

# 教育部110年度中小學 科學教育計畫專案成果報告

黃紋無螫蜂(*Trigona ventralishoozana*) 生態調查與校園永續環境營造

主 持 人：林子欽

協同研究老師：林俊賢主任、李佩馨主任、鄭夙君老師、姚逸盛主任、張  
雅雯老師、蔡岳廷老師

執行單位：嘉義縣立東石國民中學

中華民國 112 年 1 月 31 日

# 摘要

大埔鄉位於嘉義縣最南緣的偏遠山區，與高雄和台南接壤，這裡有全台最大的水庫(曾文水庫)，也有貫穿嘉南平原的曾文溪水系，大埔鄉位在集水區內，水源受到保護，生態豐富是個適合進行生態研究的好地方。本校經過三年「觀溪關溪—建置校園『溪流水域生態系』場域與發展教學模組計畫」研究本縣大埔鄉曾文溪上游及曾文水庫附近河川及發展情境教室教學模組，不僅讓師生認識曾文溪流域的魚蝦與動植物生態，更在校內發展水域生態教學，結合生態永續與科學教育發展成本校實驗教育特色。

本計畫的起源來自於本校透過執行科教專案與社區間的互動發現家長有在飼養一種體型極小，禦敵方式與常見蜂種有很大差異的蜂種，引發師生的好奇，而這種蜂稱為黃紋無螫蜂(*Trigona ventralishoozana*)，又稱蒼蠅蜂。在自然界中蜜蜂與人類關係密切，我們的食物有1/3來自於開花植物，其中約有80%需要蜜蜂協助授粉，一個蜂群每日能幫助300萬朵花授粉，在臺灣蜂蜜每年產值超過20億。野生蜜蜂雖也可以為大自然植物授粉，但無法在指定時間內密集工作，因此許多農場依靠養蜂為農作物授粉，只要天氣溫和且有花蜜可尋，牠們幾乎整年都可以工作。

本次研究欲達成之目的為：

1. 讓學生了解無螫蜂的生態。
2. 校內營造無螫蜂棲地環境，以便師生進行觀察。
3. 建立人工蜂箱透過人工智慧協助觀察無螫蜂行為。
4. 建置無螫蜂資料庫後並陸續安排課程藉由課程培育監測人員。

在進行科學專案計劃期間除了鼓勵教師持續科學專案參與外，結合社區家長協助參與調查與無螫蜂生態建置工作，並在課程時間辦理期中與期末成果發表會，讓學生和教師專業互動。本次研究計畫初步發展成校本特色教學計畫（大埔里山3337課程），參加親子天下活動入選為創新教學100學校，並獲得教師教學卓越金質獎。未來將持續進行校園永續環境營造與黃紋無螫蜂生態調查，讓森林下經濟在大埔萌芽與發展。

## 誌 謝

黃紋無螫蜂(*Trigona ventralishoozana*) 的生態調查在台灣是不容易進行的，不僅是野外棲地的族群分佈不易觀察到，台灣整體族群數量也不多，而且不易飼養，是極需要被保護與關注的台灣原生物種。在此感謝本校及大埔國中小參與調查的老師與志工家長，若非具相當的執著與熱忱，是無法完成本計畫各項調查項目。

在此更要特別感謝永興分校劉阿詠家長，能夠慷慨提供一個黃紋無螫蜂蜂箱到大埔國中小學校園，讓學生更方便觀察，藉由同學進行課程的專題研究計畫，讓老師及學生更加了解黃紋無螫蜂的生態，並提供許多校園植栽種植的經驗與建議；高雄醫學大學蘇詠超教授及李秉衡助教提供專業的研究分享及諮詢，讓本計畫能順利完成，在此致上最高的謝意。

# 目 錄

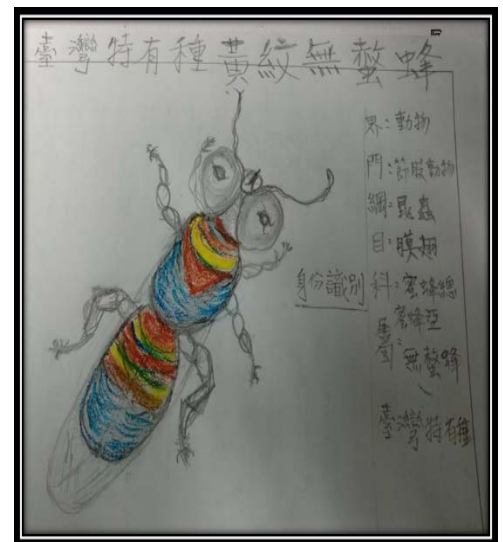
摘要.....	2
誌謝.....	3
壹、計畫目的及內容.....	5
貳、研究方法及步驟.....	8
參、目前研究成果.....	11
肆、預定與目前完成進度.....	21
伍、討論與結論.....	22

