

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生物科

第一名

030311

揭開銅翼皆木蜂及跳小蜂的神秘生活史

學校名稱：臺南市立復興國民中學

作者： 國三 陳明杉	指導老師： 陳俊宏 林玉珍
-------------------	-----------------------------

關鍵詞：銅翼皆木蜂、跳小蜂、寄生

得獎感言

“揭開銅翼背木蜂及跳小蜂的神秘生活史”喜獲榮耀

我喜歡研究、觀察，已經連續參加了四年的科展。回想第一次參加科展的時候是在小學六年級，第一次參加就獲得第三名，給我很大的鼓勵，也讓我對科學研究產生濃厚的興趣。升上國中後，雖然課業壓力逐漸加重，但我對於科學研究的興趣絲毫未減。國二時的科展成績，雖進步到台南市第二名，但仍無緣參加全國賽；此時，我面臨了一個重要的抉擇，那就是國三是否繼續參加科展比賽。在不服輸的心態及校長和媽媽的鼓勵之下，毅然持續研究，不因為升學而放棄科展，終於獲得國中組生物科全國第一的殊榮。

當初開始投入科展研究時，完全未考慮到得獎的問題，只是覺得進行實驗是一件有趣又好玩的事。在進行實驗及老師指導的過程中，我得到了很多寶貴的知識及經驗；對於事物的觀察與看法，也產生很大的轉變，現在回顧起來，我覺得這些轉變才是我最大的收穫，至於得不得獎反而變成次要了。在實驗的過程中當然也遇到許多的挫折，包括實驗時鋸開竹竿採集木蜂蟲卵的過程中，不小心被木蜂蜇到，痛了好幾天；不過，想想這只是動物保護後代的自然反應，其實在我的實驗經驗中，只要不做出危害木蜂的舉動，其實牠們還是相當和善的。在做實驗時，很多時候會因為太累、找不到答案或方法等，而想放棄；但想想當時的初衷，既然開始了就不能這樣半途而廢。得到全國第一名的當下真的很開心，也不枉費老師的辛苦指導和自己的努力了。

在頒獎的當天，遇到了其中一位評審教授，他笑著對我說：「加油，繼續努力」。沒錯，科學研究不能因為我得了第一名就停下腳步。得獎後，校長希望我回學校對學弟妹們分享我做科展的經驗與成果，也希望能帶給他們一些啟發，讓他們也能對科學研究產生興趣。現在，我最想對他們說的是，「人因夢想而偉大」，但更重要的是，有了夢想就要逐夢踏實，對科學研究要保持耐性，一步一腳印，絕對不能半途而廢，如此才能有所收穫。



經過多少努力，多少成敗，科學研究精神在心中開花結果~



來自全國各縣市的第一名擠滿了頒獎會場，對科學教育的熱愛與活力，令人感動~



「人因夢想而偉大」，但更重要的是，有了夢想就要逐夢踏實~

摘要

從 103 年春天起，密集觀察銅翼皆木蜂 (*Xylocopa tranquebarorum* (Swederus, 1787)) 築巢情形，幼齡期約 16.5 天；初蛹期為乳黃色，約 9.6 ± 1.1 天後變為黑色蛹，全蛹期約需 18.7 ± 0.7 天。

羽化後在巢內等待翅膀變硬時，需藉由滑動及亞成蟲之間的抱抱、翻滾讓碎屑清理乾淨。從羽化到離巢約需 7~14 天，從鑿巢洞至亞成蟲離巢約需 2 個月。

研究發現部分木蜂幼蟲被長索跳小蜂 (*Anagyrus*) 寄生，幼蟲被寄生率 24.7% (N=166)。寄生的跳小蜂體長為 1.94 ± 0.41 mm (N=40)，每隻被寄生的木蜂幼蟲體內的跳小蜂約有 665 ± 237 隻 (N=20)。

銅翼皆木蜂的繁殖前期、中期及後期幼蟲的被寄生率 0.0%、5.9% 及 32.2%。11 月中旬，銅翼皆木蜂及跳小蜂的族群數量達到高峰，木蜂的族群受到跳小蜂的抑制，同時也進入度冬期。

壹、研究動機

從小，我們對“蜜蜂”就非常熟悉，也愛喝蜜汁，習慣(喜歡)牠們在我們的週遭，校園內、公園裡、菜園中，甚至在野外，感覺牠們無所不在。有一天，報章及新聞媒體快速報導蜜蜂是一群消失的族群，震撼人心！查知，從 1994 年國際相繼報導—不明原因讓蜂群消失。國內專家研究，農藥中的殺蟲劑，讓蜂群學習能力和記憶能力喪失；因此，忘記採蜜，空轉甚至無法返回，有如「迷途羔羊」，最後造成蜜蜂科的族群生態瓦解。

在我們校園，常見的是銅翼皆木蜂、義大利蜂和細腰黃蜂等。其中，銅翼皆木蜂常築巢在校園學習角—學習菜園。校園裡，不噴藥，常見晨間大量採蜜、中午過後就很少出現。雖然牠們全身黑，唯獨翅膀相當美麗；雄蜂橄欖綠、雌蜂則是亮紫色。絲瓜花是主要蜜源，其次是常開的花，有蜜最好！

