

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生物(生命科學)科

040704

蟻~你要去哪裡？

學校名稱：國立武陵高級中學

作者： 高二 張家華 高二 莊凱婷 高二 許雅嵐	指導老師： 許根火
---	------------------

關鍵詞： 黑棘蟻、方向判斷

摘要

本次實驗是爲了探討黑棘蟻在回窩的過程中如何判斷正確的方向。我們分別以黑棘蟻的行進路徑、窩的訊號以及光線的影響爲探討方向，藉由紙製軌道訂定適度的行動範圍，統計其回窩所需時間，加以量化比較，以推測影響黑棘蟻行爲的原因。經由實驗結果可得知：光線的因素在黑棘蟻判斷窩的方向中具有極大的影響力。

壹、研究動機

螞蟻環境適應力極佳，是一種日常隨處可見的生物，與我們的生活息息相關。小時候，見螞蟻列隊搬食物回窩，總會頑皮的擾亂他們行走的隊伍、破壞他們的路線，使他們各自分散，無法與同伴取得聯繫。卻發現螞蟻經過一番尋找方向的過程，依然可以順利的回到蟻窩。不禁對「螞蟻如何判斷窩的方向」產生好奇，究竟他是以何種方式找到窩的正確位置？長大後，在一部影片中，得知沙漠中有一種螞蟻，在覓食時，會彎彎曲曲地、毫無目標地到處亂走，但在覓得食物後，卻能快速地、以近乎直線的方式回到窩。表示螞蟻擁有一套方式，得以明確的判斷蟻窩的方向及位置。

我們將螞蟻行動的過程分成蟻窩跟路徑兩個部分，我們猜測影響螞蟻回窩的因素有可能來自這兩個部分。於是我們第一層實驗分別探討「軌道」跟「窩與燈」對螞蟻回窩的影響。但窩與燈同時具有兩個變因，無法確定影響螞蟻回窩的準確因素，於是我們設計第二層的實驗來分別探討「窩」跟「燈」因素。

藉此科展的機會，以黑棘蟻爲例，我們希望以實驗探討影響黑棘蟻順利回窩的因素。

貳、研究目的

在我們課程和能力所能完成的範圍內。以改變各種不同的變因，配合自行設計的實驗方法。以符合邏輯又不過於繁雜的實驗過程，層層漸進地進行實驗。並在實驗過程中，不斷的修正及改進實驗的方法。以誤差值最小的實驗步驟達成實驗目標，取得數據，並加以分析及討論。探討影響黑棘蟻正確回到窩的因素。

參、品種簡介



中文名：黑棘蟻

學名：*Polyrhachis dives*

棲地：草叢中、樹林中

棲地類型：亞熱帶林

食物：雜食，主要植物與蚜蟲蜜露為主

外觀特徵：黑棘蟻工蟻體長約 7 mm。本屬棘蟻在台灣共有 12 種，體色多為灰黑色，有微弱的絲緞般光澤。胸部後方背側具有尖銳的棘刺。

築窩特徵：黑棘蟻以末齡幼蟲所吐出的絲，將葉片或枯枝等材料黏合，蓋出巢外壁與巢室間隔。若黑棘蟻將蟻巢築於離家屋較近的區域，則常會發現為了尋找食物而侵入家中的個體。

蟻蟻習性：為多蟻后型的群落結構，由數百隻至數千隻個體所組成。在家屋中屬騷擾性種類，具有強烈的領域性，受驚嚇時，會將腹部酸腺由腹下前舉、觸角上揚，表現出明顯的威嚇攻擊行為。

肆、研究器材

- 一、自然死亡的黑棘蟻屍體數個
- 二、軌道數個(長：38.5cm 寬：2.0cm 高：1.5cm)，軌道兩邊附閘門。
- 三、燈泡 2 個(60W)
- 四、碼表



蟻窩與燈



軌道(x2)



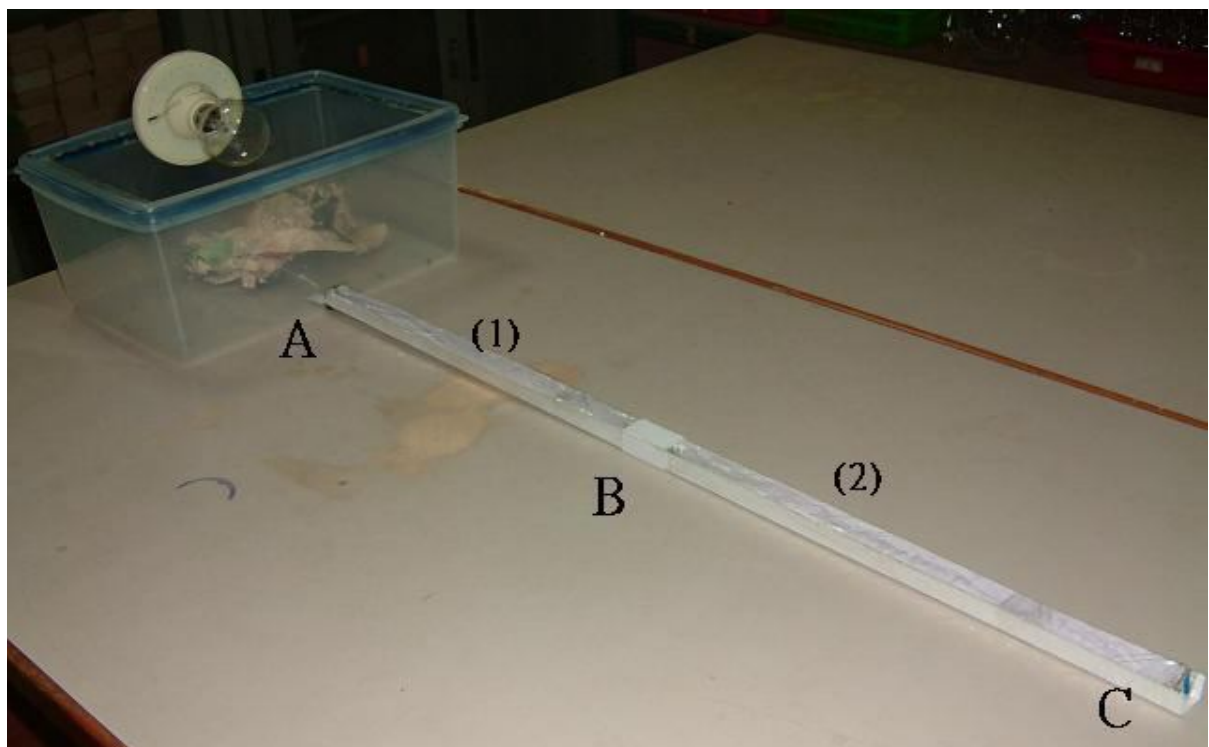
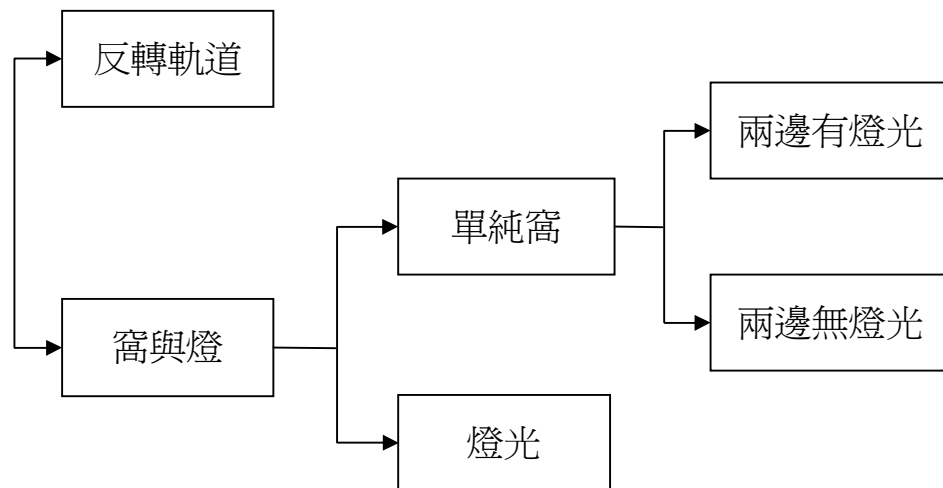
蟻窩與軌道連接處



