

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

揭開銅翼背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：銅翼背木蜂、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。

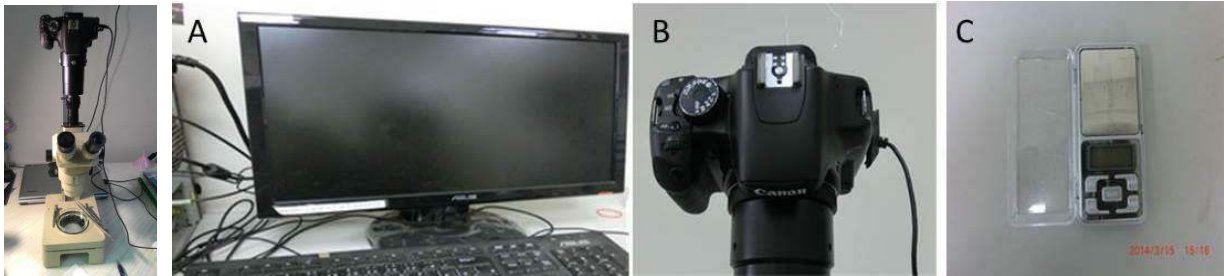


圖 1、研究設備—顯微鏡、電腦設備、Canon 數位相機及電子秤。

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。

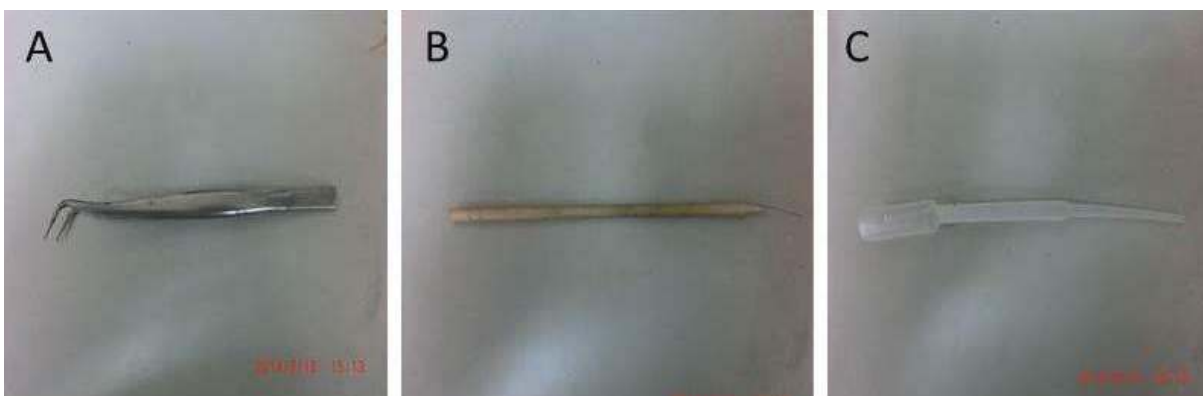


圖 3、器材—夾子、針、滴管。

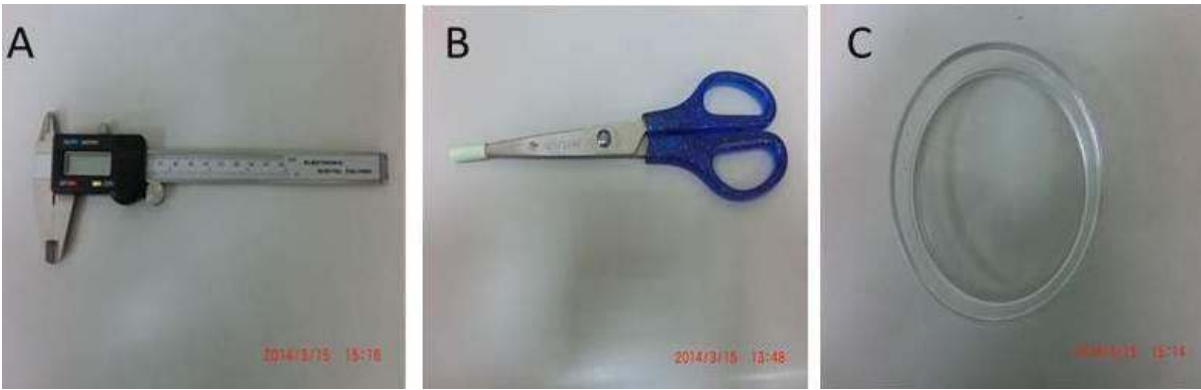


圖 4、器材—電子游標尺、剪刀、培養皿。



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，以鋸子及鐮刀剖開竹子，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，以鋸子及鐮刀剖開竹子，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。