貳、研究目的

一、探討族群的消長

(一)、銅翼皆木蜂的築巢季節，是否和牠們的蜜源有關？還是有其它特殊的原因？

二、物競天擇的影響

(一)、我們想知道如果當寒冬許多植物開花延遲的話，銅翼皆木蜂是否延遲造蜜球？

(二)、銅翼皆木蜂一年中繁殖幾次（或幾個世代）？有天敵嗎？

三、探討銅翼皆木蜂族群繁衍

(一)、量測體型大小，是否公母大小相同？

(二)、雄的銅翼皆木蜂參加照顧後代幼蜂，能增加存活率嗎？

四、問題探索

(一) 銅翼皆木蜂的營巢是否有群聚的行為？

(二) 銅翼皆木蜂與天敵跳小蜂間的關係？影響族群消長嗎？

參、研究設備及器材

一、研究設備

研究設備包括 Optima 顯微鏡、Canon 數位相機及 Atago Pocket Refractometer PAL-1，如圖 1。

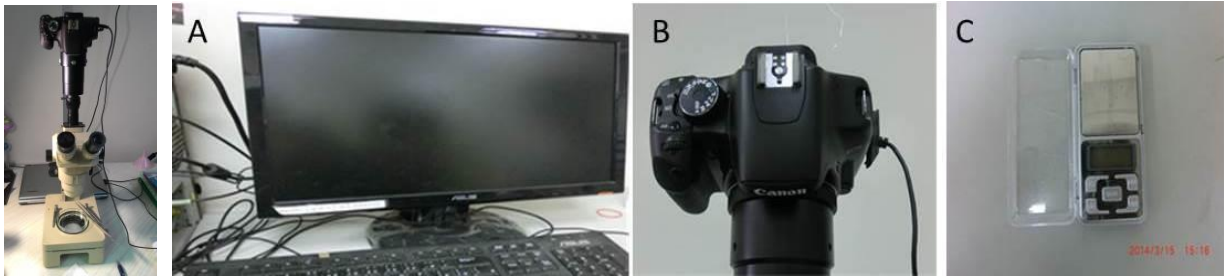


圖 1、研究設備—顯微鏡、電腦設備、Canon 數位相機及電子秤。

二、器材與材料

研究器材及材料包括實驗瓶(小瓶)、酒精、瓶罐、剪刀等，下圖 2~圖 5。



圖 2、器材—塑膠瓶、壓克力瓶、漏斗。

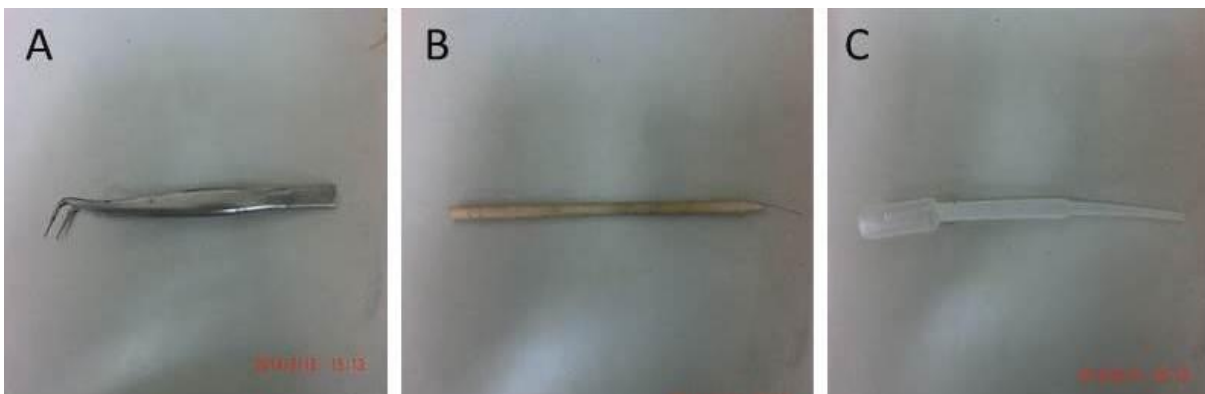


圖 3、器材—夾子、針、滴管。

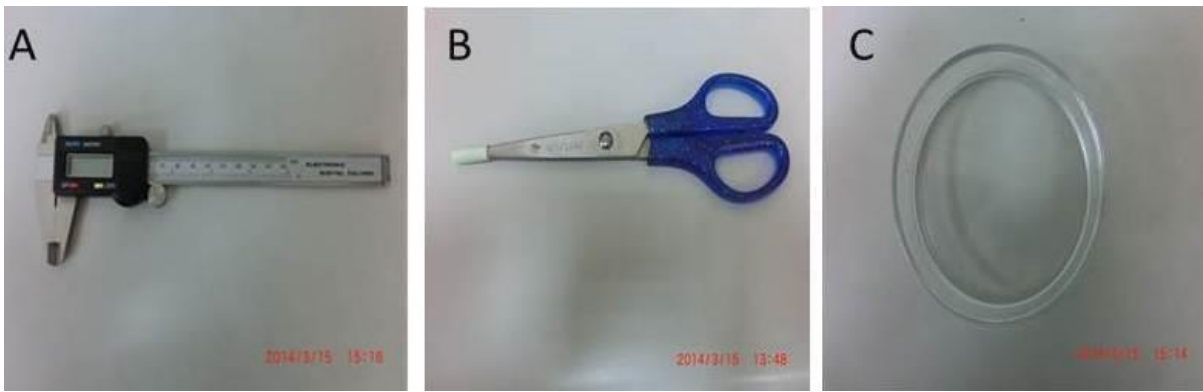


圖 4、器材—電子游標尺、剪刀、培養皿。



圖 5、器材—六格培養皿、飼養罐、竹子、夾鏈袋。

肆、實驗過程與結果

實驗一、架構銅翼皆木蜂的家

一、材料及方法

在 103 年初，首先於校園中的絲瓜棚架下，架設 100 根外直徑約 1.5~6 公分粗細不等的竹子，誘引銅翼皆木蜂來築巢，每星期假日上午到樣區進行觀察一次，圖 1-1。直到 4 月 26 日，發現銅翼皆木蜂群聚來架設的竹子鑽洞，並於洞口留下花粉痕跡，顯示牠們開始造蜜球準備產卵，圖 1-2。

隔一星期後，以鋸子及鑷刀剖開竹子，發現裡面已有蜜球及幼蟲 11 個，圖 1-3。第 1 批維持在竹子中照顧如下圖 1-4~圖 1-6。第 2 批改放在 6 格式的培養皿照顧，如下圖 1-7。



圖 1-1、在校園中架設竹子誘引銅翼皆木蜂來築巢。



圖 1-2、發現銅翼皆木蜂於洞口留下花粉痕跡，顯示牠們開始造蜜球準備產卵。



圖 1-3、隔一週後，以鋸子及鑷刀剖開竹子，發現裡面已有蜜球及幼蟲。



圖 1-4、銅翼皆木蜂所造的蜜球及牠的幼蟲。



圖 1-5、銅翼皆木蜂的一齡幼蟲。



圖 1-6、銅翼皆木蜂的幼蜂在吃蜜。



圖 1-7、利用 6 格式培養皿分隔飼養以觀察銅翼皆木蜂幼蟲的發育情形。

二、實驗結果

從 103 年 4 月 26 日發現鑽洞，至 5 月 6 日剖開，第一批收集銅翼皆木蜂的蟲卵 2 個、幼蟲 5 隻(另有 1 隻受傷死亡)。5 月 8 日發現鑽洞，至 5 月 17 日剖開，再收集銅翼皆木蜂幼蟲 4 隻，繼續密集觀察銅翼皆木蜂築巢情形，並將剖開的竹子帶回實驗室觀察並飼養。

幼蟲只吃蜜球，成長得很快，約 8 至 17 天後有些已是終齡幼蟲，身體不太動，如圖 1-8。其中 2 個，從蟲卵孵化開始飼養的幼蟲，其幼蟲期為 16 及 17 天。初蛹期（蛹由淡乳黃色變為黑色）約 9.6 ± 1.1 天 ($N=7$)；全蛹期（蛹由淡乳黃色到完全褪皮）約 18.7 ± 0.7 天 ($N=11$)，圖 1-9、圖 1-10。

103 年 6 月 14 日起至 6 月 25 日止，幼蟲 11 隻全部羽化，其中 5 隻雄蟲、6 隻雌蟲。羽化後，在巢內等待翅膀變硬時，身上還帶有蛹皮的碎屑，牠留在巢內滑動，磨去較薄還附在身上的蛹皮（圖 1-11、圖 1-12）。藉由滑動及亞成蟲之間的抱抱、翻滾讓碎屑清理乾淨，從羽化至離巢約需 7~14 天，圖 1-13；從鑿巢洞至亞成蟲離巢所需時間約 2 個月。

銅翼皆木蜂的飼養過程，每天觀察及記錄，我們於 6 月底將第 1 批羽化的成蟲，成功放飛，圖 1-14、圖 1-15。



圖 1-8、分隔飼養銅翼皆木蜂以觀察幼蟲的發育情形。

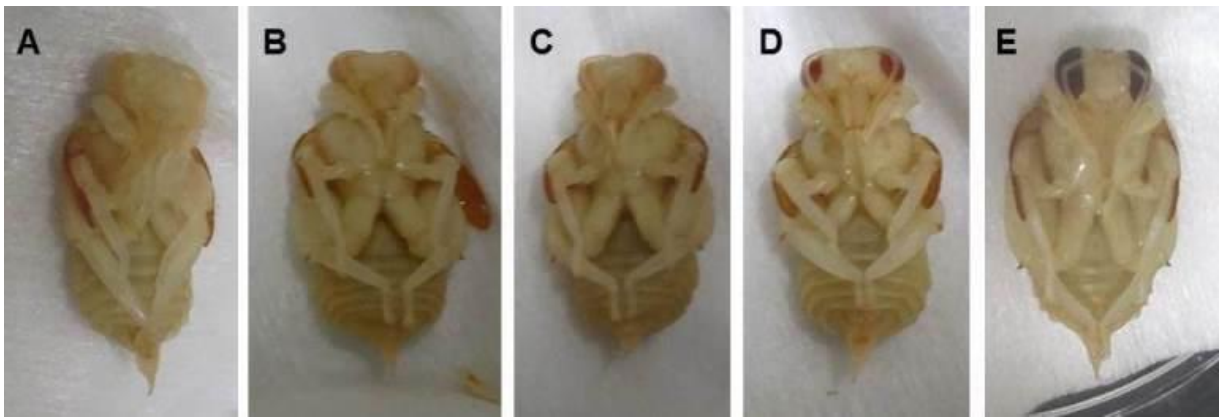


圖 1-9、銅翼皆木蜂的裸蛹。



圖 1-10、銅翼皆木蜂的黑色蛹(接近羽化)。



圖 1-11、木蜂羽化後，在巢內等待翅膀變硬時，身上還帶有蛹皮的碎屑，牠留在巢內滑動，磨去較薄還附在身上的蛹皮。



圖 1-12、剛羽化不久的銅翼皆木蜂身上還有些蛹皮。



圖 1-13、褪去蛹皮的銅翼皆木蜂翅膀為雄蜂橄欖綠、雌蜂則是亮紫色，準備放生。



圖 1-14、將翅膀變硬的銅翼皆木蜂帶至校園的絲瓜棚架放生。



圖 1-15、將翅膀變硬的銅翼皆木蜂帶至校園的絲瓜棚架放生。

實驗二、銅翼皆木蜂的生活史

一、材料及方法

當第 1 批銅翼皆木蜂放飛後，103 年 7 月暑假初期，校園中有更多的竹子被銅翼皆木蜂鑿洞，牠們正準備生下第 2 代，圖 2-1。

到了 7 月 18 日，我們第 2 次剖開被銅翼皆木蜂鑿洞的竹子（圖 2-2），巢洞裡面有第 2 代的幼蟲、蛹及剛羽化的成蟲，我們取回家飼養。飼養時分成二種飼養的方法以比較不同飼養方法間的差異，方法如下：