軌道閘門

伍、研究過程與方法

實驗架構圖



一、反轉軌道對黑棘蟻回窩的影響：

(一)對照組

1. 在 C 點放置屍體，黑棘蟻由 A 點出發。
2. 待黑棘蟻走至 C 點，搬起屍體往回走，當黑棘蟻通過 B 點時開始計時，到達 A 點時停止計時。
3. 重複此實驗 12 次。

(二)、實驗組：反轉軌道 180°

1. 在 C 點放置屍體，黑棘蟻由 A 點出發。
2. 當黑棘蟻通過 B 點時，將①號軌道反轉 180°。(通過 B 點才可操作，以避免影響到黑棘蟻的走動。)
3. 待黑棘蟻走至 C 點，搬起屍體往回走。當黑棘蟻通過 B 點時開始計時，到達 A 點時停止計時。
4. 重複此實驗 12 次。

二、窩與燈對黑棘蟻回窩的影響：

(一)對照組

1. 在 C 點放置屍體，黑棘蟻由 A 點出發。
2. 待黑棘蟻走至 C 點搬起屍體時開始計時，當黑棘蟻通過 B 點時停止計時。
3. 重複此實驗 12 次。

(二)實驗組：改變窩與燈的位置

1. 在 C 點放置屍體，黑棘蟻由 A 點出發。
2. 當黑棘蟻通過 B 點時，將窩與燈換至 C 點放置，並將①號軌道移除。(通過 B 點才可操作，以避免影響到黑棘蟻的走動。)
3. 待黑棘蟻在 C 處搬起屍體時開始計時，當黑棘蟻往回走，到達 B 點時停止計時。
4. 重複此實驗 12 次。

三、進一步分析窩與燈中影響黑棘蟻回窩的因素：

三-1、窩對黑棘蟻回窩的影響：

• 兩邊有燈光：

(一)對照組

1. 在 A、C 點各放置一個燈泡(兩端都打開)，以消除燈光的影響。
2. 在 C 點放置屍體，螞蟻由 A 點出發。
3. 當黑棘蟻通過 B 點時，將①號軌道移除。
4. 將原本放置在 A 點的燈泡移至 B 點，以確保軌道兩端的光照強度一致。
5. 待黑棘蟻在 C 處搬起屍體時開始計時，當黑棘蟻往回走，到達 B 點時停止計時。
6. 重複此實驗 12 次。

(二)實驗組：僅改變窩的位置

1. 在 A、C 點各放置一個燈泡(兩端都打開)，以消除燈光的影響。
2. 在 C 點放置屍體，黑棘蟻由 A 點出發。
3. 當黑棘蟻通過 B 點時，將窩換至 C 點放置，並將①號軌道移除。
4. 將原本放置在 A 點的燈泡移至 B 點，以確保軌道兩端的光照強度一致。
5. 待黑棘蟻在 C 處搬起屍體時開始計時，當黑棘蟻往回走，到達 B 點時停止計時。
6. 重複此實驗 12 次。

• 兩邊無燈光：

(一)對照組

1. 在 A、C 點都不放置燈泡，以消除燈光的影響。
2. 在 C 點放置屍體，螞蟻由 A 點出發。
3. 當黑棘蟻通過 B 點時，將①號軌道移除。
4. 待黑棘蟻在 C 處搬起屍體時開始計時，當黑棘蟻往回走，到達 B 點時停止計時。
5. 重複此實驗 12 次。

(二)實驗組：僅改變窩的位置

1. 在 A、C 點都不放置燈泡，以消除燈光的影響。
2. 在 C 點放置屍體，黑棘蟻由 A 點出發。
3. 當黑棘蟻通過 B 點時，將窩換至 C 點放置，並將①號軌道移除。
4. 待黑棘蟻在 C 處搬起屍體時開始計時，當黑棘蟻往回走，到達 B 點時停止計時。
5. 重複此實驗 12 次。

三-2、燈光對黑棘蟻回窩的影響：

(一)對照組

1. 在 A 點放置一個燈泡(開)。
2. 在 C 點放置屍體，黑棘蟻由 A 點出發。
3. 當黑棘蟻進入軌道時，將窩拿開，以消除窩的影響。
4. 當黑棘蟻通過 B 點時，將①號軌道移除。
5. 待黑棘蟻在 C 處搬起屍體時開始計時，當黑棘蟻往回走，到達 B 點時停止計時。
6. 重複此實驗 12 次。

(二)實驗組：僅改變燈光的方向

1. 在 A、C 點各放置一個燈泡(A 點打開，C 點關閉)。
2. 在 C 點放置屍體，黑棘蟻由 A 點出發。
3. 當黑棘蟻進入軌道時，將窩拿開，以消除窩的影響。
4. 當黑棘蟻通過 B 點時，將 A 點燈泡關閉，C 點燈泡開啓，並將①號軌道移除。
5. 待黑棘蟻在 C 處搬起屍體時開始計時，當黑棘蟻往回走，到達 B 點時停止計時。
6. 重複此實驗 12 次。

