



# 苗栗區農業專訊

ISSN:1561-2600

第91期



專題 蠶、蜂、愛玉子專輯

行政院農業委員會苗栗區農業改良場發行  
中華民國 109 年 10 月出刊



蜜蜂訪蕎麥花。

發行人 / 呂秀英  
 總編輯 / 劉建輝  
 審訂 / 吳姿嫻  
 編輯委員 / 施佳宏、黃勝泉、盧美君、張素貞  
 吳姿嫻、賴瑞聲、朱盛祺、劉建輝  
 執行編輯 / 吳魁偉

發行所 / 行政院農業委員會苗栗區農業改良場  
 地址 / 363201 苗栗縣公館鄉館南村261號

電話 / (037) 222111  
 網址 / <https://www.mdais.gov.tw>

本場單一窗口服務  
 電子郵件 / [mdais@mdais.gov.tw](mailto:mdais@mdais.gov.tw)  
 農業諮詢服務 / (037) 236583  
 傳真 / (037) 221277 . 220651  
 展售書局 / 國家書店 (02) 25180207  
 五南文化廣場 (04) 24378010  
 設計印刷 / 億典有限公司  
 電話 / (07) 3821710

GPN : 2008700208  
 ISSN : 1561-2600  
 行政院新聞局出版事業登記證局版臺省誌第1053號  
 中華民國郵苗栗字第27號執照登記為雜誌交寄  
 中華民國87年3月更名創刊  
 工本費：新臺幣25元



# 苗栗區農業專訊

第 91 期 · 中華民國 109 年 10 月出刊

## 目錄

1	愛玉子友善農耕介紹	林孟均
4	桑園友善耕作與生產	廖久薰
7	天然資材與生物防治技術於蠶桑產業之應用	張雅昀
10	智慧蜂箱發展現況簡介	陳本翰
13	蜜蜂的營養需求—碳水化合物及蛋白質	徐培修
16	授粉昆蟲對蕎麥生產之影響	黃子豪
19	蜜蜂社會性免疫機制預防疾病之發生	吳姿嫻
22	植物保護殺真菌劑對蜜蜂健康之影響	廖玲秀

# 愛玉子友善農耕介紹

作者：林孟均（副研究員）

電話：(037) 222111 # 701

## 何謂友善農耕

友善農耕 (environmentally-friendly farming) 廣義來說是指運用友善自然環境的一種耕作方式，以避免過度消耗與破壞，使得環境得以永續的一種農業意識。最早提出類似概念為 1924 年德國 Steiner 博士提出的生物動態農耕法 (dynamic-biological farming) 及 1935 年日本岡田茂吉提出的自然農法 (natural farming)，皆可窺見友善農耕的精神參與其中。

近年來食安觀念抬頭，為了鼓勵農民逐漸走向有機栽培，並舒緩耕作方式巨變對農民帶來的衝擊，發展出了一套介於有機農業及傳統慣行農法的耕作策略——「友善農耕」，常見的栽培方式中的水耕循環栽培、再生能源、輪作及短長期作物混作等操作模式，都被視為友善農耕措施之一。由於友善農耕尚無相關法令制度嚴格規範，仍處於百家爭鳴的階段，美國農部 (USDA) 提出友善環境農法，需滿足下列的條件，以符合農作者及消費者的期待：

1. 可以維持或改善作物的生產品質
2. 保持或促進栽培環境，包括土壤、水、生物群及景觀
3. 有效利用資源，對自然生態帶來最低的影響
4. 具有維持農場經營的經濟可行性
5. 可提升農民及社會的生活品質

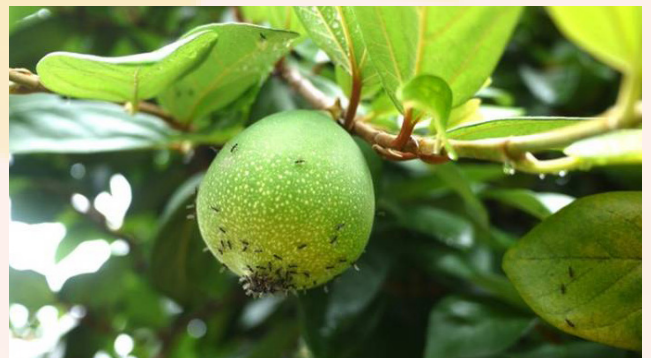


圖一、採用友善農耕的愛玉子園區生意盎然。

愛玉子由於與愛玉小蜂互利共生，栽培方式特別強調植物與昆蟲間的調和搭配，採取友善農法耕作（圖一）及有機栽培有其必要性，此篇報告整理了現今在臺灣比較可行的耕作措施，希望可以讓農民及消費者了解愛玉子友善農耕應如何實際運用在田區栽培中。

## 愛玉子作物特性

愛玉子 (*Ficus awkeotsang* Makino) 為臺灣原生種，屬桑 (Moraceae) 榕屬 (*Ficus*) 的常綠藤本植物，原生長於臺灣海拔 800 至 1,800 公尺中高海拔山區。野生愛玉子攀附於岩壁或木本植物上自然生長，需向林管處標購取得採收權，後來實施林相變更政策，縮減可標購之林班地數量，導致野生愛玉子數量銳減，逐漸發展出人工栽培技術。愛玉子為隱頭花序，花序藏在剛萌發的果實當中，需靠授粉昆蟲—愛玉小蜂 (*Wiebesia pumilar* (Hill) Wieb) 協助傳粉始得結實。人工栽培的愛玉子園區中，結實率往往受到愛玉小蜂（圖二）族群數量及授粉效率的影響，故栽培愛玉子應多採用不影響昆蟲的農耕方式，以維持園區中的生態平衡，並進一步促進產量穩定。



圖二、愛玉子需與愛玉小蜂互利共生。

## 愛玉子友善栽培

### 一、作物生長管理

愛玉子為長期作物，品種栽培週期長達 20

年以上，自 3 吋盆大的幼苗定植生長至結果，至少需 3 年以上的時間，在幼苗培育期，容易受到雜草遮蓋造成生長的影響，許多農民會選擇以全園覆蓋抑草蓆抑制雜草生長，來降低園區管理的人力成本，但愛玉園區長期覆蓋抑草蓆，會造成土壤硬化板結，含氧量低，土壤及肥份流失等問題，植食性生物也會因為無其他食源，轉而啃食愛玉子幼苗，因此長期經營愛玉子園，仍建議採用草生栽培方式，並可透過特定草相營造，建立如：蔓花生、蠅翼草及越橘葉蔓榕等優勢草種，以減少除草的頻率及人力成本。

