

# 中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

高中組 生物（生命科學）科

040712

黑棘蟻棲地選擇喜好之探討

學校名稱：國立清水高級中學

作者：  高二 吳欣叡  高二 廖翊程  高二 顏暉儒	指導老師：  潘建良
---	------------------

關鍵詞：黑棘蟻(*Polyrhachis dives*)、棲地選擇、  
生物防治

# 作品名稱

## 黑棘蟻(*Polyrhachis dives*)的風水世家——

### 黑棘蟻對棲地顏色、形狀及大小選擇喜好之探討

#### 摘要

本實驗欲探討黑棘蟻之擇巢因素，分為「光線」「空間」與「決策」三大方向探討，共設計 17 個實驗。「光線」部分的實驗結果發現，因膜翅目昆蟲缺乏紅色感光能力，所以巢內色光波長愈長，入住率愈高。而巢內照度愈低，黑棘蟻的入住率愈高，實驗得到其照度與入住率關係為  $y = -247.94x + 109.82$ 。「空間」部分發現黑棘蟻的擇巢行為與巢穴形狀無關，而三角形柱的人工巢穴寬度以 2 公分最具效益，黑棘蟻數量則與長度成正比的關係。「決策」部分主要在探討擇巢行為中，工蟻與蟻后各自扮演的角色，結果發現工蟻對巢穴較隨遇而安，且具有執行力，蟻后選巢較嚴苛，有決策力但不具執行力，而且不喜歡更換環境。以上結果對黑棘蟻人工巢穴的設計可作為重要的參考依據。

#### 壹、研究動機

因為交通的發達，其它地區強勢生物也開始到處發展，在台灣也逃不了如此的命運，這片土地也被外來種生物給侵蝕，許多的本土生物生存環境也遭受破壞，入侵紅火蟻(*Solenopsis nvicta*)原本生活在南美洲，慢慢的透過帶有泥土的農作物或貨品夾層經船運進入，造成了家畜、農作物、公共衛生、環境生態上的傷害與威脅，為此我們想辦法對抗此外來種的入侵。近來發現黑棘蟻會進入入侵紅火蟻的巢穴，驅趕原本在裡面的紅火蟻，鳩佔鵲巢並使其族群式微，若能藉由此生物競爭特性發揮生物防治功效，或許可消滅這可惡的外來不速之客。

#### 貳、研究目的

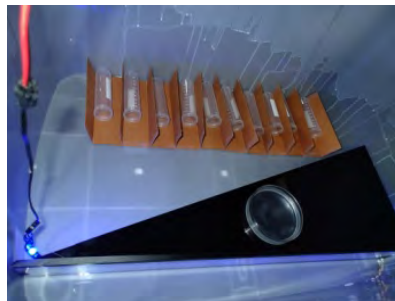
- 一、黑棘蟻對人工巢穴之外觀顏色、內部色光、內部光照度之選擇偏好與相關性。
- 二、黑棘蟻對人工巢穴之形狀、寬度、長度與空間分隔之選擇偏好與相關性。
- 三、黑棘蟻選擇人工巢穴時，各職蟻扮演之角色分析。
- 四、期望找出黑棘蟻最佳的人工巢穴，在實驗室培養並將此容器直接置於野外紅火蟻巢穴附近讓它自然風化，迫使其遷出與紅火蟻競爭以發揮生物防治之功效。

### 參、研究設備及器材

一、收納箱	15 箱	十一、500cc 燒杯	10 個
二、Fluon	約 200cc	十二、各色全開雲彩紙	各 5 張
三、洋菜粉	12 包	十三、各色玻璃紙	各 3 張
四、市售白糖粉	2 包	十四、照度計(圖一)	1 台
五、培養皿	50 個	十五、光譜儀(圖一)	1 台
六、50cc 離心管	400 根	十六、各色 LED 燈	各 1 條
七、棉花	1 包	十七、牙膏	1 條
八、鑷子	10 支	十八、墨汁	1 罐
九、雙面膠	10 捲	十九、棉線	1 捲
十、二氧化碳瓶	3 瓶	二十、水槽(圖二)	4 組



圖一 照度計與光譜分析儀



圖二 建立照度梯度之墨汁槽

## 肆、研究過程或方法

### 一、主要母巢的建立：

#### (一) 標本採集

我們在竹南的海濱公園步道旁的草叢堆中找到了一個比籃球還大的蟻巢，粗估超過一萬隻黑棘蟻，將其採集回學校分巢處理。(如圖三、圖四)

#### (二) 分巢與建立母巢

將包有紅色玻璃紙的離心管放入塗有 fluon 的收納箱中，並在對側擺放裝水的離心管，中間隨機擺放食物，然後將採集帶回實驗室的蟻巢層層剝開，將原本裡面的黑棘蟻抖落掃出置入，最後放入原蟻巢碎片，以此當作母巢。(如圖五、圖六)

### 二、建立各種變因的巢穴通則

(一) 以收納箱作為實驗黑棘蟻活動空間。

(二) 將 fluon 塗在收納箱上面四周，以防止黑棘蟻爬出。

(三) 用洋菜加砂糖煮沸倒入培養皿中，製成果凍做為黑棘蟻的食物來源。

(四) 將 50c.c.離心管裝水並在前端塞上棉花，防止盛水流出。

(五) 以砂糖果凍為圓心畫上半圓，將各項變因的 50c.c 離心管排在圓周上並以開口朝向圓心，以確保所有實驗巢穴與食物等距。(如圖七)

(六) 各實驗收納箱中置入各變因實驗管巢三管，並依亂數表隨機排列無特定順序。每項變異實驗均有 4 次重複。



圖三  
野外採集之黑棘蟻巢穴



圖四  
野外採集之黑棘蟻巢穴



圖五  
分巢後建立的母巢



圖六  
分巢後 3 天，離心管已開始封口



圖七  
將離心管排在圓周上並以開口朝向圓心，以確保所有實驗巢穴與食物等距

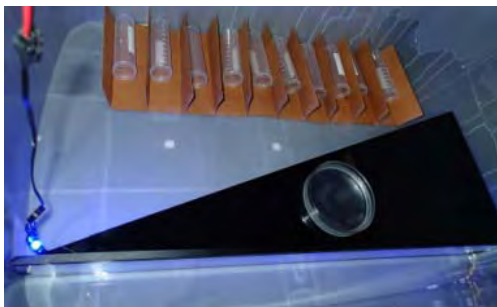
### 三、各項變異實驗

●實驗(一)~實驗(六)為同一系列與「光線」相關之實驗，主要探討黑棘蟻擇巢時是否有顏色、光照度等偏好。實驗方法相似，均依上述二之實驗通則規範，其主要變異列表如下：

實驗項次及名稱	主要變異	裝置範例	每次實驗黑棘蟻數量	討論
實驗(一) 黑棘蟻對管巢外觀顏色選擇試驗	1.以不同顏色雲彩紙包覆於離心管外。 2.顏色選擇紅-綠及黃-藍兩組對比色，共計四種顏色。		蟻后：100 隻 雄蟻：100 隻 工蟻：1000 隻	1 2
實驗(二) 黑棘蟻對管巢內部顏色之選擇 (擁擠實驗)	1.以不同顏色玻璃紙包覆於離心管外。 2.顏色選擇紅-綠及黃-藍兩組對比色，共計四種顏色。		蟻后：100 隻 雄蟻：100 隻 工蟻：1000 隻	3 4 5
實驗(三) 黑棘蟻對管巢內部顏色之選擇 (寬鬆實驗)	1.黑棘蟻數量為實驗(二)的十分之一		蟻后：10 隻 雄蟻：10 隻 工蟻：100 隻	6 7
實驗(四) 黑棘蟻對管巢內部光線的強弱之選擇	1.選擇黃色玻璃紙(螞蟻為紅色盲) 2.分別以一層、三層、五層包覆離心管外圍，造成內部光線強弱差異。		蟻后：10 隻 雄蟻：10 隻 工蟻：100 隻	8 9 10
實驗(五) 黑棘蟻對管巢外觀遮光度之選擇	1.選擇黑、灰、白色的雲彩紙包覆離心管外圍。		蟻后：10 隻 雄蟻：10 隻 工蟻：100 隻	11
實驗(六) 黑棘蟻選擇管巢入住率與光照度之關係	1.選擇實驗(一)(二)(三)(四)(五)中蟻群數量最多的優質環境。		蟻后：100 隻 雄蟻：100 隻 工蟻：1000 隻	12 13 14

### 實驗(七) 黑棘蟻選擇管巢入住率與墨汁水槽製造光照梯度之關係

1. 訂製三角形壓克力水槽，裝入稀釋後的墨汁，後方貼上 LED 燈條(圖八)，放入塗黑的收納箱中(圖九)，在收納箱中創造光照梯度的環境。
2. 放入 10 根 50cc 的離心管並排列於 LED 燈受光面使其接受不同光照(圖十)。
3. 以照度計測量各管管口照度並記錄。
4. 放入工蟻 1000 隻、雄蟻 100 隻、蟻后 100 隻。
5. 待蟻群進入喜歡的巢後，過了幾天蟻群入巢穩定，將管巢取出逐一清點各管黑棘蟻數量。



圖八  
三角形壓克力水槽








圖九  
塗黑的收納箱






圖十  
放入 10 根 50cc 的離心管並排列於 LED 燈受光面使其接受不同光照

- 實驗(八)~實驗(十二)為同一系列與「空間」相關之實驗，主要探討黑棘蟻擇巢時是否有形狀、分隔或大小等喜好。實驗方法相似，均依上述二之實驗通則規範，其主要變異差異列表如下：