## 壹、計畫目的及內容：

### (一)研究背景

本鄉(大埔鄉)位於嘉義縣最南緣的偏遠山區，與高雄和台南接壤，這裡有全台最大的水庫(曾文水庫)，也有貫穿嘉南平原的曾文溪水系，大埔鄉位在集水區內，水源受到保護，生態豐富是個適合進行生態研究的好地方。本校經過三年「觀溪關溪—建置校園『溪流水域生態系』場域與發展教學模組計畫」研究本縣大埔鄉曾文溪上游及曾文水庫附近河川及發展情境教室教學模組，不僅讓師生認識曾文溪流域的魚蝦與動植物生態，更在校內發展水域生態教學，結合生態永續與科學教育發展成本校實驗教育特色。

本計畫的起源來自於本校透過執行科教專案與社區間的互動發現家長有在飼養一種體型極小，禦敵方式與常見蜂種有很大差異的蜂種，引發師生的好奇，而這種蜂稱為無螫蜂，又稱蒼蠅蜂。在自然界中蜜蜂與人類關係密切，我們的食物有1/3來自於開花植物，其中約有80%需要蜜蜂協助授粉，一個蜂群每日能幫助300萬朵花授粉，在臺灣蜂蜜每年產值超過20億。野生蜜蜂雖也可以為大自然植物授粉，但無法在指



定時間內密集工作，因此許多農場依靠養蜂 圖1 學生畫的黃紋無螫蜂的外觀  
為農作物授粉，只要天氣溫和且有花蜜可尋，牠們幾乎整年都可以工作。

蜜蜂在生態系中如同金牌綠手指般，有效且快速的幫助物種傳播花粉，因蜂類數量多、飛行力強、採集力高，大幅降低人工授粉工作的生產成本，並增加結果率及果形完整性，可說是農業上不可或缺的好幫手，亦是生態指標性物種。就社會性蜜蜂種類而言，以蜜蜂（Honey bee）、熊蜂（Bumble bee）無螫蜂(Stingless bee)的類緣關係最為接近，其中蜜蜂、熊蜂為我們較為

熟知的授粉昆蟲，並已能成功的應用在實際田間授粉，而無螫蜂授粉潛力，則仍有待觀察。

愛因斯坦曾說過：「如果蜜蜂從地球上消失，人類僅能活四年」。因此蜜蜂除了對於人類農作物生產有舉足輕重的地位，對於整個地球生態系的平衡也有極大的影響力。台灣因為平地過度開發導致森林數量稀少、林相單一，使無螫蜂無法在平地生存，無螫蜂所需要的膠/蜜/粉源植物，並營造適合的環境，最終能保護並擴大無螫蜂族群。根據宜蘭大學陳怡伶教授的研究，我們知道無螫蜂主要分佈在南美洲、東南亞、澳洲等熱帶地區，其分類學上屬於動物界、節肢動物門、昆蟲綱、膜翅目、蜜蜂總科、蜜蜂科、蜜蜂亞科、無螫蜂屬。與一般蜜蜂不同，無螫蜂其特徵為翅脈退化、頭部大顎發達、腹部不具螫針及後足具有花粉籃構造(Pollen basket)，無螫蜂的體型較一般蜜利蜂約十分之一的大小。無螫蜂體型由中至小型，鑑定特徵為大顎發達、翅針及後足具花粉籃構造。其分類地位屬於蜜蜂科 (Apidae)、無螫蜂亞科 (Meliponinae)，有17屬500多種，以 *Trigona* 屬種類最多。

目前臺灣有發現無螫蜂的地方是在苗栗泰安雪霸國家公園、高雄市那瑪夏區、嘉義縣阿里山區理佳部落、嘉義縣番路鄉、嘉義縣梅山鄉等。臺灣地區原生種無螫蜂早年即為原住民所飼養之主要授粉昆蟲，由於環境變遷，目



圖2 社區達人到校介紹黃紋無螫蜂



圖3 黃紋無螫蜂進出巢室

前僅少量蜂群分布於阿里山里佳部落。其中有關黃紋無螫蜂(*Trigona Ventralishoozana*) 這個蜂種，在阿里山茶山村及番路鄉草山村永興社區(永



興國小為本校分校)發現有人飼養，本次調查區域選定距離本校較近的番路鄉永興社區。

無螫蜂是社會性的昆蟲，在春、秋季時要經過分巢飼養，部落原住民飼養無螫蜂是將整個樹幹截下來，當這個樹桶沒有蜂時，原住民還是會將樹桶掛著，到了分蜂時期，就會有蜂過來住，對原住民來說這是吉祥的象徵，所以他們稱無螫蜂為自來蜂。目前臺灣的無螫蜂只剩一種，因為牠能適應臺灣獨特的環境生存，是臺灣的特有種。