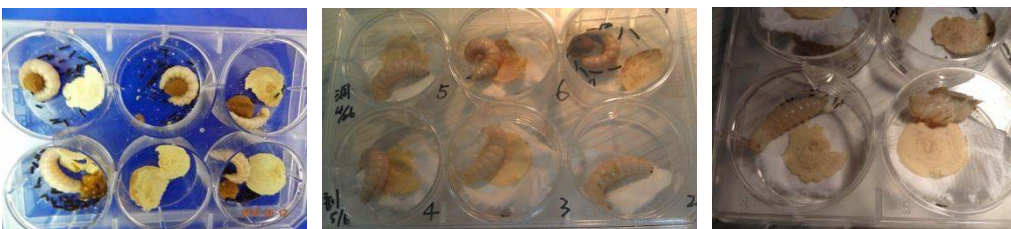


圖 1-8、分隔飼養銅翼皆木蜂以觀察幼蟲的發育情形。

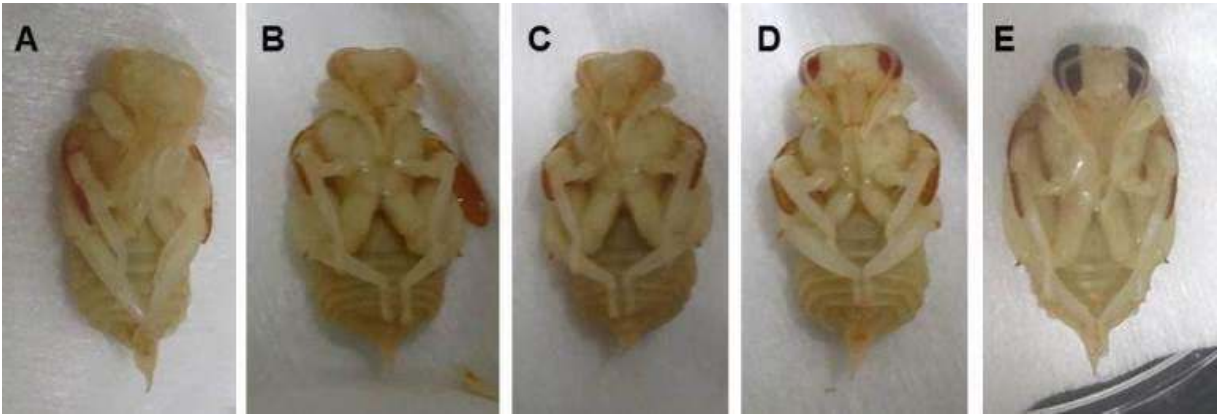


圖 1-9、銅翼皆木蜂的裸蛹。



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

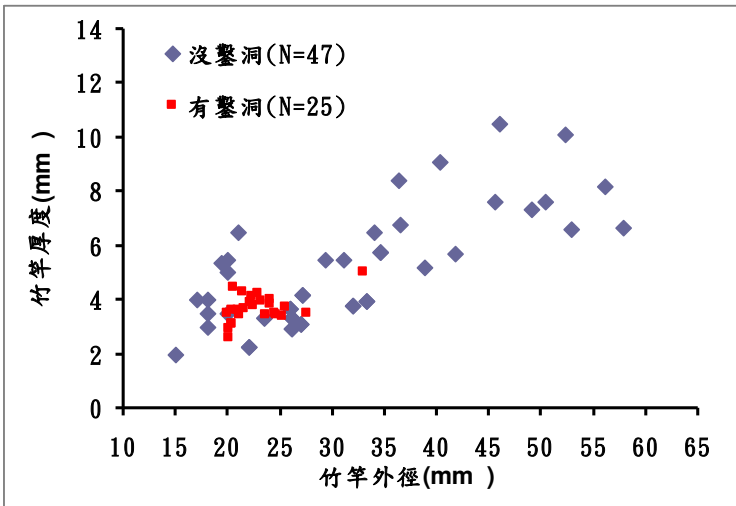


圖 3-3、木蜂對竹子外徑與厚度大小的選擇。

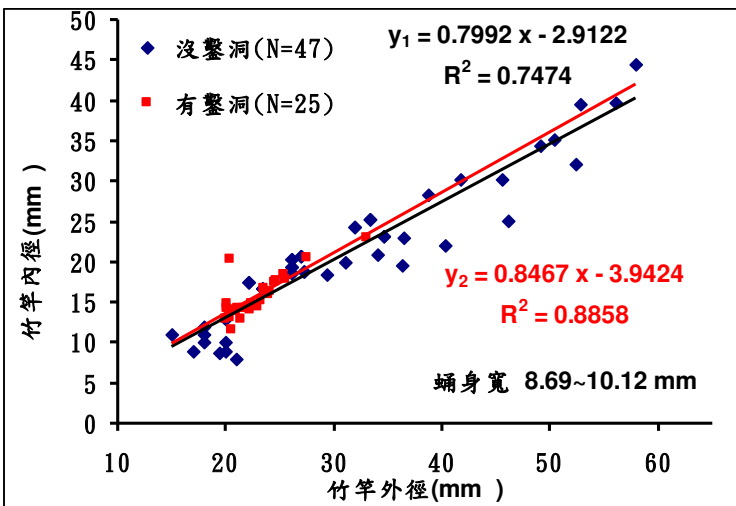


圖 3-4、木蜂對竹子外徑與內徑大小的選擇。