※ 注意事項：

(一)一次實驗中，只能有一隻黑棘蟻在軌道中走動，以避免”同儕學習”的影響。

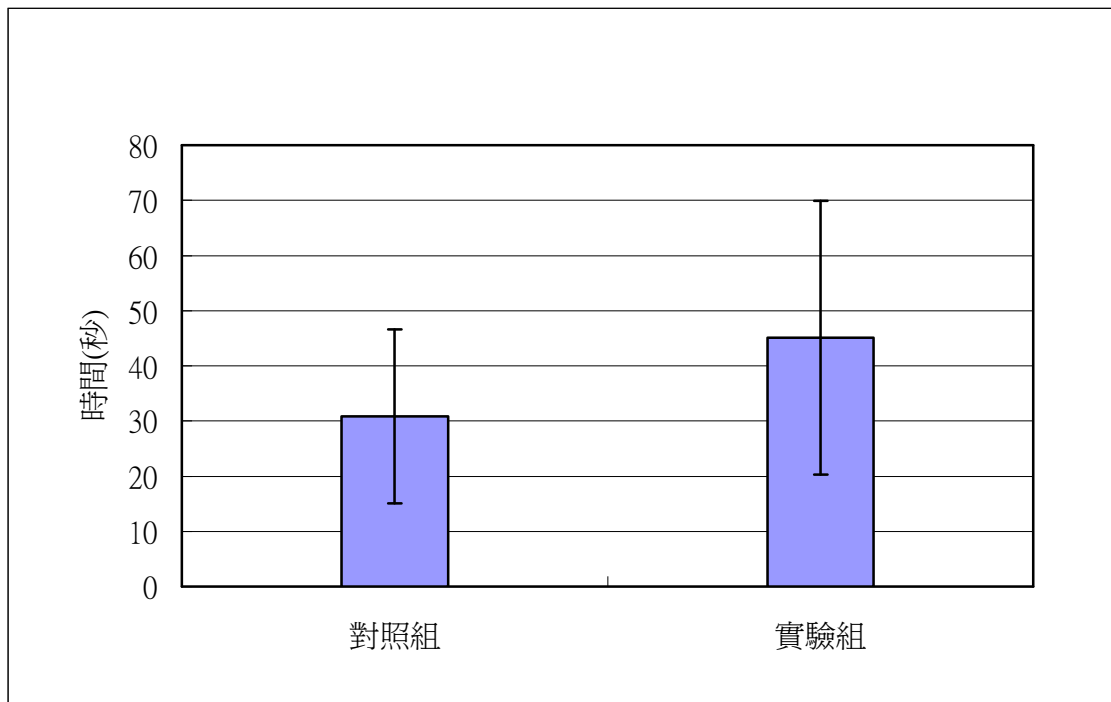
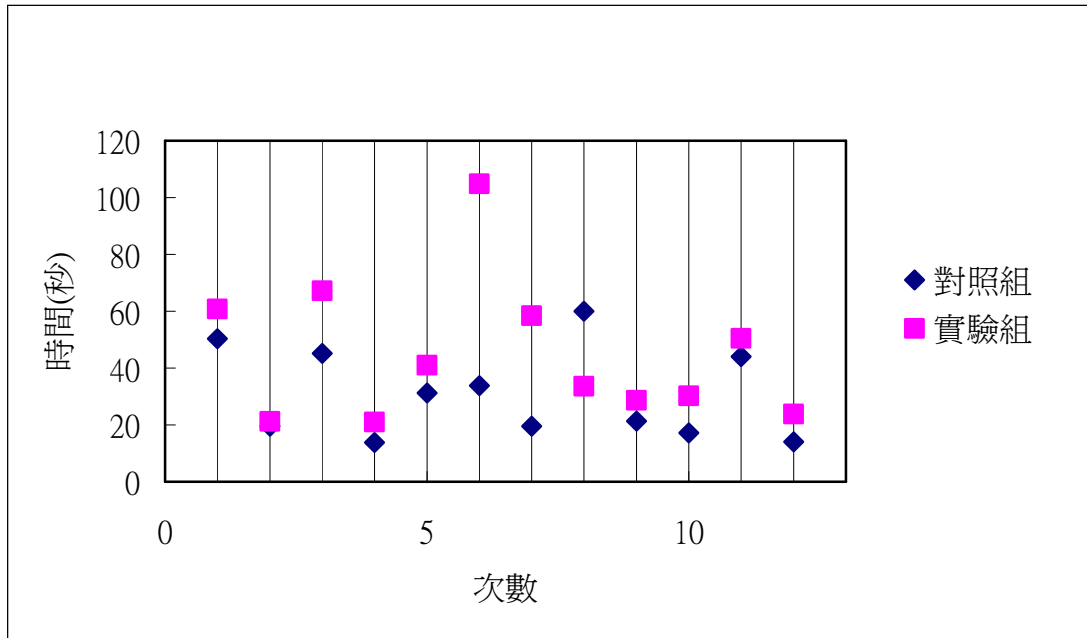
(二)每次實驗黑棘蟻需有搬屍體才能算一次數據。因若無搬屍體，則無法確定黑棘蟻移動是為了要回窩，亦或只是隨意走動。