實驗項次及名稱	主要變異	裝置範例	每次實驗 黑棘蟻數量	討論
實驗(八) 黑棘蟻對不同巢穴 形狀之選擇	1.以棕色雲彩紙為材料，選擇兩側角度為大於 90 度的梯形柱、等於 90 度長方柱、小於 90 度三角柱三種柱體，以及一個三角錐。 2.各柱體及椎體內部均為等體積		蟻后：100 隻 雄蟻：100 隻 工蟻：1000 隻	16
實驗(九) 黑棘蟻對巢穴分隔 喜好之選擇	1.以棕色雲彩紙為材料，放入 W 形雲彩紙加以分隔。 2.與未分隔巢穴作比較		蟻后：10 隻 雄蟻：10 隻 工蟻：100 隻	17
實驗(十) 黑棘蟻對巢穴內部 穿線阻隔之選擇	1.每間隔 1 公分穿過一束棉線橫越三角柱體內。 2.與未穿線作比較		蟻后：10 隻 雄蟻：10 隻 工蟻：100 隻	18
實驗(十一) 黑棘蟻對不同寬度 的巢之選擇	1.以棕色雲彩紙為材料，選擇寬為 1、1.4、2、2.8、4、5.6 公分，長度均為 10 公分的三角柱。		蟻后：100 隻 雄蟻：100 隻 工蟻：1000 隻	19 20
實驗(十二) 黑棘蟻對不同長度 的巢之選擇	1.以棕色雲彩紙為材料，選擇長度為 5、10、15、20 公分，寬均為 2.8 公分的三角柱。		蟻后：100 隻 雄蟻：100 隻 工蟻：1000 隻	21 22

- 實驗(十三)~實驗(十七)為同一系列與「決策」相關之實驗，主要探討黑棘蟻擇巢時是哪種職蟻對選巢有決定性。實驗方法相似，均依上述二之實驗通則規範，其主要變異差異列表如下：

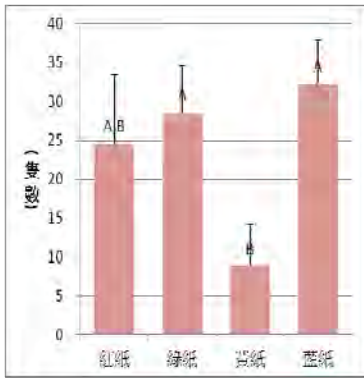
實驗項次及名稱	主要變異	裝置範例	每次實驗 黑棘蟻數量	討論
實驗(十三) 黑棘蟻遇到更好環境時是否會遷徙	1.先將蟻群(蟻后、工蟻和雄蟻)置入放有白色雲彩紙包覆離心管的收納箱中數天，使其入住。 2.數天後，放入黑色雲彩紙管巢，觀察其是否遷徙。	先放白色管巢使第一批職蟻入住 	蟻后：10 隻 雄蟻：10 隻 工蟻：100 隻	23 24 25
實驗(十四) 黑棘蟻遇到更好環境時是否會遷徙(先工蟻後蟻后)	1.先將工蟻置入放有白色雲彩紙包覆管巢的收納箱中數天，使其入住。 2.數天後，放入黑色雲彩紙管巢並置入蟻后，觀察其是否遷徙。	數天後再放入黑色管巢及第二批職蟻 	蟻后：10 隻 工蟻：100 隻	26 27
實驗(十五) 黑棘蟻遇到更好環境時是否會遷徙(純工蟻)	1.先將蟻群(僅有工蟻)置入放有白色雲彩紙包覆管巢的收納箱中數天，使其入住。 2.數天後，放入黑色雲彩紙管巢，觀察其是否遷徙。		工蟻：100 隻	28 29
實驗(十六) 黑棘蟻遇到更好環境時是否會遷徙(先蟻后後工蟻)	1.先將蟻群(僅有蟻后)置入放有白色雲彩紙包覆管巢的收納箱中數天，使其入住。 2.數天後，放入黑色雲彩紙管巢並置人工蟻，觀察其是否遷徙。		蟻后：10 隻 工蟻：100 隻	30
實驗(十七) 黑棘蟻蟻后是否有擇巢能力	1.先將蟻群(僅有蟻后)置入放有黑色雲彩紙包覆管巢的收納箱中數天，使其入住。		蟻后：10 隻	31



## 伍、研究結果

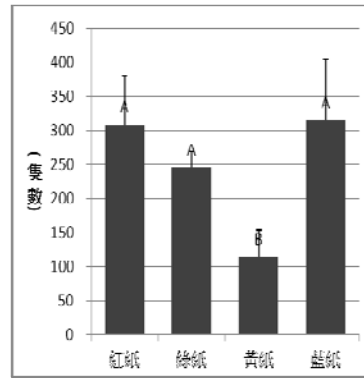
### 實驗(一) 黑棘蟻對管巢外觀顏色選擇試驗

1. 實驗結果顯示無論何種職蟻，黃色管巢入住率低於其他顏色，有顯著差異(圖十一、十二、十三、十四)。
2. 實驗後期使用光照度測量儀器後，測量各管巢光度(表一)，並推測光照度與黑棘蟻擇巢入住率關係如(圖十五)



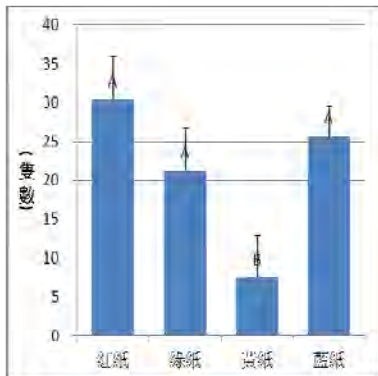
ANOVA  
P<0.05

圖十一 蟻后對不同顏色外觀管巢喜好選擇平均數量長條圖



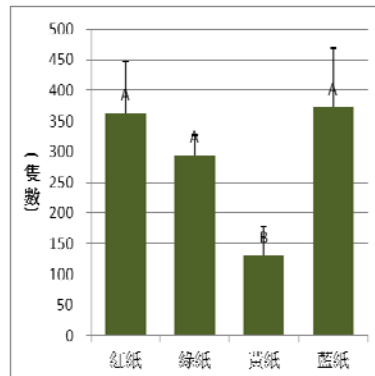
ANOVA  
P<0.05

圖十二 工蟻對不同顏色外觀管巢喜好選擇平均數量長條圖



ANOVA  
P<0.05

圖十三 雄蟻對不同顏色外觀管巢喜好選擇平均數量長條圖

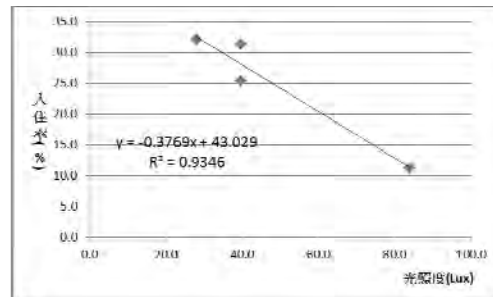


ANOVA  
P<0.05

圖十四 黑棘蟻對不同顏色外觀管巢喜好選擇平均數量長條圖

	光照度 Lux
黃雲彩紙	84
綠雲彩紙	39.67
紅雲彩紙	39.67
藍雲彩紙	28

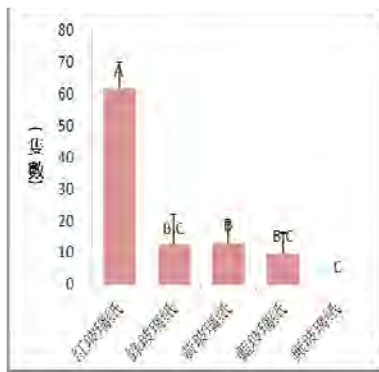
表一 不同顏色外觀管巢光照度(Lux)



圖十五 光照度與黑棘蟻擇巢入住率關係圖

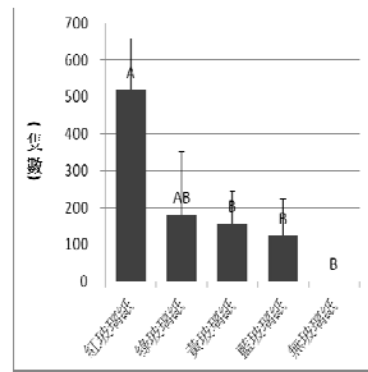
實驗(二)、黑棘蟻對管巢內部顏色之選擇試驗 (擁擠實驗)

1. 我們假設顏色愈深黑棘蟻入住率愈高，預測實驗結果應該是紅色>藍色>綠色>黃色，紅色玻璃紙管巢一如預期入住率最多(圖十六、十七、十八、十九)，結果顯示黃色與綠色管巢則無顯著差異。
2. 若依照黑棘蟻總數為：紅色玻璃紙>綠色玻璃紙>黃色玻璃紙>藍色玻璃紙>無玻璃紙，但若依照黑棘蟻選擇管巢數：紅色玻璃紙>黃色玻璃紙>綠色玻璃紙>藍色玻璃紙>無玻璃紙。



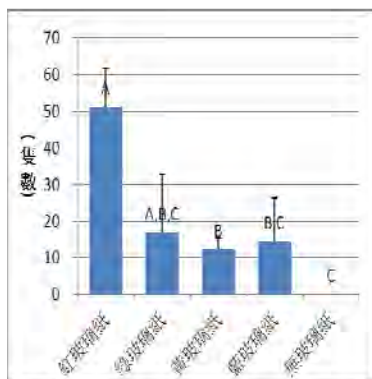
ANOVA  
P<0.05

圖十六  
蟻后對各色玻璃紙巢穴喜好選擇平均數量長條圖



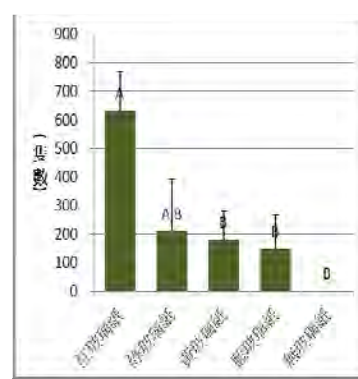
ANOVA  
P<0.05

圖十七  
工蟻對各色玻璃紙巢穴喜好選擇平均數量長條圖



ANOVA  
P<0.05

圖十八  
雄蟻對各色玻璃紙巢穴喜好選擇平均數量長條圖

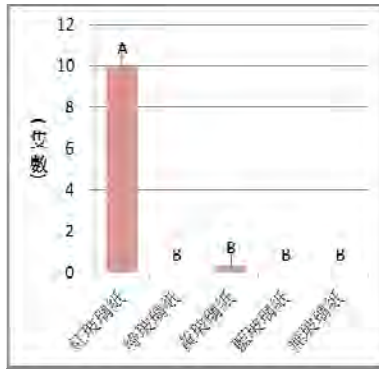


ANOVA  
P<0.05

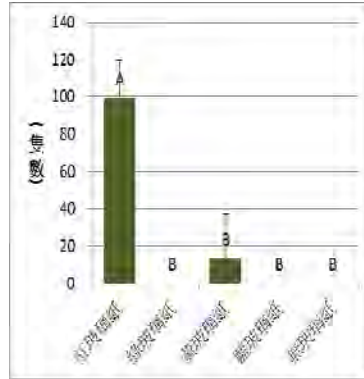
圖十九  
黑棘蟻對各色玻璃紙巢穴喜好選擇平均數量長條圖

實驗(三)、黑棘蟻對管巢內部顏色之選擇 (寬鬆實驗)

