

蜜蜂消失之謎

從2006年冬季開始，
美國陸續傳出駭人聽聞的「蜜蜂神祕消失」事件……

■ 陳燕玲

人類與蜜蜂的關係

人類取用蜂蜜的歷史可以追溯到一萬年前，考古學家在西班牙瓦倫西亞的蜘蛛洞（the Cave of the Spider — Cueva de la Arana in Valencia, Spain）所發現的史前洞穴壁畫中，就畫著兩個人背著籃子或鍋瓢般的容器，利用繩梯爬上峭壁，在漫天飛舞的蜂群中採集洞穴中的蜂蜜。

根據史料的記載，埃及人在西元前二千四百多年就已經在尼羅河兩岸發展出純熟的養蜂技術，當時的養蜂人甚至已經懂得帶著豢養的蜂群「逐花蜜而居」，以增加蜂蜜的產量。對古埃及人來說，蜂蜜除了有食用價值外，也可以預防流產，或在受傷的時候做為傷口的敷料以預防感染，甚至還可用來保存屍體。由於他們視蜂蜜為珍貴的食物，因此會特別為法老王的來生準備幾罐蜂蜜做為陪葬。

這些被視為珍寶的蜂蜜其實得來不易，通常一隻工蜂需要拜訪數百朵花才能收集到四、五十毫克的花蜜，採集到的花蜜存放在食道末端的「蜜胃」中。蜜胃裡的酵素會把



● 根據史料的記載，埃及人在西元前二千四百多年就已經發展出純熟的養蜂技術。



● 通常一隻工蜂需要拜訪數百朵花才能收集到四、五十毫克的花蜜。

原本花蜜中含量很高的蔗糖，逐漸轉化成葡萄糖、果糖等單糖。等蜜胃滿載後，工蜂會把蜂蜜交給內勤蜂，以便放入蜂巢的腔室中。巢中的高溫會讓蜂蜜的含水量降低，兩至三天後，含水量可降到13~18%，這時工蜂才會用蜂蠟把存放蜂蜜的巢室封住，以便長期存放。

因為蜂蜜含有高濃度的糖分以及很低的含水量，再加上酸鹼度只約3.7，所以在常溫下保存相當長的時間都不會變質。埃及的金字塔中曾經發現存放著蜂蜜的

蜜壺，雖然已經過了三千多年漫長的歲月，這些蜂蜜在開罐時所散發的香甜氣味，仍可吸引大批的蜜蜂前來採食。考古學家們在試吃後也驚訝地發現，這些年代久遠的蜂蜜居然可口依舊！

在台灣，可以買到蜂蜜、蜂膠、蜂蠟和蜂王乳，以及利用這些原料所製造的皮膚保養品、清潔用品和保健食品等，蜜蜂的存在似乎是理所當然的事。很多人會唱德國民謠（Hänschen klein，小漢斯）所改編的童謠「嗡嗡，嗡嗡，大家一起勤做工，

來匆匆，去匆匆，做工興味濃。天暖花好不做工，將來哪裡好過冬。嗡嗡，嗡嗡，別做懶惰蟲。」卻不太了解蜜蜂對我們生活有什麼其他的貢獻。

在自然界，靠動物授粉的植物比率相當高，而蜜蜂是這群授粉部隊中最有效率的。倘若蜜蜂真的從地球上消失，有很多植物勢必面臨絕種的命運。

美國學界所做的一項統計顯示，全美日常食用的食物，例如大豆、洋蔥、胡蘿蔔、青花菜、向日葵、蘋果、柑橘類水果（柳



● 蜂蜜、蜂王乳、花粉等是日常生活中可見的蜜蜂產製品。



● 很多人會唱德國民謠所改編的童謠「嗡嗡嗡，嗡嗡嗡，大家一起勤作工，來匆匆，去匆匆，作工興味濃。天暖花好不作工，將來哪裡好過冬。嗡嗡嗡，嗡嗡嗡，別做懶惰蟲。」卻不太了解蜜蜂對我們生活有什麼其他的貢獻。