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。

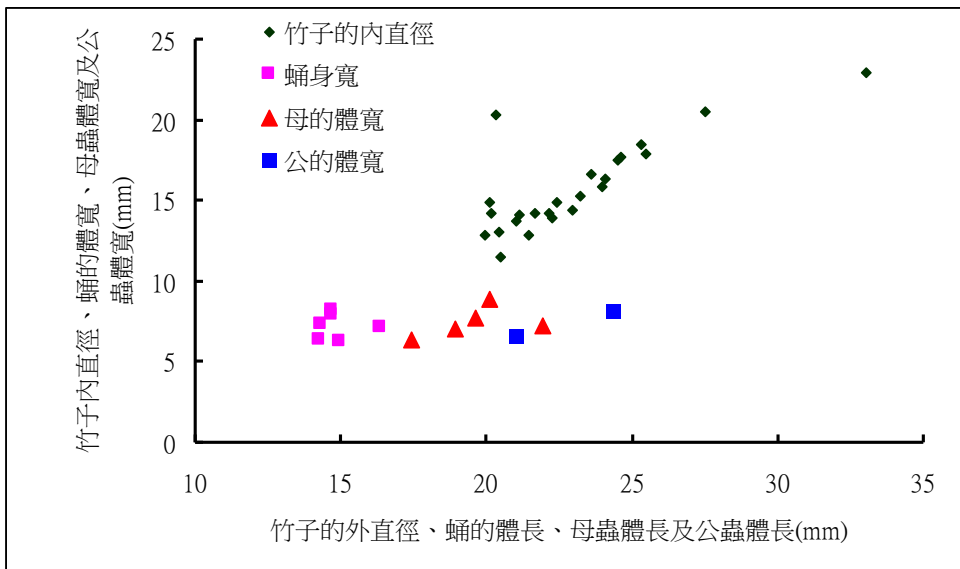


圖 3-7、比較竹子的內直徑、蛹的體寬、母蟲體寬及公蟲體寬。

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的透明塑膠瓶中以方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												小計
		0	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	
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