1. 我們覺得實驗(二)的蟻群可能太擁擠，而導致蟻群會有所排擠，所以住進其他顏色可能是不得已的選擇，我們預測 120 隻的實驗結果會與實驗(二)的 1200 隻不同，多數黑棘蟻會集中在紅色。
2. 紅色玻璃紙管巢一如預期入住率最多，但綠色玻璃紙管巢內隻數顯著減少(圖廿一、廿二、廿三、廿四)，與假設相同。



ANOVA  
P<0.05



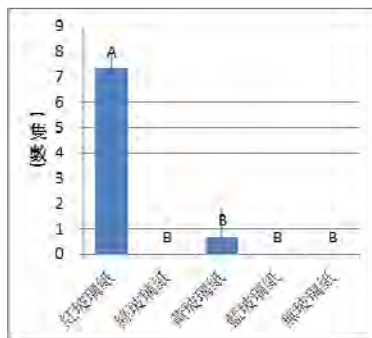
ANOVA  
P<0.05

圖-廿

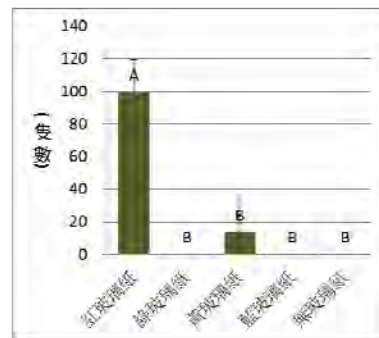
寬鬆實驗中蟻后對各色玻璃紙巢穴喜好選擇平均數量長條圖

圖廿一

寬鬆實驗中工蟻對各色玻璃紙巢穴喜好選擇平均數量長條圖



ANOVA  
P<0.05



ANOVA  
P<0.05

圖廿二

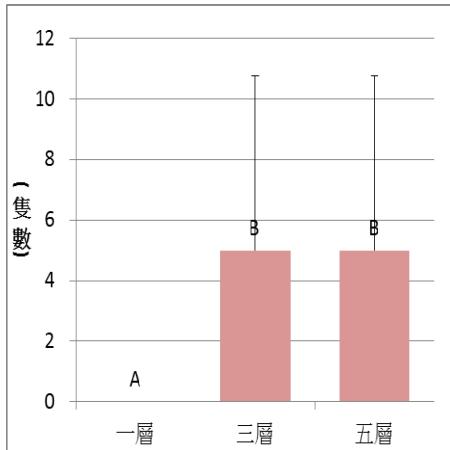
寬鬆實驗中雄蟻對各色玻璃紙巢穴喜好選擇平均數量長條圖

圖廿三

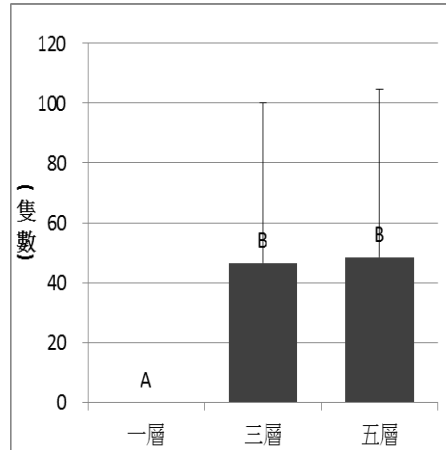
寬鬆實驗中黑棘蟻對各色玻璃紙巢穴喜好選擇平均數量長條圖

實驗(四)、黑棘蟻對管巢內部光線的強弱之選擇

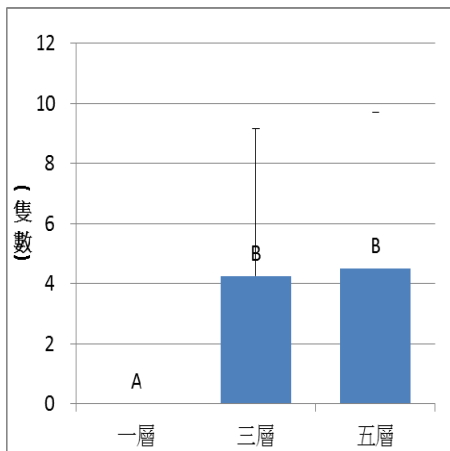
1. 在實驗(二)、實驗(三)的結果中，我們考慮紅色光可能原本就很喜歡，在此實驗結果可能無差異，所以選擇數量其次的黃色。
2. 在實驗前我們假設光線愈弱黑棘蟻愈喜歡，預測包五層玻璃紙的管中黑棘蟻的數量應該會最多，但結果三層和五層的數量相近(圖廿四、廿五、廿六、廿七)。



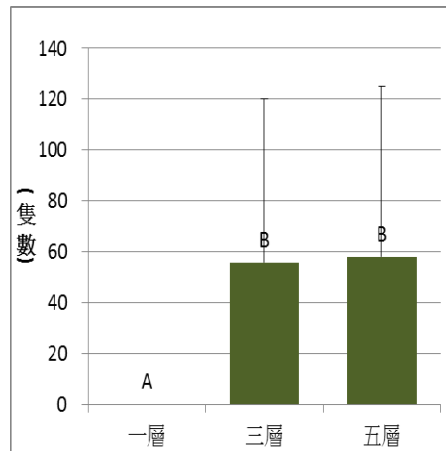
圖廿四  
蟻后對黃色玻璃紙層數之巢穴喜好選擇  
平均數量長條圖



圖廿五  
工蟻對黃色玻璃紙層數之巢穴喜好選擇  
平均數量長條圖



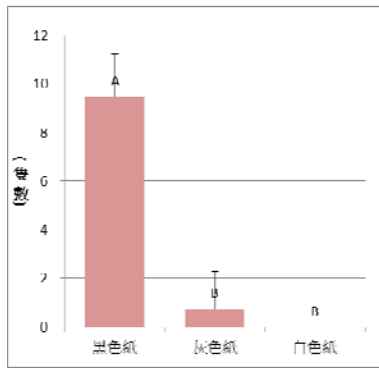
圖廿六  
雄蟻對黃色玻璃紙層數之巢穴喜好選擇  
平均數量長條圖



圖廿七  
黑棘蟻對各黃色玻璃紙層數之巢穴喜好  
選擇平均數量長條圖

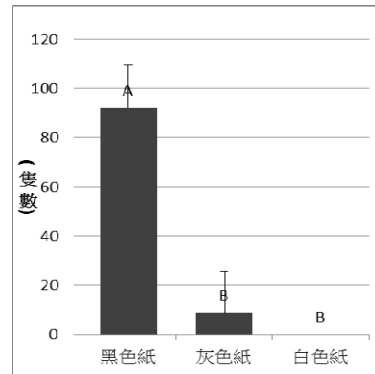
實驗(五)、黑棘蟻對管巢外觀遮光度之選擇

1. 為確認實驗(一)黑棘蟻的選擇是基於明暗度而非顏色，我們預測遮光度愈大黑棘蟻數愈多，所以黑色管中會最多，我們設計了實驗(五)：黑棘蟻對管巢外觀遮光度之選擇，預測黑棘蟻數量黑色管巢>灰色管巢>白色管巢，結果（如圖廿八~圖三十一）是黑色管巢>灰色管巢>白色管巢。