此外，臺灣由於地狹人稠，作物栽培容易受到鄰田施用農藥的干擾或病蟲害的感染，因此實施友善栽培的愛玉子園區，建議與鄰近慣性農田至少保留 2 至 3 公尺的緩衝距離或設置隔離帶等，以降低鄰田農業操作對於小蜂帶來的影響。

## 二、病蟲害管理

愛玉子常見的蟲害包括膠蟲、介殼蟲類、木蝨類、粉蝨類、蚜蟲類、天牛幼蟲及毒蛾幼蟲等，其中天牛幼蟲會鑽入愛玉子成株的主幹中，啃食木質部，阻斷水份輸送，造成全株愛玉子枯死，可定期巡視觀察樹幹是否有蟲孔或掉落木屑來判斷是否遭到幼蟲入侵，或可利用苦楝精沾濕棉花塞住蟲孔，以除去天牛幼蟲。其他多數蟲害雖不會造成愛玉子植株的立即性危害，但密度過高仍會造成樹勢衰弱，此外害蟲產生的蜜露，會造成真菌孳生，遮蓋葉片影響愛玉子光合作用效率，建議早期發現即運用修剪、黃色黏板、高壓水柱清洗及有機資材油類噴灑，來降低蟲類密度，避免造成大規模的傳染。

愛玉子常見的病害包括煤病、藻斑病、灰黴病、炭疽病及褐根病等，煤病屬於真菌性病害，病原菌以膠蟲、木蝨、粉蝨、蚜蟲及介殼蟲（圖三）等害蟲分泌物為生，防治上述蟲害，可降低煤病嚴重性。藻斑病及灰黴病則好發於枝條密生的植株及高溫多雨的氣候，可利用修剪離地 30 至 100 公分高之枝條，保持基部通風，降低發生機率。炭疽病則多發生於果實，



圖三、愛玉子受到介殼蟲危害。

需適當移除病果，集中銷毀，避免擴散感染。

近年來，愛玉子病害中以褐根病（圖四）危害較大，褐根病為真菌性病害，子實體躲藏於土壤當中，當遇到高溫多雨的環境，會釋放孢子從根部入侵愛玉子，初期會造成局部葉片、果實及枝條枯萎，末期則會導致愛玉子全



圖四、掃描 QR code 取得褐根病診斷鑑定與管理手冊。

株乾枯死亡，受感染的愛玉子樹皮內面及木材組織會有不規則黃褐色網紋為主要判斷病徵。由於褐根病會隨著水份傳染鄰近植株，需將感染病菌樹木的莖基部及根部完全挖除並銷毀，在健康樹與病樹間掘深溝約 1 公尺，來確保健康株的根部未感染病原菌，此外還需進行病原的撲滅，詳細可參考農委會出版之「樹木褐根病診斷鑑定與管理手冊」處理原則。

綜合上述，愛玉子的病蟲害管理，首重園區管理，適度的整枝、剪除並銷毀病枝，可避免大規模的病蟲害感染。定期進行預防性防治作業，可避免大規模患病後的治療，徒增勞力及成本損失。由於愛玉子作物特性，建議優先考量採用「天敵防治」、「栽培管理及天然防治資材利用」或「免登記植物保護資材」等方式，必要時再行化學藥劑防治，且需考慮藥劑對授粉媒介 - 愛玉小蜂之毒性，使用低毒性藥劑為宜。若使用藥劑防治，請勿同時混用多種藥劑，避免藥害及農藥殘留發生。

### 三、土壤水份管理

愛玉子的土壤水分管理，首重適地適種，適合種植愛玉子的土壤 pH 值範圍以 6.2 至 7.5，質地以排水良好的砂質壤土為宜。在定植後，為追求合理化施肥，避免肥料施用過量造成環境負擔，建議施肥作業前 1 至 2 個月採樣土壤送至各轄區改良場分析，可根據改良場土肥專家建議，合理產量及土壤性質決定肥料種類及總施肥量（圖五）。

概括來說，愛玉子施肥量之氮磷鉀三要素比例約為 4:2:6，若以有機肥料估算，每年每公頃施用量為 2,000 至 4,000 公斤，但此數值應依照當地平均產量、栽植密度、土壤有機質含量及有效養分含量等調整。



圖五、適量合理施肥可提高愛玉子產量。

在水份管理方面，愛玉子在幼苗期及萌果期對水分的需求量大，但視土壤特性每天提供幼苗 1 至 3 公升灌溉水，萌果期則需每天提供 5 至 10 公升灌溉水等合理水量，即可確保維持植株正常生理機能。在灌溉設施方面，為了有效利用水資源，建議採用滴灌或局部澆灌的方式，針對愛玉子植株基部施用水分即可。

### 四、採收及採後處理

採收上牽涉到每批愛玉子的成熟度及保存期限，建議採收後需進行批次分開處理並運用機械削皮的方式，來降低瘦果皮的厚度，加速烘乾效率，建議帶瘦果皮之瘦果水分應降至鮮果總重 30% 以下為宜。儲藏時需清楚標示批次採收的品種、時間、烘乾條件、有效期限、批號等資訊，避免批次混淆造成新舊種子混用，影響瘦果及愛玉凍品質。在進行削皮處理時，需確實注意操作人員的衛生及安全防護，定期

清潔削皮機、烘乾機或乾燥場所，並注意包裝集貨場的衛生管理，包裝資材也應符合相關食品安全衛生法規。

### 結語

栽培愛玉子前需考量適地適種，可減少成本的負擔及對環境的衝擊。在栽培管理上推薦以草生栽培為主，除可避免土壤肥料的流失，保持土壤活性，也為植食性生物保留一些食物，達到生態平衡的效果。在病蟲害管理部份，需注重園區巡視及修剪管理，保持園區通風與整潔。病蟲害防治上，減少採用對害蟲趕盡殺絕的大量化學藥劑，可運用綜合性病害防治技術 (IPM)，降低害蟲族群密度，達到生態平衡的效果。在肥水管理方面，可運用科學檢測的輔助，適度的為土壤注入合理的肥量及水分。採收處理方面，加強批次及衛生管理，給消費者帶來最有保障的農產品。綜合上述，彙整愛玉子友善栽培的懶人包如下表一，提供給農民參考。希冀每位愛玉子農都能從農作生涯中不斷學習進步，並找到適合自己的友善農耕之法。

表一、愛玉子友善栽培懶人包

項目	傳統慣行栽培	友善栽培
雜草管理	全區抑草蓆管理	草生栽培 草相營造
鄰田管理	與鄰田僅相鄰一條農路	緩衝 2 至 3 公尺 種植隔離帶
病蟲害管理	多屬治療型管理 施用多效型藥劑 施用化學藥劑	預防勝於治療 優先施用有機資材 考量資材對於愛玉 小蜂之影響
水份管理	淹灌、大面積噴灌	滴灌、局部澆灌
肥份管理	依照農友自身習慣 定期購買相似肥料 施用	定期土壤檢測，檢 視肥料適用需求
採收及採後處理	與其他作物混用採 後處理空間	設有專用採後處理 空間 定期進行衛生管理



