

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生物科

030322

獨居蜂 hostel? -獨居蜂人工巢室最佳化

學校名稱：新北市立二重國民中學

作者： 國二 林品睿 國二 蕭尊仁	指導老師： 鍾兆晉 張博翔
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：獨居蜂、獨居蜂旅館、人工棲所最佳化

摘要

獨居蜂是一種沒有社會性行為的蜜蜂，多樣性高但豐富度逐年遞減。市面上已出現了許多提供獨居蜂居住的人工巢室，然而實際效果未知，於是我們利用隨手可得的竹子與木板探討自製獨居蜂旅館的可能。野外觀察結果顯示，獨居蜂偏好入住於竹管、內徑 0.7~1.0cm、深度 18~26cm、離地高度 80~140cm、背陽、靠巢室邊緣等，我們也發現獨居蜂築假巢的行為，真假巢的比例約為 1:1。接著將各項觀察結果做成實際的最佳化獨居蜂人工巢室，與市售的獨居蜂旅館放置在實驗樣點一個月。在野外樣點中，自製的獨居蜂人工巢室六角形與星形築巢率分別為 33%和 47%。此研究結果證實了獨居蜂人工巢室的最佳化條件有助提高使用比例，將對獨居蜂保育與研究提供基礎且重要的參考資料。



圖一、宜蘭東山河邊的野外調查樣點

壹、 研究動機

在我們的校園中，環境教育的設施有許多蝙蝠屋的設置，一種蝙蝠使用的人工巢室，這些蝙蝠屋原本設計是用於讓在都市中找不到棲息地的蝙蝠找到生存、生殖與育幼的棲所。在保育與研究上，也有許多提供野生動物使用的人工棲所，其中一種人工巢室就是給獨居蜂使用的。經資料查詢得知，獨居蜂是一種不具有社會性行為分工的蜜蜂，與我們平時看到養蜂場的蜜蜂不同，對我們而言又是另一個生物學上未知的領域，確立了我們的興趣與研究物種。這類獨居蜂巢室利用某些獨居蜂會在竹管中築巢的特性設計，希望能吸引獨居蜂前往築巢，主要目的是提供獨居蜂更多生活與生殖的空間。目前市售的獨居蜂人工巢室價格不低、但獨居蜂使用率未知，一個只有 59 個管子卻要價 3600 元，使我們想要深入探討關於獨居蜂人工巢室的各種變因，進而設計出較佳的獨居蜂人工巢室，增加獨居蜂人工巢室的築巢率。也希望能增加獨居蜂的數量，讓獨居蜂提供的生態系統服務更加地完善。

貳、 研究目的

- 一、 文獻資料整理以及觀察記錄
- 二、 探討不同參數對獨居蜂人工巢室影響
- 三、 自製獨居蜂人工巢室與市售人工巢室比較



參、 研究設備及器材

表一、研究器材及設備

名稱	型號	價格	數量
【速力工具】線鋸機	SL-B650	1120	1 台
鯊魚折合鋸	A-25/A-28	75	2 把
鐵釘	1.2 吋	150	10 盒
熱熔膠槍	WT-202	65	1 枝
熱熔膠條	-	35	5 條
市售獨居蜂旅館-大	56 管	3580	1 個
市售獨居蜂旅館-中	30 管	2480	1 個
市售獨居蜂旅館-小	10 管	1480	1 個
市售獨居蜂旅館-costco	160 管	799	2 個
木板	200cm*300cm	640	2 片
竹子	內徑 0.4-1.9cm	800	80 枝
Photoshop CS6	CS6	-	-
IC Measure	2.0.0.161	-	-



圖二、主要研究器材

(a、photoshop cs6 b、IC measure 2.0.0.161 c、【速力工具】線鋸機 d、市售獨居蜂人工巢室-大 e、市售獨居人工巢室-中 f、市售獨居蜂人工巢室-小 g、市售獨居蜂人工巢室-costco)

肆、 研究過程或方法

一、 文獻資料整理以及觀察記錄

(一) 參考及統整文獻資料

1. 蜜蜂總科的分類

我們利用英文維基百科蜜蜂總科介紹的參考資料，將其中的分類圖翻譯成中文，並比對網路上的資料辨別此種蜜蜂是否為獨居蜂，來了解獨居蜂的分類組成。

2. 人工巢室在不同生物的應用

查找不同人工巢室的應用的資料，了解現今人工巢室的應用層面以及那些物種適合使用人工巢室。

3. 獨居蜂的生態系統服務

查找相關文獻來加以整理出獨居蜂的重要性，以及對生態的貢獻。藉此強調保育獨居蜂的必要性，以及少了獨居蜂對生態的衝擊。

(二) 獨居蜂觀察紀錄

在先前，我們總共去了宜蘭冬山河的野外樣區六次，分別在 1/21、2/8、2/26、3/2、5/6 和 6/6，而在前兩次的觀察中，我們自己利用假日的時間搭乘火車前往野外樣區做場地勘查，也發現了當地除了小型的獨居蜂人工巢室之外還有大型的獨居蜂人工巢室，我們挑選了 100 根竹管來測量其內徑以及長度。回到學校與指導老師討論後發現我們測量的值太少，於是便在 2/26 號時帶著我們去野外樣區進行拍照，並帶回學校進行分析。但是拍回到照片過於模糊，所以我們便在 3/2 時自行搭乘火車重新前往野外樣區拍照。5/6 時我們與指導老師再次前往野外樣區觀察並拍照紀錄獨居蜂人工巢室經過時間的推移之後的變化量，並且設置了我們自製的最佳化獨居蜂人工巢室。6/6 則前往野外樣區觀察自製人工巢室的結果，並再次地拍照記錄。預計在 7/6，也就是再間隔一個月

之後，我們會去野外基地再次觀察自製巢室的成果，並在做一次拍照記錄，主要觀察目的如下。

1. 獨居蜂物種觀察記錄

觀察並紀錄獨居蜂人工巢室中的獨居蜂物種，並比對圖鑑，查找獨居蜂的學名以及特徵，藉此實際了解哪些種類的獨居蜂會使用人工巢室。

2. 獨居蜂人工巢室的時空變化

因獨居蜂從築巢到羽化成蟲約需要一個月的時間，我們每個月持續觀察獨居蜂人工巢室各種參數的變化量，藉此了解獨居蜂的築巢參數是否會因為時間推移而有所影響。而我們也選擇了兩個地點來觀察獨居蜂人工巢室的變化，分別是宜蘭冬山河以及我們的學校中，觀察不同地點的獨居蜂的巢室差別。

3. 獨居蜂的真假封蓋比例

我們發現有時候獨居蜂會在竹管封口之後卻不在其中築巢，這種現象我們稱之為假封蓋，相反的，有封蓋且有在其中產卵的我們稱作真封蓋。我們將取樣野外樣區的 320 根有封口痕跡的竹管進行測量。藉由挖出竹管的內容物，如果有獨居蜂入住過的痕跡(如隔間、殘留的食物、死亡的幼蟲等)便算是真封蓋，反之則為假封蓋。接著統整出真假封蓋的比例。

二、 探討不同參數對獨居蜂人工巢室影響

此實驗目的為觀察並分析位於宜蘭冬山河邊(24.638°N, E121.788°E)的野外樣區的人工巢室中。並研究獨居蜂的築巢的各種參數，進而設計較適合獨居蜂的人工巢室。下圖是所有野外樣區的獨居蜂人工巢室，A、B、C 屬於小型人工巢室，以竹管巢為主，其中 A 約有 1000 根竹管，B 約有 50 根築管，而 C 約有 30 根築管；D、E 屬於大型人工巢室，擁有多樣的巢穴類型，各約 8000 根竹管，共約 16000 根竹管。



圖三、宜蘭冬山河邊的獨居蜂的人工巢室，每個都有正反兩面，共 5 個
(A：長 41 寬 72cm；B：長 30.6 寬 23.9cm；C：長 23.2 寬 39.5cm；D：長 200 寬
124cm；E：長 201 寬 132.5)。

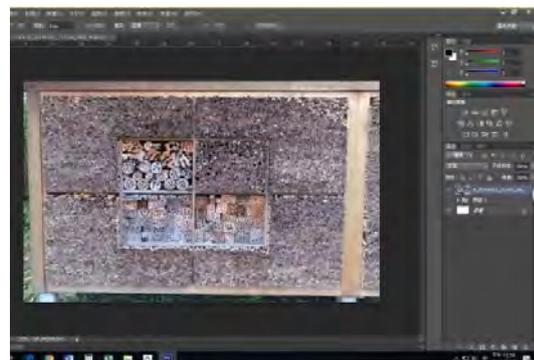
為了進行以下的實驗分析，我們使用了照片分析的方法，我們將獨居蜂人工巢室的照片帶回學校利用 photoshop CS6 這款軟體的任意變形的功能調整照片(詳見下表)，修正了照片時會有的傾斜的問題。並利用 IC measure 2.0.0.161 這款軟體分析照片的各種參數，輸入進 excel 進行分析及統計，以獲得實驗數據，以下是詳細的實驗步驟。