第一、將幼蟲、蛹及剛羽化的成蟲取出放在 6 格透明塑膠培養皿中飼養，以便觀察。

第二、將幼蟲、蛹及剛羽化的成蟲放回原巢洞中，每天打開觀察，並記錄牠們的發育情

形，直到可以自由飛行時，再放飛。



圖 2-1、103 年 7 月 18 日在校園的第 2 代銅翼皆木蜂的新巢洞。



圖 2-2、收集第 2 代的幼蟲、蛹及剛羽化的成蟲。

二、實驗結果

從 103 年夏天（7 月及 8 月）開始密集觀察銅翼皆木蜂築巢情形，並剖開竹子帶回實驗室飼養。於 7 月 18、19 及 8 月 28 日，共收集 2 個蟲卵及 32 隻幼蟲，至 10 月 12 日止共 12 隻成功放飛，如圖 2-3。



圖 2-3、飼養的第二代羽化後一周成功放飛。

幼蟲期 16 天（ $N=1$ ）。初蛹期（由淡乳黃色變為黑色蛹）約 9.0 ± 1.5 天（ $N=8$ ）；全蛹期（由淡乳黃色到完全褪皮）約 18.0 ± 2.2 天（ $N=4$ ），時間比第一代略長，存活率低。

蟲卵約 10~15 mm 長；裸蛹體長 15 mm、頭寬 6 mm、身寬 9 mm，濕重 0.37 g（ $N=6$ ）。雄

蟲體長 22.7 mm 及濕重 0.68 g (N=2)，雌蟲體長 19.6 mm 及濕重 0.46 g (N=5)，雄蟲略大於雌蟲，雌蟲只有頭寬略大於雄蟲。

第一種飼養在 6 格透明塑膠培養皿中的幼蟲，羽化後在培養皿等待翅膀變硬時，腳會往外滑，無法藉由滑動與其他亞成蟲抱抱、翻滾，把蛻皮剩的碎屑清理乾淨，放飛時身上往往還帶有褪皮殘留下來的碎皮。

第二種飼養在原竹洞內的幼蟲，羽化後在巢內等待翅膀變硬時，可藉由滑動及亞成蟲之間的抱抱、翻滾讓碎屑清理乾淨。

實驗三、木蜂對竹竿粗細的選擇

一、材料及方法

在校園裡，我們觀察得知，木蜂的鑿洞以約 2 公分為主。我們思考，如果以粗細不同的竹竿，隨機架構，那麼木蜂是否有不同的選擇？於 103 年初，到竹子店購買大中小直徑不等的粗細竹竿，圖 3-1。隨機佈置在木蜂經常出現的絲瓜棚架下，圖 1-1。密集的觀察木蜂鑿洞的行為。採集木蜂蟲卵及幼蟲後，用游標尺測量 25 支有鑿洞竹竿的外直徑、內直徑及厚度(mm)；實驗結束後，則測量沒有被鑿洞的竹竿 47 支。



圖 3-1、到竹子店，購買大中小直徑不等的粗細竹竿。



圖 3-2、用游標尺測竹竿的外直徑、內直徑及厚度。

二、實驗結果

於 103 年至 104 年，測量 25 支有被鑿洞竹竿，它們的外直徑、厚度及內直徑的平均值分別為 22.9 mm、3.7 mm 及 15.5 mm。測量沒有被鑿洞竹竿 47 支，它們的外直徑、厚度及內直徑的平均值分別為 31.3 mm、5.0 mm 及 21.2 mm，表 3-1。分布如圖 3-3 及圖 3-4。

檢視有鑿洞的的外徑範圍為 19.9~27.5 mm 之間，與野外觀察及室內模擬的結果相同，圖 3-5 及圖 3-6。顯然，木蜂對竹竿大小的選擇，主要是牠們的後足伸展開之後能環抱竹竿達一半圓周以上。

木蜂化蛹及羽化後，仍住在竹子內；因此、竹子內直徑的大小需略大於蛹及亞成蟲的寬度(參考圖 1-11、圖 1-13 及圖 2-2)。竹子內直徑的 11.5~23.0 mm (N=25)，蛹及亞成蟲的體寬 6.3~8.9 mm (N=14)，內直徑裡面所以蛹跟亞成蟲可以在裡面自由活動，圖 3-7。

表 3-1、木蜂選擇竹子粗細與竹竿的外直徑、厚度及內直徑的關係

	外直徑 (mm)	竹子厚(mm)		內直徑(mm)	
		沒鑿洞 (N=47)	有鑿洞 (N=25)	沒鑿洞 (N=47)	有鑿洞 (N=25)
平均值	31.3	5.0		21.2	
最大值	57.9	10.5		44.5	
最小值	15.0	2.0		8.0	
平均值	22.9		3.8		15.6
最大值	33.0		5.0		23.0
最小值	19.9		2.6		11.6