# 桑園友善耕作與生產

作者：廖久薰（助理研究員） 電話：(037) 222111 # 702

## 前言

臺灣的桑樹種原百年來由苗栗區農業改良場進行品種收集及保存共 238 品種（系），依利用部位分為葉桑 178 種及果桑 60 種。國內的葉桑栽種面積由早期 2,000 餘公頃大幅降至目前僅約 10 公頃，主要仍作為家蠶的食物，收穫蠶絲獲取利益。本場研究桑蠶產業近年逐步開發多元產品與利用，包括飲食類的桑葉茶、桑香鬆與動物飼料、醫美類的蠶絲保養化妝品，以及醫療類的創傷皮膚敷料等，皆與消費者生活及保健有關。

桑園多採行傳統的化學農法，以促進農作收成、除草及防治病蟲害之效。長期施用化學肥料容易造成土壤酸化與硬化，有效肥分分布不均勻，根系吸收不良及生長受阻；另農藥容易造成病蟲害產生抗藥性，且桑葉殘留的藥物易毒害家蠶造成死亡。基於人類對地球環境的關注及食安議題的重視，農政機關積極推廣友善及無毒栽培，生產安全的農作物，提供消費者飲食生活安全與健康。近來本場負責的桑園亦投入減藥或零藥物管理，改採用其它有機資材及管理模式，朝向無毒友善耕作，善待園區周遭的生態系及永續生產，以求家蠶飼養健康及消費者使用安全與安心。

## 桑園與蠶室的友善管理現況

臺灣極適合栽種桑樹，在一般管理下桑樹至少生長 15 至 20 年。本場近 5 年來，改變對桑園與蠶室管理方式，減少或不用化學藥劑，選擇對桑、蠶、管理人員及環境無害的友善管理模式，本文就本場現行的桑蠶友善耕作及管理，包括：桑園之草類與水分管理、肥培管理、蟲害防治及蠶室消毒等面向說明：

### 一、桑園草類與水分管理

桑樹生長快速，農民為了全年收穫嫩葉以餵養家蠶，一年進行修剪四至六次，使其萌發新芽。桑園的雜草種類不多，常見為大花咸豐草及牽牛花等，以臺灣的氣候，桑枝條修剪後一個月可以成長至少 30 公分，冠幅可覆蓋整片田區，恰使地面的雜草因接受日光不足而生長不良，不會對桑樹造成威脅。為了雜草管理及工作便利，建議農民於桑園修剪及施肥後，新稍尚未開枝散葉前進行雜草防治。一般的雜草管理，農民可背掛牛筋繩割草機定期除草即可。針對如牽牛花等蔓藤植物，則要經常巡園，並連根拔除，否則一旦雜草走蔓攀附在桑樹上，便快速延伸在樹叢間，不僅影響農民田間工作，嚴重時會遮蔽樹冠接受日光照射而生長停滯。

桑園草生栽培是另一種友善環境的雜草管理模式。果園草生栽培，就是在果園行株間讓特定草類生長，或種植非原生草類或綠肥作物等，並加以管理，其目的在於不施用殺草劑及減少除草頻度。桑園草生栽培的特點有：第一、草毯有助於涵養水分，草毯覆蓋能減少田區地面水分蒸發；在大量降雨時，利用草毯本身蓄水與蒸散作用調解水分，維持較佳的保水性，對桑樹的水分管理有助益。第二、種植較強勢的非原生草類或綠肥作物，可競爭其它雜草生長空間。第三、草毯落葉可增加土壤肥力，促進桑樹根系發展及養分吸收。第四、農民選擇特定草毯種類並大面積種植，管理得當讓桑園兼具整潔與美觀之效。

### 二、桑園肥培管理

桑樹適應性廣，從海邊到山坡貧瘠地皆可生長，對肥分依賴性低。為提高優質桑葉品質及年產量，作為家蠶的食物或是桑產品的原料，

適當肥培管理是必要的。新植桑園，建議每公頃施入腐熟堆肥 15,000 公斤當作基肥，促進新種桑苗發根與生長；成園後的桑樹，建議在每次修剪後全面撒施肥料，促進新芽萌發，每公頃施入堆肥或有機肥 20,000 公斤，以步行式小型耕耘機或中耕機耕耘，使肥料與土壤混合，同時翻土改善底土通透性，兼具驅趕地棲性害蟲之效。為維持地力與調節土壤 pH 值，建議每公頃酌施石灰 1,000 公斤。

### 三、桑園蟲害防治

桑天牛、桑姬象鼻蟲（圖一）及桑木蝨等是常見的桑園蟲害。1. 桑天牛成蟲啃食枝條樹皮及維管束，使枝條水分運輸及營養受阻，造成桑枝與桑葉枯萎折枝，對桑葉產量影響甚巨。雖然桑天牛一年只有一個世代，但雌蟲會啃食桑皮形成 U 型破口，將卵產在其中，幼蟲於次年孵化危害。2. 桑姬象鼻蟲好發於早春的清晨，喜好啃食新稍及嫩芽，使之枯死，對桑葉產量造成影響。桑姬象鼻蟲一年世代尚不明，常因天熱而蟄伏於葉背，進而交尾產卵，防治上有其困難。3. 桑木蝨飛行能力較差，常以跳躍移動，棲息於嫩葉或葉柄，刺吸葉肉組織使葉片及葉柄枯萎，木蝨排泄物為白粉狀帶有蜜露，容易誘發煤煙病，降低桑葉品質，造成桑農經濟損失。

桑樹害蟲的物理性防治



圖一、桑園害蟲（上）桑天牛，（下）桑姬象鼻蟲。

方法，建議農民勤於巡園，一旦發現樹幹基部有 U 型破口，找出蟲卵並除之。在夏秋季清晨或黃昏，巡園並捕抓桑天牛成蟲，減少田區害蟲數量。施行無毒蟲害防治，建議改採用友善資材，例如：施用稀釋 300 倍之 99% 礦物油乳劑，每公頃施用 2.7 至 5.3 公升，但要留意於傍晚施用，且避免施用過量導致藥害。為進行友善施作，除了使用推薦的友善資材外，農民應管理雜草高度，增加桑園日光透射及通風，減少中間寄主孳生。養蠶期間非常忌用藥劑，否則會直接危害家蠶健康，造成死亡；為減低害蟲發生，釋放捕食性瓢蟲、螳螂或蜘蛛，可減少害蟲大發生、抑制害蟲的族群，達到生態平衡。另外，在桑園內架設噴灌設備（圖二），除了田間灌溉補水外，藉由定時分區噴灑，有驅趕、減少害蟲棲息及交尾的機會，可大幅降低田間害蟲族群密度及危害之效。