本計畫所研究之無螫蜂其文獻資料並不多，僅嘉義大學宋一鑫教授與宜蘭大學陳怡伶教授有資料外，相關資料需仰賴社區家長的經驗傳承，因此本計畫具有在地特色及可行性。

108課綱以「成就每一個孩子—適性揚才、終身學習、環境實踐素養」為願景，以學生為學習的主體，希望能兼顧學生的個別需求、尊重多元文化與族群差異、關懷弱勢群體，透過適性教育，激發學生對於學習的渴望與創新的勇氣，並善盡國家公民的責任展現共生智慧，成為具有社會適應力與應變力的終身學習者。十二年國教強調素養導向的教學，學生學習的素材



圖4 學生實作採收無螫蜂蜂蜜

也越來越多元，學習教材由教室內延伸到教室外，更融入地區性的自然環境、族群生態學來增加學生學習的資源，以激發學生學習興趣及對鄉土的認識。教師將生態調查所得資料，發展成具有系統且適合學生學習的教材，推廣環境生態教育教學，讓學生經由多樣的學習方式，培養自動自發與互助合作的學習。

## (二)研究目的

本研究欲達成之目的如下：

- 1.讓學生了解無螫蜂的生態。
- 2.校內營造無螫蜂棲地環境，以便師生進行觀察。
- 3.建立人工蜂箱透過人工智慧協助觀察無螫蜂行為。
- 4.建置無螫蜂資料庫後並陸續安排課程藉由課程培育監測人員。