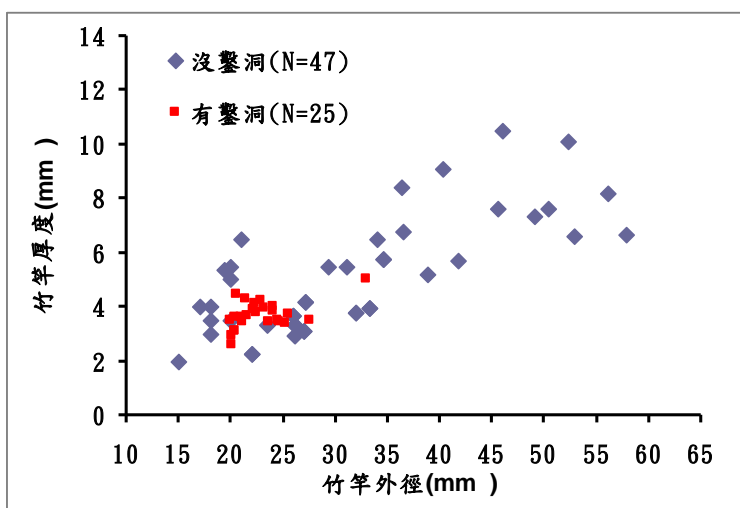


圖 3-3、木蜂對竹子外徑與厚度大小的選擇。

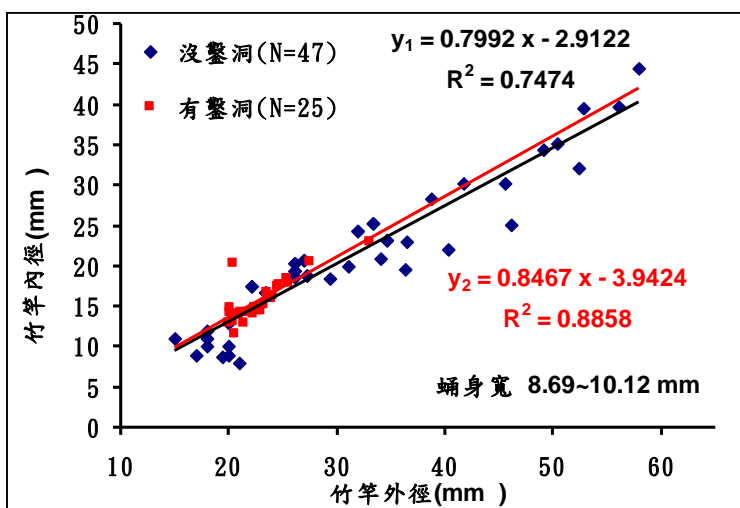


圖 3-4、木蜂對竹子外徑與內徑大小的選擇。



圖 3-5、野外觀察木蜂後足伸展開之後能環抱竹竿達一半圓周以上。



圖 3-6、在實驗室觀察木蜂後足伸展開之後能環抱竹竿達一半圓周以上。

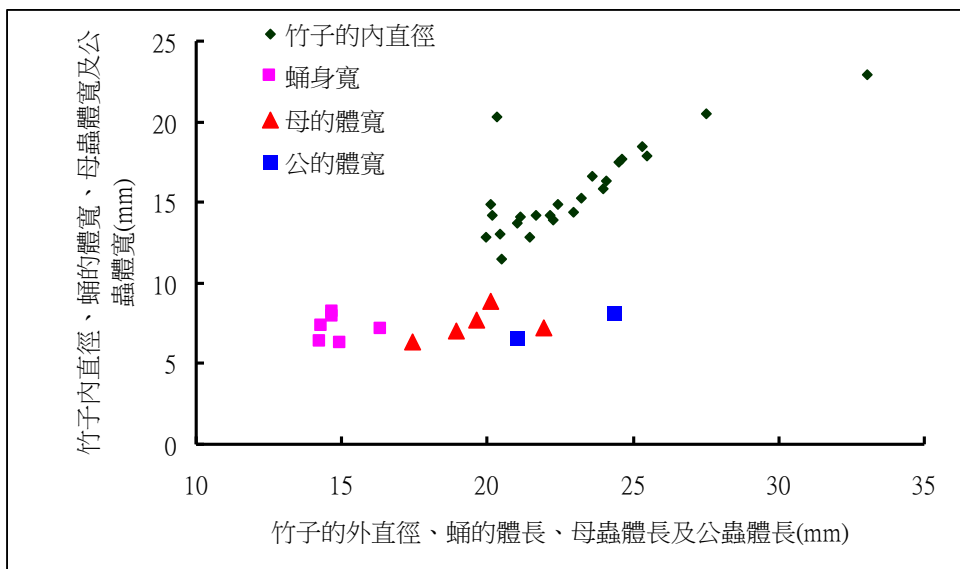


圖 3-7、比較竹子的內直徑、蛹的體寬、母蟲體寬及公蟲體寬。

實驗四、寄生蜂寄生在“蜂”中

一、材料及方法

103 年 10 月 2 日進行第三批採集，收集 56 隻銅翼皆木蜂幼蟲；10 月 5 日再收集 65 隻幼蟲，總計從樣區剖開 13 個巢洞 121 隻幼蟲回家飼養。其中，有 46 隻幼蟲是健康，沒被寄生蜂寄生；有 39 隻幼蟲已受感染，取出放在 6 格透明塑膠培養皿中飼養觀察並隔離，提升存活率。一部分為死蟲，木蜂幼蟲被“蟻”咬的傷痕；一部份木蜂幼蟲被寄生蜂寄生，而寄生蜂湧而出，準備化蛹羽化時，我們再將之再移到大透明塑膠瓶中以便持續觀察此種特別的物種，進行下一個實驗五。

二、實驗結果

第一批(第一子代, 5~6 月) 的 2 個巢洞的 11 隻銅翼皆木蜂幼蟲，沒有被寄生。第二批(第二子代, 7~8 月) 7 個巢洞的 34 隻銅翼皆木蜂幼蟲，只有 2 隻幼蟲被寄生，其木蜂幼蟲與寄生蜂幼蟲直接泡 75% 酒精保存；第三批(第三子代, 9~10 月) 觀察 13 個木蜂巢洞在哺育幼蟲的過程中，部分幼蟲會被寄生蜂寄生，其中有 2 隻被寄生的幼蟲因被我們分隔飼養成功，又活到羽化外，其餘被寄生的 41 隻幼蟲因被寄生致死 (32.2%)，共有 43 隻羽化放飛；有 1 隻銅翼皆木蜂因幼蟲時期受傷，雖順利羽化但翅膀受傷不會飛。

我們為了解何種小寄生蜂來寄生，特別將部分的寄生蜂飼養到化蛹或羽化，三批銅翼皆木蜂幼蟲被寄生率約為 24.7% (N=166)，表 4-1。

若分成不同的繁殖月份討論，則銅翼皆木蜂的繁殖前期，即第一子代木蜂幼蟲沒發現被寄生。到了第二子代，有一些木蜂幼蟲被寄生，致死率較低 (約 5.9%)。繁殖後期，即第三子代，被寄生致死率較高 (約 32.2%)。直到 7~8 月的寄生蜂羽化加入整個繁殖季，第三代的木蜂被寄生的情形就大大的上升，圖 4-1。於第三子代時，紀錄全部銅翼皆木蜂的幼蟲還沒到黑色蛹階段，巢洞中有 2 隻成蟲，顯示雄蟲於繁殖期會共同育雛照顧後代。

就各銅翼皆木蜂的整個巢洞中幼蟲而言，被寄生的比率成 M 型分佈，圖 4-2。分析各巢洞內的幼蟲數與被寄生幼蟲數之關係，得到分布矩陣表如表 4-2。我們推測，若其巢洞內的幼蟲被寄生蜂盯上，就有可能大部分的幼蟲 (或卵) 被寄生，而只能活到終齡幼蟲階段，無法

順利化蛹，其被寄生情形(參見圖 4-2 及圖 4-3)。

表 4-1、銅翼皆木蜂幼蟲於不同月份的被寄生率

季節	巢數	觀察的幼蟲(隻)	被寄生幼蟲(隻)	寄生率(%)
5~6 月	2	11	0	0.0
7~8 月	7	34	2	5.9
9~10 月	14	121	39	32.2
合計	23	166	41	24.7

表 4-2、103 年銅翼皆木蜂各巢洞幼蟲被寄生蜂寄生之分佈矩陣

		每個巢洞被寄生蜂寄生的銅翼皆木蜂幼蟲數												
		0	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	小計
每個巢洞的銅翼皆木蜂幼蟲數	1	1												1
	2	2												2
	3													0
	4	1												1
	5	1	1				1							3
	6	1		1		1								3
	7	1												1
	8	2												2
	9													0
	10									1				1
	11			1										1
	12			2			1							3
	13												1	1
小計		9	1	4	0	1	2	0	0	1	0	0	1	19

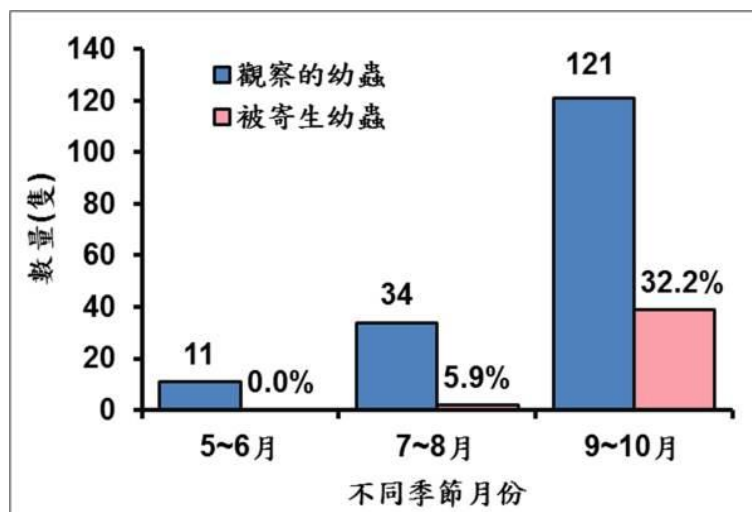


圖 4-1、銅翼皆木蜂幼蟲於不同繁殖期的幼蟲數與被寄生蜂寄生數之比較。

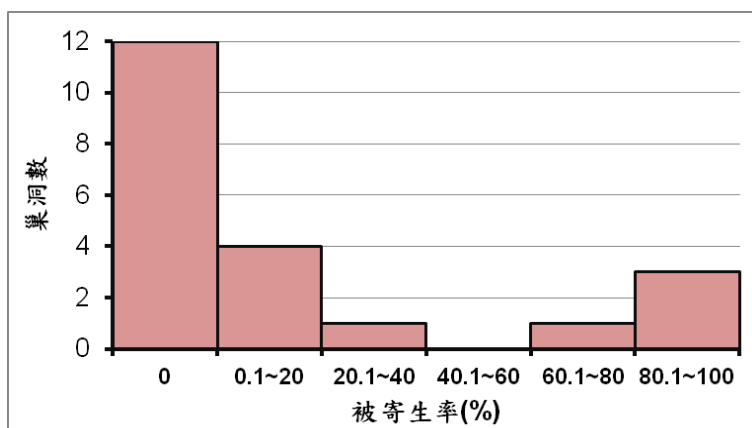


圖 4-2、銅翼皆木蜂各巢洞內幼蟲被寄生蜂寄生比率成 M 型分佈。

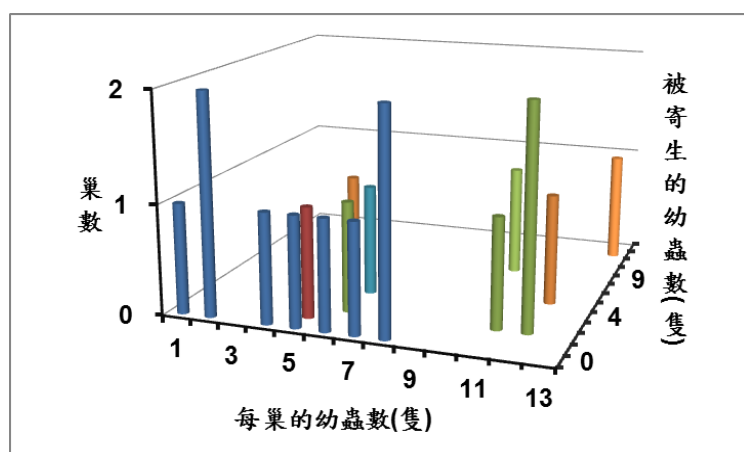


圖 4-3、103 年銅翼皆木蜂各巢洞幼蟲被寄生蜂寄生之分佈圖。

實驗五、另類的族群—長索跳小蜂

一、材料及方法

為了探討銅翼皆木蜂幼蟲被寄生的情形，我們將 13 組被寄生的木蜂幼蟲從各竹子的巢洞移到 6 格的培養皿中照顧與觀察，等待寄生蜂長至終齡幼蟲、化蛹或羽化。除其中 2 組，讓牠們羽化，以方便寄生蜂的後續鑑定外；其餘的 11 組都待到「寄生蜂長翅還沒突破木蜂幼蟲皮」之前，收集浸泡 75% 的酒精，以方便後續研究之用。