圖二、桑園噴灌兼具灌溉與驅蟲之效。

### 四、蠶室消毒

本文雖以桑園友善耕作為探討主題，然而桑園相關產品與家蠶的健康息息相關，因此，本小節將一併探討蠶室飼養與健康的友善管理。家蠶是高度馴化昆蟲，可以量產規模密集飼養，但相伴出現病害傳播的風險。長期以來，農民採用 2% 甲醛噴灑蠶室周遭以防治家蠶病原菌，然而甲醛早已被列為一級致癌物，對生物及環境造成莫大傷害。為執行友善蠶室管理以維護管理人員與家蠶健康，建議蠶室輪替使用稀釋 200 至 500 倍的畜舍飼養建議用藥，以及食品級二氧化氯消毒液等友善資材，管理人員

亦應遵守進出蠶室的清潔準則，才能有效防止家蠶病害，提升家蠶健康與生產。

## 桑園生產及產品

栽種桑樹提供桑葉飼養家蠶，生產優質蠶絲及絲製品則能創造財富。除繅絲紡織外，現今蠶絲的研究利用已經擴大到飲食、醫美保養品、傷口敷料與手術縫線等，甚至作為臟器修復的醫材。諸多的後端產品皆溯源於桑葉品質，提供家蠶取食後轉換成為體內絹絲腺的原料，才能吐出優質的蠶絲。

桑樹自桑根至地上的枝條、葉及果實，甚至桑花都吸引蜜蜂採集花粉，無一不可利用製成產品。桑葉富含多種酚類、類黃酮、生物鹼、胺基酸及多醣類等機能成分，現代醫學證實桑樹與人類之三高、心血管疾病症候群、發炎、老化、肥胖及腦神經傳導異常等延緩具有正面效果，市面上已有多種桑樹相關產品，消費者購買以保健訴求的桑機能性產品，莫過於重視產品原料的天然與安全。本場於 108 年提

出「GABA 桑葉茶」及「桑香鬆」兩項生產技術（圖三），與民眾保健及飲食有關。因此，友善栽培模式下生產的桑葉，也才能在眾多機能性產品市場上獲得消費者的青睞。

## 結語

全球環境保護與永續農業發展進程中，友善與無毒農業是每位生產者該有的態度與作為。本場除了肩負保育及輔導桑樹的種原與生產，積極擴大國內桑園生產面積及研發相關產品外，輔導農民朝向無毒的有機管理模式，更是刻不容緩的工作。面對全球氣候變遷，慣行化學農業所排放的污染與弊害，使農作種植與生產的環境出現困境；為維持品種多樣性以適應多變的環境，本場積極投入耐候品種選育與研發工作，種植耐高溫、耐旱或抗病蟲害的桑樹，可以減少田區管理多餘的勞力與資材投入，減低對環境的負擔與傷害，更為傳統桑蠶產業開創綿延不絕的新未來。

圖三、本場與茶業改良場共同合作「機能性桑葉茶飲品開發」產製技術。



# 天然資材與生物防治技術於蠶桑產業之應用

作者：張雅昀（助理研究員） 電話：(037) 222111 # 703

## 前言

家蠶屬於農業有益昆蟲，具有可人工大量飼養之優點，讓家蠶及其延伸產物可以橫跨傳統紡織產業到生物醫學產業，形成獨樹一格的蠶產業鏈。養殖家蠶的過程中，家蠶可能受到病原微生物的感染而罹病或被有害生物取食而受傷，導致蠶繭的產量與品質降低。因此，為減少病蠶的發生，除了使用化學蠶藥如含氯消毒粉和廣用性抗生素以外，亦可利用如羅勒、茴香和左手香等具抑菌成分之植物的萃取物進行防治。

家蠶受桑葉特有之氣味吸引，將桑樹作為單一食草，故桑樹的營養成分對於家蠶的健康及免疫功能影響甚鉅。例如冬季桑樹生長遲滯，養分吸收蓄積於植株，故隔年春天枝芽所飼養之家蠶會比當年秋蠶更為強壯。在桑園管理中，若使用化學農藥進行病蟲害管理，採摘殘留農藥的桑葉餵食家蠶，可能會造成蠶兒農藥中毒。中毒蠶兒會表現出躁動、痙攣、上吐下瀉等徵狀，嚴重者抽蓄死亡。為減少殘效期長的化學農藥殘留於桑樹上，應加強栽培管理以減少病蟲害發生，並利用瓢蟲、草蛉和寄生蜂等天敵昆蟲防治桑園蟲害，配合拮抗微生物與食菌性昆蟲於桑園病害管理，以有效防止家蠶因農藥中毒而造成損失。

## 植物萃取物降低病蠶發生率

家蠶的飼養過程中，若是蠶卵帶毒、衛生環境殘留病原或是養蠶工作中帶入病原，皆可能造成蠶生病。蠶病是造成蠶絲及蠶繭產量下降的原因之一，蠶病依照病原微生物的不同分成四個類別：分別是因細菌造成消化道問題的軟化病、病毒造成體色乳白易破皮流膿的膿病

（圖一）、微孢子蟲在腸道增生導致營養障礙的微粒子病以及真菌侵入體表後產生的硬化病（圖二）等，為微生物感染之傳染性病害；非傳染性病害則包括蠅蛆、螞蟻或其他昆蟲和大型動物螫傷及啃咬造成之創傷，以及誤食毒蛾類幼蟲的毒毛所引起的生理毒害。在蠶業養殖歷史紀錄中，印度曾因細菌性軟化病而減產高達七成、微粒子病重創義大利及法國蠶絲產業，平均每年因病害發生而導致蠶絲及蠶繭產量減產一成至兩成。



圖一、健康蠶（上）與膿病蠶（下）。（照片由本場蠶蜂課廖久薰助理研究員提供）



圖二、白僵菌感染蠶造成硬化病。（照片由本場蠶蜂課廖久薰助理研究員提供）

植物萃取物具有可以抑制病原微生物生長的成分，並且能夠補足桑葉缺乏的營養以增加蠶的免疫力，因此可以作為抑制蠶病發生的生物防治資材。例如側柏枝條、錫蘭肉桂葉和薑葉等磨碎後以有機溶劑萃取所取得之植物萃取液，滴加於培養細菌的培養基上，培養後會出現明顯的抑菌圈，且抑菌圈大小與抗生素效果接近，表示抑制蠶病原細菌的生長速率及增殖數量；羅勒葉及茴香種子萃取液可以抑制白殭菌菌絲生長長度及分生孢子發芽率，使得白殭病蠶的死亡率從兩成降至一成；左手香葉片萃取液餵食蠶則可以將核多角體病毒病蠶的死亡率從六成降至兩成；倘若以植物萃取液針對蠶進行餵食測試，直接噴灑於桑葉上，蠶幼蟲獲得的植物來源營養提升而體重可以增加約 7%，同時因抑制病原微生物的孳生，可以降低染病幼蟲的死亡率或減少被病原感染的機會。