表二、統一性的實驗步驟

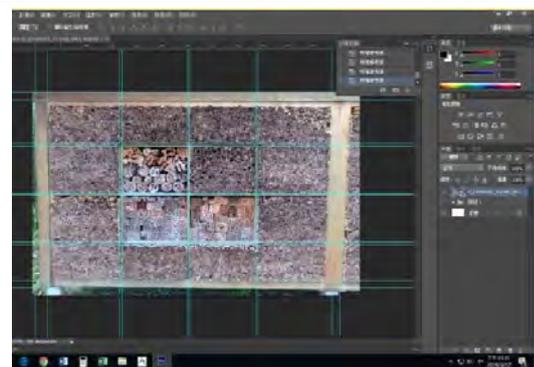
1. 到實地進行照片的拍攝以及測量實際的人工巢室長寬比。



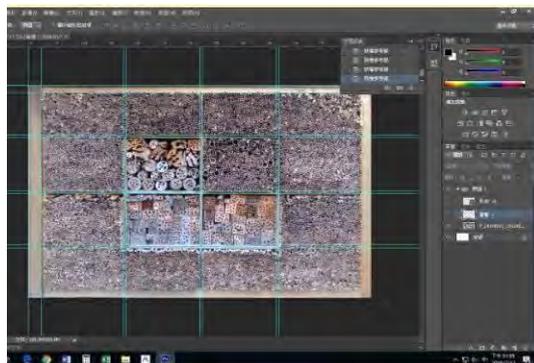
2. 接著將照片匯入 photoshop。



3. 依照測量好的長寬比來設置參考線，參考線的用意在於調整圖片時會自動幫你對齊好，且參考線會保持水平或垂直，不會變換角度。



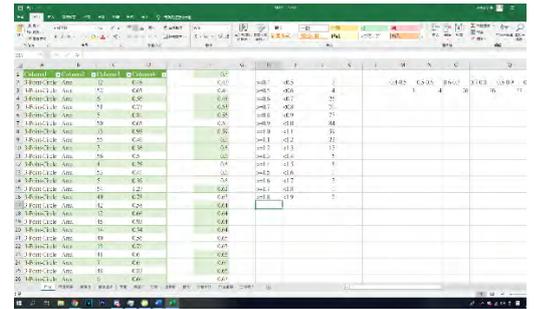
4. 利用 photoshop 中的任意變形功能將照片變形至與參考線相同的位置，用意在於消除拍照時的傾斜角度，使數據更為準確。



5. 接著將調整的照片輸入 IC measure 中，利用其中的測量功能，測量所有的數值至 0.01 公分，測量各參數(詳如下表)所需的數據。



6. 將數據儲存成 CSV 檔案，置入 excel 中統計與製圖。



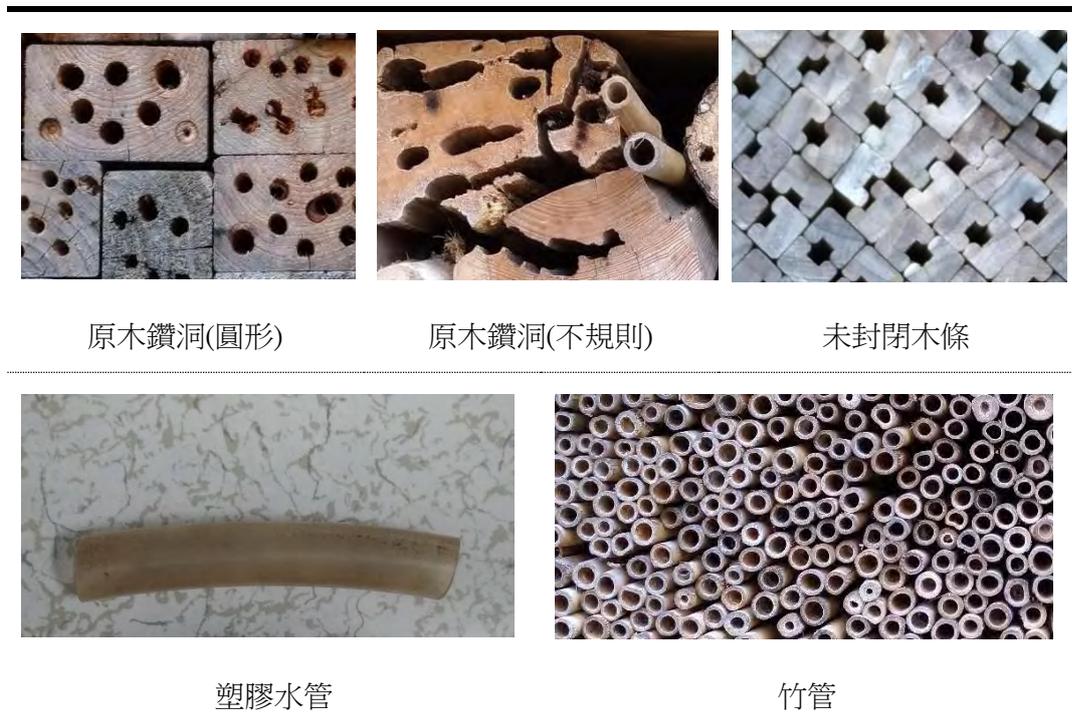
表三、各項參數總整理

參數	項目	說明
參數一	管子材質	竹管、木管、水管等
參數二	竹管內徑	內徑的直徑
參數三	竹管方位	向陽或背陽
參數四	竹管形狀	圓形、弓形、不規則形
參數五	竹管高度	離地的高度
參數六	竹管偏好位置	巢室的邊緣或不是邊緣
參數七	竹管連接數	相鄰連續築巢的比率
參數八	竹管深度	築巢偏好使用的竹管深度

1. 參數一：管子材質

此觀察將分析人工巢室的材質分成原木鑽洞(圓形)、原木鑽洞(不規則)、未封閉木條、塑膠水管、竹管 5 種類型，分別計算了 5 種材質的築巢率，公式如下，我們定義的築巢率的計算方式，用於計算獨居蜂實際築巢的比例。分析哪種管子材質是獨居蜂偏好的。報告書後面所提到的築巢率都是同樣方法計算。

$$\text{築巢率} = \frac{\text{築巢個數}}{\text{竹管總數}} \times 100\%$$



圖四、獨居蜂人工巢室中不同材質的管子。

2. 參數二：竹管內徑

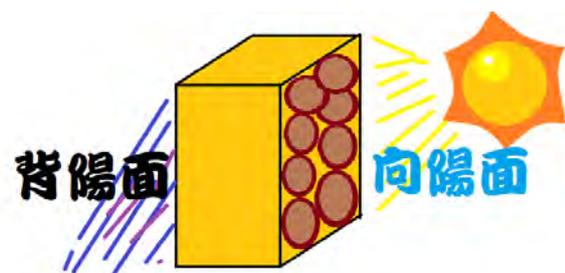
分析不同竹管內徑的大小，探討何種大小的竹管是獨居蜂較偏好的。此觀察將以每 0.1cm 作為區分(例如 0.6-0.7cm、0.8-0.9cm 等等)，計算每區域中竹管的數量以及獨居蜂的築巢數量，接著計算築巢率，並比較築巢率的高低。



圖五、不同內徑大小的竹管。

3. 參數三：竹管方位

此觀察將分析獨居蜂偏好的竹管開口方向是向陽還是背陽。我們算出竹管的正面築巢數以及背面築巢數，並計算正面以及背面的獨居蜂巢穴比例，比較兩個的比例，藉此了解獨居蜂偏好築巢於向陽或是背陽面。



圖六、人工巢室向背陽面示意圖。

4. 參數四：竹管形狀

此觀察將分析獨居蜂喜好的竹管形狀，3種形狀分別為弓形、圓形及不規則形。隨機抽樣個獨居蜂人工巢室中的三種形狀竹各50個，計算每種形狀的築巢率，以比較獨居蜂偏好的竹管形狀。



圓形



弓形



不規則形

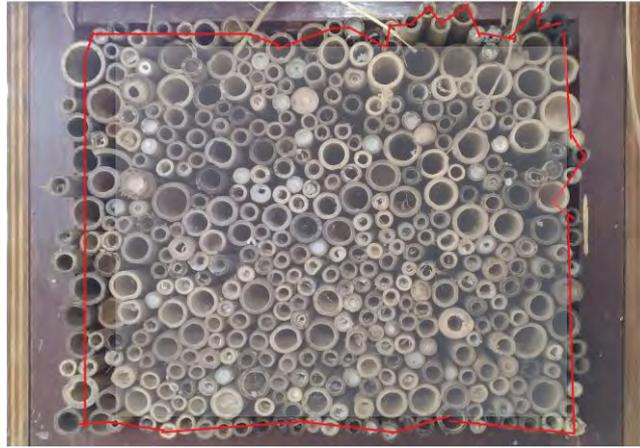
圖七、獨居蜂人工巢室中不同的竹管形狀。

5. 參數五：竹管高度

分析獨居蜂偏好的竹管高度，以離地高度每20cm做一個區隔，至高為240公分，共分成12個高度區間，計算每一區間占有所有築巢數的比例。並比較哪個區段間的獨居蜂巢穴占的比例較高，了解獨居蜂的偏好築巢位置。

6. 參數六：竹管偏好位置

分析獨居蜂築巢位置是偏好位於最靠近獨居蜂人工巢室的邊緣一圈竹管還是不是邊緣的竹管(如下圖)，再計算出靠邊以及不靠邊的竹管數以及築巢數之後別計算其築巢率，並比較其築巢率的高低，以分析獨居蜂築巢的偏好位置。



圖八、人工巢室竹管靠邊分析示意圖。(紅線處為靠邊，淺灰色方塊、非紅線標示處則是不靠邊竹管)

7. 參數七：竹管連接數

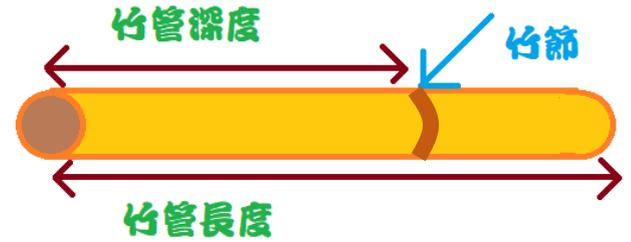
分析獨居蜂是否較偏好連續築巢，比較不同連續築巢數的築巢個數占全部築巢數的比例。



圖九、獨居蜂連續築巢示意圖。

8. 參數八：竹管深度

分析獨居蜂偏好入住的竹管深度，為了不破壞獨居蜂的巢穴，本實驗隨機取樣並統計 320 根獨居蜂已入住過的竹管。而選用竹管深度而不選用竹管長度的原因時並以深度為每 2cm 做一個區分(例如 6-8cm、10-12cm 等等)，比較每個區段中的獨居蜂築巢數。



圖十、竹管長度與深度比較圖。

三、 自製獨居蜂人工巢室與市售人工巢室比較

(一) 市售的人工獨居蜂簡介

我們在網路上找到了有 2 家公司在做獨居蜂的人工巢室，分別是「costco」以及「COME BACK toME 城市養蜂是 bee 要的」，我們買回了這兩種獨居蜂人工巢室進行並觀察整理出這兩種獨居蜂人工巢室的介紹。