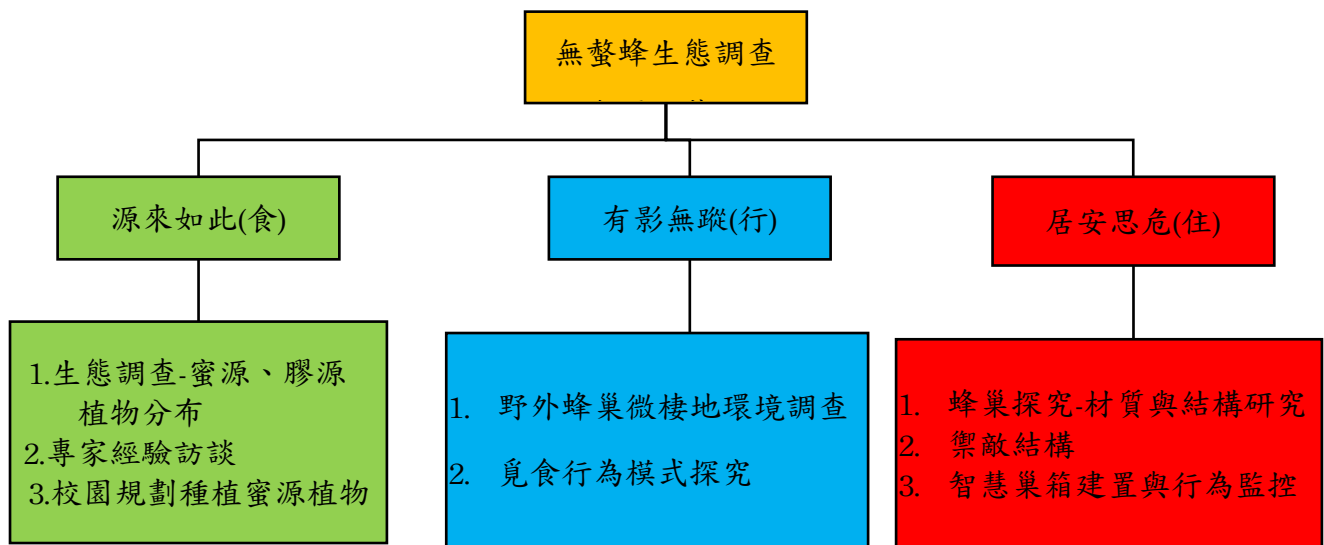


圖5 無螫蜂研究架構圖

## 貳、研究方法及步驟：

### (一)研究方法

研究項目	研究方法
無螫蜂生態調查	一、 專家訪問 二、 田野調查法（兼採定點計數法與地區搜尋法） 1.花粉辨別法:採集無螫蜂的身上的花粉，利用顯微鏡觀察分析，比對花粉的種類。 2.地區搜尋法（area search）：經花粉辨識後，以實地徒步的方式進行廣泛植物的搜尋，劃分區域，觀察紀錄棲地內相同花粉的植物生態。 三、 文獻與素材分析
無螫蜂行為探究	一、 文獻調查法（兼採專家訪談與文獻資料搜尋） 1. 專家訪談法：詢問飼養無螫蜂的家長，以錄影的方式說明介紹無螫蜂行為並記錄。 2. 文獻資料搜尋法：查詢網路上有關的文獻期刊，整理無螫蜂行為資料。 二、 觀察法 學生透過儀器監控與感官運用科學方法，觀察無螫蜂的行為模式進行分析統整或發現問題。 三、 實驗法 發現問題後，利用控制變因實驗，獲得因果關係。



無螫蜂蜂箱探究	<p>一、文獻調查法（兼採專家訪談與文獻資料搜尋）</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 專家訪談法：詢問飼養無螫蜂的家長，以錄影的方式說明介紹無螫蜂行為並記錄。</li> <li>2. 文獻資料搜尋法：查詢網路上有關的文獻期刊，整理無螫蜂行為資料。</li> </ol> <p>二、實驗法</p> <p>發現問題後，利用控制變因實驗，獲得因果關係。</p>
---------	--

## (二)研究步驟

### 1. 無螫蜂生態調查

- (1) 專家經驗訪談，由學生完成訪談紀錄。
- (2) 專家解說時錄製影片，作為教學素材。
- (3) 無螫蜂蜜源、膠源植物調查: 採集無螫蜂的身上的花粉，利用顯微鏡觀察分析，比對花粉的種類。
- (4) 規劃蜜源、膠源植物的種植。
- (5) 培訓小小解說員。

### 2. 無螫蜂行為探究

- (1) 觀察無螫蜂行動，並記錄。
- (2) 專家解說時錄製影片，作為教學素材。
- (3) 專家訪談，由學生完成訪談紀錄。
- (4) 學生小組討論分析，探究行為模式。

### 3. 無螫蜂蜂箱探究

- (1) 專家經驗訪談，由學生完成訪談紀錄。
- (2) 專家解說時錄製影片，作為教學素材。
- (3) 誘引無螫蜂進入 AI 人工蜂巢。
- (4) 觀察人工蜂巢及野生蜂巢的差異，並作記錄分析。

## (三)研究步驟細項工作規劃

### 1. 邀請專家學者召開研究小組籌備會議

討論如何執行與執行後問題解決，預計每月2次，共36次。

### 2. 棲地踏查與調查樣區協調設置

棲地踏查與調查樣區設置一開始需要專家帶領，爾後可由教師帶領學生。

### 3. 建置研究社群

(1)利用手機 APP 建置研究社群，及建立粉絲專頁即時分享、回饋訊息。

(2)定期聚會討論分享，每周聚會一次研習與討論。

#### 4.無螫蜂微棲地調查

預計每個月二次進行無螫蜂為棲地調查，8個月共16次。

#### 5.無螫蜂調查資料整理與建立

系統化彙整當月棲地調查之資料。

#### 6.教授專家指導

整理執行時所遇問題，邀請專家協助指導，每兩個月一次，共6次。

編號	會議時間	主題	專家學者	地點
1	110年2月10日	無螫蜂生態觀察研討	劉阿詠(社區專家)	大埔國中小
2	110年5月6日	無螫蜂微棲地調查	劉阿詠(社區專家)	永興福安宮
3	111年6月30日	蜂箱築巢設置研討	劉阿詠(社區專家)	大埔國中小
4	111年9月22日	蜂箱外環境監控研討	劉阿詠(社區專家)	大埔國中小
5	111年10月 (未訂)	蜂箱監控設備研討	蘇詠超(大學教授)	永興社區
6	111年11月 (未訂)	無螫蜂資料庫研討	蘇詠超(大學教授)	東石國中

註:專家學者得依實際情況由研究團隊聘僱諮詢

#### 7.無螫蜂棲地之資料庫建置

透過人工智慧，將田野調查所得資料彙整後建立資料庫。

#### 8.設置 AI 蜂箱

誘引無螫蜂進入 AI 蜂箱築巢，透過人工智慧監測其行為。

#### 9.規劃種植蜜源、膠源植物

在校園種植無螫蜂所需之蜜源、膠源植物，建立適合其生長環境。

## 參、目前研究成果：

### 一、無螫蜂生態調查

#### 1. 專家經驗訪談

本校永興分校家長劉阿詠先生，長期飼養黃紋無螫蜂，且熱心協助，自111年度開始協助本校師生認識黃紋無螫蜂生態，並定期接受師生諮詢請教。



圖6 定期邀請社區家長劉阿詠到校介紹黃紋無螫蜂



圖7 認識黃紋無螫蜂(*Trigona ventralishoozana*)