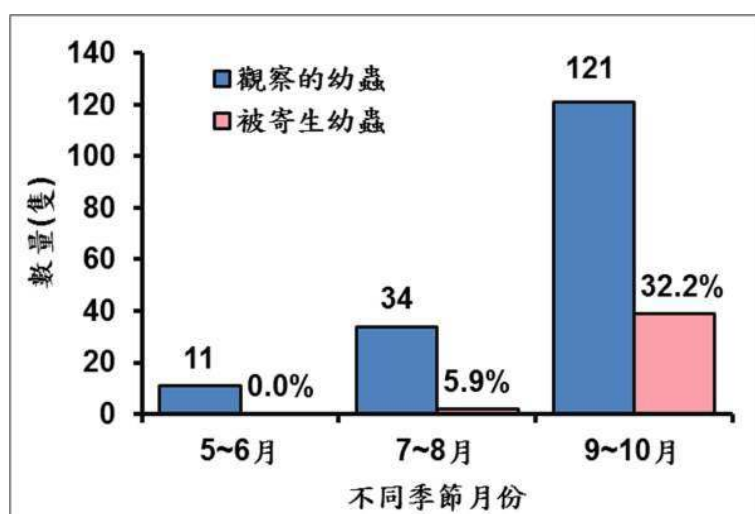


圖 4-1、銅翼皆木蜂幼蟲於不同繁殖期的幼蟲數與被寄生蜂寄生數之比較。

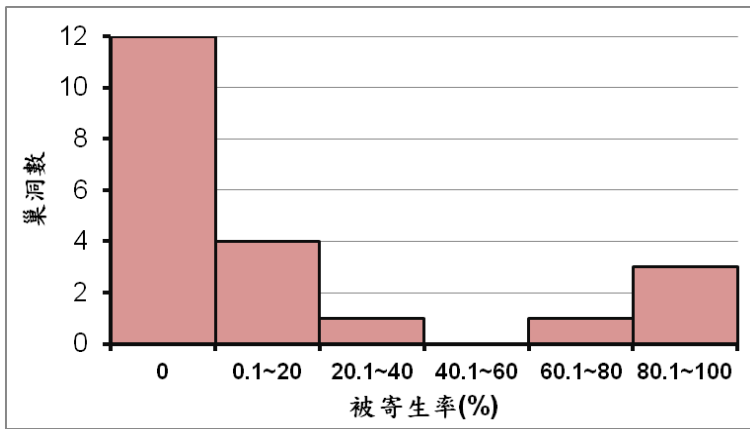


圖 4-2、銅翼皆木蜂各巢洞內幼蟲被寄生蜂寄生比率成 M 型分佈。

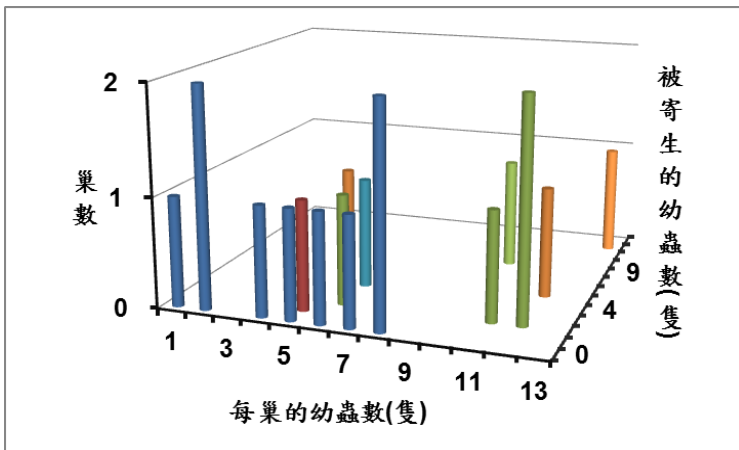


圖 4-3、103 年銅翼皆木蜂各巢洞幼蟲被寄生蜂寄生之分佈圖。

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。

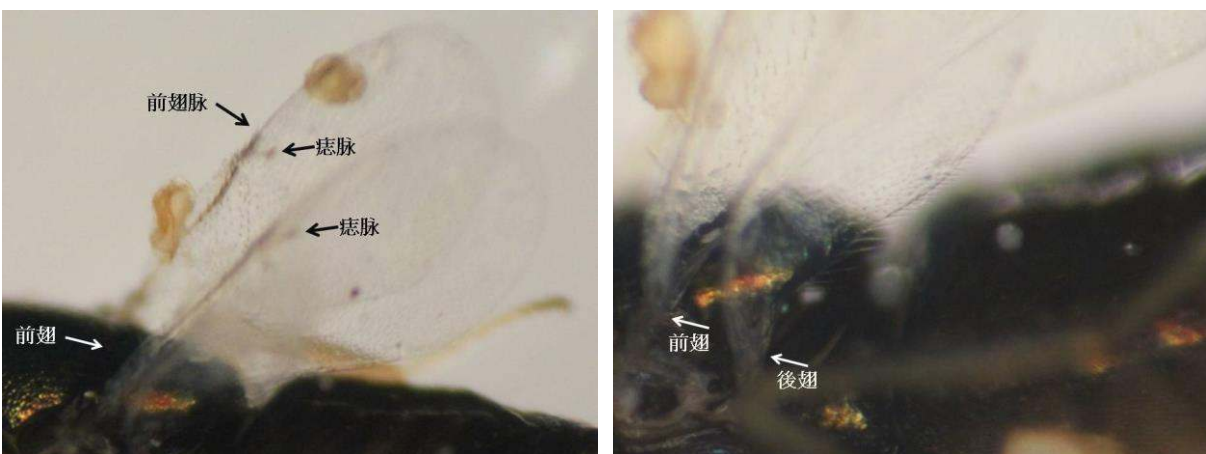


圖 5-3、前翅脈伸展超過翅長的三分之一，痣脈小；後翅小，長橢圓，但非長條刷毛狀。

