18) Webduino 就是 Web + Arduino 的合稱「透過網頁」控制物聯網的開發板

### (二) 設計物聯網功能的智能黑棘蟻觀察箱。

黑棘蟻的觀察箱必須提供良好的生存環境，包括濕度維持在70%以上，溫度控制在25~35度之間。因此我們希望製作實現具物聯網功能的智能蟻蟻生態箱。

1. 自動感測生態箱溫、濕度，並記錄雲端日誌。
2. 自動感測生態箱水量，並記錄雲端日誌。
3. 當溫、濕度超過環境上限，自動啟動風扇，降溫排濕。
4. 當水量不足時，自動啟動抽水馬達，補充水量。

## 四、製作具物聯網功能的智慧型黑棘蟻觀察箱。(圖19~31)

### (一) Webduino Smart 開發板：

Webduino Smart 是一塊長 3 公分寬 2.5 公分的開發板，重量約 85 公克。(圖19) 腳位有  
數位腳 0、2、4、5、14、16，  
PWM腳位 12、13、15，  
類比腳 AD (A0)，  
其他腳位 TX、RX、3.3V、VCC、RST 和 GND 各 1 個。



(圖19) 具物聯網功能的智能晶片 Webduino Smart 開發板

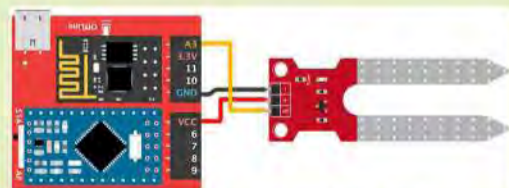
### (二) 溫、濕度傳感器有四隻針腳，第一隻針腳為 v (接 3.3V)，第二隻為 data (接 11)，第三隻沒有作用，為 N/C，第四隻為 GND，可以直接將溫濕度傳感器接在馬克1號上，或利用麵包板接線出來。(圖20~22)



(圖20) 溫濕度傳感器

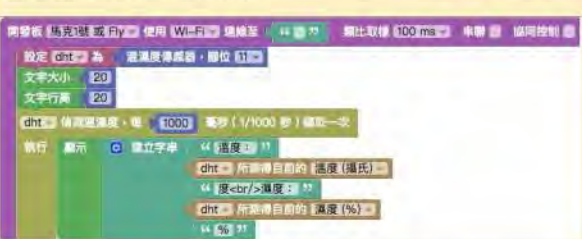
(圖21) 溫、濕度傳感器與 Webduino 結合

(三) 以土壤濕度偵測器當做水位感測器。水位感測器有三支針腳，分別是訊號腳 S、GND 和 VCC，將 S 接在 A3 的位置，VCC 接 5V，GND 接 GND。當滿水位時土壤濕度偵測器偵測到的濕度為 100%。(圖23、24)



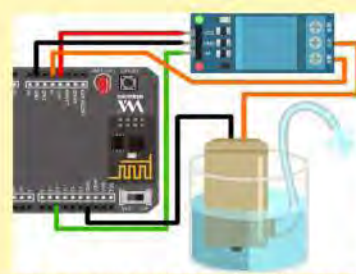
(圖23) 土壤濕度偵測器與 Webduino 結合替代水位感測器

(圖24) 土壤濕度偵測器感測濕度程式



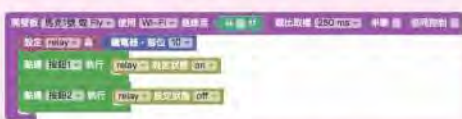
(圖22) 積木開發程式設定每秒擷取一次溫度、濕度資料

(四) 抽水馬達(水泵)。透過馬達的加壓，可以做到一個管子抽水，然後從另外一個管子放水的動作。水泵只有兩條電線，一條接 5V 一條接 GND，通電之後就會啟動內部的馬達開始抽水，所以在電路上使用一個繼電器作為開關，透過網頁控制繼電器，就可以啟動水泵或關閉水泵。(圖25、26)