圖8 黃紋無螫蜂森林分佈圖

黃紋無螫蜂(*Trigona ventralishoozana*) 閩南語俗稱「雨神蜂」、長相像蒼蠅，不但能產蜜，還有豐富的蜂膠。雖然過去半世紀來受到的關注較少。當原生中華蜜蜂、養殖的西洋蜂都受疫情和其他不明因素影響而數量銳減，無螫蜂的角色更形重要。

無螫蜂的特徵為翅脈退化、大顎發達、不具螫針及後足具花粉籃構造；無螫蜂的體型小，約只西洋蜂的1/10。無螫蜂喜歡生活在很高的樹幹中，例如羅氏鹽膚木，利用大顎咬破樹幹鑽進裡面住，整個蜂巢都在裡面，只留外部一個通道口。全球無螫蜂約有800種，亞洲無螫蜂主要分佈於中國、台灣、越南、泰國、馬來西亞、新加坡及印尼等7個國家，馬來西亞有30多種，並已發展為產業；台灣目前只調查出一種為台灣黃紋無螫蜂。

訪談社區養蜂達人(洪村長) 提供他的養蜂地點的本土花粉及花蜜植物清單如下表。

蜜源粉源	芥蘭菜	鵝掌木	楠木	山棕	香菜	當歸 v	明日葉	鹽膚木	櫻花
	梅花	李花	茶花	阿里山十大功勞					



## 2. 永興社區棲地蜜源、膠源植物調查

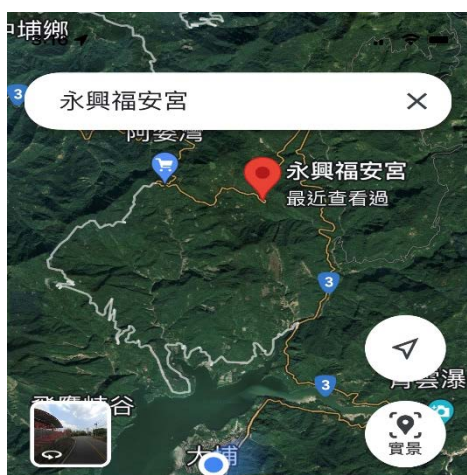








圖9 永興社區棲地蜜源、膠源植物調查

膠源植物		
		
台灣欒樹 <i>Koelreuteria henryi</i> Dummer	桑樹 <i>Morus alba</i> Linn.	欒樹，膠源代表性樹種。
蜜源植物		
		
殼斗科火燒柯 <i>Castanopsis hystrix</i> A. DC.	紅刺楸 <i>Zanthoxylum ailanthoides</i> Sieb & zucc	九芎 <i>Lagerstoemia subcostata</i> Koehne



## 蜜源植物



白刺蔥 *Aralia decaisneana*



桑甚 *Mours alba L*

### 3. 校園蜜源、膠源植物種植課程。



圖10 利用實驗教育課程帶領學生種植小白菜和油菜等蜜源植物



圖11 老師們規劃種植膠源植物



圖12 分區規劃種植膠源植物

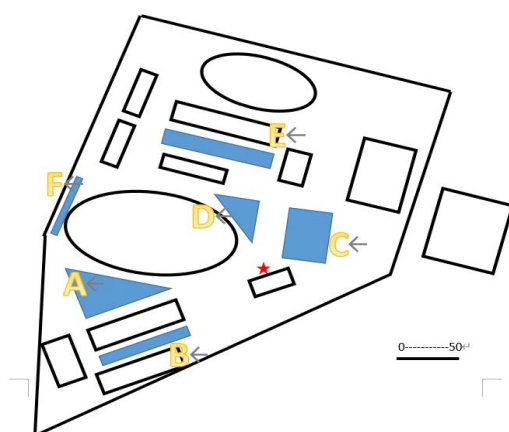




表2 校園中分區種植膠源植物

膠源植物		
		
台灣欒樹 <i>Koelreuteria henryi</i> Dummer	桑樹 <i>Morus alba</i> Linn.	芒果樹 <i>Mangifera indica</i> L.
蜜源植物		
		
繁星花(蜜粉源) <i>Pentas lanceolata</i> (Forsk.) Schum.	月橘(蜜粉源) <i>Murraya exotica</i> L.	台灣欒樹(蜜粉源) <i>Koelreuteria henryi</i> Dummer
		
