

蜜蜂 失蹤謎團

■ 陳姵如、楊恩誠

蜜蜂失蹤事件頻傳，不僅蜂農緊張，科學家也絞盡腦汁想解開這個謎團。

談到蜜蜂，不少人腦中會自然地浮現耳熟能詳的兒歌：「嗡嗡嗡，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，嗡嗡嗡，別做懶惰蟲。」這群勤奮工作的代表，近年卻常常毫無預警地失蹤！不尋常的是，似乎還在好幾個國家都失去蹤影。



蜜蜂是勤奮工作的代表，近年卻常常毫無預警地失蹤！

失蹤潮的蔓延

這波失蹤潮在 2006 年開始受到關注。美國賓州一戶有 40 年以上經驗的蜂農，所飼養的蜜蜂在短短幾星期內離奇地損失了三分之二，沒多久前繁忙的蜂巢只剩下蜂后及幼小的工蜂。蜂去巢空的景象讓他嚇壞了，這是以往不曾發生過的，因而向昆蟲學家求助。詢問同業時，發現原來他不是唯一發生這情形的。

2006 年入秋以來，美國有多達 22 州相繼傳出類似蜂群不明原因大量失蹤的事件，隨後加拿大、法國、德國、西班牙、葡萄牙、義大利、奧地利、比利時、波蘭、澳洲和亞洲等地也陸續傳出，稱為「蜂群衰竭失調」（colony collapse disorder）的現象。

蜂群衰竭失調並不是新鮮事，早在 1990 年代這群授粉工就已在歐洲發生了第一次的集體失蹤事件。1994 年起，法國蜂蜜的產量逐年下滑，甚至在 1997 年底爆發了大量蜂群不明消失事件。然而當年媒體不像 2006 年在美國大肆報導，因此並未引起各界的注意。



在共演化的歷程中，多數開花植物必須仰賴蜜蜂的授粉，若視覺訊號不對，很容易被自然淘汰，顯示了蜜蜂對於開花植物的重要性。

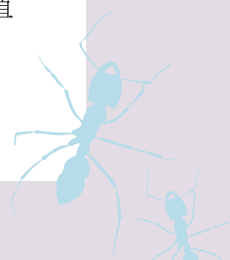
這群授粉工在自然淘汰下會有一定的損耗率，通常約有 20% 熬不過冬天，稱為「冬損」。然而 1994 年和 2006 年的蜂群衰竭失調，創新高的損耗率實在令人不安，最離奇的是在蜂箱內或附近田野都找不到屍體。蜂巢內，負責野外採集食物的外勤蜂突然失蹤，只剩下蜂后和幼蜂，這群階級嚴謹、分工明確具社會性的昆蟲頓時失序，使得蜂群急速衰敗。

全球億萬隻蜜蜂離巢未返，焦急的果農等不到蜂農載運訓練有素的授粉工上工，沒有蜜蜂協助花粉的傳播，造成當年果實的欠收。這群專業授粉工的缺席，不僅讓蜂農受到重創，帶來的連鎖效應也讓消費者嘗到了苦頭。

失蹤癱瘓了食物鏈

我們日常生活中有多少產品是透過蜜蜂這群授粉工所產生的？從最直接的蜂蜜、蜂蠟、蜂膠、蜂王乳等蜂產品，到需要蜜蜂協助授粉的蔬菜、穀物、水果等，以及使用上述產品為材料的加工品，甚至是以食草動物所製成的肉類製品，都與蜜蜂脫離不了關係。目前人類的食物中有三分之一來自開花植物，其中有 7 成的授粉工作需要由蜜蜂執行。若少了這群授粉工辛勤的工作，將使過去餐桌上習以為常的食物一道道地從日常生活中消失。

訪花昆蟲與開花植物的演化歷程密不可分，在五顏六色的花花世界中，許多訪花昆蟲利用視覺來選擇牠們偏好的蜜源植



倘若蜜蜂大量失蹤，將有很多植物面臨絕種的命運，更會波及整個生態系的平衡。

物。因此，訪花昆蟲尤其是蝴蝶，往往演化出多樣化的感光受器來辨識賴以維生的食物資源。

但蜜蜂的演化歷程很不一樣。由於蜜蜂屬於較早期演化的類群，因此較晚演化出來、變化多端的開花植物，若想得到授粉效率極佳的蜜蜂加持，必須具備可讓蜜蜂接收的視覺訊號。而膜翅目昆蟲的視覺系統在同類群內變異性不大，在共演化的歷程中，多數開花植物必須仰賴蜜蜂的授粉，若視覺訊號不對，很容易被自然淘汰，更顯示了蜜蜂對於開花植物的重要性。倘若蜜蜂大量失蹤，不難想像將有很多植物面臨絕種的命運，更會波及整個生態系的平衡。