(二) 市售的獨居蜂旅館與自製獨居蜂人工巢室比較

將上述的 8 大參數的最佳結果統整在一起，並且製作出自製的最佳化獨居蜂人工巢室，接著將自製的人工巢室於 5/6 號放置於野外樣區，持續放置 2 個月，在 6/6 時進行過第一次的觀察，7/6 時再次前往觀察人工巢室的變化量。

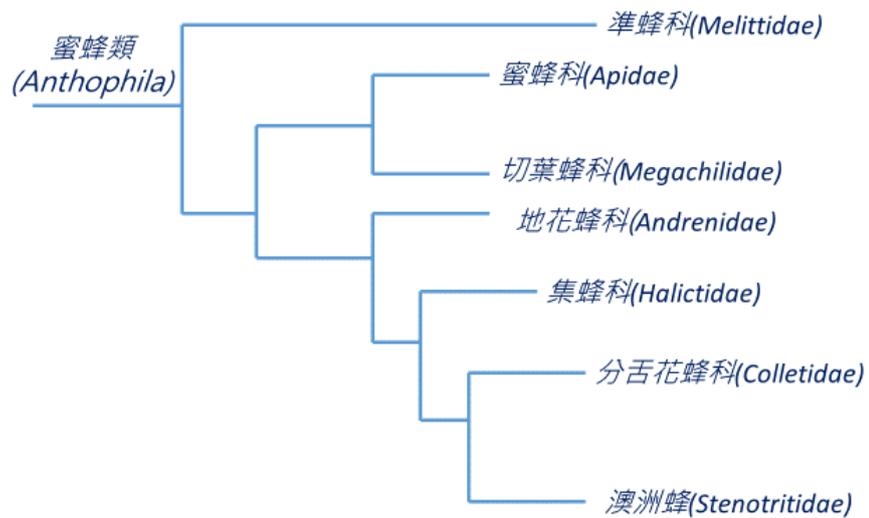
伍、 研究結果

一、 文獻資料整理以及觀察記錄

(一) 參考及統整文獻資料

1. 蜜蜂類的分類

藉由英文維基百科上的蜜蜂總科蜜蜂類的生命樹圖，我們將他翻譯成中文，並加以整理出蜂系種每一科的簡介。



圖十一、蜜蜂類(*Anthophila*)生命樹。

在蜜蜂總科中的蜜蜂類，共包含了準蜂科(*Melittidae*)、蜜蜂科(*Apidae*)、切葉蜂科(*Megachilidae*)、地花蜂科(*Andrenidae*)、隧蜂科(*Halictidae*)、分蛇花蜂科(*Colletidae*)和澳洲蜂(*Stenotritidae*)，共 7 科。而其中蜜蜂科中多數是獨居蜂，只有蜜蜂、大黃蜂和無刺蜜蜂是真社



圖十二、中國蜂-蜜蜂科 (*Apis cerana*, Fabricius, 1793)。



圖十三、水社寮尖腹蜂-切葉蜂科(*Coelioxys yanonis* Matsumura, 1912)。

會性的動物，而其他的像是木蜂以及蘆蜂則是獨居蜂。切葉蜂科屬於獨居蜂，且都是以花蜜或是花粉為食，且花粉刷不像一般蜜蜂在後腳而是在腹部腹面，部分的切葉蜂則偏好在管道內築巢。地花蜂科也都是獨居蜂，並且以花粉為食，偏好在鬆軟土壤中築巢。分舌花蜂科也屬於

獨居蜂，且為植食性，他們的築巢方式較為特殊，他們會在巢穴的壁上利用口器分泌一種物質來塗抹，使的巢穴的壁變得光滑。隧蜂科的也是屬於獨居蜂，他們主要在地面上築巢，只有少數會在樹上築巢，而整科的生物都是以花粉及花蜜為食，因此有可能是重要授粉者。而準蜂科則是只限分布非洲以及北溫帶。而最後的澳洲蜂則是只分布於澳洲。



圖十四、隧蜂-隧蜂科 *Lasioglossum* sp.。

2. 不同生物的人工巢室應用

在台灣，有多種不同的人工巢室正在應用中，像是在 2014 年時山麻雀保育計畫通過時，便在山麻雀的棲地中選定了 8 種不同的地方設置山麻雀的人工巢穴，希望藉此能讓山麻雀在其中築巢。儘管時這山麻雀的測試結果不佳，但也是一個人工巢室的應用。而



圖十五、山麻雀人工巢室。



圖十六、領角鴞人工巢室。

另外一個範例是在領角鴞的人工巢室設置，由於屏東領角鴞似乎覺得都市中食物豐沛，便進駐在屏東的校園地區裡面，但是校園並沒有提供足夠的樹洞給領角鴞居住，便設置了人工巢室

於樹上，提供領角鴉的住所。而實驗結果則還不錯，成功的提供領角鴉的棲息地。而最後一個例子則是蝙蝠屋的部分，從 2002 年開始，有人注意到都市中蝙蝠數量銳減的問題，便設計了蝙蝠屋，提供蝙蝠一個簡單的棲息地，這也是另一個人工巢室的例子。



圖十七、蝙蝠人工巢室外觀。



圖十八、蝙蝠人工巢室實際入住畫面。

3. 獨居蜂的生態系統服務

根據文獻的顯示，獨居蜂在授粉方面也是有相當大的貢獻。舉例來說，木蜂在授粉西番蓮屬的植物上有不小的貢獻。像是在百香果的授粉上，在產地裡培養木蜂，便可以增加百香果授粉的機會。文獻中提到，由於現在的百香果授粉效率欠佳，於是便在產地裡放置許多的鑽洞的原木以提供木蜂的築巢空間，增加木蜂的族群數量。而研究結果也證實這方法能使百香果能較有效率且快速地被授粉。而另外一篇文獻也顯示，木蜂能幫助棉花的授粉，有效的增加棉花的產量約 5-10%。而相對的其他肉食性獨居蜂他們存在，能有效的控制昆蟲的數量。在 2009 的美國的一個農田中，放置了獨居蜂人工巢是吸引到了肉食性獨居蜂，而在那一年，農田中害蟲的數量有明顯的下降。因此不管是植食性還是肉食性的獨居蜂都對生態系統服務有所貢獻。

(二) 獨居蜂觀察紀錄

1. 獨居蜂物種觀察紀錄

在研究期間，由於拍攝清楚的獨居蜂照片並不容易，因此，此次期間只調查到四種在獨居蜂人工巢室附近活動，詳細紀錄如下表，物種辨識和特徵皆是參考嘎嘎昆蟲網的資訊。

表四、獨居蜂物種觀察紀錄

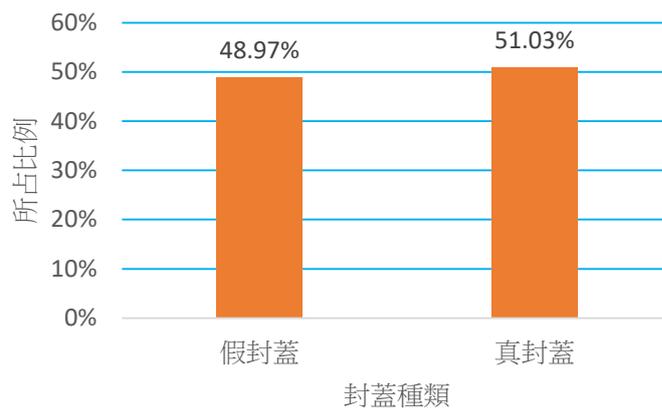
				
俗名	南方蘆蜂	水社寮尖腹蜂	黃帶蛛蜂	日本藍泥蜂
學名	<i>Ceratina cognata</i>	<i>Coelioxys yanonis</i> <i>Matsumura</i>	<i>Batozonellus annulatus</i>	<i>Chalybion japonicum punctatum</i>
分類地位	蜜蜂科 木蜂屬	切葉蜂科	蛛蜂科	細腰蜂科
觀察地點	宜蘭	校園	宜蘭	宜蘭
觀察日期	3/2	3/28	5/6	5/6
特徵	體背黑色具黃色斑紋，脛節基部下緣具黃斑	頭部及中胸背板灰色，腹部黑色有 5 條白色橫帶，翅膀透明	體色褐色，觸角黃色，胸部背板具黃色橫帶，中央有紅褐色縱斑	前胸背板寬，前後窄，體背藍綠色具金屬光澤

2. 獨居蜂人工巢室的時空變化

此部分的觀察將與最佳化的八個實驗觀察的參數一起呈現與討論，部分參數沒有討論時間上的影響，僅呈現 3/2 或 5/6 的觀察成果，3/2 將以藍色柱狀圖表示，5/6 結果則都會以橘色柱狀圖表示。

