

氣候變遷對蜂業之影響及因應之道

作者：宋一鑫 (副研究員)
電話：037-222111#331

前言

氣候變遷問題近來已成為許多人所關注的一項熱議，因為氣候變遷對農業與工業之影響結果，常是不確定且是不可預測的。農業方面，政府近年來已積極投入相關資源開始進行研究，然而氣候變遷對養蜂業來說，從許多文件中資料搜尋結果都是極為欠缺的。筆者參考從 2009-2013 年幾篇國外網址及雜誌報導之相關議題，輔以近年來累積的數據，對未來國內蜂業生產所可能面臨之氣候變遷及因應對策，提出部份觀點與建議。

氣候變遷對植物及授粉者之影響

許多農作物是必需仰賴昆蟲授粉才能結果，氣候變遷所產生的問題是可能會造成植物與授粉者關係瓦解。然而，怎麼知道氣候變遷造成上述兩者關係改變呢？舉例來說，美國國家航空暨太空總署 (NASA) 製作了一個蜜蜂專題網站 HoneyBeeNet，網站內容是透過衛星氣候觀測資料，並結合植物開花物候 (flower phenology)、蜂箱重量尺度 (beehive weight scale) 及監測非洲化蜂 (Africanized Honey Bee, AHB) 之傳播以瞭解：一、植物及授粉者如何相互作用反映到氣候與土地使用之改變；二、透過衛星觀測協助人們瞭解現今生態系與氣候模式之改變；三、入侵種非洲化蜂往北美進駐之程度，以及氣候變化如何影響非洲化蜂之三大主軸目標。NASA 舉例了美國馬里蘭州數十年的植物物候監測結果，發現 2009 年的流蜜期高峰已較 1970 年代提早了約 1 個月，這個變化促使依賴植物花蜜為食的蜜蜂亦產生行為序改變，使得蜂群提早達到它的族群高峰。若植物與授粉者的關係受到暖化或極端天候的影響，使得蜜蜂群勢減弱，或者因為植物資源缺乏，不足以提供蜂群食物所需，便可能造成授粉者對植物授粉服務功能的弱化，因而影響農業糧食安全，危及生態系中植物與授粉者角色的存續。

更具體的對養蜂業來說，植物資源不足或者不可預測的天氣變化足以造成養蜂業的困境。一則當蜂群感受到族群高峰而具備分蜂條件時，突因外勤蜂因為外出採食機會減少，過度擁擠的蜂群並無法讓蜂群感受到分蜂訊息，將會壓抑蜂群自然分蜂的能力。二則是過度分蜂後，當外界食物資源不足以提供蜂群食物所需，將會造成蜂群大量死亡或者是降低蜂產品的生產力。如果再加上重要蜜蜂病蟲害的發生，或者因為養蜂者訊息不足，無法得知或預測蜂群與外界環境發生的改變來適時因應管理蜂群時，很容易於短時間內大量失去蜂群，造成蜂產品減產。極端氣候的影響，除讓蜂群遭受更多的洪水或是火災威脅外，蜂群亦無法及時因應非典型的高熱、雨水或寒流的影響而造成族群大量損失及基因多樣性減低，也讓養蜂管理者對蜂群蜂巢溫度管理、蜂后交尾成功與否、分蜂與逃蜂之預測更加棘手。

蜂群狀況之即時監測

有許多方法可以監測蜂群狀況，其目的主要在於協助養蜂管理者分析蜜蜂族群變化來判斷要如何管理每一箱蜂群。現代化養蜂更注重如何將每次觀測紀錄成為可追溯的並連結資料庫供養蜂者進行決策分析管理，參考 HoneyBeeNet 網站資料使用蜂箱重量尺度 (圖 1)，不失為一個簡單又有效的方法。舉例來說，典型蜜蜂族群重量是隨日夜間上下變動的，晚間蜜蜂族群重量會因育