針對所收集的 13 組「寄生蜂長翅還沒突破木蜂幼蟲皮」標本，進行下列研究：

- (1). 探討有關寄生蜂的分類地位（請教附近大學的教授），
- (2). 測量木蜂幼蟲的長度、寬度及重量，了解其外部形值，
- (3). 計算每隻木蜂幼蟲內的寄生蜂數量，探討其寄生繁衍後代的能力。

二、實驗結果

(一)、長索跳小蜂的形態特徵

此種寄生於銅翼皆木蜂幼蟲內的寄生蜂，後足股節不膨脹，腹部鋸齒形，觸角索節 5~7 節。後翅小但不是長刷毛狀，前翅脈伸展超過翅長的三分之一，痣脈小。後翅小，長橢圓，但非長條刷毛狀。中胸背板隆起，三角片沿中線相遇。中足脛距粗大而長，中足與前足基節幾乎相遇等特徵（圖 5-1~圖 5-5），鑑定為跳小蜂科（Encyrtidae）。

體長超過 1 mm，背部有藍色或藍綠色金屬光澤，盾片前段沒有毛，前翅超過尾部末端。觸角索節 6 節，觸角花莖長為寬的 3 倍以內，沒有旗樣突起。後腿跗趾 5 節，頭頂為頭寬 1/3。前翅後緣脈沒超過痣脈，故為長索跳小蜂屬（*Anagyrus*），已知本屬在台灣有 5 種，鑑定特徵，如圖 5-6。



圖 5-1、後足股節不膨脹，腹部鋸齒形。

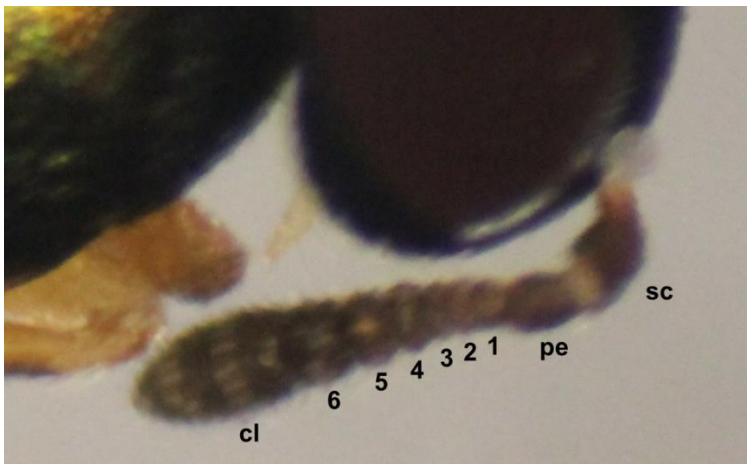


圖 5-2、觸角索節 5~7 節。

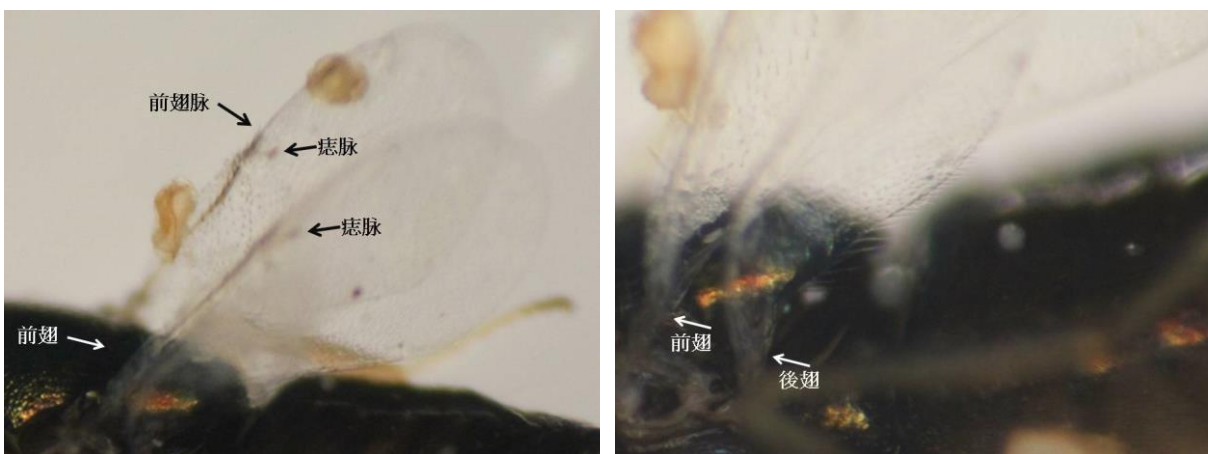


圖 5-3、前翅脉伸展超過翅長的三分之一，痣脉小；後翅小，長橢圓，但非長條刷毛狀。

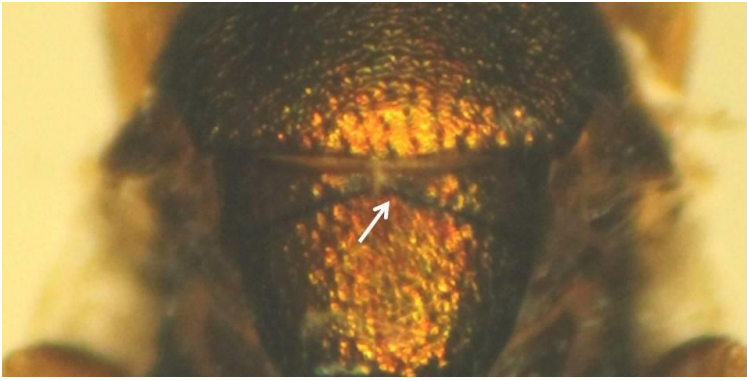


圖 5-4、中胸背板隆起，三角片沿中線相遇。



圖 5-5、中足脛距粗大而長，中足與前足基節幾乎相遇 (中足基節往前靠)，後足股節不膨脹。

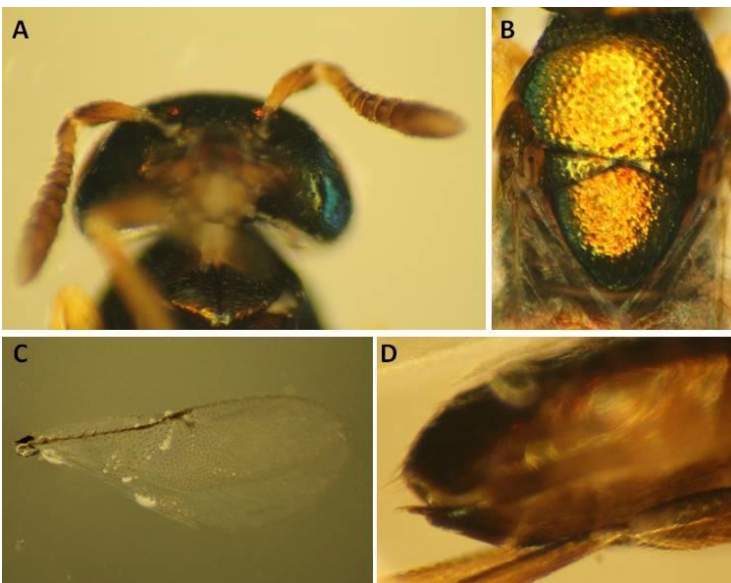


圖 5-6、長索跳小蜂(*Anagyrus* sp.)的外部特徵。

實驗六、長索跳小蜂的寄生策略

我們剖開有銅翼皆木蜂的竹子後，通常見到的情況是：(1).在木蜂幼蟲體內的長索跳小蜂幼蟲已成群孵化接近終齡幼蟲（圖 6-1 及圖 6-2）；(2).有時木蜂幼蟲壞死（圖 6-3）；(3).可飼養到長索跳小蜂化蛹，初蛹如圖 6-4。