從植物中萃取出之抑菌物質，通常為萜類、酚類、酮類、醇類、醚類等化合物，例如羅勒的抑菌物質為醇類之芳香醇、茴香具有醚類結構化合物及左手香含有對病毒具有抑制作用的酚類物質。抑菌物質分子的疏水性結構可以與病原微生物的細胞膜上脂質結構結合，如醇類可以破壞細菌和病毒的細胞膜並溶解脂質；酚類之羥基與病原微生物的酵素活性中心可以形成氫鍵鍵結而使得蛋白質變性，進而讓酵素活性減弱甚至失活；或是干擾質子傳遞作用、影響核苷酸磷酸化作用而抑制病原微生物的呼吸作用，使其生長遲緩、失去活動力甚至死亡。

噴施與餵食植物萃取物，用於蠶箔消毒，可以減少病原微生物的殘留，消除蠶受到感染的機會，作為預防材料；家蠶受到病原感染後，無法根治消除病原，能藉由植物萃取物抑制病程的進展，降低病蠶死亡率，使蠶完成生活史，維持蠶絲和蠶繭的產量。因此在蠶業上，植物萃取物是應用於預防和抑制病蠶發生具潛力之天然資材。

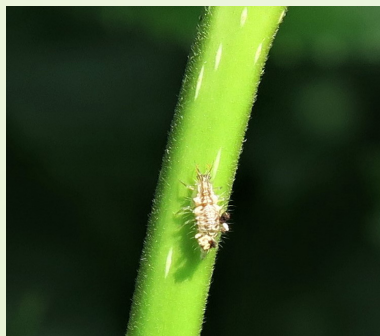
### 天敵昆蟲及拮抗微生物應用於桑園管理

大約有兩百多種昆蟲會以桑樹為食，主要的蟲害有桑木蝨、桑螟、天牛類、椿象類及粉介殼蟲等，平均每年減少桑樹三成的桑葉產量。其中以桑木蝨、桑螟和桑天牛為主要寄生於桑樹的重要害蟲，其他毒蛾類、椿象類、介殼蟲類等昆蟲食性廣泛，在田間中族群量大且多樣性高，容易受鄰田作物及雜草等昆蟲相干擾而使田間族群有差異性消長。因此，廣用性的天敵昆蟲在田間自行生存繁衍，達到與主要害蟲族群生態上維持平衡，即可壓制害蟲密度低於經濟危害容許水準，維持不影響桑葉經濟生產的產量。

天敵昆蟲在田間的應用，可分類為捕食性天敵與寄生性天敵。捕食性天敵例如瓢蟲科的瓢蟲可獵捕介殼蟲、蚜蟲和薊馬等小型昆蟲為食，在田間中很容易觀察到六星瓢蟲（圖三）、六條瓢蟲和隱勢瓢蟲的成蟲及若蟲；草蛉會吸食桑木蝨的體液，尤其幼蟲期（圖四）捕食量高，草齡三齡幼蟲平均每日捕食量高達 62.8 隻



圖三、六星瓢蟲。



圖四、草蛉的幼蟲。



圖五、卵寄生蜂產卵於椿象的卵。

桑木蝨，除了桑木蝨亦可捕食蚜蟲和葉蟎類，於田間可觀察到的機會高。寄生性天敵例如釋放赤眼蜂屬寄生蜂，其雌蜂（圖五）產卵於螟蛾類及椿象類的卵，寄生蜂幼蟲於卵內取食，可以減少桑螟和椿象類害蟲的族群數量。

《台灣植物病害名彙》一書中整理自然發生於臺灣的植物病害紀錄，在桑屬植物中，有43種真菌、1種細菌和8屬線蟲的發生紀錄。葉用桑樹上常見的植物病害包括：感染根部的真菌性萎凋病和根瘤線蟲、感染莖部的膏藥病與炭疽病以及在葉部產生病斑的赤銹病、褐斑病及白粉病等，除了造成桑葉產量下降，具有病斑的桑葉，其品質與營養含量也會降低。拮抗微生物藉由分泌抗生物質抑制病原生長、或超寄生於病原上，以破壞植物病原微生物的細胞以避免其危害。

針對桑樹病害的生物防治實例包括：木黴菌屬真菌對造成桑樹根部萎凋的鐮孢菌及造成莖部斑點的病原真菌皆有抑制生長作用，研究顯示施用後桑樹存活率提升，另外直接澆灌或噴灑可以改善田間菌相；厚壁輪枝孢菌能夠寄

生危害桑樹根部的花生根瘤線蟲，侵入線蟲細胞吸取養分；素菌瓢蟲屬瓢蟲以桑葉上的白粉病菌為食，在春秋季節白粉病好發時，常可於田間觀察到。

為減少桑園管理中使用化學農藥防治，生物防治技術需配合適當的害蟲族群監測，施放適量的天敵昆蟲，才能有效的應用，使天敵昆蟲與寄生昆蟲的族群量達到平衡。而拮抗微生物的施用需配合適合的田間溫度與濕度環境，並且於病害發生初期即進行防治，才能事半功倍。

## 結語

家蠶的生長對化學藥劑十分敏感，因此養蠶過程中與桑園管理時應減少化學藥劑的使用，可以利用天然資材與生物防治技術抑制病蟲害的發生，維持蠶、桑產量及品質。植物萃取物在經濟飼養家蠶的產業上有仍具有發展空間，再加上天敵昆蟲和拮抗微生物具有應用於桑樹病蟲害防治之潛力，綜合應用即能夠達成友善環境的病蟲害整合管理。