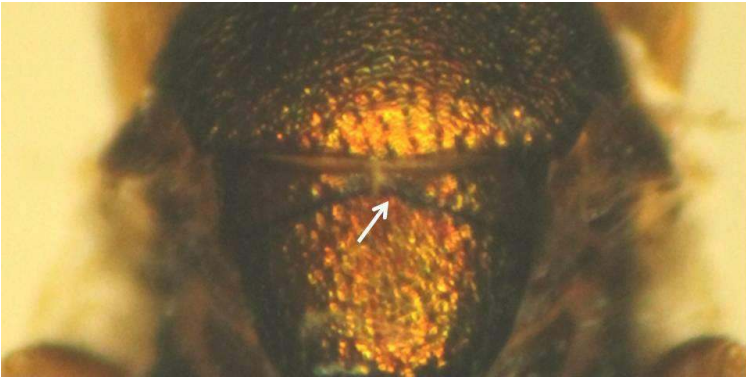


圖 5-4、中胸背板隆起，三角片沿中線相遇。

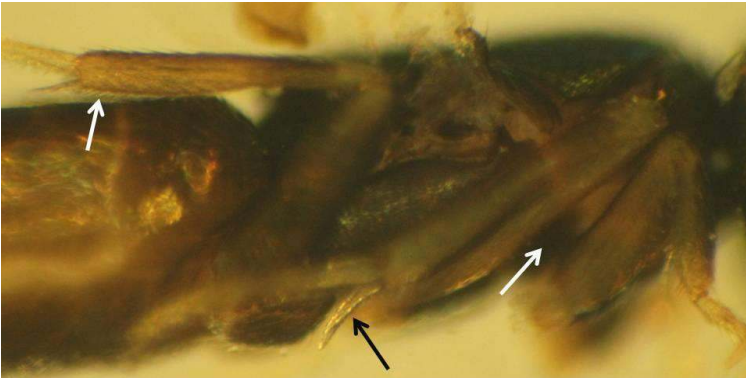


圖 5-5、中足脛距粗大而長，中足與前足基節幾乎相遇 (中足基節往前靠)，後足股節不膨脹。

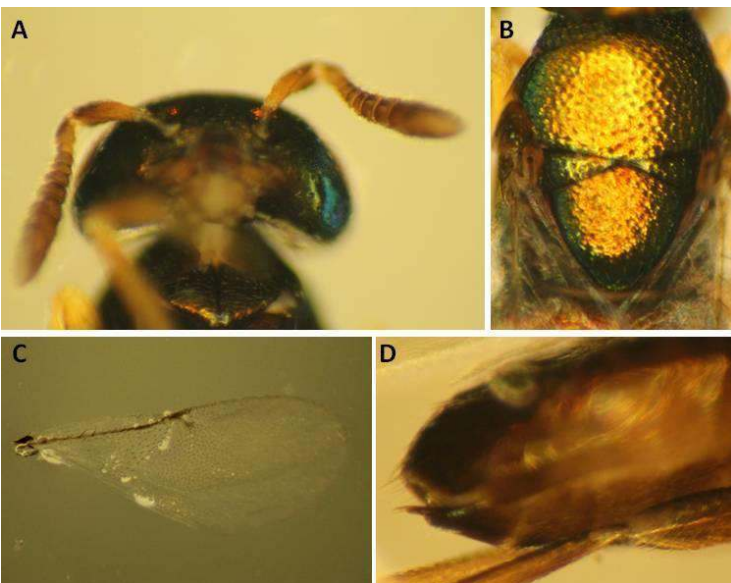


圖 5-6、長索跳小蜂(*Anagyrus* sp.)的外部特徵。

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、被寄生的銅翼皆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。