陸、實驗結果

1. 反轉軌道對黑棘蟻回窩的影響：

(註) 對照組：固定軌道方向

實驗組：反轉軌道 180°

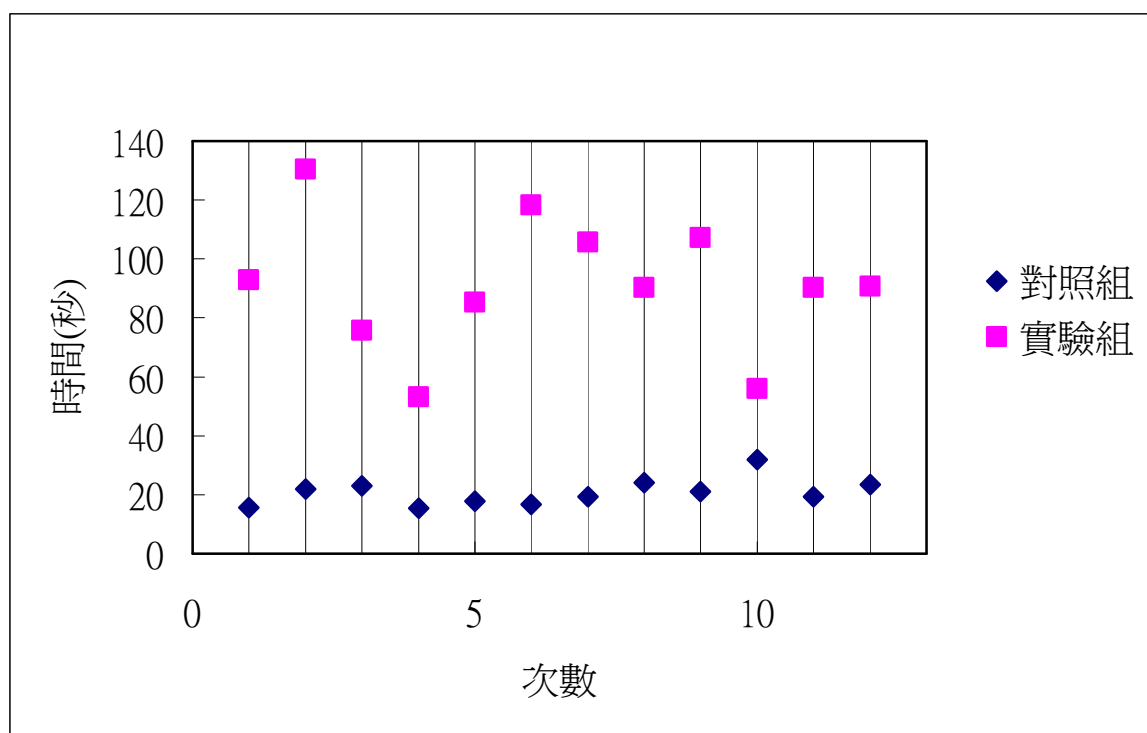


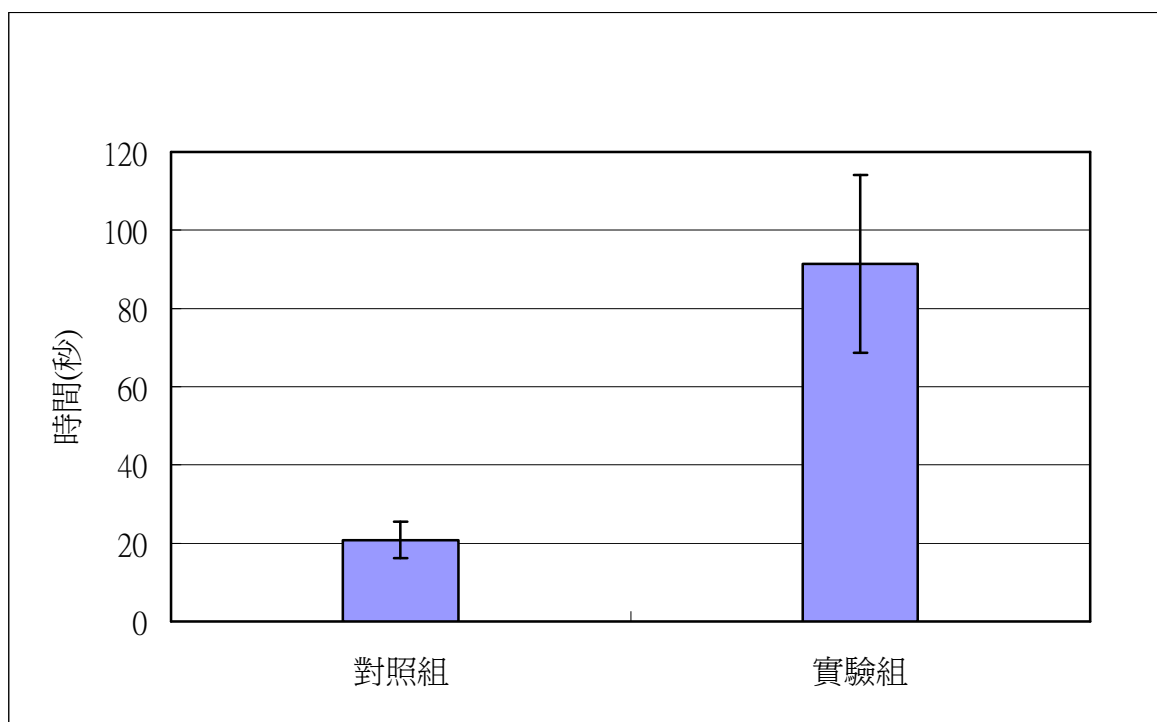
次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均	標準差
對照組	50.3	19.5	45.2	13.8	31.2	33.8	19.6	60.0	21.4	17.2	44.0	14.0	30.83	15.73
實驗組	60.8	21.2	67.2	21	41	104.8	58.4	33.6	28.6	30.2	50.4	23.8	45.0833	24.777

在軌道反轉的實驗中，我們發現：實驗組與對照組兩者的標準差重疊區域大，代表兩者無顯著差異($P > 0.05$)。故可知影響黑棘蟻判斷窩方向的因素，不在軌道上。

二、窩與燈對黑棘蟻回窩的影響：

(註) 對照組：固定窩與燈的位置
實驗組：改變窩與燈的位置





次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均	標準差
對照組	15.7	22.0	23.0	15.5	17.8	16.8	19.3	24.0	21.8	48.0	19.4	45.8	24.03	11.037
實驗組	93	130.4	75.7	53.2	85.4	118.4	105.6	90.2	107.2	56.1	90.2	90.8	91.35	22.753