3. 獨居蜂的真假封蓋比例

再 3/2 觀察後發現只用照片分析有一些參數資訊是缺乏的，包含真假封蓋與參數八的竹管深度，都是需要實際測量與觀察才能知道。觀察結果顯示，真假封蓋約為 1:1。

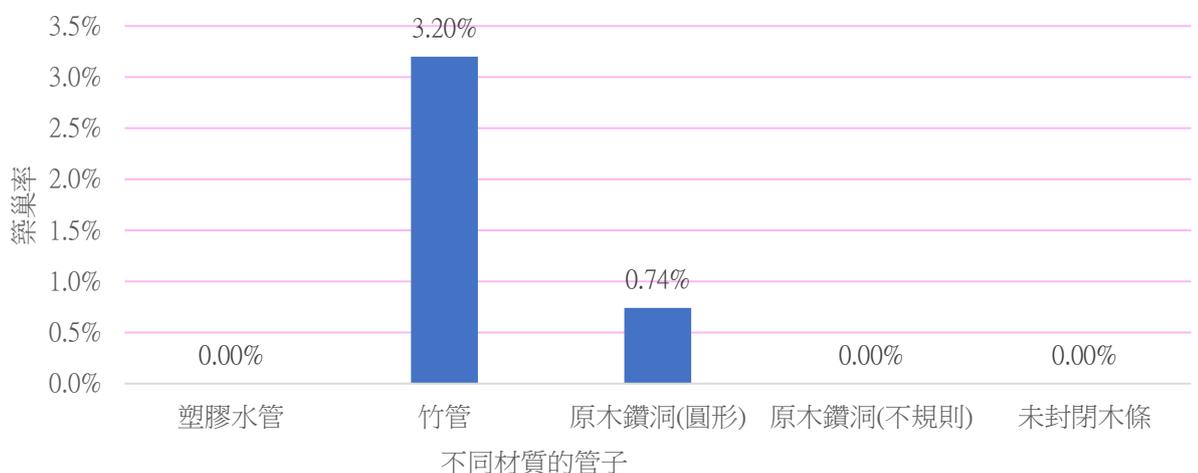


圖十九、獨居蜂的真假封蓋在 5/6 觀察時的實際築巢率

二、 探討不同參數對獨居蜂人工巢室影響

(一) 參數一：管子材質

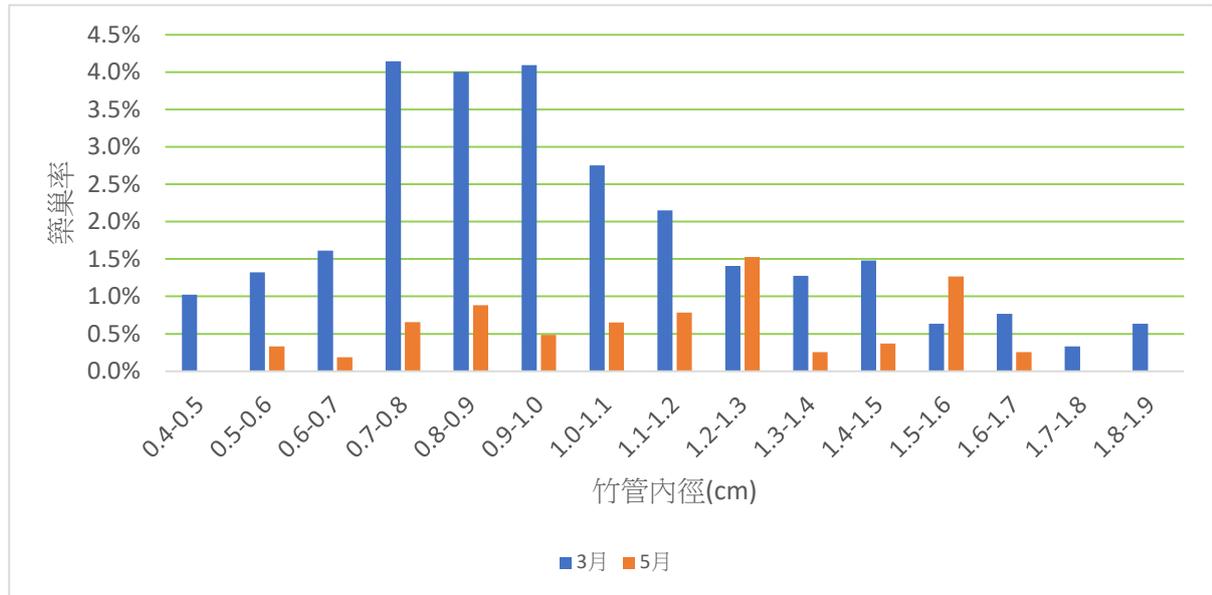
根據下圖，竹管築巢率與原木鑽洞(圓形)的竹巢率差了 4.3 倍，而其他三種材質都沒有獨居蜂竹巢，於是我們判定獨居蜂較偏好在竹管中竹巢。



圖二十、五種不同材質的管子在 3/2 觀察時的築巢率。(塑膠水管 n=168;竹管 n=500; 原木鑽洞-圓形 n=945; 原木鑽洞-不規則 n=53;未封閉木條 n=689)。

(二) 參數二：竹管內徑

根據下圖中顯示，獨居蜂在 3 月時偏向在內徑為 0.7-1.0cm 的竹管中築巢，而築巢率較高，約有%。但到了 5 月時，獨居蜂較偏好在竹管內徑為 1.2-1.3cm 以及 1.5-1.6cm，且築巢率明顯下降了，最高的築巢率從 3 月的 4% 降到 5 月的 1.5%。而我們推測是因為隨著季節的變化，獨居蜂人工巢室所使用的獨居蜂種類不同，而引起這樣的數據變化，我們設計人工巢室時也會考量這樣的設計，提供多種獨居蜂築巢空間是很重要的。

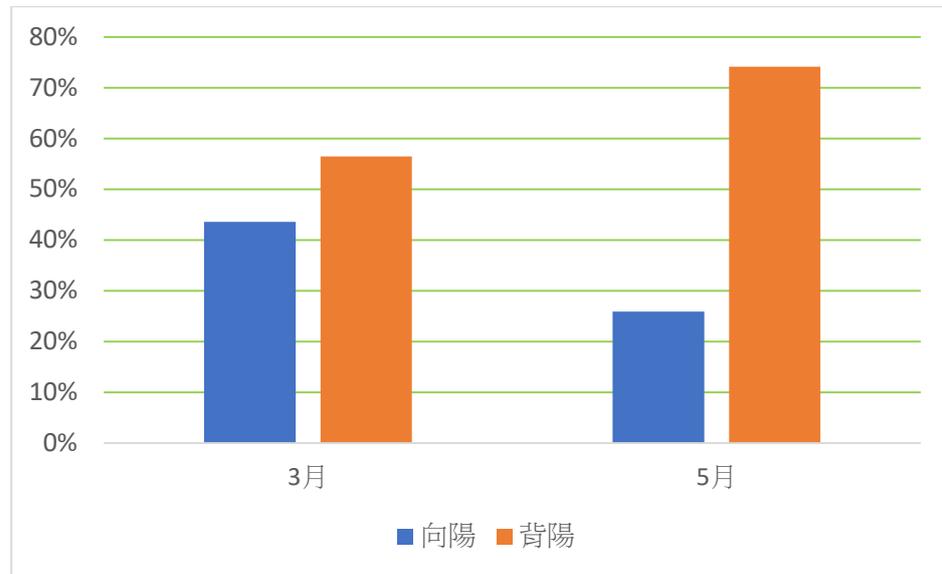


圖二十一、不同竹管口徑對於築巢率的關係圖。

(三) 參數三：竹管方位

根據下圖顯示，不管是 3 月還是 5 月的背陽面所佔的竹巢比例都比較高，而 5 月的比例差距又高於 3 月的差距。相差從 13% 到 48%，於是我們推測獨居蜂在

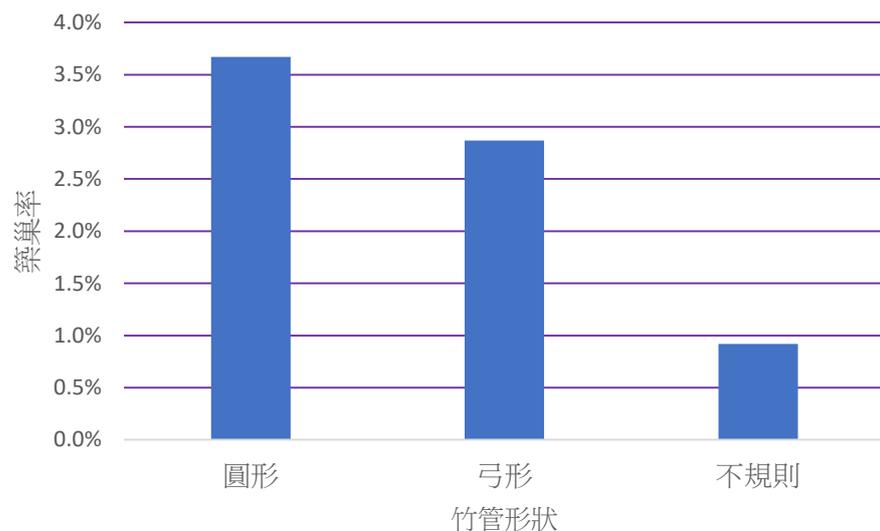
溫度較熱時偏好於背陽面的地方築巢。而差距的擴大則有可能是氣溫上升的關係。



圖二十二、向背陽對獨居封築巢的比例。

(四) 參數四：竹管形狀

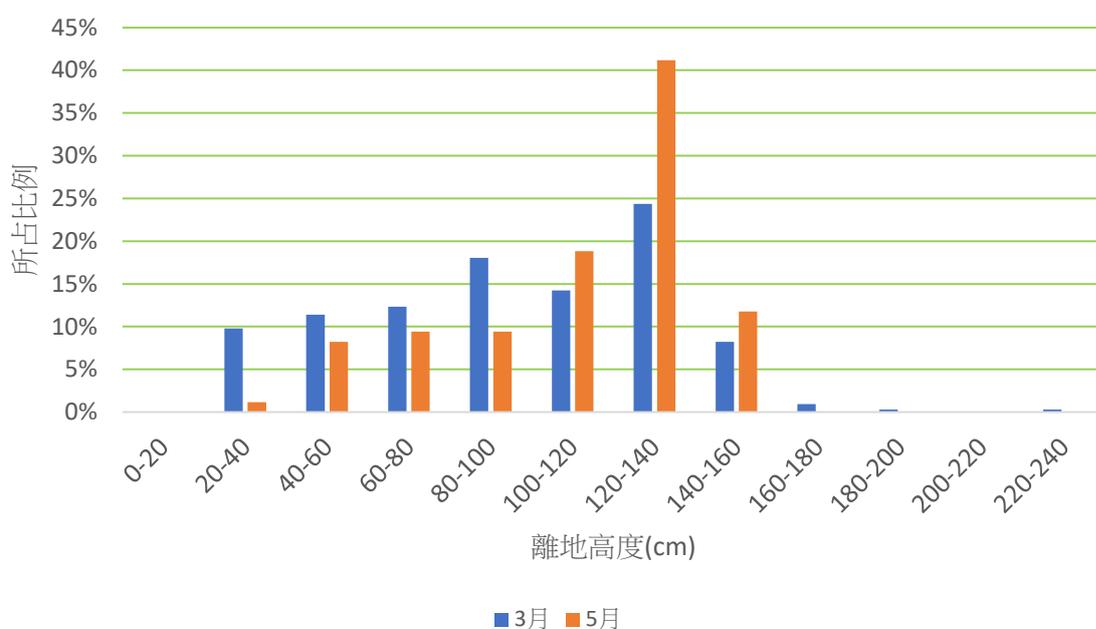
根據下圖，築巢率的部分圓形以及弓形沒有相差多少，僅相差了 0.86%，而不規則形的竹巢率則是明顯少於圓形以及弓形。所以我們推測獨居蜂較偏好於圓形以及弓形的竹管中築巢。