圖 1、蜜蜂族群重量變化測定儀器

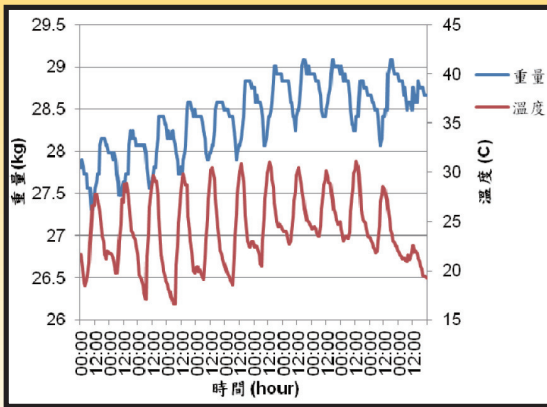


圖 2、於試驗樣區測得 12 日之溫度與蜜蜂族群重量變化

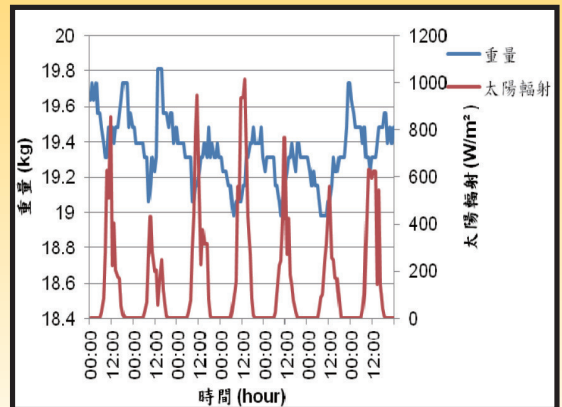


圖 4、於 B 試驗樣區與圖 2 同時段測得蜜蜂族群 b 之重量變化

幼及取食而消耗巢內糧食而逐漸減少，當白天出巢飛行進行訪花活動後，蜜蜂族群重量隨著工蜂採集糧食回巢而逐漸增加，其高峰落於午後，隨後族群又會開始逐漸消耗巢內糧食而減輕。觀察蜜蜂族群於短、中、長期族群重量變化之特性，可配合當地氣象資料觀察蜂群生長趨勢及預測外界環境變化。以圖 2 為例，蜜蜂族群於中期重量有逐漸增加之趨勢，該期間溫度適宜植物生長，判斷蜂群有開始進蜜，使得族群重量每日逐漸增加。另比較蜜蜂族群遇特殊天候時族群重量變化之特性，圖 3 例為單一蜂群於遇颱風時之日照情