一、材料及方法

- 1.測量每隻被寄生的木蜂幼蟲的體長、體寬、濕重及寄生數量。
- 2.測量長索跳小蜂成蟲的體長、體寬及以總重除以個體數估計單隻的濕重。
- 3.評估寄生長索跳小蜂的生殖策略。

二、實驗結果

1.長索跳小蜂的形值與寄生數量

被寄生的木蜂幼蟲的平均體長為 25.5 ± 2.5 mm，體寬為 5.6 ± 0.7 mm，濕重為 0.37 ± 0.12 g；每隻木蜂幼蟲體內約有長索跳小蜂 665 ± 237 隻（N=20），如下表 6-1。

寄生於木蜂的長索跳小蜂，體型微小，重量很輕。長索跳小蜂體長為 1.94 ± 0.41 mm，體寬為 0.57 ± 0.12 mm (N= 40)，表 6-2；粗估每隻體重平均約 0.0006 ± 0.0003 g (N= 20)。

2.寄生長索跳小蜂的生殖策略

寄生於每個木蜂幼蟲後羽化的長索跳小蜂體型大小有顯著差異，圖 6-5。長索跳小蜂體型的大小與木蜂幼蟲大小（體寬、體長、濕重）無關，圖 6-6。長索跳小蜂的個體數與體型大小可能跟寄生卵的多寡有關。

因為母的長索跳小蜂可能讓卵儘量小及卵數儘量多的生殖策略，贏得族群的延續。每隻木蜂的幼蟲就可寄生大量的長索跳小蜂（322~1,066 隻）；因此，可讓長索跳小蜂的族群快速擴大。

3.跳小蜂對木蜂族群的影響

每年春天許多植物開花，木蜂開始鑽洞巢繁殖，但長索跳小蜂的寄生時機很晚。我們估計入秋後（11 月中旬），銅翼皆木蜂（第 3 代）及長索跳小蜂（第 2 代）的蛹都已羽化，這時兩種蜂的族群數量達到高峰，木蜂的族群也受到長索跳小蜂的抑制，開始進入度冬

期，圖 6-7。

表 6-1、103 年每隻木蜂幼蟲寄生的長索跳小蜂數量

標本 編號	採集 日期	銅翼皆木蜂			長索跳小蜂 數量** (隻)	粗估每隻跳小蜂 平均濕重(g)	備註
		濕重(g)	長(mm)	寬(mm)			
1	2014/8/28	0.36	24.0	5.8	623	0.0006	
2	2014/8/28	0.56	27.0	6.8	512	0.0011	
3	2014/8/28	0.38	24.0	6.1	437	0.0009	
4	2014/8/28	0.60	30.0	6.9	1,051	0.0006	
5	2014/8/28	0.27	21.0	5.2	613	0.0004	
6	2014/8/28	0.22	26.0	4.7	591	0.0004	
7	2014/8/28	0.56	28.0	6.5	1,066	0.0005	
8	2014/8/28	0.36	26.0	5.1	705	0.0005	
9	2014/8/28	0.41	27.0	5.5	795	0.0005	
10*	2014/8/28	[0.12]	[15.0]	[3.3]	[4]	-	羽化飛走
11	2014/7/18	0.34	25.0	5.3	412	0.0008	
12	2014/8/28	0.35	26.0	5.7	1,022	0.0003	
13	2014/8/28	0.32	23.0	4.9	422	0.0008	
14	2014/8/28	0.29	26.0	6	526	0.0005	
15*	2014/7/18	[0.49]	[28.0]	[5.0]	[2]	-	羽化飛走
16	2014/7/8	0.44	27.0	5.1	322	0.0014	
17	2014/10/5	0.56	26.0	5.8	1049	0.0005	
18	2014/10/5	0.29	27.0	4.8	740	0.0004	
19	2014/10/5	0.41	28.0	6.1	869	0.0005	
20	2014/10/5	0.19	21.0	4.2	593	0.0003	
21	2014/10/4	0.21	21.0	5.2	482	0.0004	
22	2014/10/8	0.29	26.0	5.8	479	0.0006	
平均值(AVG)		0.37	25.5	5.6	665	0.0006	
標準差(SD)		0.12	2.5	0.7	237	0.0003	
註 1：*編號 10 及 15 採集時，長索跳小蜂已羽化飛走，不列入計算。							
註 2：**長索跳小蜂可能為幼蟲、蛹、成蟲的階段。							

表 6-2、長索跳小蜂在不同宿主的體長與體寬 (mm)

編號	宿主木蜂幼蟲 1		宿主木蜂 2		宿主木蜂 3		宿主木蜂 4	
	體長	體寬	體長	體寬	體長	體寬	體長	體寬
1	2.83	0.97	1.76	0.60	1.67	0.44	1.67	0.53
2	2.80	0.67	1.82	0.67	1.67	0.49	2.00	0.67
3	2.57	0.63	1.78	0.56	1.73	0.53	1.77	0.60
4	2.13	0.50	1.73	0.44	1.33	0.40	1.80	0.57
5	2.67	1.00	1.56	0.40	1.56	0.51	1.87	0.53
6	2.53	0.57	1.78	0.49	1.60	0.49	1.83	0.57
7	2.43	0.57	1.62	0.56	1.73	0.51	1.67	0.57
8	2.30	0.53	1.82	0.60	1.67	0.56	2.00	0.63
9	2.83	0.70	1.67	0.42	1.62	0.49	1.83	0.67
10	2.67	0.50	1.76	0.60	1.62	0.47	1.87	0.70
AVG	2.58	0.66	1.73	0.53	1.62	0.49	1.83	0.60
SD	0.23	0.18	0.09	0.09	0.11	0.04	0.11	0.06
體長為 1.94 ± 0.41 mm，體寬為 0.57 ± 0.12 mm (N= 40)。								