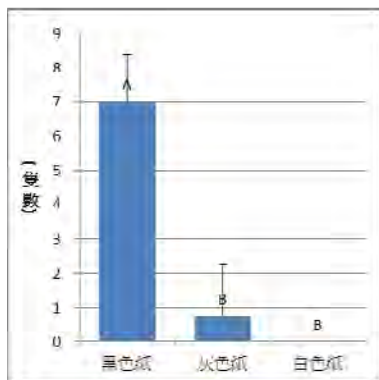
ANOVA  
P<0.05

圖廿八  
蟻后對黑灰白色紙巢穴喜好選擇平均數量長條圖



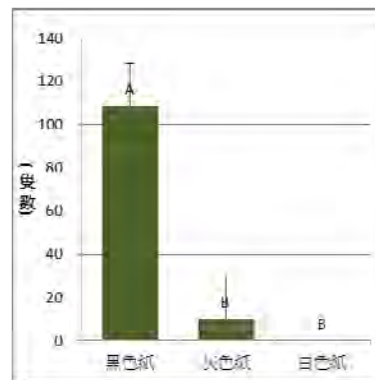
ANOVA  
P<0.05

圖廿九  
工蟻對黑灰白色紙巢穴喜好選擇平均數量長條圖



ANOVA  
P<0.05

圖三十  
雄蟻對黑灰白色紙巢穴喜好選擇平均數量長條圖

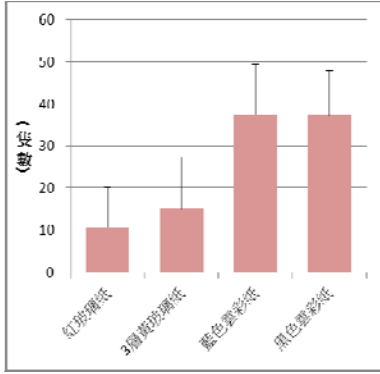


ANOVA  
P<0.05

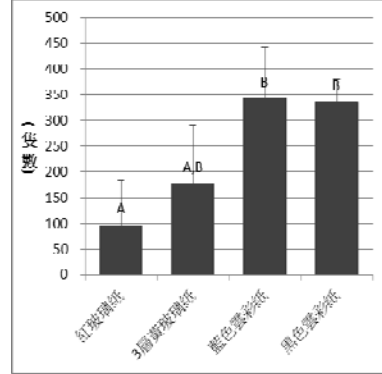
圖三十一  
黑棘蟻對黑灰白色紙巢穴喜好選擇平均數量長條圖

實驗(六)、黑棘蟻選擇管巢入住率與光照度之關係

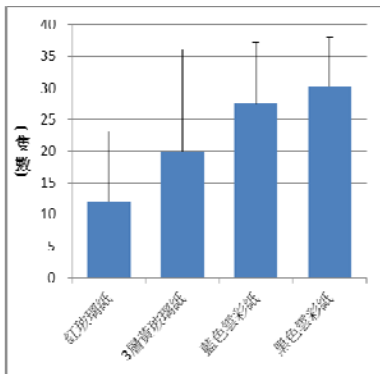
1. 在做完實驗(一)(二)(三)(四)(五)後，我們得到了各變因中蟻群入住率最高的管巢，但我們希望比較這四個較佳管巢中，哪一個是黑棘蟻最喜愛的，所以我們設計了實驗(六)。
2. 結果顯示黑色與藍色雲彩紙入住螞蟻數最多(圖三十二、三十三、三十四、三十五)，但蟻后和雄蟻各變異之間無顯著差異。
3. 將各管巢照度與入住率繪製關係圖，顯示管巢隨著照度下降，入住率提高。



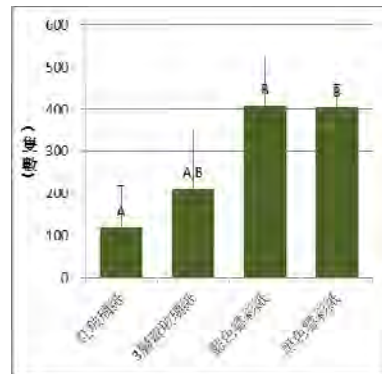
圖三十二 蟻后對各試驗中蟻群入住率最高的管巢喜好選擇平均數量長條圖



圖三十三 工蟻對各試驗中蟻群入住率最高的管巢喜好選擇平均數量長條圖



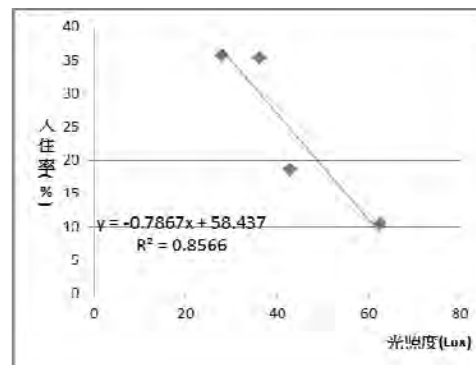
圖三十四 雄蟻對各試驗中蟻群入住率最高的管巢喜好選擇平均數量長條圖



圖三十五 黑棘蟻對各試驗中蟻群入住率最高的管巢喜好選擇平均數量長條圖

	入住率%	光照度 Lux
3層黃玻璃紙	10.44	62.67
紅玻璃紙	18.58	43.00
黑色雲彩紙	35.71	36.33
藍色雲彩紙	35.27	28.00

表二 實驗(六)中各不同管巢光照度(Lux)



圖三十六 實驗(六)中各管巢照度與入住率關係圖

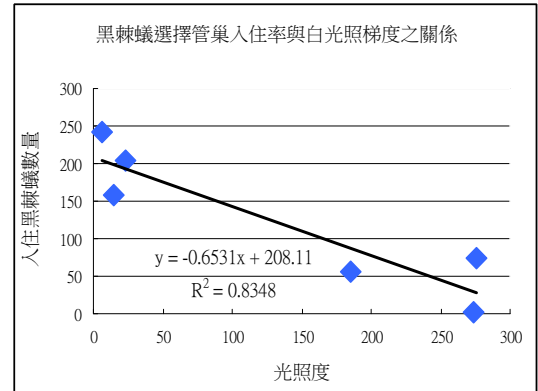
### 實驗(七)、黑棘蟻選擇管巢入住率與墨汁水槽製造光照梯度之關係

1. 由以上所有實驗，皆指向黑棘蟻選擇巢穴時均以暗度考量，為確認其關係並將其量化，我們製作稀釋墨汁的水槽置於以黑色噴漆塗黑之收納箱內，以 LED 燈作為唯一光源(減少外來光源干擾)，期待能找出光照度與入住率關係式。
2. 實驗結果明確指出，照度越低，黑棘蟻入住機率愈高(圖三十七)，以二次重複數據分析其關係式，如圖三十八所示。



圖三十七

實驗結果明確指出，照度越低，黑棘蟻入住機率愈高

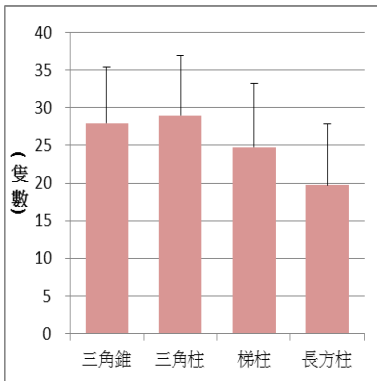


圖三十八

墨汁水槽製造光照梯度與黑棘蟻選擇管巢入住率之關係

實驗(八)、黑棘蟻對不同巢穴形狀之選擇

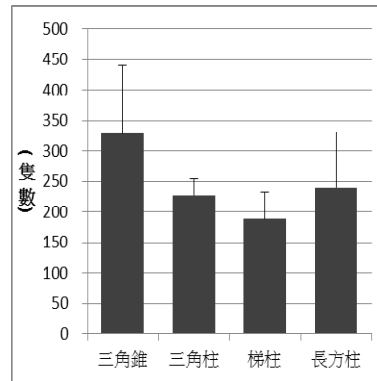
1. 在找出黑棘蟻喜愛的顏色、光線、明暗度後，接著我們想找出巢穴的形狀與黑棘蟻入住率關係。選擇兩側大於 90 度的梯形柱、等於 90 度的長方柱、小於 90 度的三角柱還有尾端尖的三角錐，並把四種巢設計成相同體積。
2. 在巢穴形狀實驗中，結果為四種形狀無太大差異(圖三十九、四十、四十一、四十二)，我們推測只要巢的空間相同，黑棘蟻對於巢的形狀無特別喜愛。



**P = 0.39886**

圖三十九

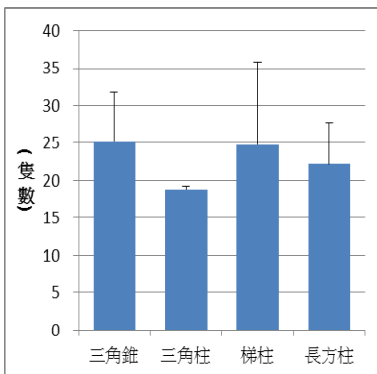
蟻后對不同形狀紙巢穴喜好選擇平均數量長條圖



**P = 0.1201**

圖四十

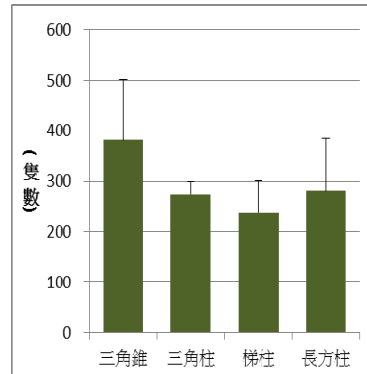
工蟻對不同形狀紙巢穴喜好選擇平均數量長條圖



**P = 0.56041**

圖四十一

雄蟻對不同形狀紙巢穴喜好選擇平均數量長條圖



**P = 0.1627**

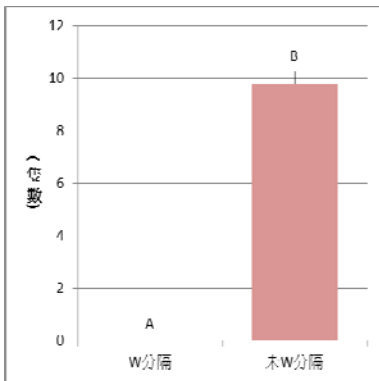
圖四十二

黑棘蟻對不同形狀紙巢穴喜好選擇平均數量長條圖



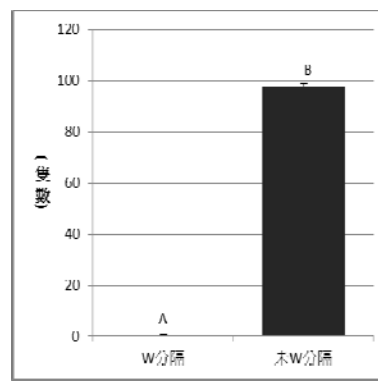
實驗(九)、黑棘蟻對巢穴分隔喜好之選擇

- 實驗(八)結果中，發現形狀不是黑棘蟻選擇的因素，我們設計了實驗(九)，在相同空間中，以分隔製造出巢內部的寬敞與狹窄之差異，實驗結果為未分隔明顯多餘分隔(圖四十三、圖四十四、圖四十五、圖四十六)。