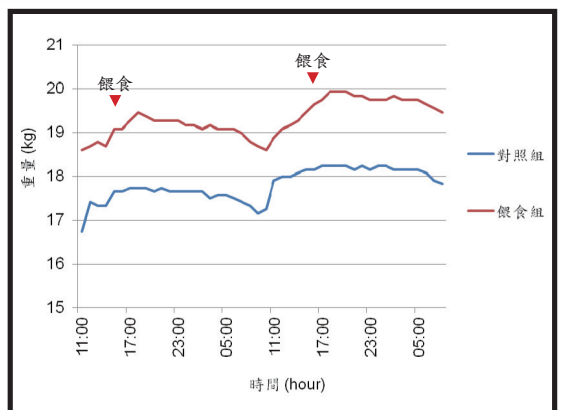


圖 5、蜜蜂族群單日餵食 500g 糖水與不餵食糖水之重量變化比較。

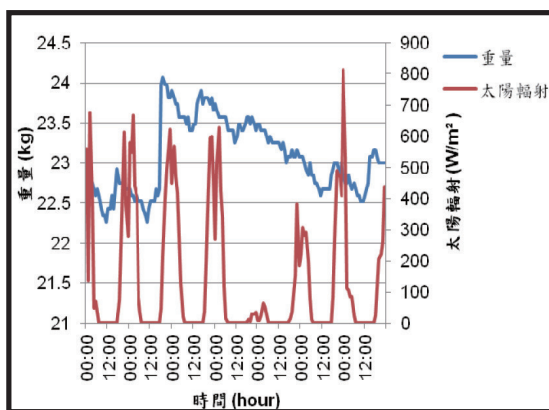


圖 3、於 A 試驗樣區 7 日內測得颱風期間 (第 5 日) 蜜蜂族群 a 之重量變化

形與族群重量變化，族群於第 3 日時重量有明顯增加，當第 5 日颱風期間族群重量明顯逐漸降低，颱風當日族群重量不增反降，而颱風後族群白天重量則迅速恢復上昇；相較之下，圖 4 則為同時段設於他處未受颱風影響之另一蜂群，颱風前及當日族群重量增加高峰情形明顯低於正常天候狀況，但影響程度不若上述單一蜂群嚴重。若

比較蜂群餵食糖水與族群重量變化之趨勢，圖 5 比較 2 蜂群中單日餵食 500g 糖水與不餵食糖水之 3 日重量，差異甚為明顯，當餵食起始日時，2 群之重量變化趨勢相近，但隔日起 2 者間差異增加，相較於對照組重量平緩減輕，餵食組重量則明顯上昇。

由以上數個例子可略知利用氣候測站資料與蜜蜂族群重量紀錄有助於分析蜜蜂族群常態性及短中長期重量變化趨勢，對於協助養蜂管理者判斷蜜蜂族群增減有明確數據可供比較。其應用性非常廣泛，例如判斷特定氣候季節之棲地與環境變化 (如植物流蜜、雨季)，依據蜜蜂族群增減判斷蜂群斷糧時則須人為調控增加飼料，而流蜜增加減少飼料或需採蜜等不同管理措施，商業化應用可幫助養蜂管理者精確控制飼料以節省餵飼的成本。蜜蜂族群數量長期變化趨勢監測亦可用在雇工管理、氣候變遷影響、蜜蜂農藥中毒以及蜂群衰竭症候群 (CCD) 的監測，以協助監控者回溯瞭解蜜蜂族群在一段時間內大量減少時之時間點，有助於追查原因並釐清責任歸屬。

蜜蜂病蟲害之預警與防治

蜜蜂養殖過程中病蟲害之發生常是難以避免的，不當的防治措施往往造成更多的損失。近幾年國內外靠著大量投入的研發能量，利用新的生物檢測技術與分子生物技術的輔助，有許多蜜蜂疾病的病原及微生物被重新定義及開發防治新藥。氣候變遷對蜜蜂病蟲害的影響常是不容易發現且間接的，有可能因為溫度逐漸變化造成環境改變而影響蜜蜂族群的抗病能力，或者因為濕度改變加速蜜蜂病害的傳播能力，因環境變遷扭轉主、次要病蟲害之發生演替，尤有甚者因人為或非人為遷移使境外病蟲害物種侵入與立足等危機出現。而蜂產品使用特性與國人觀念往往限制國內相關法令的制定，造成生產者與政策執行者只能利用現行法令的“盲點”使用病蟲害防治藥劑與管理，因此面對蜜蜂病蟲害的大發生及因應措施未來可能都會產生棘手的問題。

筆者擷取美國農業部 (USDA) 網站一份有關於 2013 年蜜蜂病蟲害調查項目計畫，這個計畫主要是瞭解美國境內現有或缺少的蜜蜂病蟲害概況，建立相關流行病學調查文件並協助 CCD 跨部門的調查資訊的整合。三項調查目標，主要目標：外來類病蟲害，如小蜂蟎 (*Tropilaelaps*) 屬、東洋蜂 (*Apis cerana*) 及 SBPV 病毒之監測；次要目標：調查美國境內全國性蜜蜂病蟲害、營養失衡、環境壓力及毒性，評估冬季寒害授粉與蜂產品損失、周年性長期蜜蜂健康狀況、CCD 徵狀相關病因與亞致死性殺蟲劑暴露 (sublethal pesticide exposures) 以及農業操作環境改變導致蜜蜂營養缺乏等健康評估資料庫；第三項目標：蜂箱內殺蟲藥劑毒性的分析，包含蜜蜂花粉與蜂糧暴露於農用藥劑毒、複項藥劑協力作用與低劑量對成蜂與幼蟲健康影響與疾病發生關聯評估等。從以上美國農業部所做的計畫得知，因為蜜蜂及其生態與環境具有高關聯性，對待環境或氣候所造成的變遷影響與養蜂業的關係我們應有更多積極作為，建議決策主管機關應盤整現今台灣蜜蜂病蟲害的資料庫，跨部門整合有限的資源並決策出有效的管理機制，例如現行法令的修訂、境外檢疫病蟲害的預警、加強境內病蟲害管理防治，以及制定長期性計畫調查病蟲害現況及其風險評估等資料庫等。