丁、橘子、檸檬、萊姆)、各式莓果(藍莓、黑莓、草莓、紅莓)、酪梨、桃子、杏仁、甜瓜(哈蜜瓜、洋香瓜、西瓜)和豆科植物等，約有三分之一是靠蜜蜂授粉。如果沒有蜜蜂的幫忙，這些看似稀鬆平常的食物，就會一項一項慢慢地從餐桌上消失。

蜜蜂的消失

從2006年冬季開始，美國陸續傳出駭人聽聞的「蜜蜂神秘消失」事件。最早向昆蟲學家提報蜜蜂消失現象的，是美國賓州的一位養蜂大戶哈肯伯格(Dave Hackenberg)先生。

在一個秋高氣爽的尋常日子，哈肯伯格依循往例打開

蜂箱檢視蜂巢，他驚訝地發現一個月前滿溢的蜂巢竟然像個死城般，巢房中只剩下蜂王以及幼小的工蜂，以往工蜂在蜂箱內忙碌工作的景象已不復可見。他遍尋四周，試圖找出自己的蜜蜂到底去了哪裡，然而卻看不到任何蜜蜂的蹤影或屍體，蜜蜂就像人間蒸發似地消失了。

就在哈肯伯格向有關當局反應了這個情況之後，美國各地的蜂農也相繼傳出類似的消失事件。緊接著加拿大，歐洲(法國、德國、西班牙、葡萄牙、義大利、奧地利、比利時、波蘭)、亞洲(台灣、日本和中國)和澳洲等地，也陸續報告蜂群離奇消失的案例，這個現象隨後被定名為「蜂群



● 在自然界，靠動物授粉的植物比率相當高。



● 如果蜜蜂從地球上消失，在市場上可以選購的蔬果雜糧種類會大大地減少。

衰竭失調症」(colony collapse disorder, CCD)。由於全球有三分之一的農業生產須仰賴蜜蜂授粉，可以預見蜜蜂的消失對於人類的生活勢必造成相當大的衝擊！

其實在這之前，也曾有蜜蜂大量死亡的紀錄，但多半是因為蜂農照顧不周、蜜蜂營養不良，或是田間和蜂巢內過度使用殺蟲劑、殺蟎劑所致。這次發生的「蜂群衰竭失調症」卻與以往有很大的差異，它具有以下特徵：工蜂大量且快速地消失，但在蜂箱內或附近田野間都找不到蜜蜂的屍體；至於蜂巢內，在工蜂消失後只剩下蜂王和未成年的幼蜂，以及儲量豐富的蜂蜜與花粉。

由於蜜蜂是高度社會化的昆蟲，實在很難想像當蜂巢中仍有蜂王與幼蜂時，到底是什麼原因

會讓這些工蜂放棄自己的蜂后和亟待照顧的幼蜂離巢而去？

目前科學界對於導致蜂群衰竭失調的成因有幾種假設，例如使用會影響蜜蜂導航系統的殺蟲劑、新的寄生蟲或病原菌的危害，或綜合性的壓力使得蜜蜂的免疫力下降，甚至導致蜜蜂的社會系統瓦解。然而元兇到底為何？仍然沒有答案。

新型系統性殺蟲劑

益達胺(imidacloprid)是拜耳公司研發出一種新菸鹼類殺蟲劑，主要攻擊昆蟲的神經系統。法國與義大利的研究顯示，蜜蜂在接觸到相當劑量的益達胺後會失去方向感，記憶及溝通能力也會受損，導致在回巢時找不到回家的路。

法國從1994年開始使用益達胺做為向日葵種子的處理劑，由

於這是一種系統性藥劑，只要施用在植株的任何一個地方，藥劑都會隨著植物的輸導組織散布至全身，以形成完整的防護網。

法國蜂農發現在施用過益達胺的向日葵花田中，蜜蜂會出現怪異的行為，牠們在花上停留的時間變長，而且焦躁不安地清理著自己的觸角與身體。有些個體會因麻痺而摔落地面死亡，有些雖然勉強飛回巢中，卻被守衛蜂拒於門外。這種法國蜂農稱為「狂蜂症」的現象，很快地襲捲了法國使用益達胺的區域，在同年冬天更發生蜜蜂大量死亡的情況。