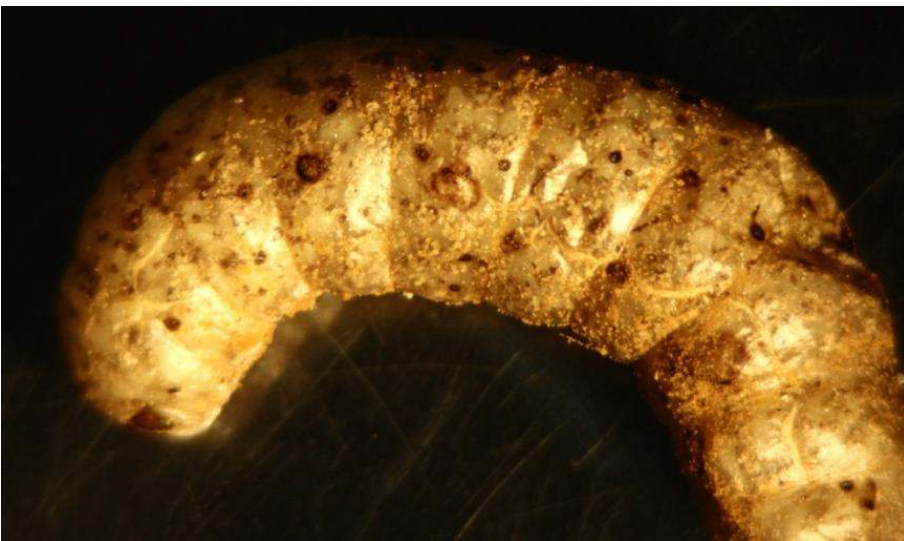


圖 6-3、被寄生的銅翼皆木蜂幼蟲（已壞死）。



圖 6-4、寄生於銅翼皆木蜂幼蟲內的長索跳小蜂初蛹。

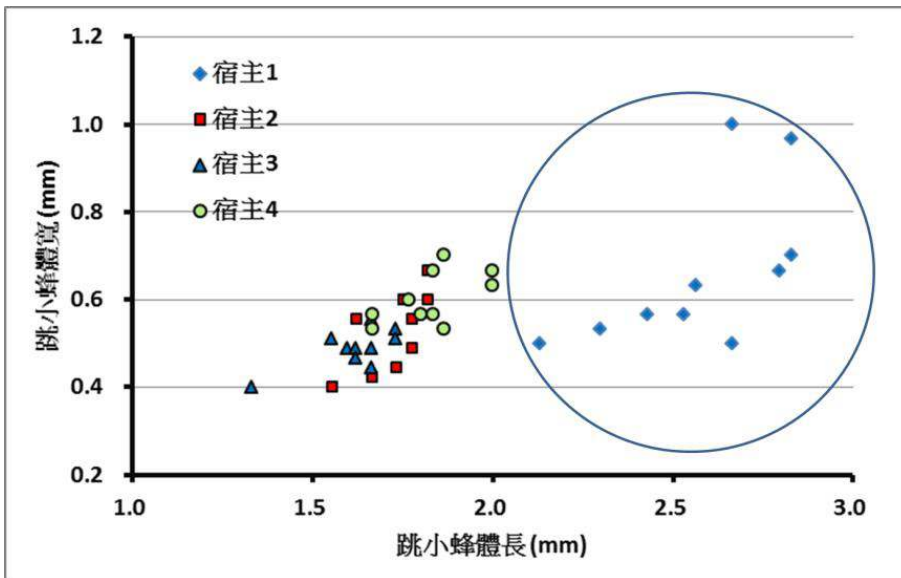


圖 6-5、不同木蜂幼蟲宿主內的長索跳小蜂成蟲之體長與體寬之分布。

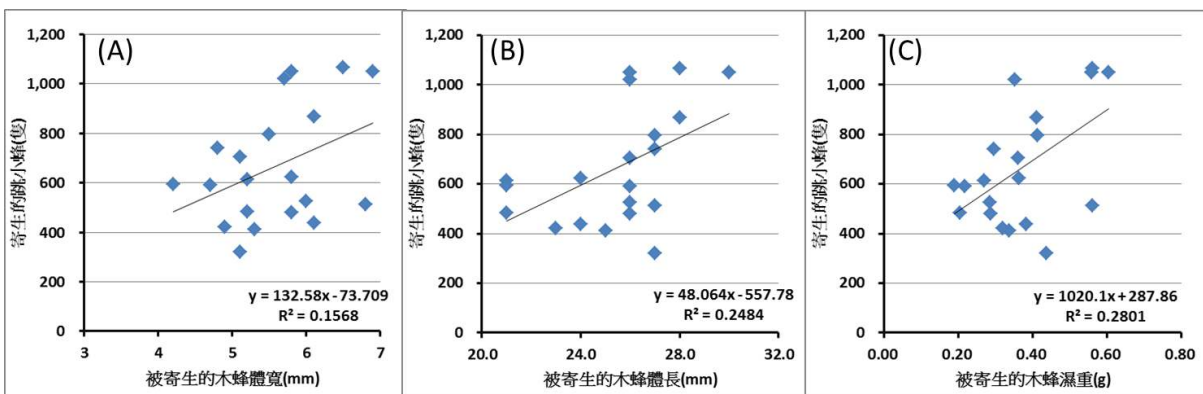


圖 6-6、寄生的長索跳小蜂數量與被寄生木蜂幼蟲體寬(A)、體長(B)及濕重(C)之關係。