圖二十三、竹管形狀在 3/2 觀察時的築巢率比較圖。

(五) 參數五：竹管高度

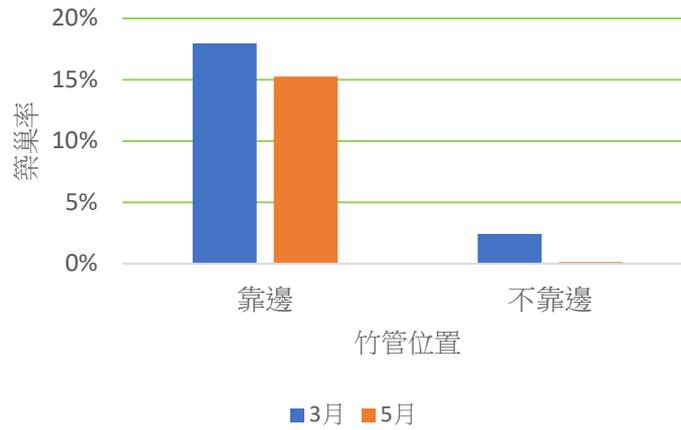
根據圖表的顯示，獨居蜂從離地高度 20cm 到 160cm 都會築巢，其中從 20cm 到 140cm 的比例是逐漸上升的。其中又以 80-140 的比例最高，於使我們判定獨居蜂較偏好於離地高度 80-140cm 的地方築巢。



圖二十四、竹管高度與獨居蜂築巢數比例關係圖。

(六) 參數六：竹管位置

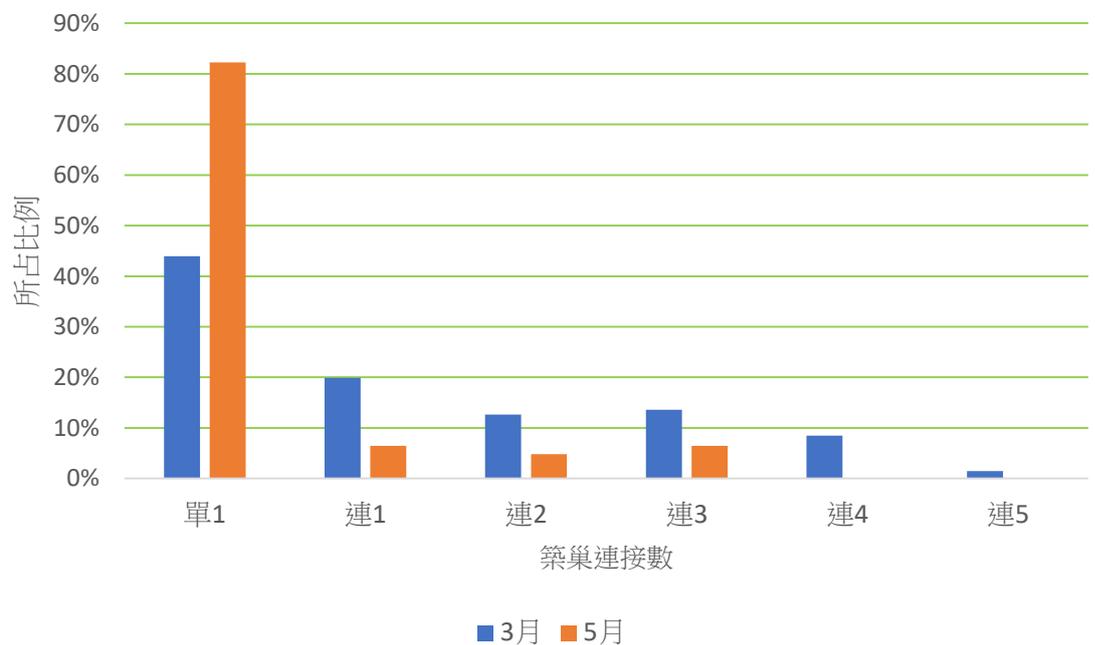
我們計算了靠邊竹管的築巢率以及慈靠邊竹管的築巢率，實驗結果顯示，靠邊的以及不靠邊的築巢率將近差了 10 倍。於使我們判定獨居蜂較偏好在靠邊的竹管築巢。



圖二十五、獨居蜂築巢位置靠不靠邊比較圖。

(七) 參數七：竹管連接數

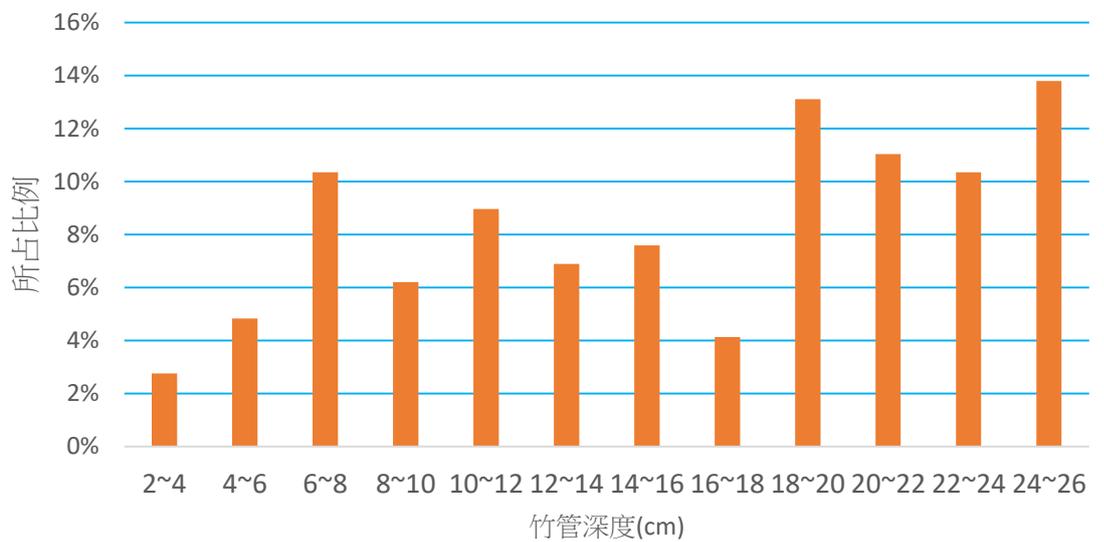
根據圖表，單一築巢的比例不管在 4 月還是 5 月都是占比例最高的，而隨著連接數的上升，占的比例則是越來越少，可能是使用的獨居蜂物種不同，也可能是季節不同的影響。



圖二十六、獨居蜂築巢連接數量比較圖。

(八) 參數八：竹管深度

根據圖表顯示，獨居蜂其實從 2 公分的竹管到 26 公分深的竹管都會築巢，其中又以 18cm 到 26cm 的竹管的占比最高。於是我們判定獨居蜂較偏好在竹管深度 18-24 公分的地方築巢。



圖二十七、不同竹管深度在 5/6 觀察時的築巢率比較圖。

三、自製獨居蜂人工巢室與市售人工巢室比較

(一) 市售的獨居蜂人工巢室簡介

表五、獨居蜂人工巢室簡介

	COME BACK toME	COME BACK toME	COME BACK toME	Costco
	獨居蜂大透天	獨居蜂小公寓	獨居蜂方舟	護蜂房
外觀				
價錢	3580	2480	1680	799
房間數	56	30	10	160
特色	COME BACK toME 是臺灣第一個推廣獨居蜂旅館的非政府組織，與多所學校合作，產品已有許多獨居蜂築巢紀錄，有可觀察巢穴內部的設計。			價格適中、易取得，實際觀察紀錄還不多。

(二) 市售的獨居蜂旅館與自製獨居蜂人工巢室比較

表六、市售與自製獨居蜂人工巢室之比較，實驗尚在進行中，預計 7/6 會在宜蘭和校園做最後的觀察並統整結果

	COME BACK toME 獨居蜂大透天	COME BACK toME 獨居蜂小公寓	COME BACK toME 獨居蜂方舟	Costco 護蜂房	自製正六邊形 獨居蜂旅館	自製凹十邊形 獨居蜂旅館	自製凹形 獨居蜂旅館
外觀							
放置地點	校園頂樓	校園 3 樓	校園 3 樓	校園 3 樓	宜蘭、校園 4 樓	宜蘭、校園 4 樓	校園 4 樓
放置時間	3/6-6/11	5/9-6/11	5/9-6/11	6/7-6/11	宜蘭：5/6-6/6 校園：5/9-6/11	宜蘭：5/6-6/6 校園：5/9-6/11	5/9-6/11
築巢率	10.1%	0%	0%	0%	宜蘭：33.3% 校園：0%	宜蘭：47.1% 校園：0%	0%
總房間數	56	30	10	160	11	15	12

陸、 討論

一、竹管形狀

圓形與弓形的孔洞對於獨居蜂入住的影響，根據實驗參數四進行竹管形狀築巢率之比較，而實驗數據顯示獨居蜂較偏好入住圓形的孔洞，但圓形與弓形以人眼其實不好區分，還是孔洞形狀對於獨居蜂入住完全沒有影響，只要獨居蜂的體型能夠符合竹管內徑大小即可？這是實驗設計與分析的問題還是生物本身沒有偏好入住孔洞形狀的問題？則有待後續實驗。