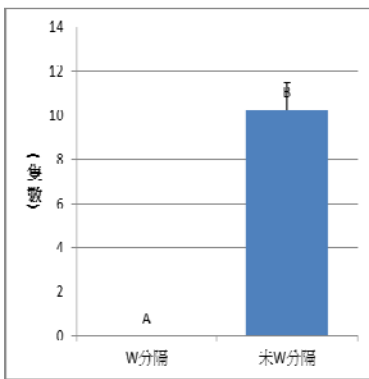
圖四十三

蟻后對紙巢穴分隔喜好選擇平均數量長條圖



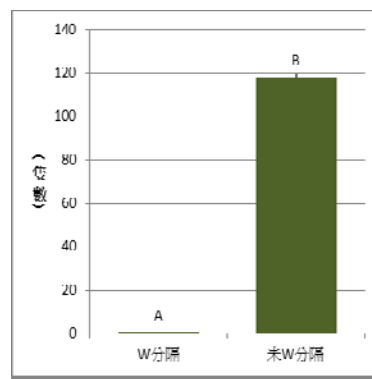
圖四十四

工蟻對紙巢穴分隔喜好選擇平均數量長條圖



圖四十五

雄蟻對紙巢穴分隔喜好選擇平均數量長條圖

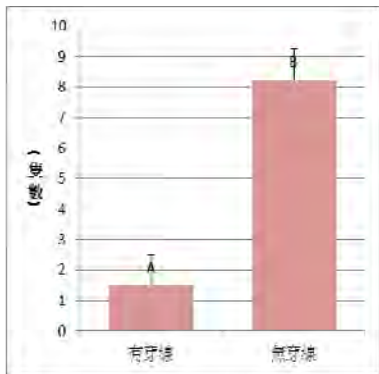


圖四十六

黑棘蟻對紙巢穴分隔喜好選擇平均數量長條圖

實驗(十)、黑棘蟻對巢穴內部穿線阻隔之選擇

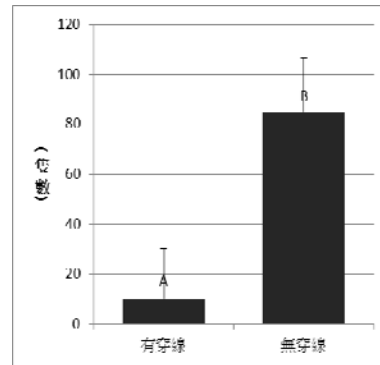
1. 觀察野生黑棘蟻巢常構築於草叢間，巢內有許多草枝穿隔，所以我們假設黑棘蟻喜歡巢內有穿線，預測實驗結果為：有穿線入住率>無穿線入住率。
2. 實驗結果為無穿線蟻數多於有穿線(圖四十七、圖四十八、圖四十九、圖五十)。



ANOVA  
P<0.05

圖四十七

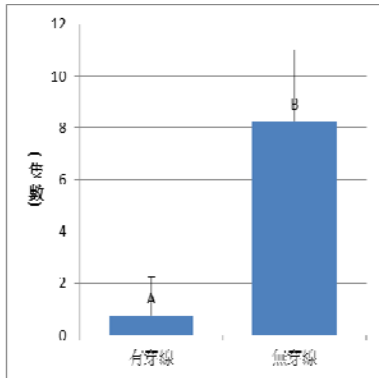
蟻后對紙巢穴穿線阻隔喜好選擇平均數量長條圖



ANOVA  
P<0.05

圖四十八

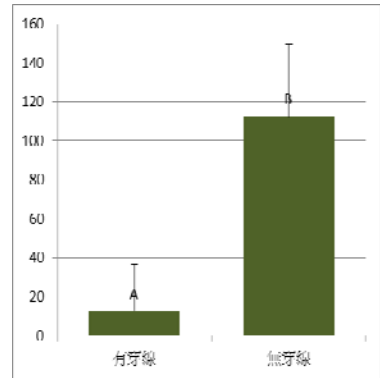
工蟻對紙巢穴穿線阻隔喜好選擇平均數量長條圖



ANOVA  
P<0.05

圖四十九

雄蟻對紙巢穴穿線阻隔喜好選擇平均數量長條圖



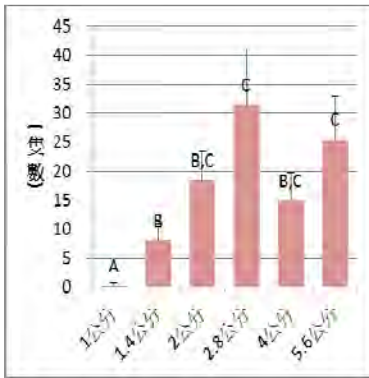
ANOVA  
P<0.05

圖五十

黑棘蟻對紙巢穴穿線阻隔喜好選擇平均數量長條圖

實驗(十一)、黑棘蟻對不同寬度的巢之選擇

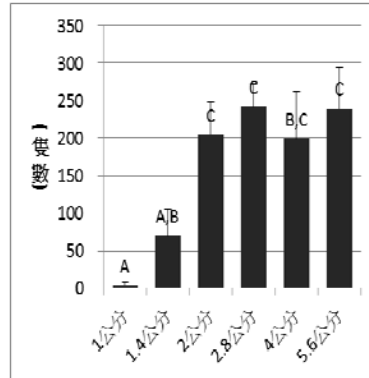
1. 我們以正三角形寬度分別為 1 公分、1.4 公分、2 公分、2.8 公分、4 公分、5.6 公分，而體積等倍放大的三角柱進行實驗，結果如(圖五十一~圖五十四)。
2. 實驗結果約在寬度 2 公分的巢穴，黑棘蟻密度為最大值(表三、圖五十五)，此應為黑棘蟻選擇巢穴寬度的最佳效益(人工巢穴成本與族群密度比值)。



ANOVA  
P<0.05

圖五十一

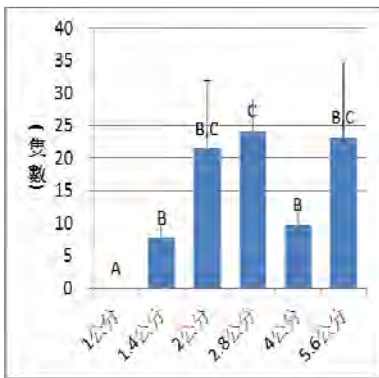
蟻后對不同紙巢寬度喜好選擇平均數量長條圖



ANOVA  
P<0.05

圖五十二

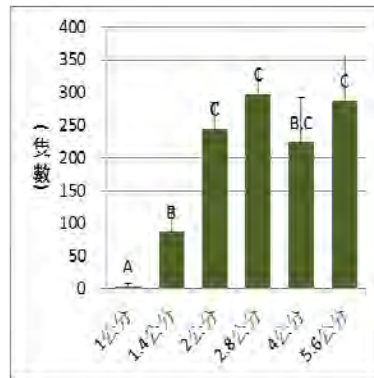
工蟻對不同紙巢寬度喜好選擇平均數量長條圖



ANOVA  
P<0.05

圖五十三

雄蟻對不同紙巢寬度喜好選擇平均數量長條圖



ANOVA  
P<0.05

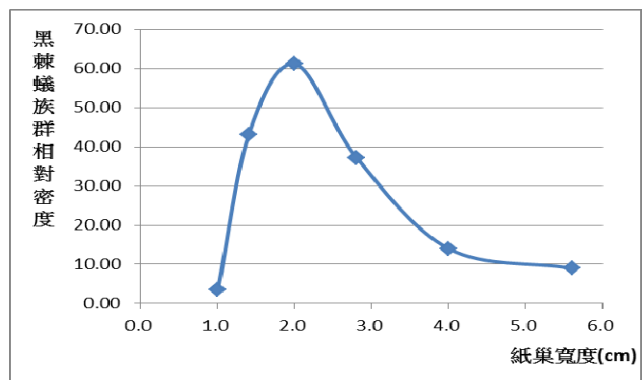
圖五十四

黑棘蟻對不同紙巢寬度喜好選擇平均數量長條圖

邊長(cm)	體積(倍)	個體數	密度
1 cm	1.0	3.5	3.5
1.4 cm	2.0	86.0	43.0
2 cm	4.0	244.5	61.1
2.8 cm	8.0	297.8	37.2
4 cm	16.0	223.3	14.0
5.6 cm	32.0	288.0	9.0

表三

不同紙巢寬度與黑棘蟻族群密度關係表

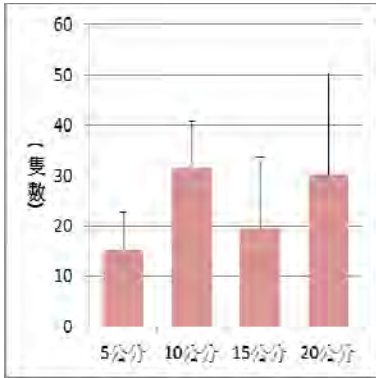


圖五十五

不同紙巢寬度與黑棘蟻族群密度關係圖

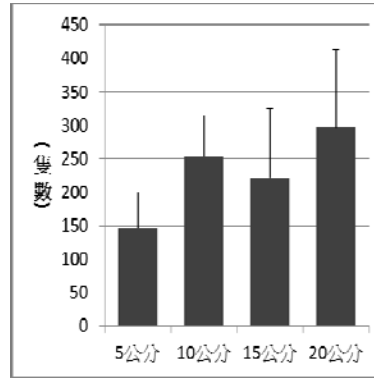
實驗(十二)、黑棘蟻對不同長度的巢之選擇

1. 我們以底面為 2.8 公分寬的正三角形，長度分別為 5、10、15、20 公分(體積等倍放大)的三角柱進行實驗。實驗結果黑棘蟻數量隨長度而增加(圖五十六、圖五十七、圖五十八、圖五十九)，但經迴歸分析(圖六十)，可知 18~20 公分以後可能增加不多。
2. 理論極值出現在 18 公分。分析其長度與族群密度之關係如表四，發現隨巢穴長度增加族群密度下降(即長度效益下降)(圖六十一)。