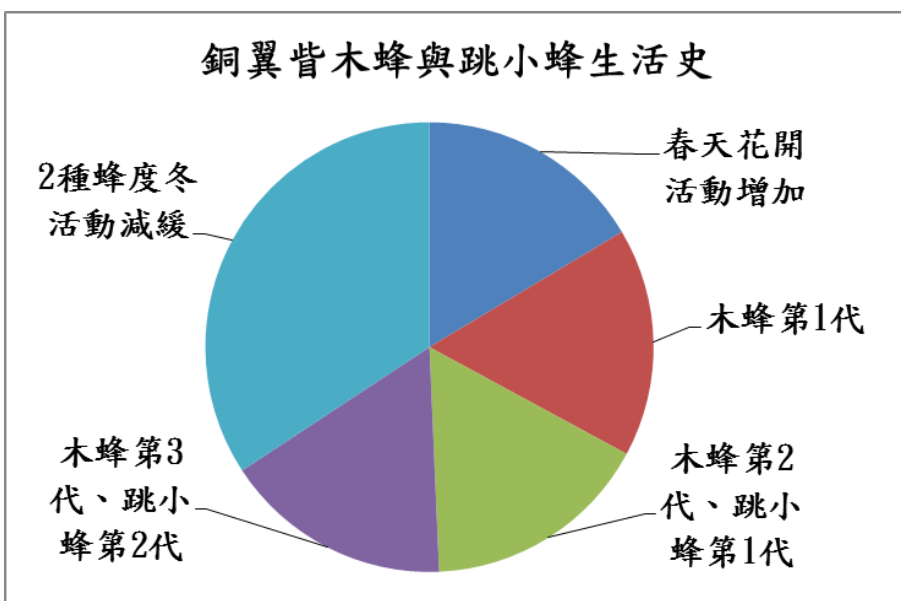


圖 6-7、銅翼皆木蜂與長索跳小蜂生活史間的關係。

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。

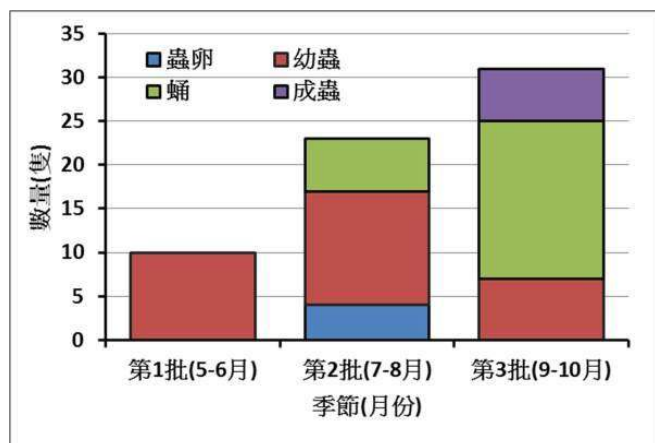


圖 6、103 年採集時各巢洞中木蜂之齡層。

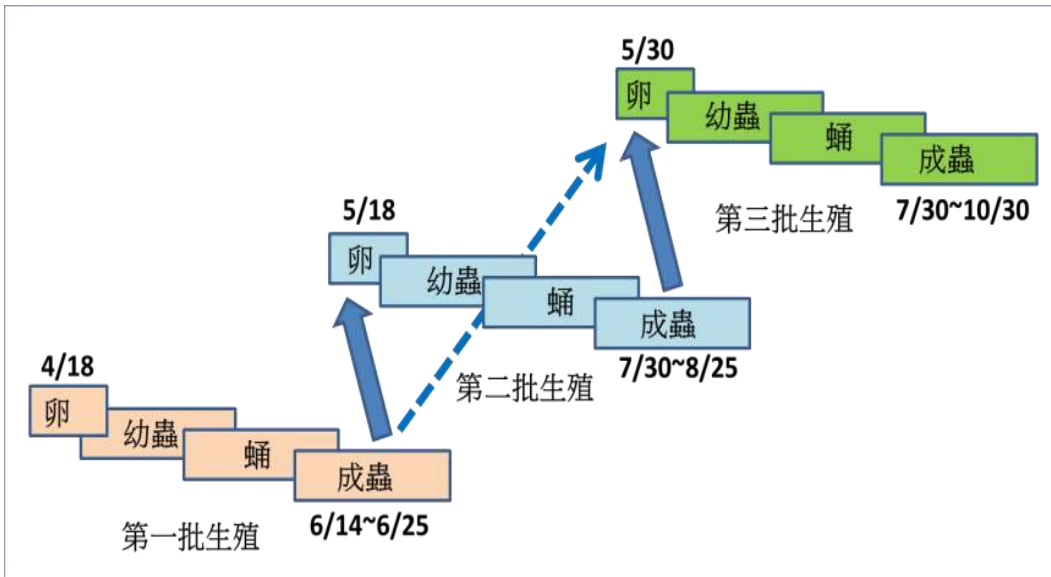


圖 7、模擬銅翼皆木蜂的生殖為世代重疊。