# 智慧蜂箱發展現況簡介

作者：陳本翰（助理研究員） 電話：(037) 222111 # 704

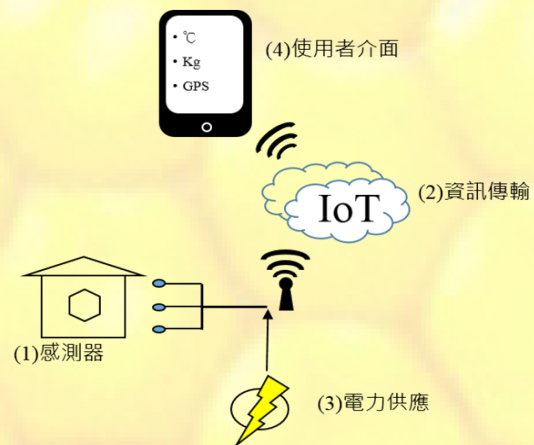
## 前言

蜜蜂是重要的授粉昆蟲，全球主要農作物約有 75% 仰賴蜂類 (Apoidea) 授粉。根據歐盟的統計，蜂類授粉每年約貢獻 220 億歐元；在美國，蜜蜂授粉每年貢獻超過 150 億美元。在臺灣，蜂產業主要飼養西方蜜蜂 (Apis mellifera)，每年蜂產品產值約有 30 億元。自 2006 年美國發生蜂群崩解症候群 (Colony Collapse Disorder, CCD)，全世界對蜂群消失的現象，產生糧食安全的疑慮，使得蜜蜂健康受到全球關注。研究指出，CCD 肇因於疫病、農藥、寄生蟎、營養、氣候變遷等多種因素，並非單一因子造成。因此監測蜂群面對逆境時的反應，進而發展增加調適的管理方法成為養蜂人與科學界的目標。

近年來科技發展，IoT (Internet of things) 廣泛應用在農業領域，進行田區環境監測與栽培管理，管理者不僅得以遠端監控減少勞力成本，並能透過環境參數分析提高作物產量及儲架品質。在美洲及歐洲，養蜂業以提供授粉為主，因地幅遼闊交通耗時，因此開發出應用 IoT 技術之智慧蜂箱，以利遠距監測蜂群活動，並透過監測蜂箱微環境，作為管理、疫病防治的基礎。臺灣近年來推動智慧農業，朝向「智慧生產」與「數位服務」發展，以跨領域結合之資通訊技術 (Information and Communication Technology, ICT)、大數據 (Big Data) 分析、區塊鏈 (Block Chain) 等技術，減輕勞動力需求並掌握消費者市場。然而，臺灣蜂產業仍仰賴勞力操作，需要導入新技術以提升產業以促進發展，本文將簡介智慧蜂箱發展現況，提供未來產業發展之參考。

## 智慧蜂箱基本架構

智慧蜂箱基本架構可區分為 (1) 感測器 (2) 資訊傳輸系統 (3) 電力供應 (4) 使用者介面等區塊 (圖一)。感測器裝置於蜂箱，其設計以不影響蜂群活動為首要，包含量測溫度、濕度、全球座標 (Global positioning site, GPS)、重量、音量、音頻等參數或其他客製化元件。資訊感測則由閘道器連結感測器，將感測參數上傳至雲端。無線傳輸具有不受地形限制的優點，適合在田間使用，依有效距離約為 10 至 100 公尺可分為 ZigBee、WiFi、藍芽等不同方式，具有低功率、穩定、資訊傳輸量大等優點；另一類低功耗廣域網路 (Low Power Wide Area Network, LPWAN) 通信技術，可分為免授權頻譜的 LoRa、SigFox 等；以及使用授權頻譜的 2/3/4G 蜂巢式通訊技術。其中 LoRa 可連接多台閘道器 (gateways) 與後端網路伺服器，涵蓋

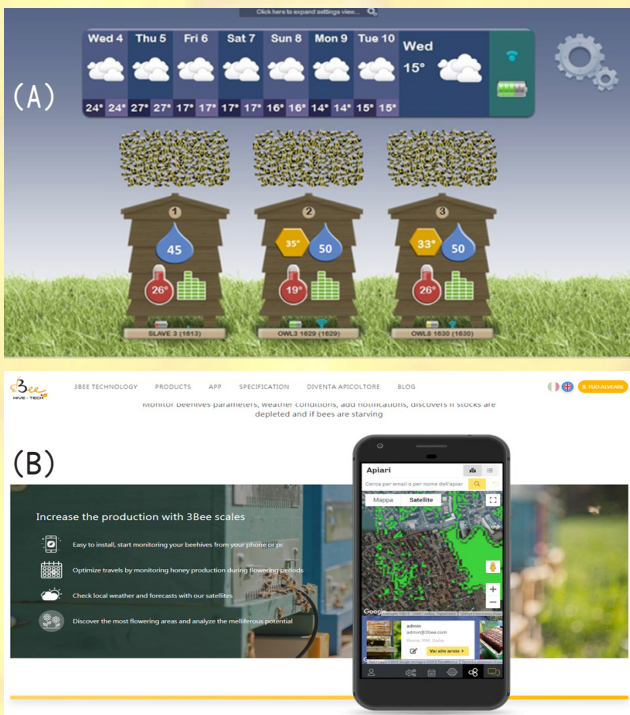


圖一、智慧蜂箱基本架構，可區分為感測器、資訊傳輸系統、電力供應與使用者介面等四大區塊。

範圍達 2 公里以上，並且使用 1GHz 以下的頻段，較不會受到其他無線通訊的干擾，已應用在智慧電表、倉儲冷鏈等領域。

受惠於科技進步，感測器與傳輸系統電力需求大幅降低，一般鹼性電池即能維持系統運作，如使用鋰電池、鉛蓄電池可維持系統運作達1個月以上。近年來有小型太陽能板結合蓄電池之設計，儘管有設備昂貴的缺點，但可長時間維持電力供應，達到在田間全年運作之目標。

目前國外智慧蜂箱商品化產品如 Arnia、3Bee 等，均提供視覺化介面呈現蜂箱溫度、濕度、二氧化碳濃度、氣象資料等資訊(圖二A)，或有提供線上工作日誌、蜜粉植物分布資訊等功能(圖二B)，使用者在行動裝置使用APP，即能隨時掌握蜂群狀態。