圖 6-1、被寄生的銅翼背木蜂幼蟲期內有許多長索跳小蜂幼蟲等待化蛹。



圖 6-2、許多長索跳小蜂幼蟲等待化蛹特寫。

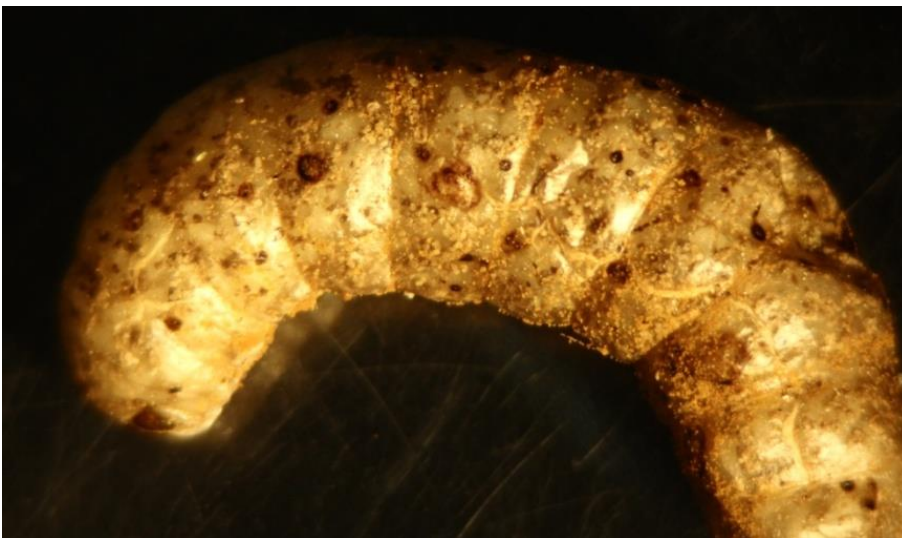


圖 6-3、被寄生的銅翼皆木蜂幼蟲（已壞死）。



圖 6-4、寄生於銅翼皆木蜂幼蟲內的長索跳小蜂初蛹。

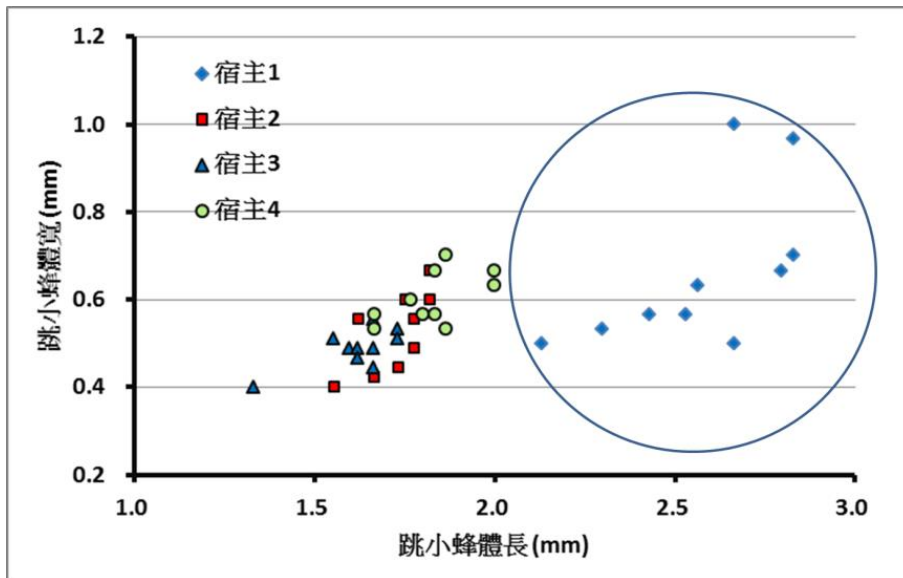


圖 6-5、不同木蜂幼蟲宿主內的長索跳小蜂成蟲之體長與體寬之分布。

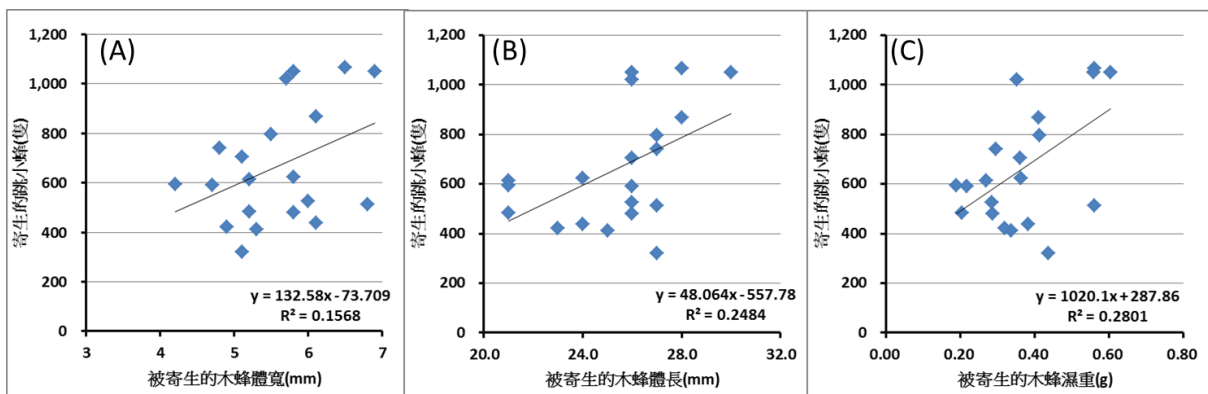


圖 6-6、寄生的長索跳小蜂數量與被寄生木蜂幼蟲體寬(A)、體長(B)及濕重(C)之關係。

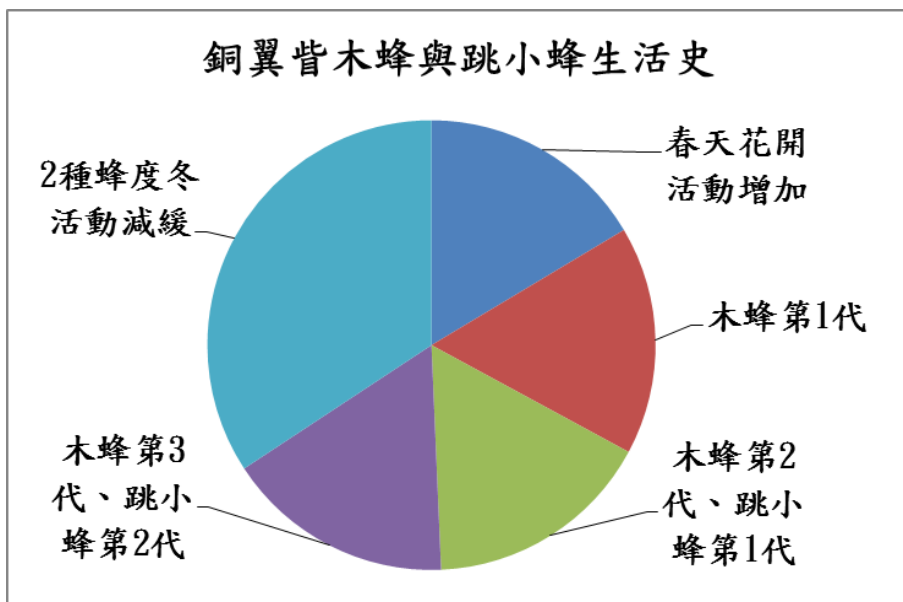


圖 6-7、銅翼皆木蜂與長索跳小蜂生活史間的關係。

伍、討論

一、木蜂的世代交替

校園裡，不噴藥，常見銅翼皆木蜂晨間大量採蜜，中午過後就很少出現。很容易分辨，因為乍看之下，牠們全身亮黑，唯獨翅膀顏色不同；雄蜂橄欖綠、雌蜂則是亮紫色。絲瓜花是主要蜜源，其次是常開的花，有蜜最好！

我們觀察的幾個新舊巢洞並剖開進行飼養與觀察，何時開始恢復頻繁的訪花活動，有效率地探索銅翼皆木蜂及長索跳小蜂的神祕生活史。其中銅翼皆木蜂的生殖為世代重疊，早出生的早生殖，雖然有些晚出生的新成蟲會逗留在竹洞裡面，但大部分都會離開另建新家。

我們藉由架設新絲瓜棚架，提供第二代銅翼皆木蜂營造新家，方便觀察第二世代及第三世代，統計實驗一及實驗二，得知為銅翼皆木蜂的繁殖為世代重疊，早羽化的新生代不斷建立新家，產卵生下更多的木蜂後代，圖 6。我們模擬木蜂生殖的時序為世代重疊，圖 7。

二、天敵長索跳小蜂抑制銅翼皆木蜂的族群成長

飼養過程中，發現銅翼皆木蜂的天敵為長索跳小蜂；因此，同步飼養與照顧長索跳小蜂。長索跳小蜂肆無忌憚的啃蝕木蜂幼蟲，並快速成長羽化。即使木蜂慘遭破壞，但是只要有機會，木蜂依然會在原本的舊竹竿附近繼續築新巢、繁殖下一代，牠們和人類一樣都十分努力營造與守護家園。

當第一代的長索跳小蜂羽化加入寄生蜂族群，第三代的木蜂被寄生的機會增加，寄生率由 5.9% 增加至 32.2%，木蜂幼蟲的成功率（族群成長）大大被抑制下來，圖 8。