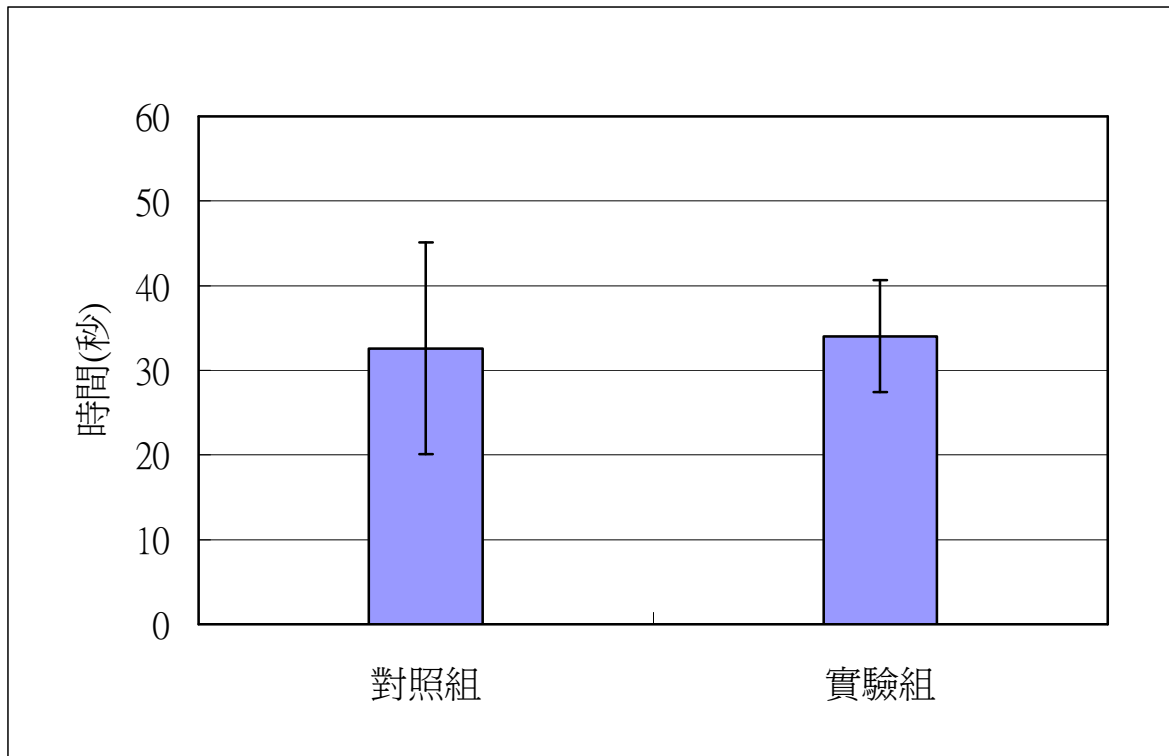
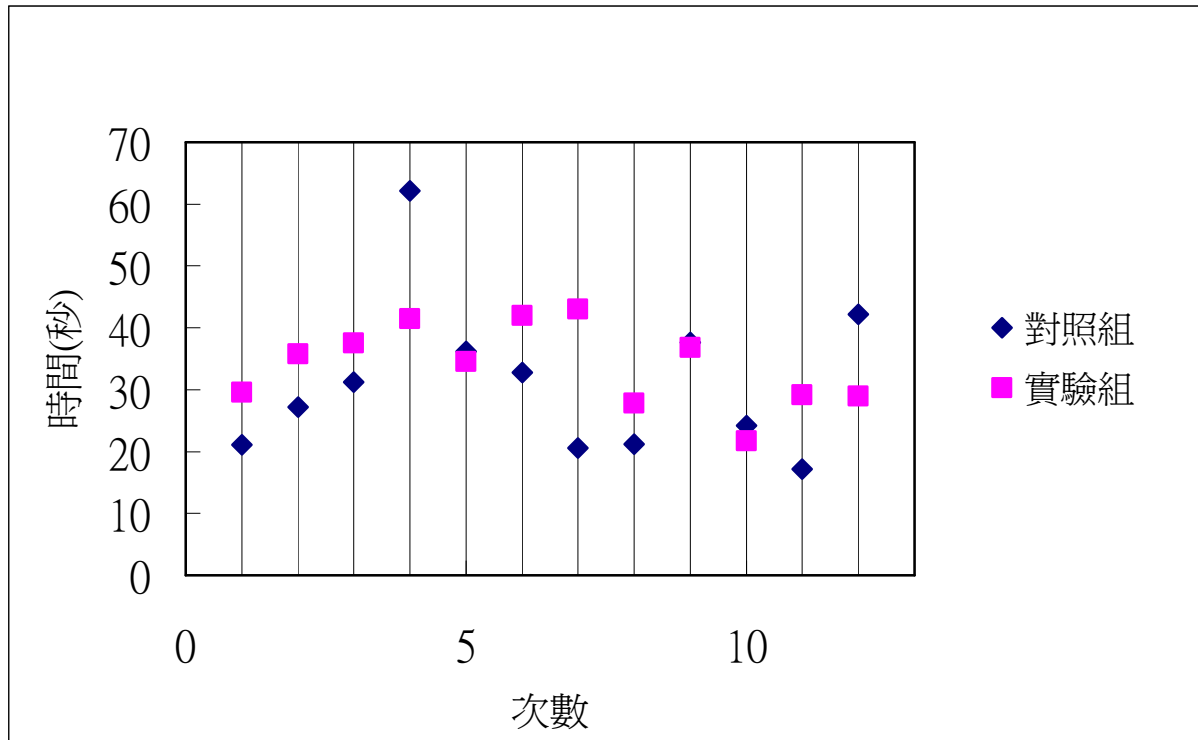
在窩與燈的實驗中：兩組數據標準差範圍並無重疊處，代表窩與燈的位置對黑棘蟻判斷窩方向有顯著影響($P < 0.05$)。故可知影響黑棘蟻判斷窩方向的因素，與窩與燈有關。再以進一步的實驗探討其原因為窩或燈光之影響。