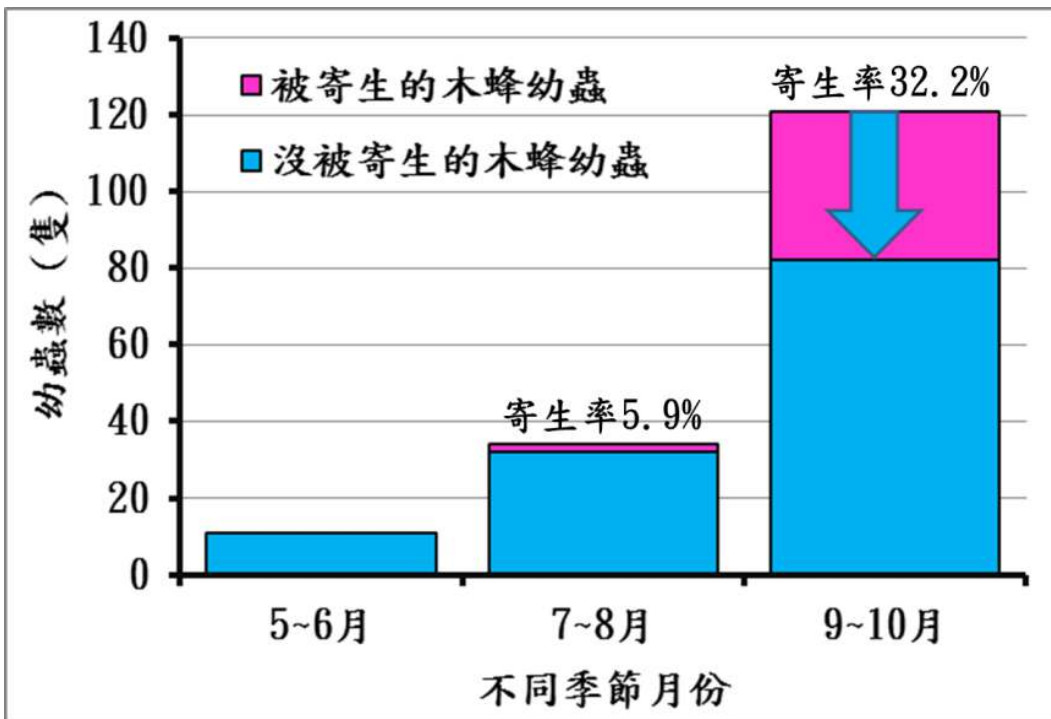


圖 8、銅翼皆木蜂的繁殖成功率因長索跳小蜂寄生而大幅降低。

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。

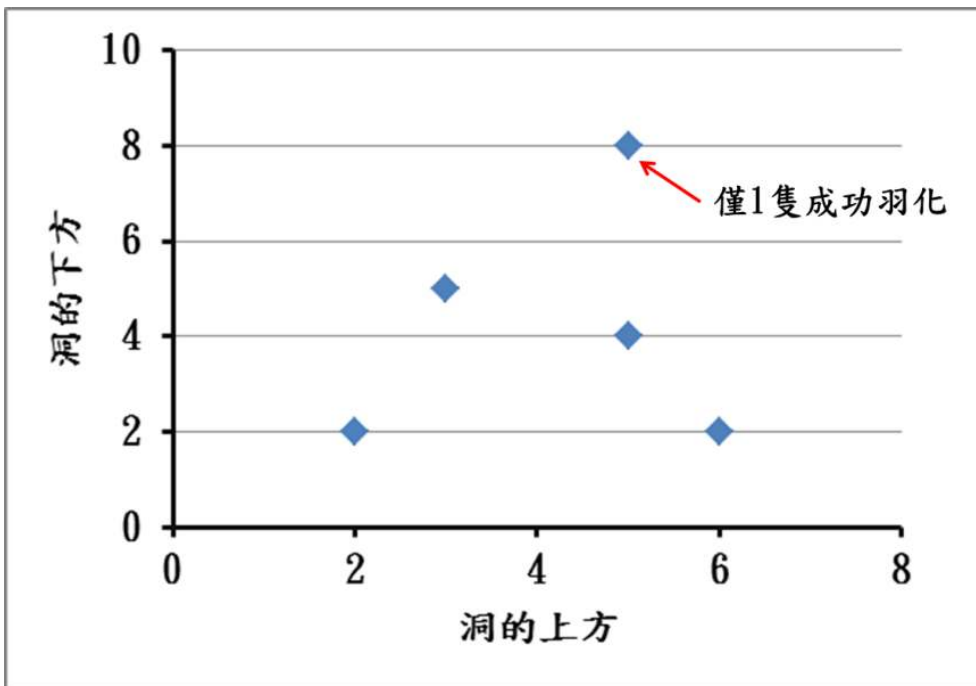


圖 10、5 隻木蜂分散築蜜球降低干擾巢洞上下層的幼蟲數。

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。