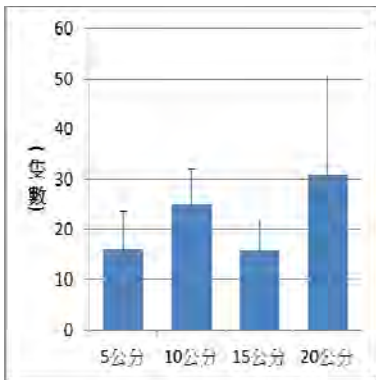
圖五十六

蟻后對不同紙巢長度喜好選擇平均數量長條圖



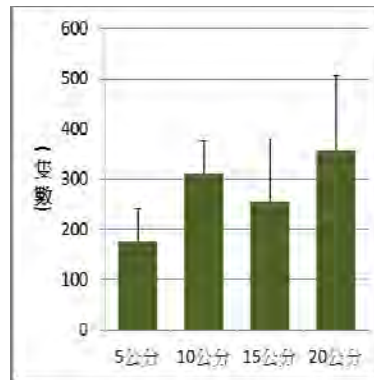
圖五十七

工蟻對不同紙巢長度喜好選擇平均數量長條圖



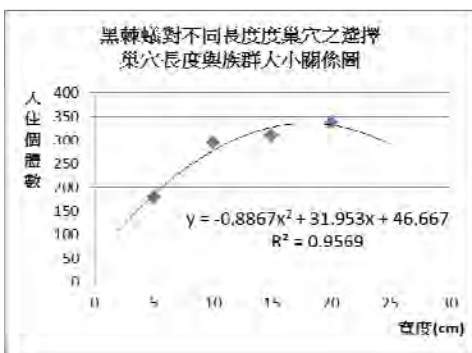
圖五十八

雄蟻對不同紙巢長度喜好選擇平均數量長條圖



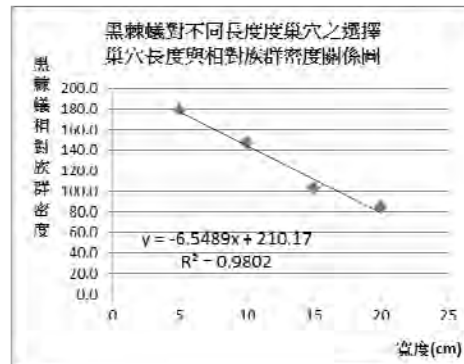
圖五十九

黑棘蟻對不同紙巢長度喜好選擇平均數量長條圖



圖六十

不同紙巢長度與黑棘蟻族群數量關係圖



圖六十一

不同紙巢長度與黑棘蟻族群密度關係圖

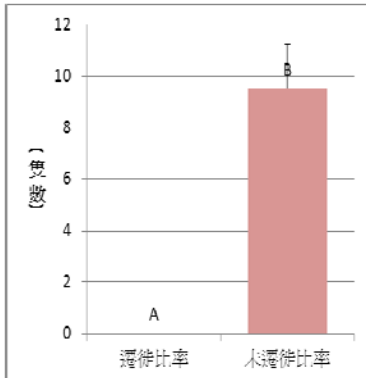
長度(cm)	體積(倍)	個體數	相對密度
5	1.0	178.7	178.7
10	2.0	294.3	147.2
15	3.0	309.7	103.2
20	4.0	336.7	84.2

表四

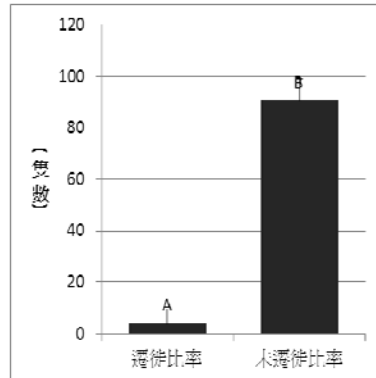
不同紙巢長度與黑棘蟻族群密度關係表

實驗(十三) 黑棘蟻遇到更好環境時是否會遷徙

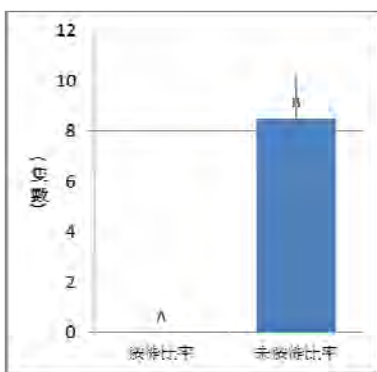
1. 原本預期如果黑棘蟻對巢穴選擇有偏好，當更好巢穴出現時應該會遷徙到更好的巢穴裡。
2. 實驗結果與假設並不相符(圖六十二、圖六十三、圖六十四、圖六十五)，我們推測黑棘蟻在決定其所喜愛的巢穴之後，儘管有條件更好的巢穴，黑棘蟻也不會輕易的遷移進去。
3. 此實驗設計為工蟻與蟻后同時放入，而實驗結果是當黑棘蟻遇到更好環境時並不會輕易遷巢。為進一步探討工蟻與蟻后是否會互相影響遷巢決定？巢穴是由工蟻或是由蟻后選擇的？因此設計了實驗(十四)~(十七)這一系列的實驗。



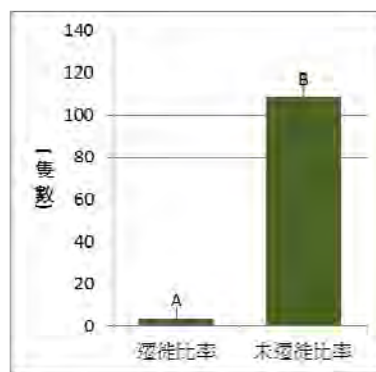
圖六十二  
蟻后對巢穴遷徙比率平均數量長條圖



圖六十三  
工蟻對巢穴遷徙比率平均數量長條圖



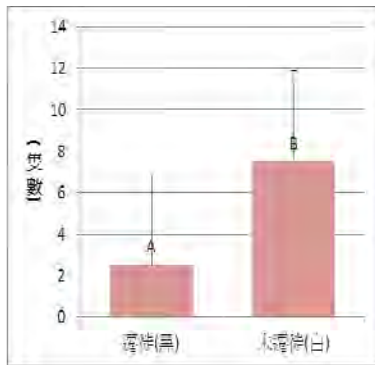
圖六十四  
雄蟻對巢穴遷徙比率平均數量長條圖



圖六十五  
黑棘蟻對巢穴遷徙比率平均數量長條圖

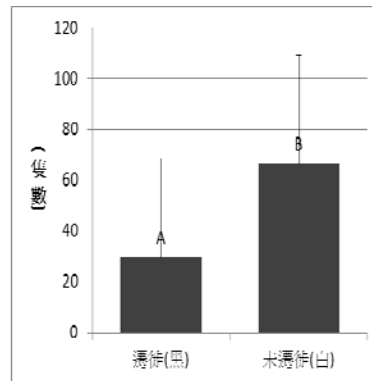
實驗(十四) 黑棘蟻遇到更好環境時是否會遷徙 (先工蟻後蟻后)

1. 實驗結果為(圖六十六、圖六十七、圖六十八、圖六十九)工蟻確實都已經入住白色管巢中，此部分結果與實驗(十三)相同，再加入蟻后與黑色管巢後，約有 1/3 的黑棘蟻遷入黑色管巢中。



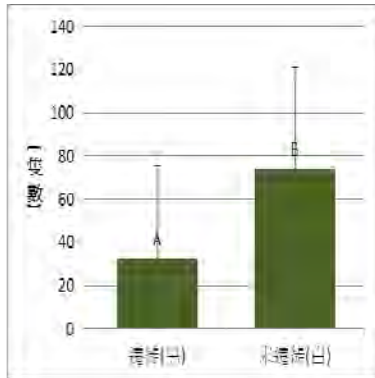
ANOVA  
P>0.05

圖六十六  
蟻后面臨良好環境(黑色管巢)與白色管巢  
加穩定工蟻族群之選擇關係



ANOVA  
P>0.05

圖六十七  
工蟻面臨良好環境(黑色管巢)與白色管巢  
加新進蟻后之選擇關係

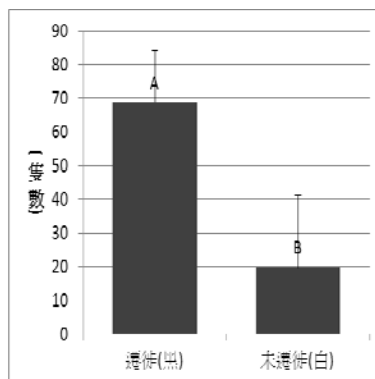


ANOVA  
P>0.05

圖六十八  
黑棘蟻遇到更好環境時是否會遷徙 (先工蟻後蟻后)

實驗(十五) 純工蟻(缺乏蟻后、雄蟻) 黑棘蟻族群遇到更好環境時是否會遷徙

1. 結果顯示(圖六十九)，只有工蟻時，即使是環境不好的巢穴，工蟻也會入住，但只要有更好環境的巢出現，工蟻就會搬進去。此與實驗(十三)的實驗結果不同，其顯示了工蟻不具有居住慣性，但工蟻會受到蟻后的影響而不遷徙。

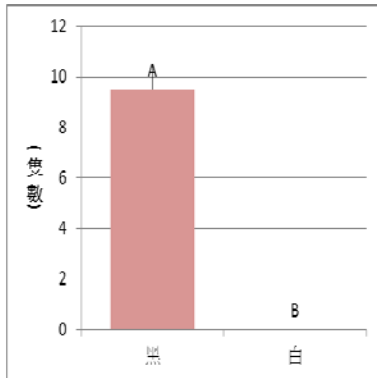


ANOVA  
P<0.05

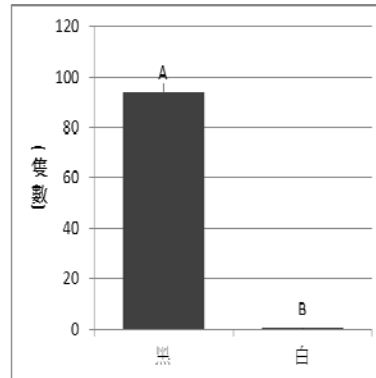
圖六十九  
工蟻遇到更好環境時是否會遷徙

實驗(十六) 黑棘蟻遇到更好環境時是否會遷徙 (先蟻后後工蟻)

1. 本實驗目的仿照實驗(十四)，角色互換，讓工蟻面臨兩難。但實驗結果(圖七十、圖七十一、圖七十二)，歷經兩天試驗沒有任何一隻的蟻后進入白色管巢，但是當再加入工蟻與黑色管巢後，全部的黑棘蟻都進入了黑色管巢內。