三、進一步分析窩與燈中影響黑棘蟻回窩的因素：

三-1、窩對黑棘蟻回窩的影響：

- 兩邊有燈光：

(註) 對照組：固定窩的位置
實驗組：僅改變窩的位置

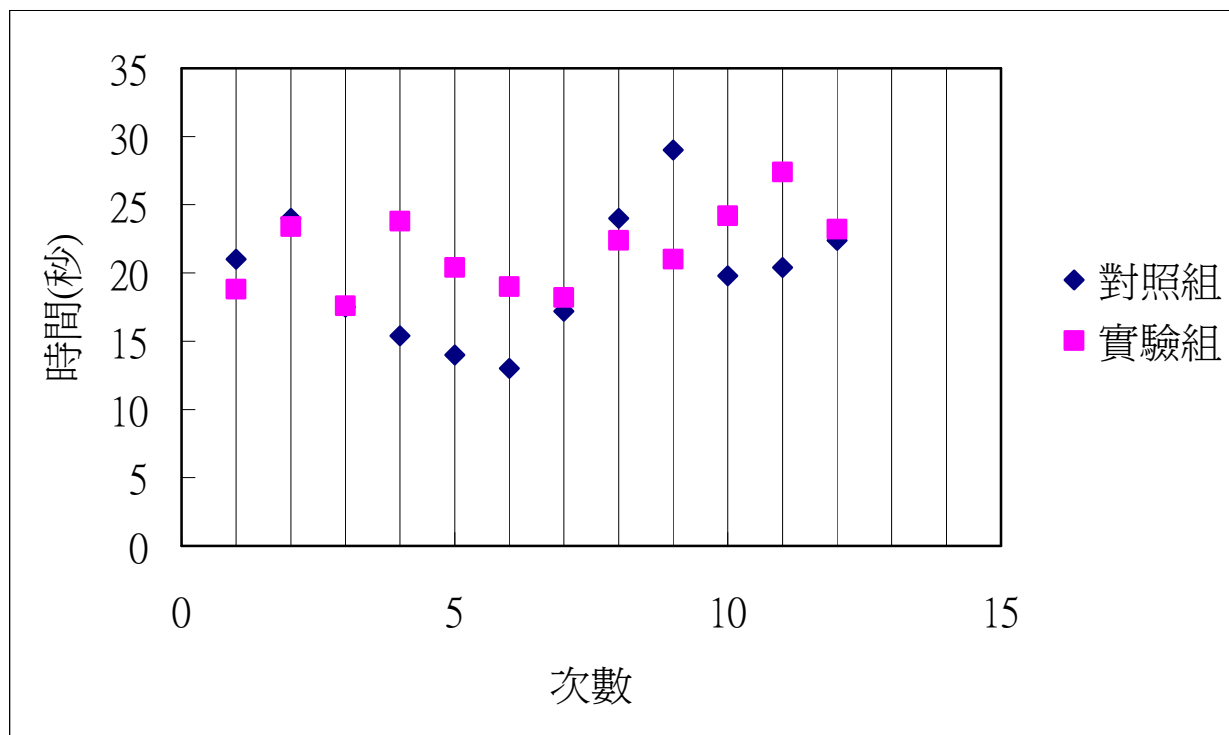


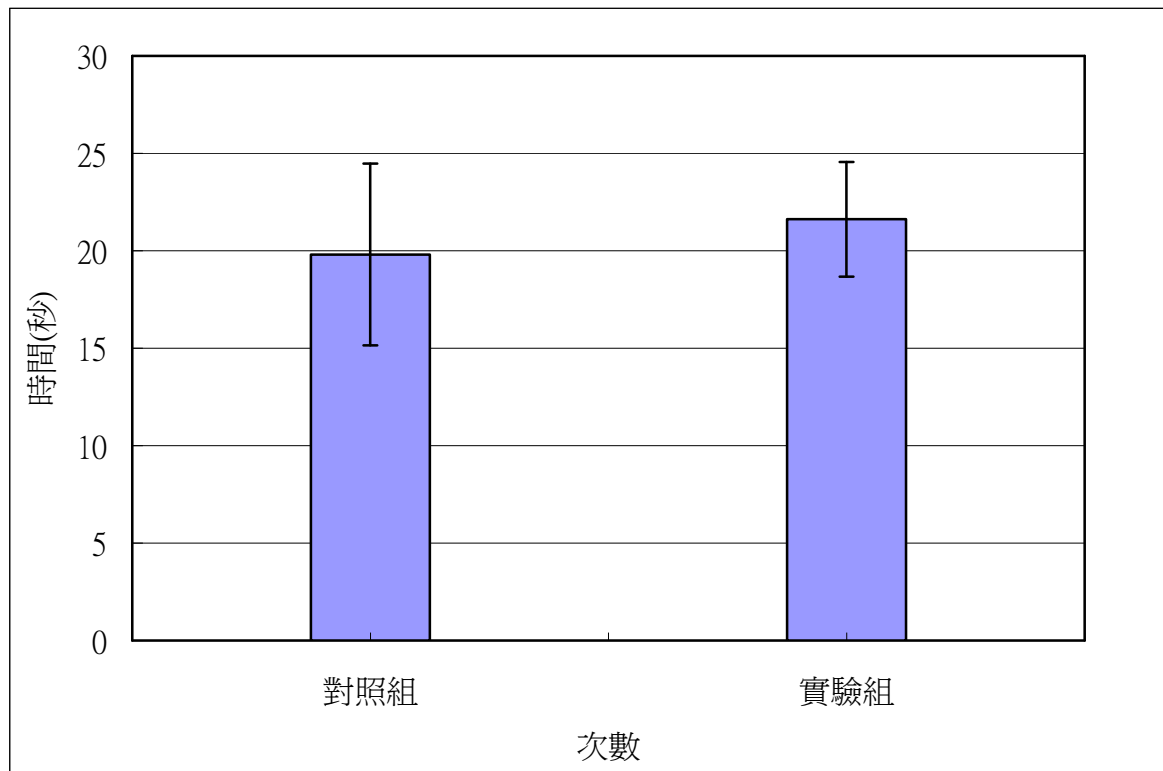
次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均	標準差
對照組	21.1	27.2	31.2	62.1	36.2	32.8	20.6	21.2	37.6	24.2	17.2	42.2	32.583	12.503
實驗組	29.6	35.8	37.5	41.5	34.5	42	43	27.8	36.8	21.7	29.2	29	34.033	6.619

由上次實驗中，我們發現：窩與燈對黑棘蟻判斷窩方向有顯著的影響。此次實驗中，我們以兩邊皆開燈來控制燈光因素，僅改變窩的位置，發現其標準差範圍與對照組有重疊，代表兩者無顯著差異($P > 0.05$)。故可知：窩並非影響黑棘蟻判斷窩方向的主要因素。