(圖25) Webduino 晶片透過繼電器控制抽水馬達運作

### (五)風扇。功能、接線同水泵。



(圖26)Webduino程式控置繼電器使馬達運作或停止

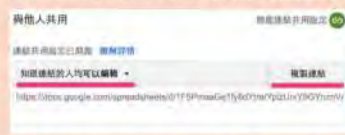
### (七)登入 Google 雲端硬碟

#### 1. 建立試算表(圖28)



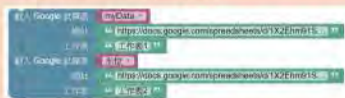
(圖28)登入 Google 雲端硬碟並建立試算表

#### 2. 設定共用權限為：知道連結的人均可編輯。(圖29)



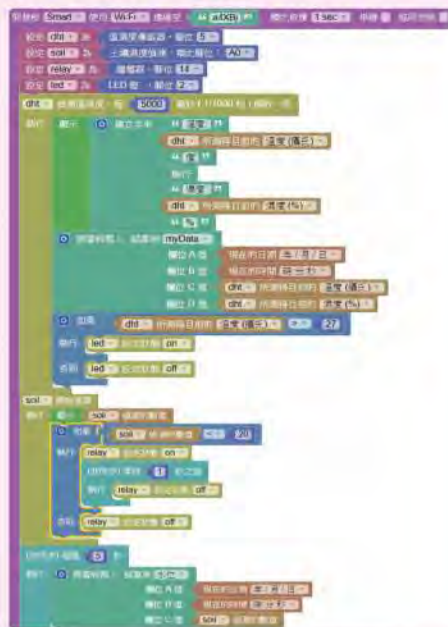
(圖29)研究團隊的同學都可以登入使用和編輯資料

#### 3. 選取資料庫\Google 試算表積木：貼上該連結。(圖30)



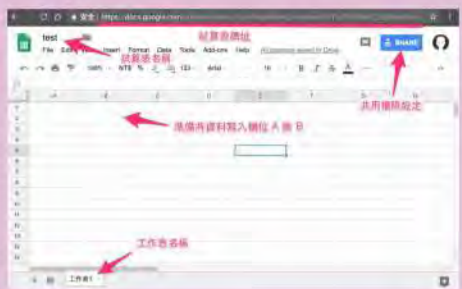
(圖30)在開發程式內連結Google試算表的網址

### (八)具物聯網功能的智慧型黑棘蟻觀察箱程式。(圖31)



(圖31)具物聯網功能的智慧型黑棘蟻觀察箱程式

### (六)具物聯網功能的智慧型黑棘蟻觀察箱程式~Google 雲端試算表記錄感測值。(圖27)

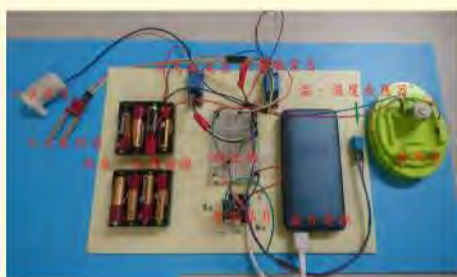


(圖27)透過WiFi網路上傳資料，紀錄在Google 雲端試算表

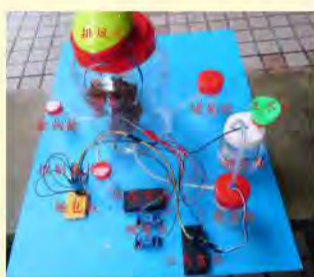
## 五、智慧型黑棘蟻觀察箱實際運作探究。(圖32~41)

### (一)溫度、濕度的感應、控制與紀錄。

1. 舒適環境：黑棘蟻生長於台灣中、低海拔區域，適合生長的溫度為25~35°C；濕度為70°以上。
2. 負壓風扇：(冬季)設定溫度26°C以上、濕度70°以下，啟動排風系統將蟻窩筒內的空氣排出，透過通氣孔將外界新鮮空氣吸入，達到換氣的目的。
3. 溫度、濕度感應器：設置在蟻窩筒的正上方，可以感測筒內的最高溫度。
4. 上傳紀錄：蟻窩筒內環境溫、濕度上傳雲端表單，每5秒紀錄一次。



(圖32)智慧型黑棘蟻觀察箱各元件組合、測試



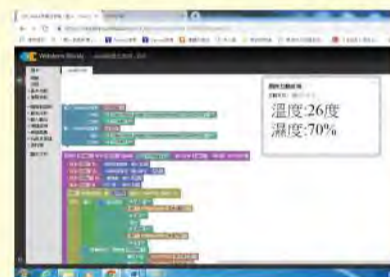
(圖33)具有溫度調節、自動補水功能的智慧型黑棘蟻觀察箱

### (二)水位的感應、控制與紀錄。

1. 水位感測器：置於飲水腔內，水線接觸感測器時，抽水馬達不啟動；水線低於接觸感測器時，抽水馬達啟動。
2. 抽水馬達：飲水腔並不大，防止一次抽水量過大，造成泛濫。抽水馬達一次啟動一秒鐘。