含羞草(蜜粉源) <i>Mimosa pudica</i> Linn.	咸豐草(蜜粉源) <i>Bidens pilosa</i> L. var. <i>minor</i> (Blume) Sherff	



### A 區 種植蜜源、膠源植物

俗名	學名	數量	功能
繁星花	<i>Pentas lanceolata (Forsk.) Schum.</i>	5	蜜/粉源
九層塔	<i>Ocimum basilicum L.</i>	3	膠源
番茄	<i>Lycopersicon esculentum Mill.</i>	5	蜜/粉源
青椒	<i>Capsicum annuum var. grossum</i>	5	蜜/粉源
香瓜	<i>Cucumis melo Linn.</i>	5	蜜/粉源

### B 區 種植蜜源、膠源植物

俗名	學名	數量	功能
月橘	<i>Murraya exotica L.</i>	70+45=115	蜜/粉源

### C 區 種植蜜源、膠源植物

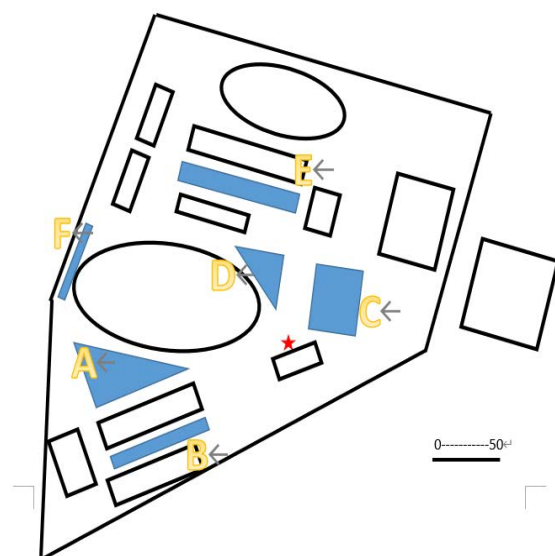
俗名	學名	數量	功能
欒樹	<i>Koelreuteria henryi Dummer</i>	2	蜜/粉/膠源
桑樹	<i>Morus alba Linn.</i>	5	膠源
芒果樹	<i>Mangifera indica L.</i>	2	膠源

### D 區 種植蜜源、膠源植物

俗名	學名	功能
含羞草	<i>Mimosa pudica Linn.</i>	蜜/粉源
咸豐草	<i>Bidens pilosa L. var. minor (Blume) Sherff</i>	蜜/粉源

### E 區 種植蜜源、膠源植物

俗名	學名	功能
含羞草	<i>Mimosa pudica Linn.</i>	蜜/粉源
咸豐草	<i>Bidens pilosa L. var. minor (Blume) Sherff</i>	蜜/粉源



## 二、無螫蜂行為探究

### 1. 設置校園無螫蜂蜂箱，飼養觀察並記錄。

學生紀錄每天觀察時間、天氣及溫度，以掌握控制變因，觀察的時間恰為無螫蜂的每日出洞活動的高峰時間內(10:00-14:00)，測量室外溫度約為26-28.5度，皆超過文獻探討所示無螫蜂於氣溫攝氏 16 度以上大量出入蜂巢。



圖12 設置校園無螫蜂蜂箱，飼養觀察並記錄

用 AI 視訊觀察無螫蜂活動週期，用崑山科技大學蔡教授協助設置的 AI 視訊無螫蜂監看系統，計算無螫蜂的活動週期(即每天第一隻蜂出巢的時間及最後一隻回巢的時間)。並記錄每小時的進出巢隻數。所記錄的影像，我們將每小時以電腦看 10 分鐘以記錄上述數據。