- 兩邊沒燈光：

(註) 對照組：固定窩的位置
實驗組：僅改變窩的位置



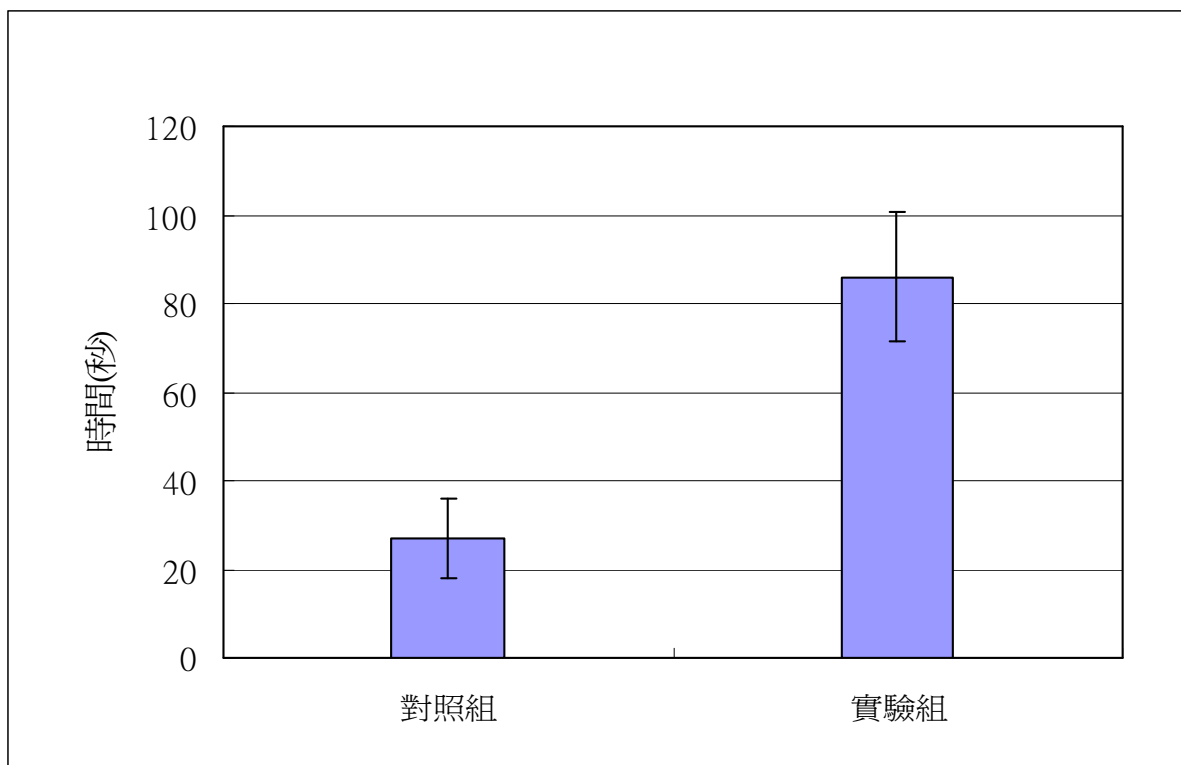
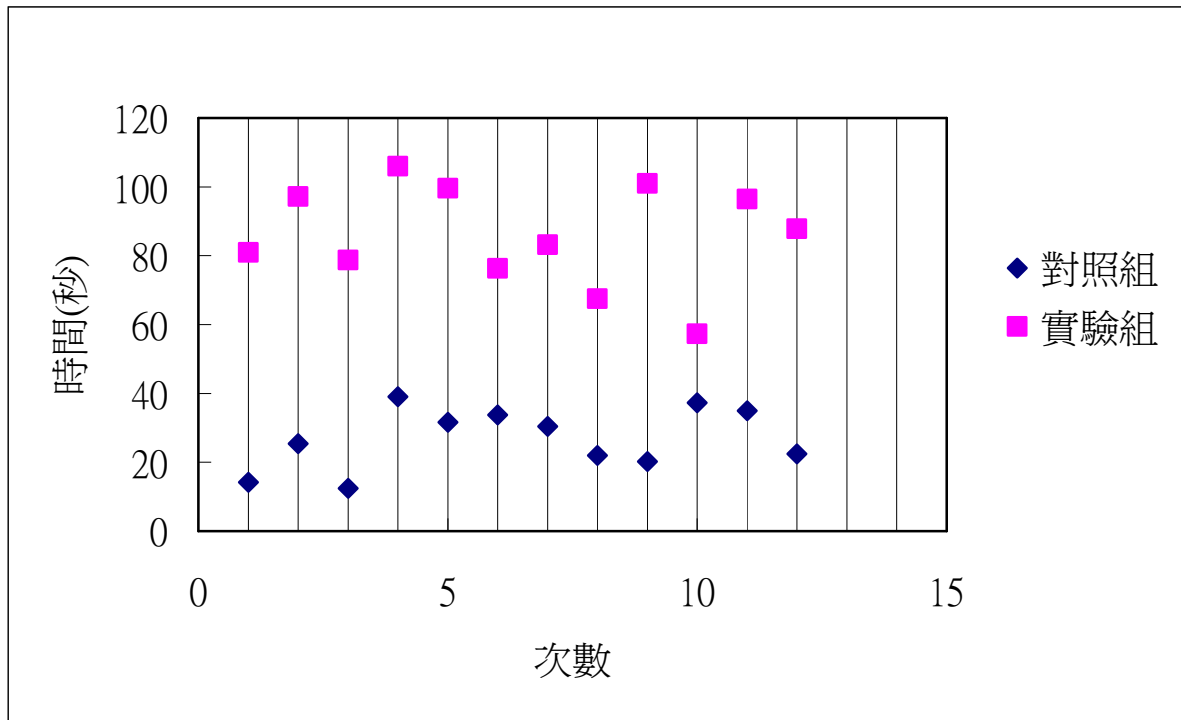


次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均	標準差
對照組	21.0	24.0	17.5	15.4	14.0	13.0	17.2	24.0	29.0	19.8	20.4	22.4	19.80	4.66
實驗組	18.8	23.4	17.6	23.8	20.4	19.0	18.2	22.4	21.0	24.2	27.4	23.2	21.61	2.94

由之前的實驗我們發現：窩與燈會影響黑棘蟻判斷回窩方向。此次實驗，我們以兩邊皆不開燈來控制燈光因素，單純改變窩的位置。發現其對照組與實驗組的標準差有重疊，表示兩者之間無顯著差異($P > 0.05$)。故可進一步得知：窩並非影響黑棘蟻判斷窩方向的主要因素。

三-2、燈光對黑棘蟻的影響：

(註) 對照組：固定燈光位置
實驗組：僅改變燈光位置



次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均	標準差
對照組	14.2	25.4	12.4	39	31.6	33.8	30.4	22	20.2	37.3	35	22.4	26.98	8.868
實驗組	81	97.2	78.7	106	99.6	76.3	83.2	67.5	101	57.3	96.4	87.8	86	14.75

由之前的實驗，我們發現：窩與燈對黑棘蟻判斷窩方向有顯著的影響。此次實驗中，我們只改變燈光，發現其標準差範圍與對照組沒有重疊，代表兩者有顯著差異($P < 0.05$)。故可知：燈光對黑棘蟻判斷窩方向有顯著的影響。

柒、討論

我們原本欲使用餅乾屑與糖粒作為黑棘蟻搬運的物品，但在幾次實驗中發現，餅乾屑與糖粒對其並無太大的吸引力，幾乎沒有搬動的情形。但在實驗中，若黑棘蟻沒有搬動的情形，則我們不能確定窩是否為黑棘蟻前進路線的目的地。若黑棘蟻只是隨意的走動，而不是想要回到蟻窩，則所測得的數據不能代表黑棘蟻真正回窩的時間。

在飼養的過程中，我們發現黑棘蟻有將同伴屍體搬至蟻窩中一固定位置，形成屍體塚的習性。於是我們決定以飼養過程中自然死亡的黑棘蟻屍體，代替餅乾屑與糖粒作為實驗中黑棘蟻搬運的物體。

一、反轉軌道

此次實驗目的是了解軌道對黑棘蟻判斷窩的方向有無影響。因此猜測：若反轉道對黑棘蟻判斷窩的方向有一定影響，則其實驗結果應與對照組有顯著差異。但由結果顯示，黑棘蟻在軌道反轉 180° 後，雖然平均時間有增加，但因其標準差範圍與對照組標準差範圍有交集，代表兩組實驗的結果並無顯著差異。可知反轉軌道對黑棘蟻判斷方向並無太大影響。且其資料點分布與對照組有重疊的傾向，表示回窩所需時間，在此次實驗中，並不一定多於對照組。