ANOVA  
P<0.05



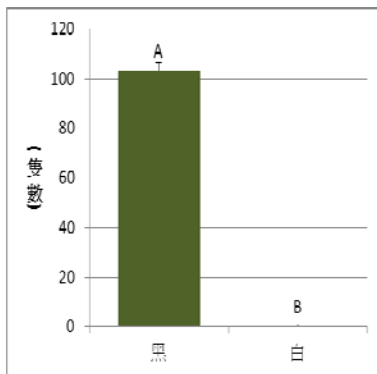
ANOVA  
P<0.05

圖七十

蟻后遇到更好環境時是否會遷徙 (先蟻后後工蟻)

圖七十一

工蟻遇到更好環境時是否會遷徙 (先蟻后後工蟻)



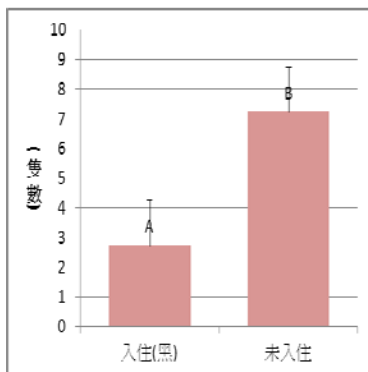
ANOVA  
P<0.05

圖七十二

黑棘蟻遇到更好環境時是否會遷徙 (先蟻后後工蟻)

實驗(十七) 黑棘蟻蟻后是否有擇巢能力

1. 此結果顯示(圖七十三)，蟻后遇到環境良好的巢穴時，有機會搬進去，但環境惡劣的巢穴蟻后不會主動入住。結果顯示，總共 40 隻蟻后中，只有 11 隻有進入管巢中，顯示蟻后的對於遷入巢穴的執行力非常低。



ANOVA  
P<0.05

圖七十三

蟻后是否入住黑巢結果長條圖

## 陸、討論

### 實驗(一) 黑棘蟻對管巢外觀顏色之選擇

1. 實驗之初的假設認為管巢外觀顏色對黑棘蟻選擇有相關，但經後續實驗比對後證實影響黑棘蟻選擇巢的主因並非顏色，而是光線遮蔽度。
2. 在實驗(一)中觀察發現，黑棘蟻喜歡在光度較低的巢穴中。但我們懷疑內部光色及光照度也會影響其選擇，所以而我們繼續做了巢內部顏色之選擇和管巢外觀遮光度之選擇的實驗。

### 實驗(二) 黑棘蟻對管巢內部顏色之選擇 (擁擠實驗)

3. 推測黑棘蟻選擇巢穴時應該與巢內光波段有關，波長愈長，黑棘蟻的喜好度愈高。
4. 而綠色管巢雖然個體數多於黃色管巢，但族群數則以黃色較多，可能是剛好有較大族群入住綠色管巢所致。
5. 為確認入住綠色管巢之族群是否因過度擁擠而被排擠，我們設計實驗(三)：數量減少之寬鬆實驗，以確認此假設是正確。

### 實驗(三) 黑棘蟻對管巢內部顏色之選擇 (寬鬆實驗)。

6. 依據實驗(三)證明實驗(二)入住綠色管巢之族群是因過度擁擠而被排擠。
7. 依據實驗數據以數量和管巢數來說，黑棘蟻不是單一喜歡紅色，而我們推論是光線波長愈長的環境黑棘蟻愈喜歡築巢，原因可能是因為膜翅目昆蟲的視細胞缺乏紅色感光能力(及紅色盲)，故紅光對黑棘蟻是黑暗，黃色對黑棘蟻是暗綠色，所以我們認為灰暗是其擇巢重要因素。

### 實驗(四) 黑棘蟻對管巢內部光線的強弱之選擇

8. 為確認實驗(一)黑棘蟻的選擇是基於明暗度而非顏色，我們設計了實驗(四)：黑棘蟻對管巢內部光線的強弱之選擇。
9. 結果三層和五層的數量相近，因此推論在三層玻璃紙暗度對黑棘蟻已經足夠。
10. 本實驗充分證明巢內暗度才是黑棘蟻擇巢之主因，為要更嚴謹，我們改良本實驗建立較精細之光照梯度變化，設計實驗(七)：利用三角形水槽裝入稀釋墨汁以達遮光功能，取代以玻璃紙層數變化改變光照度之實驗。

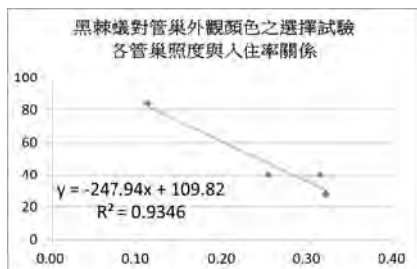
### 實驗(五) 黑棘蟻對管巢外觀遮光度之選擇

11. 在此實驗中，我們發現黑棘蟻都集中在黑色中，所以內部光線的明暗是黑棘蟻選擇環境的關鍵。綜合實驗(二) 實驗(三)、實驗(四)、實驗(五)的結果，我們確認顏色波長和暗度是其選擇巢的重要因素。

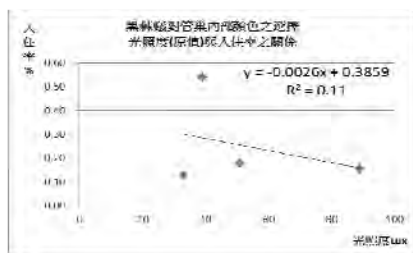


實驗(六) 黑棘蟻選擇管巢入住率與光照度之關係

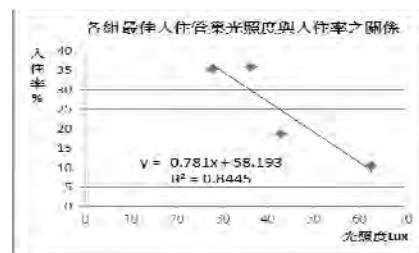
12. 測量各色管巢光照度與黑棘蟻擇巢入住率比較，關係如圖七十四、圖七十五、圖七十六，均顯示出光照度愈低入住率愈高。但三組為三次不同實驗，黑棘蟻並非同時空選擇，無法合併計算相關係數。



圖七十四  
各色雲彩紙入住率與管內光照度關係圖



圖七十五  
各色玻璃紙入住率與管內光照度關係圖



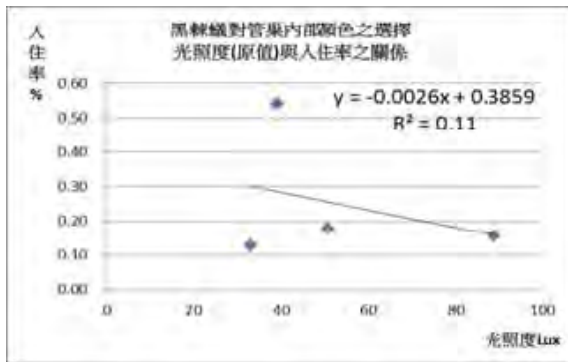
圖七十六  
各組最佳入住率與管內光照度關係圖

13. 相較之下，玻璃紙的管巢試驗所測得照度與入住率相關性最低(圖七十七)，推測是因為照度計所測得照度為人眼視覺，但螞蟻視覺為紅色盲。故將光譜儀中高於 600nm 波長之照度剔除，以更接近螞蟻視覺，所得關係如圖七十八。雖然去除紅光波段後所得關係提高，但相關性仍低，主要是藍色玻璃紙管巢入住率低於其照度期望值，而螞蟻對藍、紫光又比人類敏感，尤其是膜翅目具有紫外光受器(視細胞)。若能加入紫外光波段之照度，應該可以更貼近入住率之關係。但因礙於量測工具不足，未能加入紫外光參數，目前已找到並商借相關量測工具，但因儀器仍於工研院排隊校正中，期望未來新儀器加入，能更明確掌握光線與入住率關係。

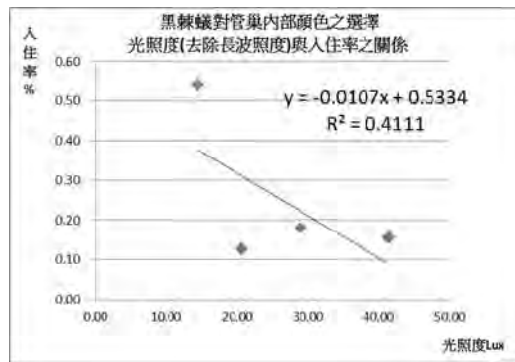
14. 由表三可觀察，藍色管巢雖然照度不高，入住率卻比高照度的其他巢低，推測紫外光對黑棘蟻應有極重要影響，應是未來實驗應著重方向。

	照度	去紅光照度	入住率
黃玻璃紙	89	41.37	0.15
綠玻璃紙	51	28.97	0.18
藍玻璃紙	33	20.69	0.13
紅玻璃紙	39	14.52	0.54

表八  
各色玻璃紙管巢原始內部照度，與入住率比較



圖七十七  
黑棘蟻對管巢內部顏色之選擇光照度(原  
值)與入住率關係圖



圖七十八  
黑棘蟻對管巢內部顏色之選擇光照度(去  
除長波照度)與入住率關係圖

#### 實驗(七) 黑棘蟻選擇管巢入住率與墨汁水槽製造光照梯度之關係

15. 綜合以上所有實驗，皆指向黑棘蟻選擇巢穴時均以暗度考量，為確認其關係並將其量化，我們製作稀釋的墨汁水槽至於以黑測噴漆塗黑之收納箱內，必以 LED 燈作為唯一光源，期待能找出光照度與入住率關係式。但因水槽漏水、黑棘蟻會選擇不住、或躲到 LED 燈後方等干擾，實驗並不順利；雖然一一尋找技巧克服(例如以牙膏封住往燈光後方的路徑)，但仍未能如期完成所有重複試驗。

#### 實驗(八) 黑棘蟻對不同巢穴形狀之選擇

16. 黑棘蟻對不同巢穴之選擇實驗中，我們選擇使用棕色雲彩紙作為四種不同形狀紙巢的顏色，原因是以黑棘蟻原本野外巢穴即為棕色。在巢穴形狀實驗中，結果為四種形狀無太大差異，我們推測只要巢的空間相同，黑棘蟻對於巢的形狀無特別喜愛。