傳統育王方式面臨之挑戰

台灣地狹人稠，西部農業重鎮近年來亦面臨

高度都市化的衝擊，1970-1980 年代是台灣養蜂業的一個重要轉捩點，隨著養蜂技術的進步，雖面臨產業升級及人工短缺，台灣養蜂業不因戶數的減少而減少蜂蜜總生產量。縱然欠缺實際評估，從一年四季養蜂業仍需大量使用糖水餵食蜜蜂來看，推估島嶼內植物蜜源所能承載轉化成為蜜蜂的蜜源仍是短缺的，此為外因之一。內因之一是，蜂農長期以來習慣自行育種蜜蜂，但往往沒有實施計畫性育王，或以少數族群進行移蟲育王，容易造成任意選種或近親繁殖之狀態，故使其部分性狀產生退化，造成蜂群生產力的不穩定。利用嚴謹的蜜蜂育種技術，理論上是有辦法達到純系育王的目的，然追本溯源，西洋蜜蜂是引進馴化種，歷史引種紀錄頗多，惟缺乏追蹤記錄，系統混雜嚴重，造成純系品種應用在台灣的實用性上並不高。混種問題之影響常是不可忽視的，從歐洲起源的 BIBBA (譯：蜜蜂改進和蜜蜂育種者協會) 組織及其相關網站皆可獲得許多蜜蜂育種相關資訊，從基礎理論上可知成蜂的顏色、生產力、抗病性、清潔行為及性情等性狀表徵常是重要的選種依據，但若沒有採用一套有計畫的選種方法使用母繁殖群，有可能造成子代的性狀表徵不穩定。以犬隻育種為例，選用金毛和黑色犬混合交配，從遺傳學的角度來看，後代中將出現黃金、混色和黑色犬及某些情況下的行為變化個體；然而，對育種者而言，若沒有適當的評估方法來決定何者為優良子代 (事實上依賴目視外觀或單一特徵表現判斷選種良窳常是不準的)，則從混合選種方法中選出預期性高的雜種優勢後代機率僅有三分之一不到，這也是造成混種雜交弱化的主因。當不可預期性的選種模式所選出的蜂種遇到難以預測的極端天候影響，其結果常是造成族群面臨弱勢及不可預測瓦解的危機。

以本場計畫性選種的高產蜜蜂種群舉例，利用蜜蜂翅脈形質調查其肘脈指數 (Cubital Index, CI) 平均值 2.53，Discoidal shift (DS) 值大於零，CI vs. DS 中有 63.4% 的個體群近似於西洋蜜蜂義大利蜂 (*Apis mellifera ligustica*) 之亞種基因遺傳特性，較採自他場的蜜蜂比較，其種群 CI vs. DS 近似於各亞種比例僅達 56%-61%，而高產蜜蜂群較他場的蜂群平均蜂蜜產量高 3-5%，顯示計畫性的選種對維持蜂蜜穩定生產仍有一定