故推測，黑棘蟻判斷方向的因素與軌道方向關係不大。

二、窩與燈

此次實驗目的是了解蟻窩與燈的位置對黑棘蟻判斷窩的方向有無影響。猜測：若窩與燈是造成黑棘蟻正確回到窩的主要因素，則此次實驗結果應與對照組有明顯差異。由結果顯示，黑棘蟻在窩的方向改變後，平均時間較對照組有增加，且標準差範圍與對照組範圍並無交集。可知黑棘蟻在行走中，將蟻窩與燈改變方向，對黑棘蟻判斷窩方向會有顯著的影響。且其資料點分布與對照組沒有重疊，代表其回窩所需時間，在改變窩的方向後，有明顯增加。

故推測，黑棘蟻判斷方向的因素與窩與燈的位置有一定的關係。

但因為此次實驗中，窩與燈一起移動，變因不只一個，故需進一步探討僅窩或燈對其的個別影響。

三、進一步分析窩與燈中影響黑棘蟻回窩的因素：

在上一組實驗中，得知窩與燈的位置改變會造成黑棘蟻回窩的時間增加。但由於窩與燈的實驗包含窩與燈兩種不同的因素，若欲深入了解其兩種因素分別對黑棘蟻判斷回窩方向的影響程度，則需將窩和燈分開討論，以找尋影響黑棘蟻判斷窩的方向的關鍵因素。

三-1、窩對黑棘蟻回窩的影響：

此次實驗進一步探討造成窩與燈實驗結果的細部因素。我們這次分別以軌道兩端的皆有燈光和接無燈光兩種方式，將燈光因素固定，單純探討改變窩方向對黑棘蟻的影響。我們猜測：若窩是造成黑棘蟻回窩時間加長的主要因素，則實驗結果應與對照組的時間有顯著差異。但此兩組實驗中，單純窩的標準差範圍皆與對照組的有明顯重疊，代表兩組實驗中的對照組與實驗組的結果皆沒有顯著的差異，與猜測不符。且此兩組實驗中，黑棘蟻回窩的所需時間，皆與對照組相差不大，代表只單純改變窩的位置，不會使黑棘蟻回窩所需時間加長。

故推測，黑棘蟻對方向的判斷並不受窩的位置影響。

三-2、燈光對黑棘蟻的影響：

此次實驗進一步探討造成窩與燈實驗結果的細部因素。在窩與燈的實驗結果中我們發現：改變窩與燈的位置對黑棘蟻判斷窩的方向有顯著影響。爲了進一步探討，我們在這次實驗中將窩的影響去除，單純就燈光對其的影響來進行實驗。在此次實驗中，我們猜測：若造成窩與燈實驗結果的原因是燈光的影響，則此次黑棘蟻回窩所需的時間，應與對照組的實驗結果有顯著差異。我們從實驗結果中可以得知，燈光的標準差範圍與對照組沒有明顯重疊，代表兩者的結果有極高的相異度。且兩次實驗中，黑棘蟻回窩所需時間之平均值也有很大的差異，表示造成窩與燈實驗結果的因素主要在於燈光的改變。

故推測，「改變燈光」對黑棘蟻判斷窩的方向有一定程度的影響。



螞蟻搬屍體的情形

捌、結論

由這一系列實驗得知，若我們將軌道跟窩與燈進行比較，在黑棘蟻回窩的過程中，窩與燈對黑棘蟻判斷窩的方向有較大的影響。但因為此項實驗中，窩與燈包含了兩個變因：窩、燈。為了找到更明確的影響因子，我們透過進一步的實驗發現：僅改變燈的位置對黑棘蟻判斷窩方向的影響遠大於單純改變窩的位置。故我們可以得出結論：在黑棘蟻生活的眾多因素中，燈光有助於黑棘蟻判斷回窩的方向。

玖、未來展望

在此次實驗結果中，可以得知燈光的改變對黑棘蟻判斷窩的方向有一定影響。但對於其更細部的原由還不甚了解。

- (一) 黑棘蟻究竟是以光線的哪一種差異當作判斷的指標？例如：燈光的強度、光的方向、光源的位置.....這些都是值得我們進一步去探討及研究的。
- (二) 黑棘蟻本身是以何種機制感應燈光的改變？目前只知道燈光對其回窩的判斷有影響，但螞蟻自身究竟是以何種方式來感應光線代表的不同訊息？對於這方面希望有更進一步的了解及研究。
- (三) 螞蟻有極多不同的品種。我們此次實驗使用黑棘蟻，得出燈光是影響的主要原因。但不同品種的螞蟻有不同的習性及生活環境，所以也有可能會以不同的方式判斷窩的位置。未來若有機會，希望可以再進一步對其他品種進行研究，以增加此類實驗的廣度。

拾、參考文獻

一、論文

1. Bert Hölldobler*, 1976. Recruitment Behavior, Home Range Orientation and Territoriality in Harvester Ants, *Pogonomyrmex*, *Behav. Ecol. Sociobiol.* 1, 3-44 (1976)
2. J. H. Klotz 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. Peter Duelli et al, 1973. The Spectral Sensitivity of Polarized Light Orientation in *Cataglyphis bicolor* (Formicidae, Hymenoptera)*, *J. comp. Physiol.* 86, 37--53 (1973) ©by Springer-Verlag 1973
4. S. ARON et al, 1988. Visual cues and trail-following idiosyncrasy in *Leptothorax unifasciatus* : An orientation process during foraging, *Insectes Sociaux*, Paris 1988, volume 35, n° 4, pp. 355-366
5. Yilmaz Camlitepe et al, 1995. Wood Ants Orient to Magnetic Fields, *Biological Sciences*, Vol. 261, No. 1360. (Jul. 22, 1995), pp. 37-41.

二、參考書籍

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

三、網路資源

1. <http://tw.myblog.yahoo.com/taiwan-nature/> (A---LIAW 的自然生態部落格)
2. <http://gaga.jes.mlc.edu.tw/new23/index9008.htm> (嘎嘎昆蟲網)
3. <http://www.ant-home.idv.tw/> (螞蟻的家)

【評語】 040704

1. 觀察入微。
2. 黑棘蟻為常見之昆蟲，取材作實驗，是極佳的選擇。
3. 可惜對行為（尤其覓食）可多查詢資料，尤以內勤外勤（w o r k e r）溝通有利用費洛蒙可以多收集資料再設計實驗。