#### 實驗(九) 黑棘蟻對巢穴分隔喜好之選擇

17. 我們假設黑棘蟻喜歡巢穴內部狹窄，而預測實驗結果會是分隔大於未分隔，但實驗結果與此預測不完全相符。實驗結果為未分隔明顯多餘分隔。推測可能是因分隔造成內部空間太過狹窄。為釐清本問題，於是設計實驗(十一)：黑棘蟻對不同寬度巢穴之選擇。

#### 實驗(十) 黑棘蟻對巢穴穿線喜好之選擇

18. 實驗結果為無穿線巢穴之蟻數多於有穿線巢穴。我們認為應該是黑棘蟻不喜歡進入有阻礙的巢穴，所以不喜歡巢穴內部有穿線，但若改變穿線為平行方向，則有待確認。

#### 實驗(十一) 黑棘蟻對不同寬度巢穴之選擇

19. 我們假設對黑棘蟻而言，巢穴寬度太小會不利於進出，巢穴寬度太大會影響族群群聚，所以應該有一定範圍寬度值適合人工巢穴。
20. 實驗結果與我們預測相符，約在寬度 2 公分的巢穴，黑棘蟻密度為最大值，此應為黑棘蟻選擇巢穴寬度的最佳效益(人工巢穴成本與族群密度比值)。故建議人工巢穴寬度約以此範圍為佳。

#### 實驗(十二) 黑棘蟻對不同長的巢之選擇

21. 基於實驗(十一)的實驗結果，我們也假設人工黑棘蟻巢長度應有最佳效益長度。
22. 理論極值出現在 18 公分，但 18 公分的人工巢穴攜帶未必方便，並分析其長度與族群密度之關係如下表，發現隨巢穴長度增加族群密度下降(即長度效益下降)。故建議使用人工管巢可以長度決定族群總量，例如:需要黑棘蟻 200 隻/巢，應使用長度為 5 公分之人工管巢，若希望黑棘蟻 300 隻/巢，應使用長度為 10 公分以上之人工管巢。

#### 實驗(十三) 黑棘蟻遇到更好環境時是否會遷徙

23. 因實驗的目的在野放黑棘蟻以便與入侵紅火蟻競爭，所以設計以下一系列時驗，目的在確認黑棘蟻發現更好的巢穴之情形下，黑棘蟻是否會遷移到條件更好的巢穴裡。
24. 原本預期如果黑棘蟻對巢穴選擇有偏好，當更好巢穴出現時應該會遷徙到更好的巢穴裡。但實驗結果與假設並不相符。結果顯示在 12 根管巢(4 重複，每次重複均 3 根)只有 1 管有遷徙進入較佳環境，而其它 11 管並未遷移，我們推測為求族群穩定，黑棘蟻在決定巢穴之後，儘管有條件更好的巢穴，黑棘蟻也不會輕易的遷移進去。
25. 故若要實際野放黑棘蟻之臨時巢穴，務必選擇快速瓦解之材質，以避免其居住慣性影響防治效益。

#### 實驗(十四) 黑棘蟻遇到更好環境時是否會遷徙 (先工蟻後蟻后)

26. 實驗(五)得知黑棘蟻喜好黑色管巢；實驗(十三)得知黑棘蟻不隨便遷徙。若所有職蟻具有一致性，本實驗創造這兩者衝突，以觀察何種職蟻對擇巢較具決定性。蟻后將面臨穩定工蟻族群與較佳居住環境之衝突。假設蟻后具有絕對影響力並選擇黑巢，則工蟻應受蟻后影響而遷巢；若蟻后遷就工蟻族群放棄黑巢，則顯示其影響力有限。
27. 觀察及結果顯示，工蟻會強拉蟻后進入原本已經入住的白色管巢中，但有部份也會受到蟻后的決策而進入黑色管巢中。

#### 實驗(十五) 純工蟻(缺乏蟻后、雄蟻)黑棘蟻族群遇到更好環境時是否會遷徙

28. 實驗(十四)的結果，無法明確由數據得知是工蟻遷就蟻后或相反。所以設計實驗(十五)蟻確認沒有蟻后情形下，工蟻是否見異思遷。此實驗結果，一開始工蟻都會住進白色管巢內，其後加入黑色管巢之後，仍有遷徙的現象。只有工蟻時，即使是環境不好的巢穴，工蟻也會入住，但只要有更好環境的巢出現，工蟻就會搬進去。
29. 此與實驗(十三)的實驗結果不同，其顯示了工蟻不具有居住慣性，但工蟻會受到蟻后的居住慣性影響而不遷徙。

#### 實驗(十六) 黑棘蟻遇到更好環境時是否會遷徙 (先蟻后後工蟻)

30. 由實驗兩天蟻后皆不入巢與根據實驗(十四)~(十六)結果，都一致顯示工蟻對擇巢較具有主動明確的行動，但實驗(十三)結果(不遷徙)顯然不同，蟻后究竟是無擇巢能力或是面對較差的環境(白色管巢)不願屈就？設計實驗(十七)以求解答。

#### 實驗(十七) 黑棘蟻蟻后是否有擇巢能力

31. 蟻后對於巢穴有決策的能力，而工蟻具有執行能力。蟻后具有居住慣性，所以工蟻會遷就蟻后不隨意遷巢，對蟻后及工蟻的特性整理如表七。

	蟻后	工蟻
擇巢條件	嚴格， 擇木而棲型	簡單， 隨遇而安型
扮演角色	決策者	執行者
居住慣性	強	弱

表七

蟻后及工蟻的個性整理

## 柒、結論

- 一、根據實驗結果顯示，黑棘蟻選擇巢穴時首先考慮巢內明暗度，愈黑暗其喜好度愈高。
- 二、若巢穴有設計成透光需求時，應以紅光優先考慮，若無透光需求，則可直接使用黑色巢穴。若有融入周圍環境需求，棕色或綠色不透光紙材均可使用。
- 三、黑棘蟻選擇巢穴，長方柱、三角柱、梯形柱、三角錐皆無差異，而對蟻巢內部穿線與分隔也不是黑棘蟻所喜愛的環境。
- 四、人工巢穴建議以邊長 2 公分之三角柱最具效益兼具製作容易之優點，長度則視所需族群大小調整，但不宜太長，除攜帶不便之外，密度效益亦差。
- 五、整個黑棘蟻族群是具有很強烈的居住慣性的，這個居住慣性是來自於蟻后，蟻后對於巢穴具有選擇的能力，而工蟻扮演的角色是執行蟻后的選擇。
- 六、因為工蟻不具有居住慣性而蟻后会增加黑棘蟻族群的穩定，若實施野放時可能需等人工巢穴分解，黑棘蟻才會另行覓巢。若野放黑棘蟻的族群缺乏蟻后，可更快速遷徙，缺乏蟻后的黑棘蟻巢把火蟻驅離後無法繼續繁殖，可減少環境衝擊；但也可能因無蟻后維持族群而無法持續競爭力，失去生態防治之功效。
- 七、本實驗仍有許多持續研究之可能性，以期找出最佳人工培育巢。接續未來野放實驗，期待能發揮生物防治之功能。

## 捌、參考資料

### 一、論文

1. Bert Hölldobler\*, 1976. Recruitment Behavior, Home Range Orientation and Territoriality in Harvester Ants, *Pogononotus mex*, *Behav. Ecol. Sociobiol.* 1, 3-44 (1976)
2. Klotz, J. H. et al, 1992. The Use of Spatial Cues for Structural Guideline Orientation in *Tapinoma sessile* and *Camponotus pennsylvanicus* (Hymenoptera: Formicidae), *Journal of Insect Behavior*, Vol. 5, No. 1, 1992
3. Duelli, Peter et al, 1973. The Spectral Sensitivity of Polarized Light Orientation in *Cataglyphis bicolor* (Formicidae, Hymenoptera)\*, *J. comp. Physiol.* 86, 37--53 (1973) ©C by Springer-Verlag 1973
4. Aron, S. et al, 1988. Visual cues and trail-following idiosyncrasy in *leptothorax unifasciatus*: An orientation process during foraging, *Insectes Sociaux*, Paris 1988, Volume 35, no. 4, pp. 355-366
5. Camlitepe, Y. et al, 1995. Wood Ants Orient to Magnetic Fields, *Biological Sciences*, Vol. 261, No. 1360. (Jul. 22, 1995), pp. 37-41.
6. Peter Duelli, Rüdiger Wehner, 1973, The spectral sensitivity of polarized light orientation in *Cataglyphis bicolor* (Formicidae, Hymenoptera), *Journal of comparative physiology*, 1973, Volume 86, Issue 1, pp 37-53

### 二、參考書籍

1. 王效岳。1995。有趣的昆蟲世界。淑馨出版社。
2. 法布爾。2001。昆蟲世界。小知堂出版社, p103~107。
3. 楊平世。1996。台灣的常見昆蟲。渡假出版公司, p141~144。
4. 黛柏拉 M 戈登。2001。別和螞蟻拚命。皇冠出版。

### 三、網路資源

1. A---LIAW 的自然生態部落格。2013 年 05 月 20 日引自 <http://tw.myblog.yahoo.com/taiwan-nature/>
2. 嘎嘎昆蟲網。2013 年 05 月 20 日引自 <http://gaga.jes.mlc.edu.tw/new23/index9008.htm>
3. 螞蟻的家。2013 年 05 月 20 日引自 <http://www.ant-home.idv.tw/>
4. 國家紅火蟻防治中心。2013 年 05 月 20 日引自 <http://www.fireant.tw/>
5. 快樂教師電子報。2013 年 6 月 1 日引自 [http://link.springer.com/article/10.1007%2F978-3-642-00694-4\\_76](http://link.springer.com/article/10.1007%2F978-3-642-00694-4_76)

## 【評語】 040712

外來種防治議題值得深入研究，但整個研究設計方向聯結需進一步關連與蒐集相關文獻，以求呼應。