二、真假封蓋

獨居蜂封蓋內獨居蜂入住狀況，在圖片分析中雖然只能夠看到獨居蜂是否有封口，但可以從獨居蜂真假封蓋數據中，得知大部分的封蓋內部都有獨居蜂的入住，而我們想探討剩下有封蓋卻沒有



入住的假封蓋的用意是什麼？我們推測或許是為了躲避天敵的干擾而做出的假象，確保後代有更多的機會能夠存活，也可能是避免不同物種間或同種內的巢位競爭。

圖二十八、築巢的獨居蜂。

三、離地高度與離樓層高度

樓層高度與離地高度對獨居蜂的影響，根據實驗參數五顯示，獨居蜂較偏好入住離地高度 20~140 公分，但若將離地高度的定義改為樓層間的離地高度，獨居蜂是否會因高度差異太大而不去入住？因為我們在校園內的實驗都是放置在三樓以上，頂樓有觀察到獨居蜂使用，因此，此結果還需要更完整的研究探討離地高度的影響。

四、不同獨居蜂的最佳化

不同種類的獨居蜂對於竹管深度、擺放位置、離地高度等最佳化結果的偏好行為是否相同，觀察結果在不同月份也有不同的結果，也可能是物種生殖季節的

差異，因此，提供多樣化的人工巢室是目前得到的初步結果，對於特定目標物種的研究還需要更多的實驗探討。

五、密度實驗

在先前的實驗中，我們原先以一個區塊內，將區塊內的面積分成 68 等分，在將區塊內的總管數平均分配給 68 個區塊，在算一個區塊內獨居蜂平均入住的面積，而後來根據實驗數據顯示，每隻獨居蜂所築的巢平均會占用掉 626cm^2 ，而在這 69 筆數據中，有 17 個區塊是沒有獨居蜂入住的，使數據分布的非常廣泛，最大值為 1751cm^2 ，而最小值為 20cm^2 ，差了 1731cm^2 ，中位數是 476cm^2 ，我們發現這數據的精確度不是何，因此後來將密度的實驗設計刪除。

六、竹管長度實驗

在先前實驗中，我們原先以獨居蜂入住的竹管總長度作為分析的數據，而測量的最佳化竹管長度為 18cm，但後來我們發現獨居蜂所入住的 18cm 竹管中，有些是含有竹節，所以獨居蜂實際入住的竹管長並不是 18cm。因此 5/6 我們將測量竹管長度的方式改為測量獨居蜂實際入住的長度-竹管深度。

七、獨居蜂的封口方式

再照片分析的過程中，常能看到各個各樣的封口顏色與樣式，經資料蒐集後發現，木蜂是利用口中的分泌物來封口，外觀是乳白色且凹陷進去；泥壺蜂是利用從外處啣來的泥土進行封口。外觀表面平滑、灰白色的泥土塊；切葉蜂則是會有葉子的碎塊。或許這會是未來能增進我們對使用人工巢室的獨居蜂物種有更深的了解。

八、市售與自製人工巢室

市售的實驗以目前的結果而言，在校園的實驗樣點中的使用率是高於自製的比例；自製的最佳化人工巢室在宜蘭樣點則有 33% 以上的築巢率，顯示環境本身的物種多樣性與豐富度影響不小，要充分了解市售與自製人工巢室之間的差異還需要更細緻的實驗設計。COME BACK toME 目前商業化的三款產品中，使

用者街友分享觀察的結果，多數皆有被獨居蜂使用，因此，我們推測也許是校園內的樣點選擇不對，也可能是放置的時間不夠久，導致較低的築巢率。

柒、 結論

經由野外觀察與實驗分析獨居蜂人工巢室八個參數的最佳化，我們發現獨居蜂在人工巢室的築巢行為的卻有部分的偏好，透過提高竹管的靠邊比例、背陽、離地高度 80~140cm、竹管內徑 0.7~1.0cm、深度 18~26cm 等巢室設計可以提高獨居蜂的築巢率。在觀察中也發現，深度淺的、口徑小的、木製巢穴一樣有獨居蜂使用，因此，提供多樣化的棲所也是相當重要的。此研究目前對於獨居蜂人工巢室的使用還處於初步階段，許多參數與變因皆須要更系統性的實驗設計才能完整回答。但以目前的成果，我們說明了最佳化人工巢室的可能，同時整理了獨居蜂的生態角色，展示獨居蜂與人工巢室在校園中的應用，希望藉此研究成果對獨居蜂的保育與環境教育提供有利的參考資料。

捌、 致謝

感謝交通大學生物科技系蕭育源副教授在此提研究中提供的建議與指導。

玖、 參考資料

一、參考網站

【全民養蜂】享受孤獨的獨居蜂：<https://reurl.cc/RWYxD>

【舞春的食農科普】田園城市不能只靠正念思考—獨居蜂才是都市好幫手：
<https://reurl.cc/52KQ7>

【我們的島】都市蜂潮：<https://reurl.cc/jg9e1>

【台灣昆蟲譜】膜翅目 廣腰亞目 葉蜂科：<https://reurl.cc/L7aze>

【台灣昆蟲譜】膜翅目 廣腰亞目 蜜蜂科：<https://reurl.cc/WX0ZZ>

【台灣昆蟲譜】膜翅目 細腰亞目 胡蜂科：<https://reurl.cc/Mk3xK>

【台灣昆蟲譜】膜翅目 細腰亞目 姬蜂科：<https://reurl.cc/82DM4>

【城市養蜂是 Bee 要的】我在辦公桌,眷養一座花園 <https://reurl.cc/WX0oO>

【新興國小食物森林】認識獨居蜂：<https://reurl.cc/YjYoL>

【舞春的食農科普】純情房東「蜂」房客,可能找到錯房客：<https://reurl.cc/q1GbE>

【香港自然生態論壇】南方盧蜂圖鑑：<https://reurl.cc/p5kbr>

【仁愛社會福利基金會】學習為獨居蜂造一個家：<https://reurl.cc/gadNL>

【蝙蝠屋】認識蝙蝠屋：<https://is.gd/e8vZGy>

二、論文

Bryan N. Danforth ; Sedonia Sipes ; Jennifer Fang and Seán G. Brady(2006) 。 The history of early bee diversification based on five genes plus morphology 。

Corbet SA, Willmer PG. (1980) 。 Pollinations of the yellow passionfruit: nectar, pollen and carpenter bees. J Agric Sci. 95 (3) : 655-666. 。

Tamar Keasar(2010) 。 Large Carpenter Bees as Agricultural Pollinators

【評語】 030322

1. 此研究為針對獨居蜂居巢形態與特性進行相關測試，以歸納出獨居蜂的巢室偏好選擇，以做為後續人工獨居蜂巢式的設計，並做為獨居蜂的保育與復育使用。
2. 此研究的研究對象為獨居蜂，在前期研究時觀察獨居蜂選巢習性，為觀察人工巢室，此部分野外調查中，宜規劃清楚的研究步驟與數值化研究結果，方可說明獨居蜂面對的生存問題與後續的保育和復育策略。
3. 實驗設計對於不同物種的考量需要更仔細(不同物種所造成的差異?)，也需考量觀察時間與設置地點的一致性，方能使實驗結果討論較為精準。市面上已有販售商品，其適用物種/設置地點/時間長短又是如何?如何讓自製作品亮點呈現?

壹、摘要

獨居蜂是沒有社會性的蜜蜂，多樣性高但豐富度逐年遞減。野外觀察顯示，獨居蜂偏好入住於竹管、內徑0.7~1.0cm、深度18~26cm、離地高度80~140cm、背陽、靠巢室邊緣等，我們也發現獨居蜂築假巢的行為，真假巢的比例約為46:53。接著將各項觀察結果做成實際的最佳化獨居蜂人工巢室。在野外樣點中，自製的獨居蜂人工巢室六角形與星形築巢率分別為53%和22%。此研究結果證實了獨居蜂人工巢室的最佳化條件有助提高使用比例，將對獨居蜂保育與研究提供基礎且重要的參考資料。



貳、研究動機

獨居蜂與我們平時看到的蜜蜂不同，是沒有社會性蜜蜂的統稱。而這對我們而言又是另一個生物學上未知的領域，確立了我們的興趣與研究物種。在目前市售的獨居蜂人工巢室相當昂貴，並且竹巢率未知。使我們想要深入探討關於獨居蜂人工巢室的各種變因，進而設計出較佳的獨居蜂人工巢室，增加獨居蜂人工巢室的築巢率。也希望能增加獨居蜂的數量，讓獨居蜂提供的生態系統服務更加地完善。

參、研究目的

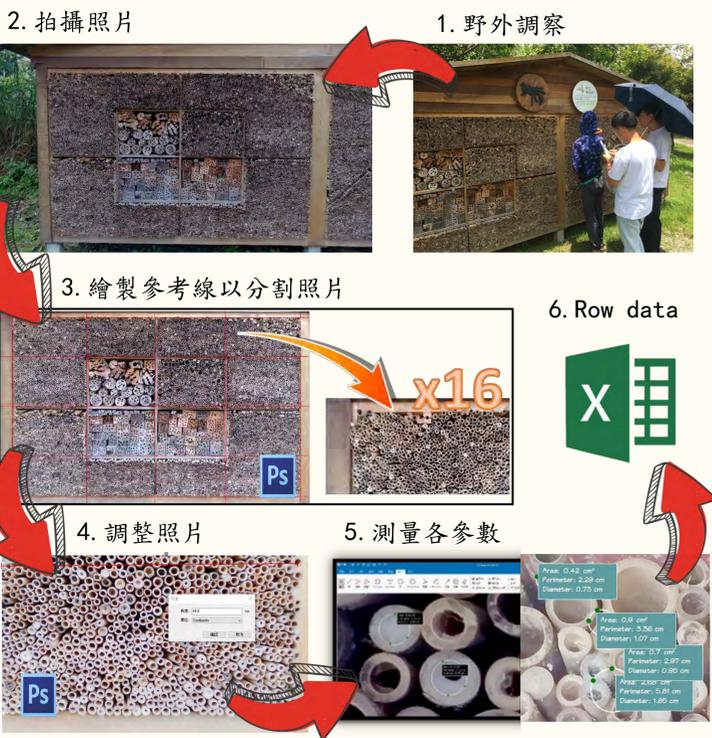
- 一、文獻資料整理以及觀察記錄
- 二、探討不同參數對獨居蜂人工巢室影響
- 三、自製獨居蜂人工巢室與市售人工巢室比較