蜂農們把蜜蜂大量死亡的事件和益達胺的使用畫上了等號，儘管生產藥劑的拜耳公司提出相關的研究否認蜜蜂消失與這類型藥劑有任何關係，但法國農業部及國家養蜂研究所的科學家們所做的研究，卻顯示截然不同的結論。

臺灣大學昆蟲學系副教授楊恩誠先生設計了一系列的實驗，試圖釐清益達胺是否會影響蜜蜂的行為。結果顯示在接觸了含50ppb(1ppb是十億分之一)益達胺的食物之後，有百分之十五的蜜蜂在往返巢房與餵食器之間的時間會拉長；如果濃度增加到600ppb，會有34%的蜜蜂在實驗

全球有三分之一的農業生產須仰賴蜜蜂授粉，
蜜蜂的消失對於人類的生活勢必造成相當大的衝擊！



● 在法國的向日葵田裡，一些蜜蜂的不正常現象被法國蜂農們稱為「狂蜂症」，他們堅信這些蜜蜂的病症，與新於鹼類殺蟲劑益達胺的使用脫不了關係。

當天消失，而且益達胺的濃度愈高，蜜蜂消失的比率也隨之增加。由此可見，益達胺雖然尚未達到可以直接殺死蜜蜂的程度，但對蜜蜂的行為已經造成了顯著的影響。

由於各界的研究結果都指出對益達胺的不信任，法國的農業部長遂在1999年宣布了向日葵種子禁止使用益達胺的命令，緊接著在2003年更禁用於玉米區。這兩項禁令的頒布確實使蜜蜂的死亡暫時有趨緩的現象，然而蜂農很快又面臨到新的殺蟲劑的使用威脅，以及蜜蜂死亡率回升的困境。對於蜜蜂及蜂農們來說，殺蟲劑與蜜蜂生存的戰爭似乎不可能在

短期內畫下休止符。

寄生性天敵與病原體

西方蜂 (*Apis mellifera*) 的性情溫和，蜂王產卵力強，蜂群採集力也優於其他蜂種，因而成為全世界最廣為利用的飼養蜂。

1916年興建完成的西伯利亞鐵路貫穿了歐亞兩塊大陸，讓兩地物資的交流更加便利。俄羅斯的養蜂人也利用這個機會，把西方蜂帶到西伯利亞與牠們的近親東方蜂 (*Apis cerana*, Asiatic honeybee) 交流。當東方遇上西方，兩種蜜蜂原本相安無事，然而在融洽相處的同時，一種小東西卻悄悄地爬到

西方蜂身上，並且順著西伯利亞鐵路來到西方。這種以吸血為食的小生物，就是讓許多養蜂人聞之色變的「蜂蟎 (Varroa mites)」，隨後為全世界的養蜂界帶來了極大的災難。

中國的科學家在東方蜂的亞種中華蜜蜂 (*Apis cerana cerana*) 身上，觀察到一個很有趣的現象。當科學家把蜂蟎放到中華蜜蜂身上時，中華蜜蜂就會開始抖動身體，而這樣的抖動很快就引起同巢其他工蜂的注意，並隨即過來把這隻蜜蜂身上的蜂蟎叼走。由於蜂蟎與東方蜂已經一起生活了相當長的時間，東方蜂早已演化出對付蜂蟎的方法，因此蜂蟎的存在並不會對東方蜂族群造成致命的傷害。

然而對西方蜂而言，蜂蟎是一個全新的物種，蜂蟎的寄生讓牠們全無招架的餘地。當俄羅斯的蜂農把西方蜂搬回俄羅斯之後，蜂蟎的疫情很快就蔓延到香港、菲律賓、中國、印度、日本，數年之後更入侵到東歐和南美。時至今日，全世界只剩下位於南半球的澳洲倖免於難。