幫助。筆者建議蜂場管理者應導入科學養蜂的觀念，若無法從專業育王場導入蜂王，初級養蜂場管理者至少應具備自行培育蜂王的基本概念，母繁殖群之選擇應以多面向的優良性狀表現為選種依據，盡量避免採用過少數的蜂群為父母系以增加同品系間的基因多樣性，同時應兼顧蜂場生產管理及配合物候、天候進行計畫性育王期程。高級養蜂場管理建議每年應建立單箱蜂群基礎資料庫，例如蜂王生產年齡及產卵力、成蜂體表性徵、蜂群行為及性情、生產力(產蜜、產漿或產膠)、抗病性檢測、生產履歷及用藥管理紀錄等，蜂種良窳的評估選汰依據亦需多方考量，建議可利用隔離場交尾、人工授精技術、蜜蜂形質性狀鑑定、分子生物技術檢定、蜂群良種登記紀錄或以 RFID 標籤管理等輔助技術維持蜜蜂品種的穩定性。

蜂產品品質風險與管控

蜂產品如蜂蜜及蜂王漿為天然食品，與食品衛生安全息息相關，因此蜂產品多數受到政府相關的法令規範限制。台灣半數以上的蜂農生產蜂產品多以自產自銷為主，通常只有簡單加工儲運設備，而生產者往往習慣著重於養殖技術上的改進，而忽視對產品衛生安全的管控。為了防治蜜蜂病蟲害及提昇生產力，其結果往往是忽略的安全用藥的概念而讓蜂產品處於食品衛生安全的高風險。復因台灣密集度高的農業生產，以及都市化、工業化，蜂產品亦受到許多生產者不可抗力的農藥、重金屬污染的危機。當氣候變遷的影響導致蜜源不穩定時，一則導致生產期不可預測，影響安全採收期管理，蜂產品超出安全容許量風險增高。也因品質管控不良，容易影響消費者對業者產品的信譽。

以行政院農業委員會農糧署委託苗栗場辦理全國龍眼蜂蜜品質評鑑為例，參評者對象以來自全國自力生產蜂農為主，由於評鑑通過後直接受惠於產品價值，參評者對評鑑樣本理應加強品質提昇管控。從 97-102 年經由儀器分析檢測結果，各年未通過上市品質標準件數百分比仍有 1.1%、1.5%、3.2%、4.5%、4.1% 及 8.3%，上述資料雖然每年參評件數與蜂蜜品質高低基準不同，但也多少反應近幾年因為不預測的增減產造成製造端的品質管控出現問題。蜂產品的品質提昇，在生產端除需加強生產履歷紀錄外，應依現

行農委會植物保護手冊使用推薦用藥及嚴守安全採收期規範。在加工端，包含蜂產品之採收、濃縮、包裝、運送、貯存及使用容器、包裝等，其過程也受行政院衛生署食品衛生管理法規範，也建議生產者能自行透過儀器分析檢測以增加管控機制確保品質。此外，透過研發加強蜂產品的檢測、分離技術，以及如何降低製造成本與新產品開發這些都是產、官、學研發面尚可著墨的，過程中固然會增加生產成本，但現代化特色農產品，在銷售端仍可透過不同層面的行銷手法與販售機制以提昇產品附加價值(圖 6)。



圖 6、食品安全是國人關心的議題，透過驗證與品牌化的特色農產品在品質及安全能獲得更多消費者的青睞。

總結

當蜜蜂大量消失議題逐漸導入為蜜蜂病蟲害與殺蟲劑影響為其主因時，因應蜜蜂減少所帶來的生產策略改變及提昇糧食安全危機意識便顯得極為重要。而氣候變遷是可能會直接或間接影響養蜂產業的，我們理解到其影響面可能很多，但許多問題仍須整合尚待解決。因此，忽略了本文所闡述的影響及因應策略短期可能不會或對單一養蜂家造成任何損失，然從國內外所收集相關資料顯示，針對產業端實施科學養蜂應有助於控制成本而實踐精準養蜂的目的，而依循現行法令政策制度面則需逐漸提昇風險控管意識，並且透過驗證、行銷、品牌、研發等機制使產業昇級；如此，則面對許多不可預測的極端天候負面減產影響就可降低。蜜蜂另有協助作物授粉的重責大任，養蜂家如具有更多的使命感則可協助保護未來可能面臨的糧食安全危機。