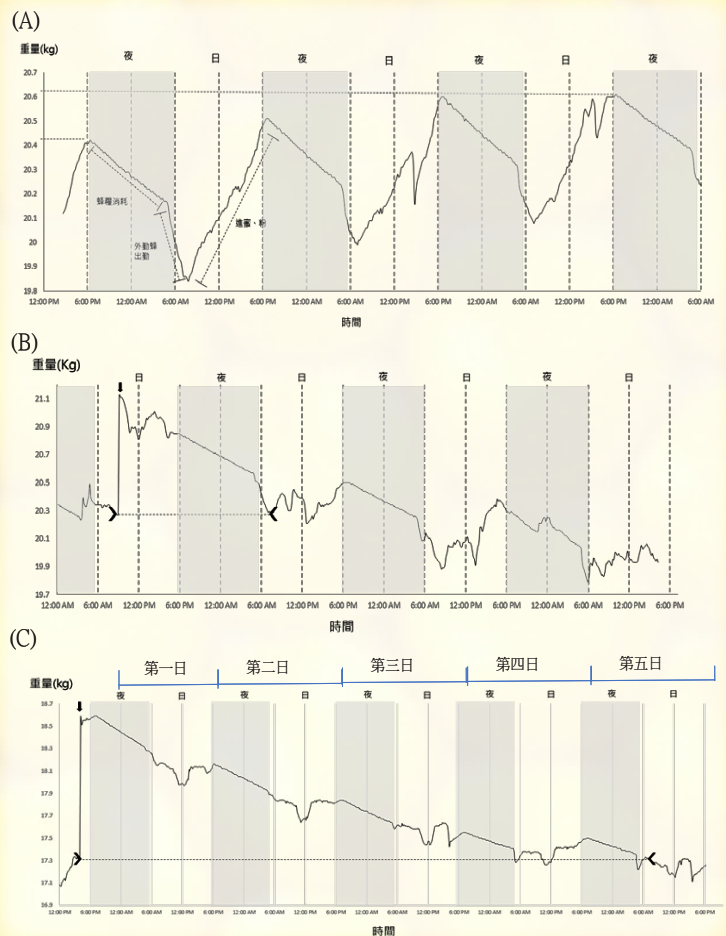


圖二、國外商品化智慧蜂箱使用者介面。(A) 視覺化設計同時顯示多組蜂箱內環境與當地氣候資訊。(資料來源：<https://www.arnia.co.uk/>) (B) 提供使用者建立工作日誌、蜜粉源植物分布等功能。(資料來源：<https://www.3bee.it/en/>)

### 蜂箱參數簡介

本場利用蜂箱監測設備觀察西方蜜蜂，每10分鐘記錄溫度、重量等參數，並利用4G頻譜上傳雲端資料庫。圖三A為7脾之蜂群於109年5月份紀錄4天之重量變化。蜂箱每日下午6:30達最大重量20.5kg，至翌日清晨4:30

之間緩慢減少約300g，可能為夜間蜂糧消耗；早上4:30至7:00又減少約300g，依中央氣象局觀測紀錄，本場所在地苗栗公館日出時間為清晨5:18，故推測為外勤蜂開始離巢所致。以每隻蜜蜂約0.1g估算，約有3,000隻外勤蜂於此段時間離巢，當外勤蜂攜回花蜜、花粉等，以及出勤率逐漸降低，蜂箱重量約於傍晚6:30回到最大重量。



圖三、蜂群每日重量變化趨勢。(A) 2020/5/9至2020/5/11共4日重量變化，箭頭分別代表夜間蜂糧消耗、外勤蜂開始出勤以及攜回蜜、粉等，虛線表示重量增加，可藉此評估蜂群活動及蜜粉儲增減量。(B) 蜂箱在連續降雨的季節，重量變化趨勢，箭號表示飼糖約800g，虛線表示飼糖消耗時間。(C) 蜂箱在晴朗無降雨季節，重量變化趨勢，箭號表示飼糖量，虛線表示飼糖消耗時間。

圖三A顯示4天內約增加200g，本場鄰近區域5月份有相思樹、蒲公英、無患子等植物處於開花期，惟種植面積小，其重量增加來源

可能是蜜粉儲糧增加或族群增長。109年5月下旬梅雨季連續降雨，蜂群難以從外界獲得蜜源，為維持蜂群，進行蜂群管理時飼糖約800g，但僅能維持蜂群1天所需（圖三B），並且重量持續降低，顯示蜂群消耗巢內儲糧。當季節進入6月，氣候炎熱無降雨，外界雖有零星蜜粉源可利用，但依監測結果顯示，蜜粉源仍不足以維持蜂勢發展，需補充飼糖。相同蜂群飼糖約1,200g後，約可維持5天消耗（圖三C）。使用者藉由重量變化，並綜合氣象資訊，判斷蜂糧消耗情形（圖三A、B），藉此調整飼糖量以及評估蜂勢消長，將有助於估算飼養成本及避免缺糧。

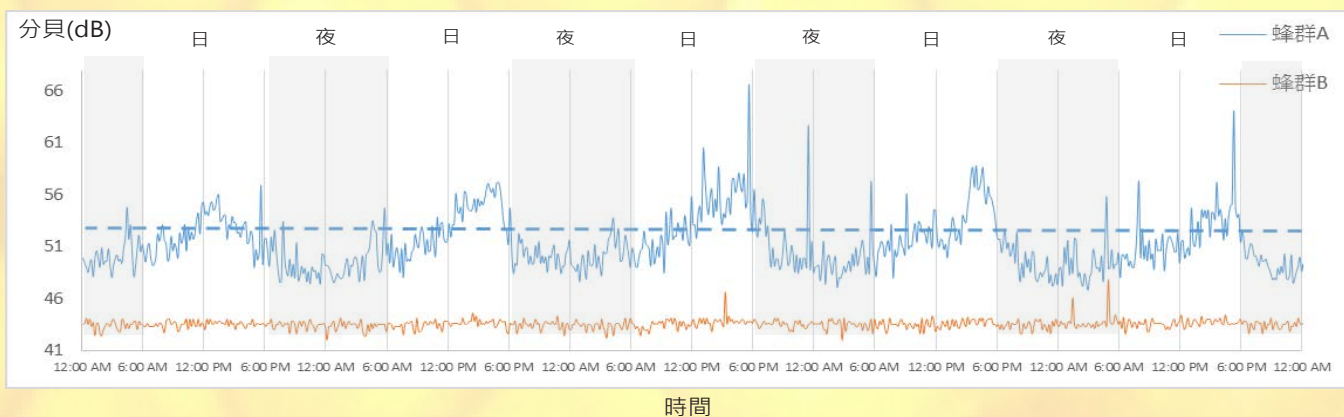
監測設備可同時記錄音量，蜂群A有6脾蜂，群勢旺盛有贅脾，平均音量約為51.3分貝；蜂群B為4脾蜂，音量平均約為43.5分貝（圖四），顯示音量與群勢有關。蜂群A每日下午3:30至5:00會產生超過56分貝之波峰，晚間8:00至隔日清晨5:00則為相對為安靜期。由於成熟工蜂常於下午學習認巢飛行，可能是A蜂群產生聲音較大波峰的原因，B蜂群可能因群勢較弱，波幅產生不明顯，可待群勢提升後持續觀察。研究指出蜜蜂在失王、敵害時，會改變振翅頻率，是蜂群傳遞訊息方式之一，若監測蜂箱能有音頻監測功能，則應可觀測此結果。音量與音頻是蜜蜂群體反應之總和，可能受到外界溫度、敵害、蜜粉量、蜂王等因素影