### (三)生態環境紀錄：

上傳雲端以google表單紀錄，為免資料庫過於龐大，設定五秒紀錄一次。



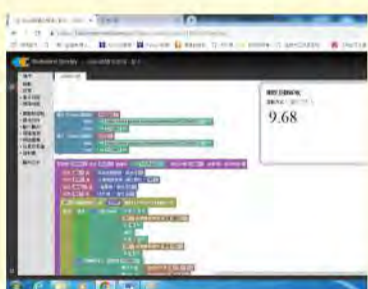
(圖34)打開電腦，智慧型黑棘蟻觀察箱溫、濕度一目了然



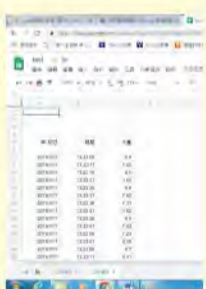
(圖35)智慧型黑棘蟻觀察箱溫、濕度自動上傳紀錄

### (四)透過智慧型黑棘蟻觀察箱實際拍攝、觀察、紀錄黑脊蟻。

透過自製的智慧型黑棘蟻觀察箱，我們可以很輕鬆自在、隨時隨地的觀察與研究，以下是研究期間，利用自製的【手機、平板顯微鏡】搭配像機所拍攝到的珍貴畫面。



(圖36)打開電腦，智慧型黑棘蟻觀察箱的飲水水位一目了然



(圖37)智慧型黑棘蟻觀察箱的飲水水位自動上傳紀錄



(圖38)蟻蟻生態觀察箱內清楚看見黑棘蟻的活動



(圖39)自製的【平板顯微鏡】拍攝黑棘蟻



(圖40)利用平板顯微鏡清楚的【看】到黑棘蟻



(圖41)清楚的拍攝到兩隻公蟻同時與蟻后交配

## 伍、結論

將近五個月的研究努力下，我們對黑棘蟻的生態及智慧型黑棘蟻觀察箱提出的結論如下：

- 一、摘取黑棘蟻蟻窩必須保持完整性，二氧化碳麻醉或撕裂蟻窩的方式都無法保持完整性。野地採集黑棘蟻最好採小窩整窩摘取的方式較能保持完整族群。
- 二、採取開放式飼養會因缺乏隱蔽處而使黑棘蟻焦躁不安。而我們設計的飼養觀察箱既可以保有原來蟻窩的隱蔽性又可以就近觀察黑棘蟻的活動。
- 三、飲水、空氣、溫度是飼養黑棘蟻最需注意的部分，利用Webduino晶片可以避免人為疏忽造成傷害。
- 四、透過Google 雲端試算表記錄感測值，智慧型黑棘蟻觀察箱的環境變化一目了然。
- 五、智慧型黑棘蟻觀察箱可以在不干擾黑棘蟻的狀態下，隨時隨地、輕鬆自在的觀察研究。

## 陸、討論

- 一、智慧型黑棘蟻觀察箱可以自動補水、調節溫度、紀錄環境變化。但由於使用電池座電力供應，無法提供自動加熱的設備，對於害怕低溫的黑棘蟻抵禦寒流的功能較弱，對此希望未來能有解決之道。
- 二、未來希望加裝移動感測器，可以偵測黑棘蟻對食物及飲水的攝取次數做比較紀錄。
- 三、智慧型黑棘蟻觀察箱完成後，飼養時間過短，還未看到繁殖的子代。
- 四、智慧型黑棘蟻觀察箱可加以調整成為封閉式黑棘蟻生態箱，例如箱內培育植物和蚜蟲，可進一步成為封閉式黑棘蟻生態系。

## 柒、參考資料

一、中文書籍  
 王效岳有趣的昆蟲世界台北市：淑馨出版社。  
 法布爾(2001)昆蟲世界台北市：小知堂出版社。  
 楊平世(1996)台灣的常見昆蟲台北市：渡假出版公司。  
 黛柏拉-戈登(2001)別和螞蟻拚命台北市：皇冠出版。

二、期刊  
 許弘璋、石正人、楊景程台灣昆蟲第三十三卷第二期(1995)黑棘蟻與入侵紅火蟻之種間競爭：評估具生物抗性之潛力物種

三、網路資源  
 A---LIAW(2012)A---LIAW的自然生態部落格：螳螂、蟬、蜂、蟻取自 <http://blog.xuite.net/wen6.chuan3/twblog?st=c&p=1&w=4946013>  
 中廣新聞網(2006)痞客邦：英國研究顯示螞蟻會彼此教導與學習。  
<http://lujjeremy.pixnet.net/blog/post/1860651>  
 林義祥嘎嘎昆蟲：膜翅目、蜂、蟻取自 <http://gaga.jes.mlc.edu.tw/new23/index9008.htm>  
 侯煒煒(2010)螞蟻的家：黑棘蟻一飼蟻重點說明取自 <http://www.ant-home.idv.tw/888/a-2/a2-01.htm#黑棘蟻>  
 鍾承典(2015)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。  
 Nature | News(2013)Tracking whole colonies shows ants make career moves  
 張弘毅、周馥堂《科學發展》2005年5月，389期，52~57頁入侵紅火蟻 <https://scitechvista.nat.gov.tw/c/50dk.htm>  
 Webduino官網Webduino基礎教學取自 <https://tutorials.webduino.io/zh-tw/docs/basic/index.html>  
 螞蟻帝國官網螞蟻資料庫取自 <http://www.empireofants.com/tag/%E8%9E%9E%E8%9F%BB%E5%B7%A5%E5%9D%8A/>