這群基層員工的失蹤所影響的層面之廣、對人類生活的衝擊之大，很快地引起了各界的關注。暢銷書《蜜蜂消失後的世界》(A World Without Bees)、動畫喜劇〈蜂電影〉(Bee Movie)以及紀錄片〈蜜蜂的沉寂〉(Silence of the Bees)都揭示了蜜蜂在我們生活中占有舉足輕重的地位。有媒體甚至以訛傳訛、危言聳聽地宣稱：「愛因斯坦曾說過，倘若蜜蜂消失，人類4年後也會隨之滅絕。」

調查失蹤真相

對於蜜蜂集體失蹤事件，人類當然不能坐視，若能了解失蹤的原因，就能避免事件再次爆發。失蹤因子可能包括基因改

造作物的花粉毒害、電磁波輻射的干擾、致病病原體的危害，以及影響蜜蜂導航系統的殺蟲劑或綜合性的壓力。

雖然蜜蜂失蹤的真相目前仍無定論，但已排除電磁波輻射與基因改造作物的影響，致病病原體與農藥的使用則很有可能是重要的嫌疑犯。

在有蜂群衰竭失調現象的蜂群中，通常會發現寄生的蜂蟹蟻，但蜂蟹蟻並不會直接造成蜜蜂死亡，而是會吸食蜜蜂的體液並傳播病毒，因此蜂蟹蟻只是媒介，導致蜜蜂生病的是牠們傳播的病毒。另外，蜂蟹蟻的寄生會抑制蜜蜂的免疫作用，使蜜蜂的免疫力下降，導致病情快速惡化。

蜂蟹蟻會傳播的疾病，包括RNA病毒引起的急性麻痺病、以色列麻痺病、克什米爾蜜蜂病、慢性麻痺病，以及畸翅病毒。賓州大學的研究團隊指出，他們採集了2006年在美國爆發的蜂群衰竭失調的蜜蜂樣本，都偵測到以色列麻痺病毒，因此認為與蜜蜂失蹤有很大的關聯。然而，直至今日仍無法斷定，因為也可能是具有蜂群衰竭失調的蜂群較易感染以色列麻痺病毒，兩者間的因果關係仍有待釐清。

大多數細菌與真菌的感染並不會造成蜂群衰竭失調，因為感染對象主要是幼蟲或蛹，容易經由蜜蜂的清潔行為而從巢室移除。不過，屬於單細胞真菌的微粒子蟲感染所引起的蜜蜂微粒子病，則與蜂群衰竭失調有相當關聯性。



多數開花植物必須仰賴蜜蜂的授粉（圖片來源：種子發）

由於蜜蜂有交哺行為，外勤工蜂採集花蜜後會以口器交給內勤工蜂，內勤工蜂則會分泌蜂乳餵食幼蟲，這樣的過程容易造成整個蜂巢的成員帶原。受到微粒子蟲感染中腸的外勤工蜂會有下痢的症狀，嚴重時會因體力虛弱無法回巢而死於野外。一旦蜂后無法補足損失的蜂群數量，就會導致蜂群的滅亡。

另外，環境壓力也是不可忽視的因素，包括人造飼料造成的蜜蜂營養不良，以及田野間殺蟲劑與農藥的使用。其中，農藥可能會破壞蜜蜂的生理，甚至是免疫系統，減弱蜜蜂的自然抵抗力。農藥的使用伴隨病毒的感染很有可能是造成蜜蜂失蹤的導火線。

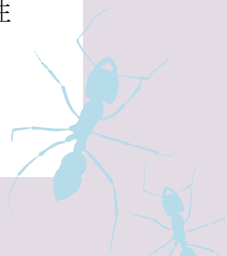
儘管農藥公司提出數據極力否認農藥與蜂群衰竭失調的關係，然而已有許多研究顯示益達胺（imidacloprid）的大量使用是引起蜂群離巢失蹤的元兇之一。

益達胺屬於神經毒的類尼古丁殺蟲劑，能夠影響昆蟲的神經系統。當益達胺與昆蟲體內的尼古丁乙醯膽鹼受器結合，會導

致神經系統過度興奮而使昆蟲麻痺致死。由於益達胺對昆蟲的毒性遠大於哺乳動物，又具備速效與長效的特性，因而廣泛用作殺蟲劑及貓狗的除蚤劑等。但益達胺屬於系統性藥劑，可藉由植物維管束系統輸送而遍布整株植株，因此花粉與花蜜中也都有益達胺的存在。