肆、研究器材

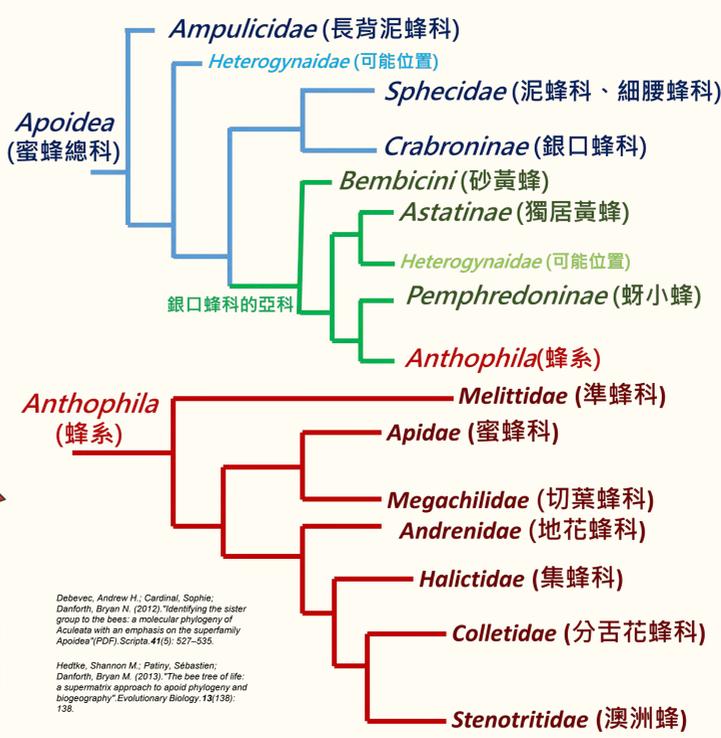


伍、研究方法與文獻回顧

一、野外調察與照片分析



二、蜜蜂總科的分類現況



三、人工巢室的應用

●領角鴉木製人工巢箱



●高頭蝠木製蝙蝠屋



●山麻雀電信電桿人工巢穴

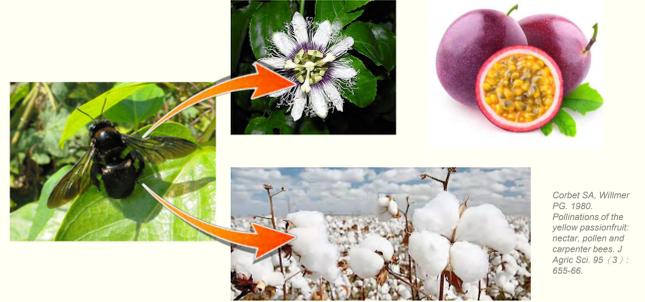


●白鷺鷥與人工浮島



四、獨居蜂的生態系統服務

●蜜蜂科-木蜂協助百香果授粉示意圖



●肉食獨居蜂-細腰蜂控制昆蟲量示意圖



陸、研究結果

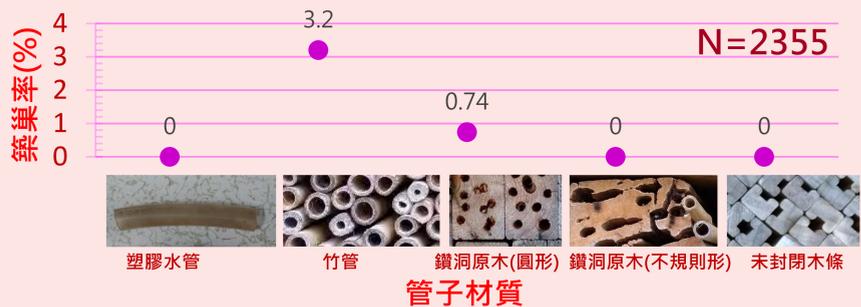
一、野外調察物種鑑定

照片紀錄						
俗名	南方蘆蜂	水社寮尖腹蜂	黃帶蛛蜂	日本藍泥蜂	黃紋細腰蜂	銅翼皆木蜂
學名	<i>Ceratina cognata</i>	<i>Coelioxys yanonis</i> Matsumura	<i>Batozonellus annulatus</i>	<i>Chalybion japonicum punctatum</i>	<i>Sceliphron deforme</i>	<i>Xylocopa tranquebarorum</i>
分類地位	蜜蜂科 木蜂屬	切葉蜂科 尖腹蜂屬	蛛蜂科 蛛蜂屬	細腰蜂科 藍泥蜂屬	細腰蜂科 壁泥蜂屬	蜜蜂科 絨木蜂屬
觀察地點	宜蘭	校園	宜蘭	宜蘭	宜蘭	宜蘭
觀察日期	3/2	3/28	5/6	5/6	7/5	7/5
形態特徵	體背黑色具黃色斑紋， 脛節基部上緣具黃斑	頭部及中胸背板灰色，腹部黑 色有5條白色橫帶，翅膀透明	褐色，觸角黃色，胸部背板具 黃色橫帶，中央有紅褐色縱斑	前胸背板寬，前後窄，體背藍 綠色具金屬光澤	體色黑色，胸部前緣有一條黃 色橫帶，末4節具黃色環紋	體黑色，體及翅具金屬光澤， 毛偏少，中央單眼明顯隆起

陸、研究結果

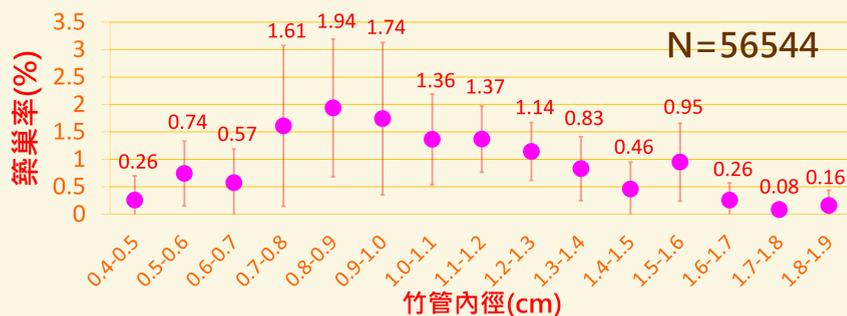
二、野外調查參數(1)

參數一、管子材質



獨居蜂會偏好選擇竹管來築巢，竹管的築巢率(築巢數/管子數*100%)與原木鑽洞差了約4.3倍，但塑膠水管、不規則的原木鑽洞及未封閉木條則沒有獨居蜂築巢。

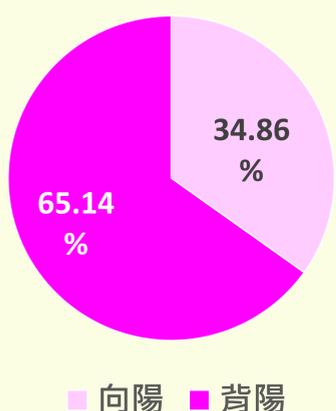
參數二、竹管內徑



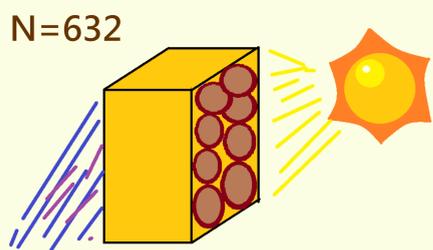
獨居蜂在偏好選擇竹管內徑為0.7-1.0cm，築巢在1.6-1.9%之間。而太大太小的竹管都入築巢率偏低。