但是蜂蟎是造成「蜂群衰竭失調症」的元兇嗎？

科學家的確觀察到，許多蜂群衰竭失調症的蜂巢中都有蜂蟎的存在，但是在這麼多的案例中，他們也發現到蜂巢的受害程度不見得跟蜂蟎的數量

在美國，蜂農帶著蜜蜂「逐花草而居」的授粉產業已經有數十年的歷史，高速公路上總可以看到運輸公司載著一箱箱的蜜蜂，追隨著杏仁、蘋果、藍莓等作物的花期四處奔波。

成正比。一位英國病毒學家鮑爾（Brenda Ball）甚至發現，蜂蟻本身並不見得會讓蜜蜂死亡，反而是蜂蟻所攜帶或傳播的病毒才是元兇。

蜂蟻用刺吸式口器吸食蜜蜂的體液，它的口器猶如吸毒者共用的針頭一般，一旦沾染到病毒，就會快速地把病毒散布在蜂巢中。目前在蜜蜂身上找到的十數種病毒，如急性麻痺病毒、以色列急性麻痺病毒、畸翅病毒、喀什米爾病毒等，都被學界認為與「蜂群衰竭失調症」有很大的關聯。

然而，在一些蜂群衰竭失調的案例中，雖然殘留的蜜蜂檢體上有致命病毒，但蜂巢內卻沒有蜂蟻，因此推論蜂巢裡應該另有一種病毒傳播管道。蜜蜂不像人會經由飛沫傳播病毒，牠們用口來傳遞食物，內勤蜂從工蜂身上接過花粉後，也會用口水把花粉溼潤後再儲存，一旦有內勤工蜂感染了致命病毒，感染應該很快就會遍布整個蜂巢。

除了病毒之外，東方微粒子蟲也是致病力很強的單細胞真菌，這種真菌會透過食物的傳播，或蜜蜂用口清理其他工蜂的排泄物時被感染。這種真菌會寄生在蜜蜂的中腸內，造成工蜂嚴重的下痢，有些外勤蜂會因此衰弱到無法返巢而死在野外。蜂農

在一些微粒子蟲感染嚴重的蜂箱出入口，可以觀察是否有些許黑色、不正常的汙漬，以判斷這個蜂箱是否遭到微粒子蟲入侵。

這幾年的研究顯示，蜂蟻、病毒、東方微粒子蟲都和「蜂群衰竭失調症」有關，然而哪些才是真正造成蜂群衰竭的因子，到現在還沒有定論。

游牧生活與費洛蒙藥劑

在美國，蜂農帶著蜜蜂「逐花草而居」的授粉產業已經有數十年的歷史，高速公路上總可以看到運輸公司載著一箱箱的蜜蜂，追隨著杏仁、蘋果、藍莓等作物的花期四處奔波。

以杏仁這項美國蜂農最依賴的產業來說，果農從1950年代開始在加州種植，規模由當時的9萬英畝逐漸擴展到現在的60萬英畝，每年的產量占全球杏仁總產量的百分之八十。要為面積如此龐大的帶狀果園授粉不是件容易的事，需要有專業經理人協助調度全美國的蜂農，才能在杏仁花期一開始就調齊400億隻蜜蜂進行為期22天的授粉活動。

在廣大的杏仁園裡，果農與經理人會為每個簽約蜂農做好指示牌，在上面標示著蜂農的農場或姓名，以及在這個區域需要放置的蜂箱數，並畫好詳細的地圖，讓每一位蜂農把蜜蜂載到果

園後，能夠順利找到自家蜂箱的位置與數量。每年2月都會有將近3千輛卡車載著約100萬個蜂群，來到加州杏仁園參加這個年度盛事，對許多蜂農來說，是靠著替杏花授粉才得以維持生計。