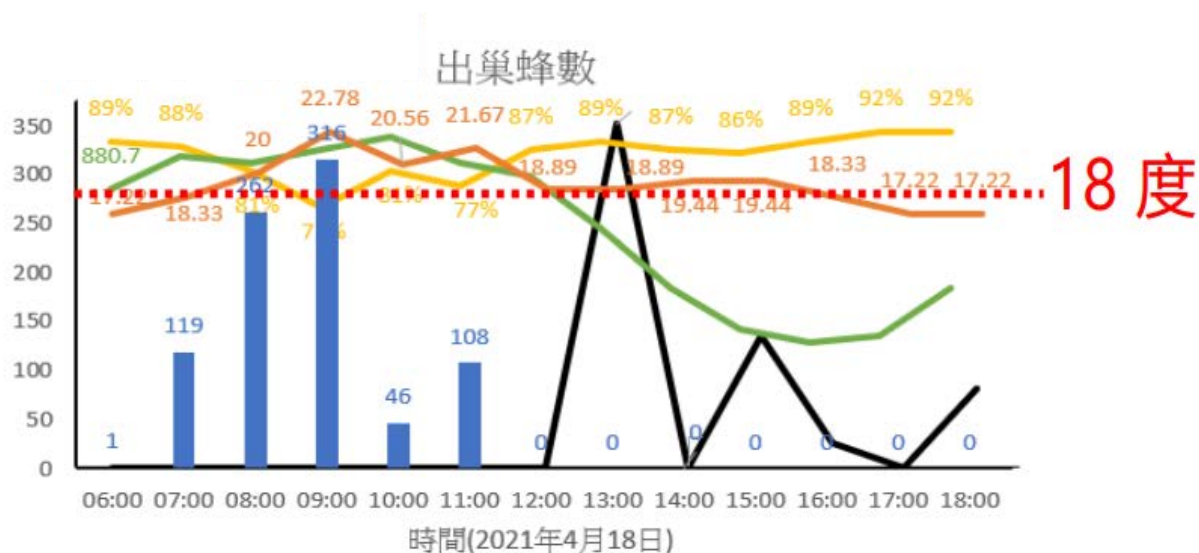


圖13 AI 視訊觀測無螫蜂日間活動紀錄

說明：無螫蜂日間活動週期結果中，我們發現氣溫達18度以上才會有進出巢的活動，溼度50% -90%之間有進出巢的活動較多，連續降雨則都停止活動。



## 2. 蜂群分工與覓食行為模式探究

無螫蜂是社會性昆蟲，一個蜂群中的無螫蜂分為三大類，包括蜂王，工蜂及雄蜂。蜂王是一個蜂群的最高領導者。龐大的腹部是其特徵，牠藉由釋放信息素(費洛蒙)控制其他蜂種。工蜂由受精的卵發育而來，存活日期約為80-100天，工蜂很容易辨識，因為牠們是蜂群裡數量最多的。牠們的組成形狀像是被排列成垂直螺旋片狀的蜂巢結構。雄蜂由未受精的蛋孵化而成，負責與蜂王交配。

大埔國中小學老師帶領學生進行無螫蜂的專題探究活動，此篇研究名稱：外界物理干擾對無螫蜂的行為影響。並在課程結束發表研究成果。



圖14 外界物理干擾對無螫蜂的行為影響研究



### 三、人工無螫蜂蜂箱製作探究

#### 1. 天然無螫蜂蜂箱，飼養觀察並記錄。

無螫蜂蜂巢及蜜囊、粉囊結構如下圖13所示，蜂蜜及無螫蜂都是利用其身體所分泌的蜂蠟 (wax) 作為蜂巢的建築材料，蜜蜂蜂巢主要是以蜂蠟構築整個蜂巢，以樹膠填補巢內縫隙。而大多數的無螫蜂是以 cerumen 為其建築材料，為蜂蠟 (wax) 與樹膠 (resin) 混合之物。巢門以蜂蠟、樹膠與泥土等物質築成管狀出口，而幼蟲區的巢房有巢脾狀或串的螺旋狀排列方式，食物儲存區以橢圓形臘杯排列於幼蟲區外。



圖 15 A 為無螫蜂的蜂巢內部圖、B 圖為巢內蜂蜜儲存區、C 圖為巢內花粉儲存區



圖 16 阿詠家長在阿里山永興社區飼養天然無螫蜂的蜂巢





圖 17 改良版無螫蜂的蜂箱及飼養時的天敵防禦工事



圖 18 無螫蜂的蜂巢進行強制分巢後的情形

無螫蜂分巢時間以秋季成功率較高，與社區阿詠先生於9月份開始進行一巢的分巢實驗，目前分巢飼養順利。

## 2. 人工無螫蜂蜂箱設計與棲地放置實驗並記錄。

本計畫我們主要利用無螫蜂在 6 月開始自然分蜂季節，蜂群新王會找尋新的巢穴入住的特性，在推測是無螫蜂蜂巢的附近擺放有無螫蜂膠及蜂蜜塗過的木箱，引誘分蜂群入住。但是目前實驗未發現有分巢成功紀錄。



圖 19 A 為人工無螫蜂的蜂巢、B 圖為巢內蜂蜜儲存區

### 3. AI 課程發展與教學

結合科技領域發展國中 AI 課程，並在課程中教學。本學年度發展決策樹（Scratch 模擬與 AI 門口守衛）、專家系統架構（Scratch 模擬與無螫蜂計數裝置）及模糊系統（Scratch 模擬與 AI 蜂箱控制）。