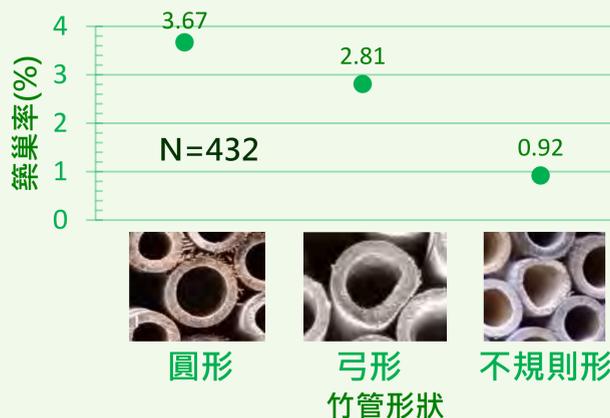
參數三、竹管方位



獨居蜂偏好將巢穴築於背陽面，向陽面和背陽面的築巢數相差了約30%。

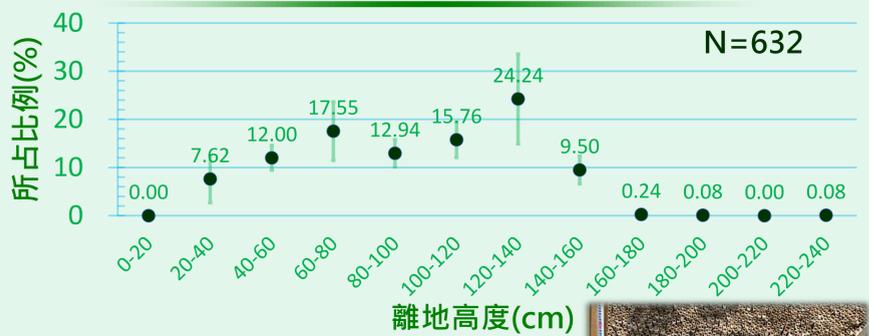


參數四、竹管形狀



獨居蜂偏好於圓形及弓形的竹管中築巢，圓形和弓形的竹管築巢率只差了0.86%，約1.3倍。

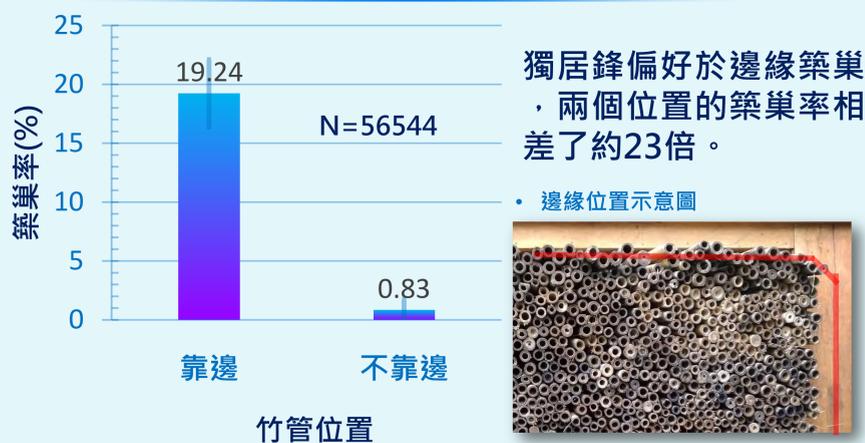
參數五、竹管離地高度



獨居蜂較偏好於離地高度80-140cm的地方築巢。所佔的比例約52%。而在竹管高度超過160cm之後，幾乎沒有獨居蜂築巢。



參數五、竹管位置



獨居蜂偏好於邊緣築巢，兩個位置的築巢率相差了約23倍。

· 邊緣位置示意圖



陸、研究結果

三、最佳化獨居蜂人工巢室

1.最佳化人工巢室設計

材質最佳化

竹管

位置最佳化

邊緣數增加

內徑最佳化

0.7-1.0cm

連接數最佳化

單一築巢

方位最佳化

背陽

高度最佳化

80-140cm

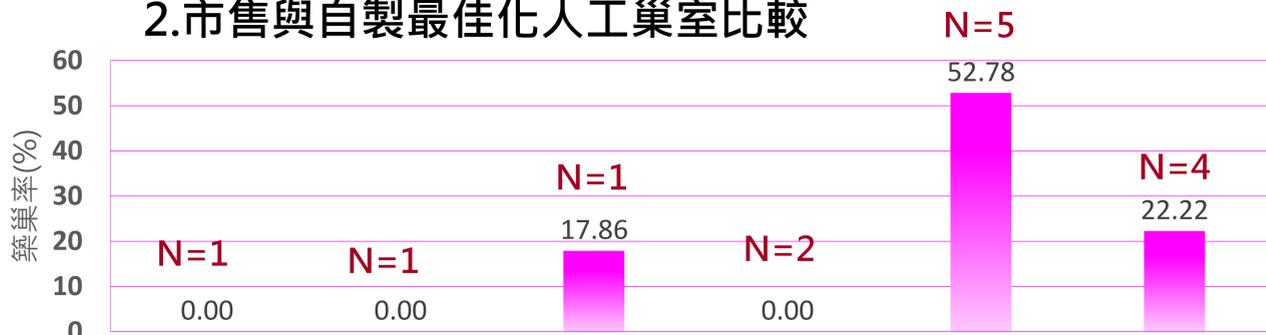
形狀最佳化

圓形和弓形

竹管間隔最佳化

3.5 cm

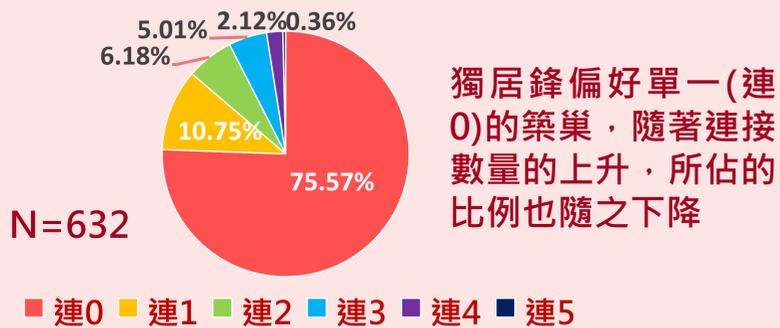
2.市售與自製最佳化人工巢室比較



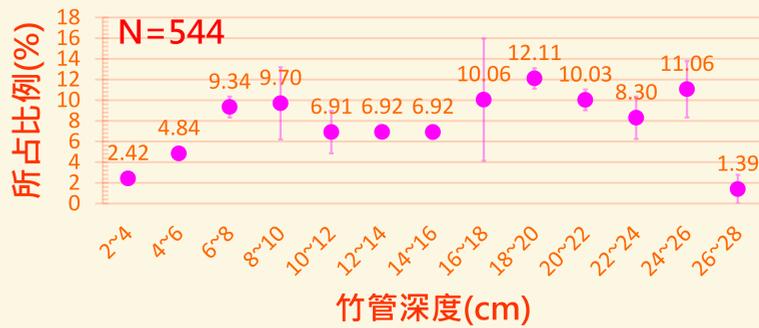
陸、研究結果

二、野外調查參數(2)

參數七、築巢連接數



參數八、竹管深度

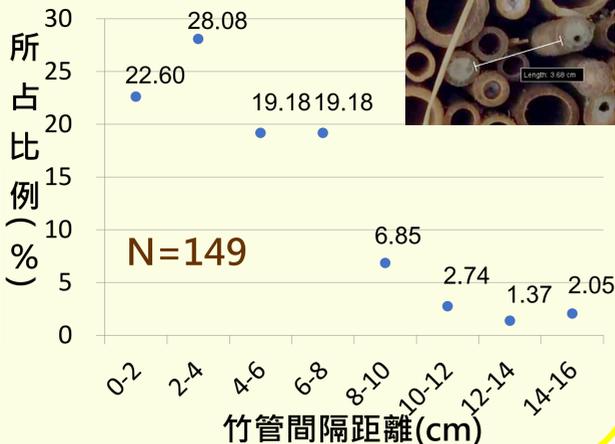


獨居蜂偏好築巢於18~20cm以及24-26cm的竹管中，在這兩個區間，所佔的比例較高。此外獨居蜂幾乎不在26cm以上的地方築巢。

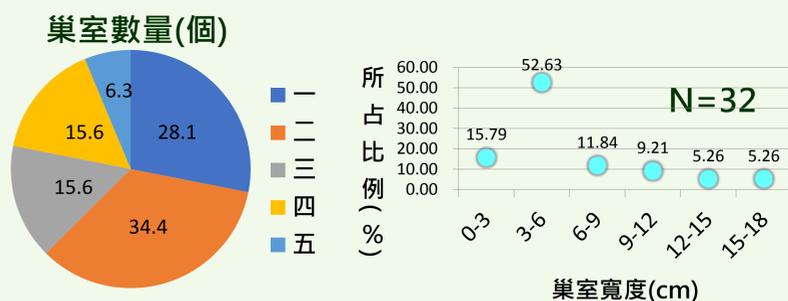


參數九、竹管間隔

竹管巢間以短距離0至8公分為主，共約佔90%



參數十、巢室數量與寬度

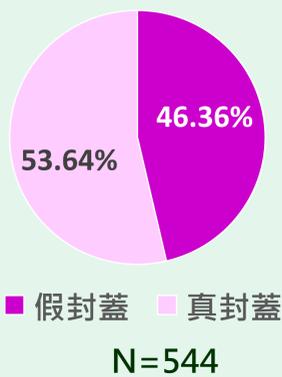


獨居蜂築巢寬度較普遍築1-2個巢，其寬度約介於3cm~6cm，共約佔50%。



四、野外觀察紀錄

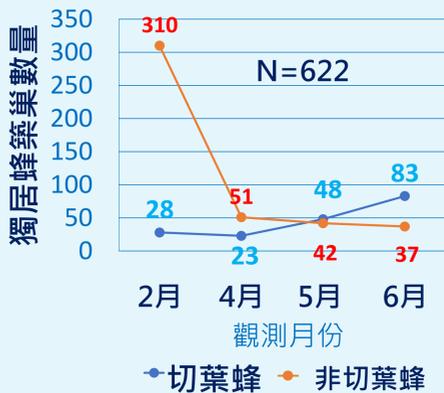
觀察一、真假巢比例



獨居蜂築真假巢的比例約是1:1，而假巢則是指竹管已封蓋但卻沒有在裡面產卵的現象。



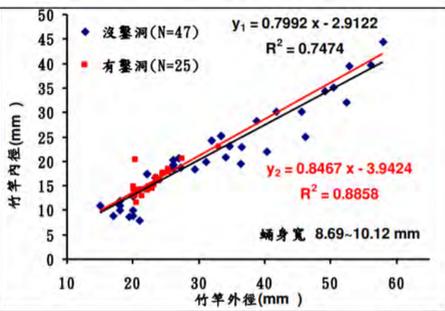
觀察二、獨居蜂比例



我們觀測到切葉蜂及非切葉蜂的築巢數，在春季轉夏季時木蜂數量下降，切葉蜂數量上升。因此獨居蜂人工巢室必須提供物種使用的多樣性。



柒、討論



竹子種類	黑翅木蜂咬痕數量(個)
桂竹	44
印度箬竹	18
麻竹	35
綠竹	2

中華民國第55屆科展-國中祖生物科-揭開銅翼皆木蜂及跳小蜂的神秘生活史

中華民國第46屆科展-國小祖生物科-早安!黑翅木蜂

捌、結論

經由野外觀察與實驗分析獨居蜂人工巢室八個參數的最佳化，我們發現獨居蜂在人工巢室的築巢行為的卻有部分的偏好，透過提高竹管的靠邊比例、背陽、離地高度80~140cm、竹管內徑0.7~1.0cm、深度18~26cm等巢室設計可以提高獨居蜂的築巢率。在觀察中也發現，深度淺的、口徑小的、木製巢穴一樣有獨居蜂使用，因此，提供多樣化的棲所也是相當重要的。此研究目前對於獨居蜂人工巢室的使用還處於初步階段，許多參數與變因皆須要更系統性的實驗設計才能完整回答。但以目前的成果，我們說明了最佳化人工巢室的可能，同時整理了獨居蜂的生態角色，展示獨居蜂與人工巢室在校園中的應用，希望藉此研究成果對獨居蜂的保育與環境教育提供有利的參考資料。