一年到頭的舟車勞頓會不會對蜜蜂造成壓力，導致蜂群衰竭失調？

試想，蜜蜂被放在大型聯結車的後方，數百箱堆疊在一起，外面還罩著一層紗網以防止蜜蜂在運送的過程中逃逸。這麼多蜜蜂擠在聯結車上，隨著季節的輪替先是在佛羅里達州為甜瓜授粉，接著來到賓州為蘋果授粉，再接下來是為緬因州的藍莓，最後還有每年的授粉重頭戲—加州的杏花。我們知道「壓力」會對人體造成巨大的傷害，蜜蜂如此年復一年地在道路上奔波趕場，是不是也會形成難以紓解的壓力，導致蜂群的衰竭失調症？

費洛蒙是昆蟲用來溝通的化學物質，在蜜蜂的世界裡，除了利用舞蹈來和伙伴互通消息外，釋放費洛蒙也是常用的方法。

在美國，有些蜂農為了提高授粉或採蜜的效率，會使用一種仿費洛蒙藥劑—超能量（Super Boost）。這個藥劑含有十種化學物質，用以模擬蜜蜂幼蟲所散發的費洛蒙氣味，而這種氣味的含意是：「我們很餓，請外出採集



● 都市化以及單一作物的栽種都會使蜜蜂的食物來源受到影響，一旦蜜蜂無法獲得均衡的養分，身體的免疫力會跟著下降。

更多的食物回來！」工蜂在收到這個訊息之後，便會更積極地外出收集食物，以滿足幼蜂的需求。由於食物充足，促使蜂后產下更多的卵，使蜂群變大，工蜂必須加倍努力收集更多的花蜜與花粉。

這樣的「欺騙行為」對果農和蜂農都有益處，因為當蜜蜂更加積極工作時，果樹的結實率必定大增，果農的收益就會更好。另一方面，蜜蜂採回的花蜜與花粉量增加，蜂農除了租借蜂箱所收到的租金之外，蜂產品的額外營收也會增加。但是對於被騙的蜜蜂呢？牠們超時超量的工作是不是會造成像人類一樣的過勞，而提早終結了生命呢？

蜜蜂面臨的其他問題

現在全世界都有過度都市

化的問題，綠地愈來愈少，蜜蜂無處採集花粉和花蜜，在食物短缺的情況下，族群就無法安然度冬。

再者，人類的農耕行為對蜜蜂的生存其實也造成很大的影響。為了讓栽種、灌溉及採收過程能夠機械化以節省人力，大部分的地區都實施大面積種植單一作物的農耕方式，然而這種耕作型態使得蜜蜂的食物也跟著單一化。我們知道偏食會造成人類不良的後果，卻沒想過蜜蜂會因為人類的自私而被迫只能吃到單一種食物。在無法獲得均衡營養的情況下，身體健康自然受到影響，免疫力也跟著下降。如此一來，在面對天敵的侵害以及人類施用的殺蟲、殺菌藥劑時，耐受度也會跟著變差。

氣候變遷對蜜蜂的生存也造成很大的影響。某些地區如果降雨量太大釀成洪災，植物都被洪水沖走了，蜜蜂就會有一段時間沒有食物可吃。另有一些區域，植物因為乾旱與高溫造成花粉與花蜜產量明顯減少，使蜜蜂需要花更長的時間到更遠的地方工作，卻不見得可以採集到足夠的花粉與花蜜，一旦食物存量不足，整個蜂群將無法順利度冬而餓死。另外氣候變遷逐漸加劇，地球上的某些地區開花時序變得相當混亂，花期有時比往年提早，有時延後，種種異常的情形都會影響到蜜蜂的生存。