<p>科技領域（資訊科技）－人工智慧</p> <p>教師：姚逸盛</p> <p>學生：_____</p> <p>1</p>	<p>目錄</p> <p>第一章：人工智慧簡介.....4</p> <p>1-1 什麼是人工智慧.....4</p> <p>一、人工智慧的意義.....4</p> <p>二、人工智慧的應用.....5</p> <p>三、人工智慧大創意.....10</p> <p>1-2 人工智慧發展史.....12</p> <p>一、人工智慧之父－艾倫圖靈.....12</p> <p>二、人工智慧發展與興衰.....12</p> <p>1-3 人工智慧分類.....16</p> <p>一、依據「智慧」表現.....16</p> <p>二、相關技術.....16</p> <p>1-4 人工智慧發展核心與挑戰.....18</p> <p>一、人工智慧發展的核心.....18</p> <p>二、人工智慧發展的挑戰.....19</p> <p>1-5 圖靈測試（Turing test）.....23</p> <p>一、圖靈測試.....23</p> <p>二、圖靈測試體驗.....24</p> <p>第二章：基礎與應用.....26</p> <p>2-1 演算法.....26</p> <p>一、演算法簡介.....26</p> <p>二、演算法演練.....31</p> <p>2-2 決策樹.....36</p> <p>一、決策樹初探.....36</p> <p>二、Scratch 模擬與 AI 門口守衛.....42</p> <p>第三章：專家系統.....47</p> <p>3-1 集合論.....47</p> <p>一、初探集合論.....47</p> <p>二、文法圖.....49</p> <p>3-2 專家系統.....50</p> <p>一、專家系統簡介.....52</p> <p>二、Scratch 模擬與無螫蜂計數裝置.....55</p> <p>第四章：模糊系統.....60</p>	<p>4-1 陣列.....60</p> <p>一、四維陣列.....60</p> <p>二、陣列模擬.....62</p> <p>4-2 模糊系統.....64</p> <p>一、模糊系統簡介.....64</p> <p>二、Scratch 模擬與 AI 蜂箱控制.....68</p> <p>第五章：機器學習.....74</p> <p>4-1 監督式學習.....74</p> <p>一、認識監督式學習.....74</p> <p>4-2 非監督式學習.....78</p> <p>一、認識非監督式學習.....78</p> <p>2</p> <p>3</p>
---	--	---

圖20 以無螫蜂為主題發展科技領域國中 AI 課程





圖21 科技領域國中 AI 課程教學活動

#### 肆、預定與目前完成進度

項目	預定完成日期	目前完成進度
研究小組會議	111/2~111/11	111/2月起每月二次小組會議
棲地踏查與調查樣區協調	111/4~111/6	111/4月-5月
建置研究社群	111/2~111/4	成立無螫蜂 Line 群組並定期討論
無螫蜂微棲地調查	111/4~111/11	111/4月起每月一次原生棲地踏查 每月一次校園棲地踏查
無螫蜂調查資料整理	111/4~111/12	111/5月開始
教授專家指導	111/2~111/11	已完成6次
規劃種植蜜源、膠源植物	111/2~111/7	已進行校園植物調查，並種植部分
無螫蜂微棲地之資料庫建	111/04~111/9	已有5月份資料並開始整理
教師專業成長研習	111/8~111/11	已完成2次
製作成果專輯	111/11~12	已完成

#### 伍、討論與結論：

## 一、發展專題實作課程

鼓勵教師持續科學專案參與，解決偏遠學校教師異動頻繁問題，結合社區家長協助參與調查與無螫蜂生態建置工作，並在課程時間辦理期中與期末成果發表會，讓學生和教師專業互動。

## 二、花粉觀察與辨識問題

學校缺乏可拍照之複式顯微鏡，經向台南大學環境生態技術研究所王一匡教授協助，借用南大可照相複式顯微鏡，但是花粉辨識問題尚有待克服。

## 三、AI 人工無螫蜂的蜂巢

因目前文獻的分巢成功狀況不佳，社區阿詠老師亦無成功經驗，放置人工無螫蜂的蜂巢因距離學校有30分鐘車程，因此想結合 AI 設施進行遠端監控與紀錄，但是尚需請教成功經驗的前輩協助。

## 四、未來教學研究方向

本次研究計畫初步發展成校本科學教育計畫，發展出大埔里山3337課程，參加親子天下活動入選為創新教學100學校，並獲得教師教學卓越金質獎。未來將持續進行校園永續環境營造與黃紋無螫蜂生態調查，讓森林下經濟在大埔萌芽與發展。



圖22 發展大埔里山3337課程，獲親子天下創新100學校及教師教學卓越金質獎