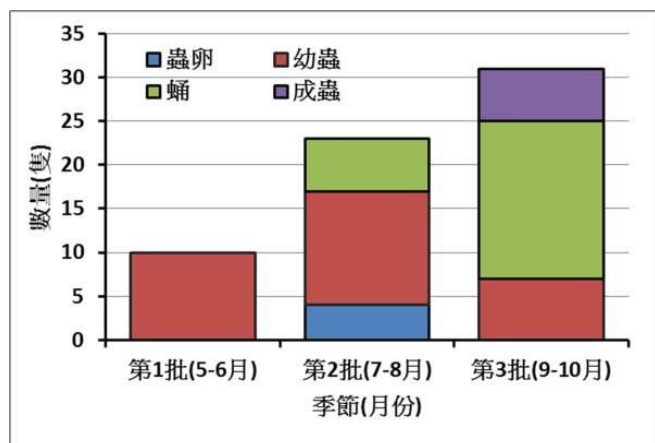


圖 6、103 年採集時各巢洞中木蜂之齡層。

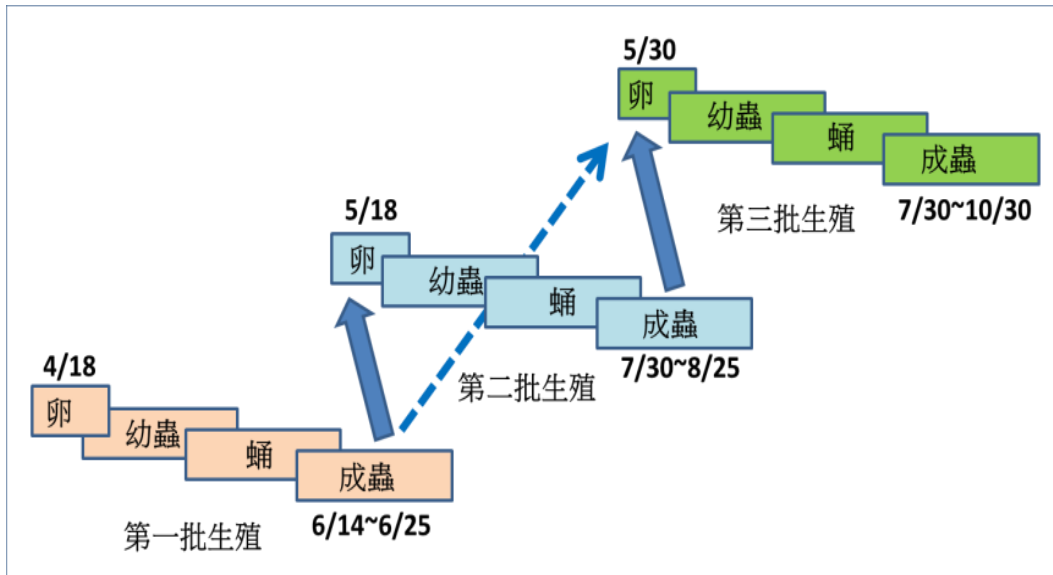


圖 7、模擬銅翼皆木蜂的生殖為世代重疊。

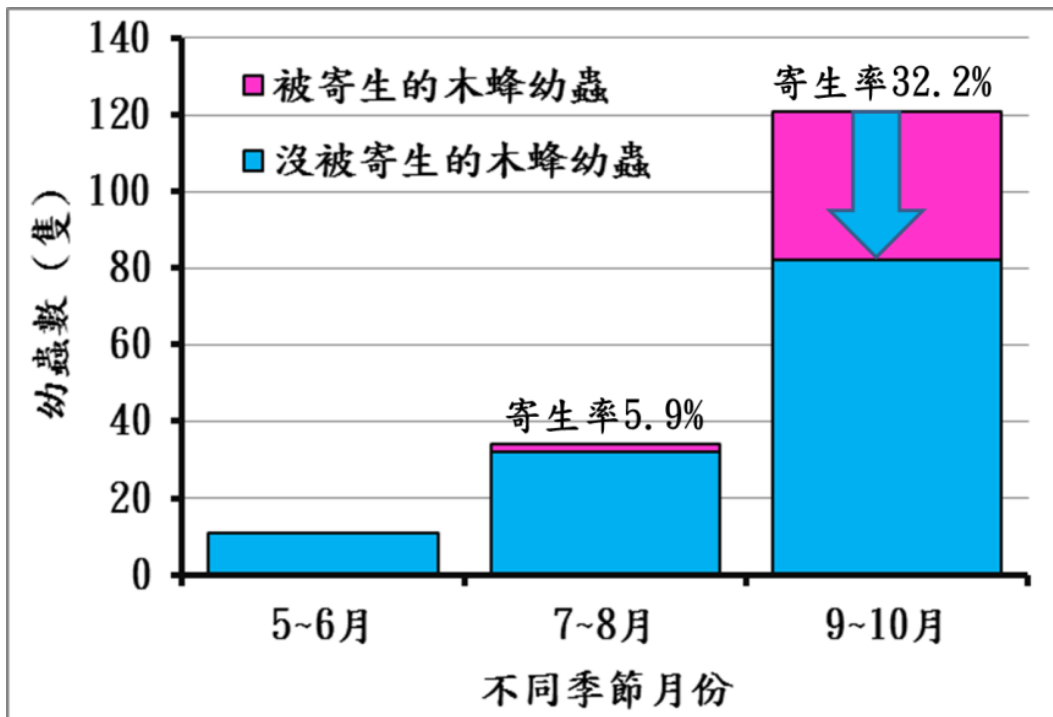


圖 8、銅翼皆木蜂的繁殖成功率因長索跳小蜂寄生而大幅降低。

陸、檢討與建議

銅翼皆木蜂從竹子裡面開始產卵，也按順序羽化，羽化後的亞成蟲在竹子中滑動，磨掉蛻皮剩下的碎屑，然後隔壁一間一間(每個隔間都有弟妹)被衝破，互相摩擦與擁抱，增加活動力。

我們發現 5 個木蜂巢洞於產卵數較多時，牠們會以出入的洞口為中心，再做上下層的隔間，並分別做蜜球產卵育幼，分散風險，降低前幾隻羽化後干擾後面幾隻的化蛹與羽化，圖 9。但是產卵最多的是幼蟲 13 隻，仍難敵長索跳小蜂的噬虐，僅 1 隻成功羽化成功，並於 10 月 16 日放飛。估計這 5 個巢洞的成功率僅有 33.3%，表 1。多造蜜球多產卵，並沒有獲得更多子代的主要原因：主要是 10 月時長索跳小蜂已大量出現，產卵寄生造成木蜂死於終齡幼蟲期（參考圖 6-1~圖 6-3），木蜂幼蟲的低存活率（表 1 及圖 10）。

銅翼皆木蜂的巢穴每個蜜球於產卵後就封住，等待幼蟲孵化成長至化蛹及羽化，木蜂的每隻幼蟲都有隔板，長索跳小蜂從何進入、侵入？值得繼續研究。

表 1、103 年 10 月銅翼皆木蜂分別在洞口的上下方育幼成果(隻)

序號	洞口上方	洞口下方	成功數
1	2	2	4
2	3	5	4
3	5	4	1
4	5	8	1
5	6	2	4
合計	21	21	14 (33%)



圖 9、木蜂巢洞中的隔間分別在洞口的上下位置。

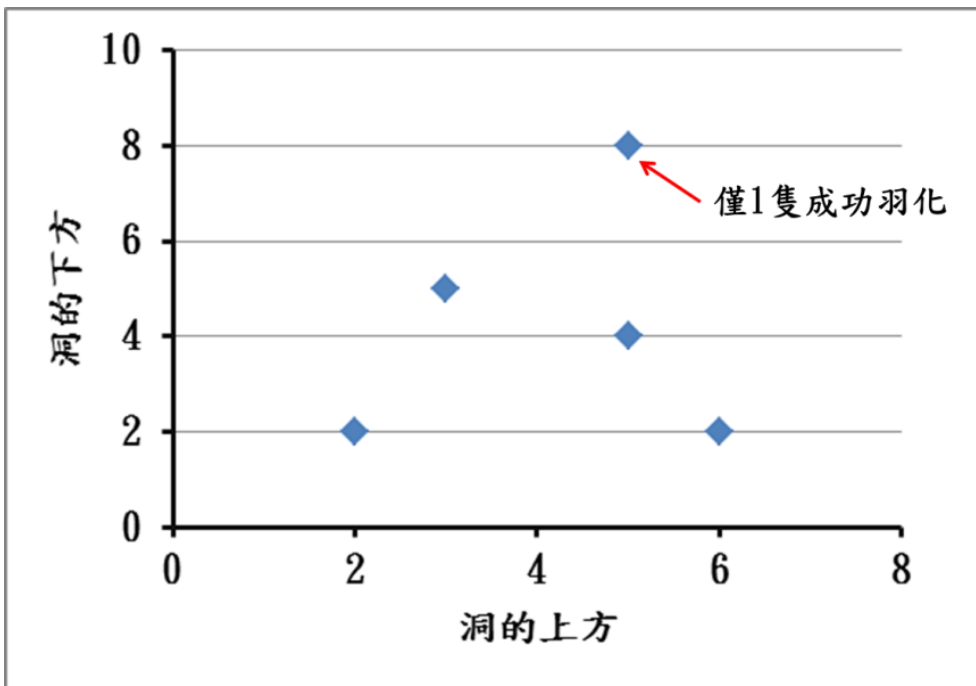


圖 10、5 隻木蜂分散築蜜球降低干擾巢洞上下層的幼蟲數。

柒、參考文獻

生物學習之家。2012。http://shengwu8.com 網站中：動物學實驗：實驗 14 昆蟲分類學。

李坤碧、徐浚哲、林彥如、陳瑾儒、霍義仁。2005。早安！黑翅木蜂。花蓮教育大學附設實驗國民小學。共 29 頁。

貢穀紳。1996。昆蟲學(中冊)。國立中興大學農學院。

趙修復。1987。寄生蜂分類綱要。科學出版社，共 281 頁。

Zhang, Y.-Z. and D.-W. Huang. 2004. A review and an illustrated key to genera of Encyrtidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) from China. Beijing, Science Press, 166 pp.

【評語】 030311

1. 本作品觀察入微也發現有趣的結果，作品說明書也呈現很好的論述，值得鼓勵，作者也很投入研究工作，對作品工作也很了解。
2. 本作品也觀察到跳小蜂寄生銅翼皆木蜂的結果，但過程有更進一步研究的必要。