除此之外，還有一些學界人士提出基因改造作物（如蘇力菌基改作物），或手機、基地台、無線電話充電器所發出

蜜蜂消失的離奇事件不會在短時間內落幕，
我們也不可能會突然發現一個神奇的方法讓蜜蜂停止消失，
這個警訊提醒我們，是否該用一個不同的角度來利用自然資源。

的電磁波，也可能是造成蜜蜂消失的原因。但有更多人相信，今天蜜蜂所面臨的困境是綜合了各式各樣的環境壓力、不當的藥劑使用等，才導致牠們對於天敵失去耐受性而大量死亡。

沒有蜜蜂的世界

隨著「沉默的蜜蜂—Silence of the bees」這部紀錄片來到中國四川省的南部。8月，滿山遍野結實纍纍的梨樹讓人感受到豐收的喜悅，但這滿樹鮮嫩欲滴的梨子背後卻有一個不可思議的故事。每年4月，美麗的梨花盛開之時，在這裡會出現相當奇特的景象，全村的男女老少在脖子上掛著裝有花粉的玻璃罐子，手上拿著一隻綁著雞毛的細長竹竿，他們冒險爬上花朵盛開的梨子樹上，熟練地拿著雞毛長竿，先在玻璃罐裡沾些花粉，再輕輕地把花粉沾到每一朵盛開的梨花上一他們在為梨花授粉！

根據當地果農的描述，這個地區在1980年代初期，因為不當使用殺蟲劑而殺光了所有的蜜蜂，使得他們現在必須以人力取代蜜蜂的角色，種植的梨子樹才能有收成。

授粉工作說來輕鬆，做起來卻相當費事。首先，他們要採集部分梨花，用牙刷把花粉刷下，接著把花粉放進紙箱中，利用燈泡的熱度讓花粉的水分慢慢蒸發，兩天後這些花粉才能使用。通常一窩蜜蜂一天可以造訪300

萬朵花，但一個人一天大約只能造訪30棵樹，授粉工作由人來執行，效率真是奇差無比！因此在每年梨樹開花的時節，他們必須動用所有的人力，才能達到每家約有5公噸的好收成。

然而中國的經濟結構正在慢慢改變，許多年輕人都到大城市找工作，鄉下地方只剩下老年人和小孩，或許再過20年，這個地區就再也找不到足夠的人力來完成這項耗工費時的授粉工作。對美國和其他人工昂貴的國家來說，要利用人工幫果樹授粉更是天方夜譚！中國這個小角落的居民已經替我們揭露了沒有蜜蜂的窘境，這個例子值得我們好好思考。

如果蜜蜂真的從地球上消失，人類會怎樣呢？

首先，我們再也沒有香甜可口的蜂蜜可食用；接著，餐桌上只剩下靠風力傳播花粉的米、麥類等食物；再來，牛肉的產量也會大大減少，因為牛的主要食物—紫花苜蓿是靠蜜蜂授粉的；還有，「純棉」會成為歷史名詞，因為棉花也是靠蜜蜂授粉的。如果再把範圍擴大到整個生態系，當植物無法傳宗接代而慢慢消失時，依賴這些植物而活的動物也終將走上滅絕之路。

人類和蜜蜂關係的建立已經長達數千年，這個關係是否會毀在我們這一代的手上？顯然這個蜜蜂消失的離奇事件不會在短時間內落幕，我們也不可能突然發

現一個神奇的方法讓蜜蜂停止消失，這個警訊提醒我們，是否該用一個不同的角度來利用自然資源。人類實在太渺小，對自然了解太有限，一旦不慎破壞了自然運行的法則，造成的後果恐怕不是我們可以承受得了的！

陳燕玲

台南市永康國民中學

深度閱讀資料

柯克斯—佛斯特 (Diana Cox-Foster)、范安吉多斯 (Dennis vanEngelsdorp) (民98)，*蜜蜂消失了？* (林慧珍譯)，科學人 (中文版)，87，38-45。

鄭靜琪 (民98)，*尋找迷航的蜜蜂*，科學人 (中文版)，87，46-49。

愛麗森·班傑明 (Alison Benjamin)、布萊恩·麥考倫 (Brian McCallum)，*蜜蜂消失後的世界 (A World without Bees)* (何采嬪譯)，頁308，漫遊者文化事業股份有限公司，台北。

Johnson, R. (2010) *Honey Bee Colony Collapse Disorder*, CRS Report for Congress, Congressional Research Service.

紀錄片：*Silence of the Bees* (2007年10月28日在美國公共電視首播)，製作人：Doug Shultz 王重雄等著 (民98)，*蜂群衰竭失調症*，台灣昆蟲，29 (3)，119-138。