法國在 1994 年開始大量使用拜耳公司的高巧種子（Gaucho[®] seed），因此很容易讓人聯想到與 1997 年底爆發的大量蜂群不明消失事件有關。蜜蜂取食含有益達胺的向日葵蜜粉後，發生行為異常甚至無法歸巢等現象，最終導致蜂群的崩解。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，導致回巢時找不到正確的路。因此，法國在 1999 年禁止對向日葵種子施用益達胺，而益達胺對蜜蜂所造成的影響也逐漸受到重視。

對於生物體受到殺蟲劑影響的程度，通常會以半致死劑量或半致死濃度為毒性





雖然幼蟲對益達胺有較高的耐受性，但若直接餵食幼蟲益達胺 500 ppm 以上的劑量，也會影響封蓋率、化蛹率及羽化率。

指標。然而蜂群衰竭失調顯然是慢性症候群，因此不能忽視益達胺對於蜜蜂的亞致死劑量。當蜜蜂取食 $50 \mu\text{g} / \text{L}$ 的益達胺蔗糖溶液後，往返巢房與人工餵食器之間的時間就會延長。若濃度提高至 $600 \mu\text{g} / \text{L}$ 以上，有 34% 的蜜蜂沒有回巢，這消失現象隨著濃度的提升而更加顯著。由此可知，即使益達胺尚未達到可以直接殺死蜜蜂的程度，但對蜜蜂的採集行為已經造成了顯著的影響。

在自然環境中，花粉和花蜜所含益達胺的濃度在 10 ppb (ppb 是十億分之一) 左右。然而蜜蜂一天之內平均可取食 9.6 次，重複取食會造成含低濃度益達胺的花粉、花蜜儲存在蜂巢中，而超過了自然環境中的殘留量。

幼蟲對益達胺有較高的耐受性，且需直接餵食幼蟲益達胺 500 ppm 以上的劑量



藉由古典制約原理，利用糖水做為非制約刺激與氣味做為制約刺激進行關聯學習，測試蜜蜂是否產生口吻延伸反應（上），以評估其嗅覺學習能力（下）。

蜂群衰竭失調也許並非由單一因子所引發，而不同地區所發生的蜜蜂失蹤事件，原因可能也不全然相同。

才能影響封蓋率、化蛹率及羽化率。低劑量益達胺雖然不會造成幼蟲死亡，但是有可能影響幼蟲神經細胞的發育，進而導致神經系統受損。如果給予幼蟲 0.04 ng 以上的益達胺，羽化後的學習能力就明顯降低。當這些學習能力已受損的蜜蜂外出採集時，可能因無法記憶採蜜位置與歸巢路線而不能順利回巢。

直至今日，仍未找到有力的證據顯示造成蜜蜂大失蹤的始作俑者，只能排除一些可能的原因。另外，蜂群衰竭失調也許並非由單一因子所引發，而不同地區所發生的蜜蜂失蹤事件，原因可能也不全然相同。

蜜蜂的權益保障

近年來蜜蜂無聲無息失蹤的事件是一個很大的警訊，人類必須有所體認並有所行動，以確保開花植物與授粉者自古以來的和諧關係能延續下去。蜜蜂失蹤對人類生活所造成的衝擊，並不只是沒有蜂蜜或是沒有農作物可食用那麼單純，而是與整個地球生態系的失衡有關。

當人類追求更多的利益時，是否也該為這群默默努力工作的授粉工設想。蜜蜂從大自然的採蜜工轉型成替人類服務的授粉工，當所給予的環境條件不再適宜時，牠們也只好消失了。我們是否該更重視蜜蜂的權益，對於自然資源的利用換個角度，



蜜蜂一天之內平均可取食 9.6 次（圖片來源：種子發）

不再只是為了追求便利而恣意破壞自然環境。若希望未來的子孫能像我們一樣可以輕易地享用鮮美的蔬果、欣賞絢麗的花海，就要留給這群辛勤授粉工生存的空間。

近年來蜜蜂無聲無息失蹤的事件是一個很大的警訊，人類必須有所體認並有所行動，以確保開花植物與授粉者自古以來的和諧關係能延續下去。

陳佩如、楊恩誠

臺灣大學昆蟲學系

★ 深度閱讀資料

王重雄等著（民 98），蜂群衰竭失調症，臺灣昆蟲，29（3），119-138。