響，未來如能透過邏輯分析與賦予定義，即能利聲音觀測來判斷需介入之管理措施。

## 未來展望

人類利用養蜂的歷史悠久，但我們對於蜂群調適環境的行為仍缺乏詳細的科學研究。智慧蜂箱目前已具備成熟穩定監測技術，但除環境參數未能進一步提供病害、敵害發生等資訊；又因養蜂需進行飼糖、病蟲害防治、敵害防治、蜂產品生產等頻度較高的操作，更增加開發蜂箱自動化操作機具的難度。

臺灣目前蜂產業仍仰賴勞力生產，如何導入智慧科技，將是提昇效率與品質的關鍵。智慧蜂箱可視為資訊連結的應用平台。在田間若能連結自動化養蜂機具、或開發敵害排除裝置，將有助於管理效能的提升。後端資訊平台，除提供使用者即時資訊外，透過多方資訊的連結，具有提升蜂產品品質的潛力。以蜂蜜出口大國阿根廷為例，蜂農線上註冊溯源系統，使用衛星定位裝置追蹤放養區域，提供消生產資訊建立消費者信心，蜂農亦可利用系統查詢出口證明與產品檢驗結果，透過資訊服務創造生產者與消費者雙贏的局面。臺灣資訊產業技術成熟，未來能跨界整合，建構完整的智慧養蜂架構，將有益於蜂群健康，達到提升蜂產品產量及品質與活絡產業發展之目標。



圖四、蜂群音量紀錄，蜂群A為6脾蜂，群勢旺盛，音量每日周期性變化，虛線為平均音量；蜂群B為4脾蜂，音量表現穩定。

# 蜜蜂的營養需求—— 碳水化合物及蛋白質



作者：徐培修（助理研究員） 電話：(037) 222111 # 705

## 前言

植物的花是蜜蜂獲取營養的主要來源，花蜜提供碳水化合物，而花粉則提供蛋白質、脂質及其他微量營養素，兩者重要性大不相同。蜜蜂是社會性昆蟲，群體內具有高度專業化分工的現象，個體無法長時間獨自生存，群體與個體之間的營養狀況會互相影響並具有關係密切的交互作用，因此本文將從三個層級探討蜜蜂的營養需求：群體、成蜂及幼蟲。整體來說，巢內花粉存量不足將使成蜂無法哺育幼蟲，或阻礙幼蟲生長發育，導致下個世代的成蜂體型變小或數量減少，進而影響之後的群體發展。其次，成蜂與幼蟲之間互動頻繁，成蜂與成蜂之間常有交哺行為，這些個體與個體之間的行為使得整個蜂群的營養狀況維持在相同的水準。交哺行為描述的是一隻成蜂以口對口方式，將食物傳給另一隻成蜂，這個行為的目的之一是為了儲存或採集食物所作的分工，而更重要的是讓蜂群有一個「共同的胃」，使得所有個體都能了解群體的營養狀況。最後，成蜂和幼蟲皆高度依賴巢內存糧才得以生存，所以成蜂會依據巢內碳水化合物和蛋白質的供需狀況，調整覓食或育幼的策略。本文將針對碳水化合物和蛋白質對工蜂成蟲和幼蟲的營養需求進行探討。

## 碳水化合物

### 一、群體需求

蜜蜂在自然界中可取得的碳水化合物（統稱為醣類）主要來源是花蜜或露蜜，由外勤蜂從植物上採集後運送回巢，最終以蜂蜜的型態儲存在封蓋巢房中。花蜜轉變為蜂蜜是一個

漸進的過程，從被外勤蜂取食的當下即啟動一系列化學變化，釀蜜的過程含水量會慢慢降低至 16 ~ 20%，同時多種酵素參與碳水化合物的代謝，包括蔗糖水解酶、澱粉水解酶和葡萄糖氧化酶等，讓醣類組成趨於一致且適合蜜蜂食用，平均來說臺灣生產的蜂蜜中約含有 40% 果糖、35% 葡萄糖及少量雙糖和三糖，不過各種蜜源植物的蜂蜜仍有些許差異。

蜂蜜能長期保存於巢內，為蜂群度過食物缺乏的季節所必須，尤其是越冬時需要消耗大量存蜜，研究指出冬季不育幼的蜂群取食蜂蜜量為 0.42 公斤 / 週，若冬季仍須繁蜂則能源成本提高 2 倍，育幼的蜂群取食蜂蜜量為 0.84 公斤 / 週。蜂蜜在巢內的存量可以說沒有上限，工蜂會竭盡所能不斷地採蜜，不夠空間儲放時則再擴建巢房，因此環境蜜源充足的情況下，可以利用多層繼箱的方式以一個蜂群採集大量蜂蜜。蜂蜜的年產量變化很大，取決於氣候、蜂勢及養蜂操作模式，依據農業統計年報我國近十年來平均年產量為 84 公斤 / 箱，但各年產量介於 18 ~ 145 公斤 / 箱，非常不穩定。

### 二、成蜂需求

碳水化合物是蜜蜂能量的來源，成蜂對於巢內存蜜的依賴度非常高，無法長期不取食醣類，因為成蜂體內沒有儲存大量碳水化合物、蛋白質或脂質，牠們體內的肝糖存量僅有 0.05 ~ 0.47 毫克 / 隻，因此在蜂隻數量高的蜂群，僧多粥少的狀況下常難以應付突如其來的寒流，若未加強餵飼糖水，成蜂容易大量餓死導致蜂群迅速崩解。除了基本消耗以外，碳水化合物主要用於飛行前的能量補充，外勤蜂藉由直接取食存蜜或透過交哺行為獲得糖分。

一隻成蜂每天必須攝取 4 毫克可消化的醣類才能生存，因此在養蜂管理操作時須適時補充餵飼糖水，研究指出餵飼蔗糖溶液效果最好，壽命可達 56.3 天；高果糖玉米糖漿次之，37.7 天；蜂蜜最差，僅 31.3 天，目前仍尚未釐清造成差異之原因，但應注意餵飼時應以蔗糖配置糖水為宜，且過期蜂蜜不應餵回蜂群。有些醣類對蜜蜂具毒性，目前已知包括甘露糖、半乳糖、阿拉伯糖、木糖、蜜二糖、棉子糖、水蘇糖及乳糖，部分植物的花蜜或花粉中確實含有大量這些醣類，目前已知的是某些椴樹科 (Tiliaceae) 及山茶科 (Theaceae) 植物的花蜜對蜜蜂有毒，臺灣發生花蜜中毒情形主要出現在採收茶花粉的時期，若大量進蜜則常有爛子及死蜂現象，應將蜜搖出並餵飼糖水稀釋巢內存蜜，實驗證明以 50% 的蔗糖溶液將有毒的醣類稀釋至 4% 以下時可有效降低毒性。

另一種對蜜蜂有毒的物質是羥甲基糠醛 (Hydroxymethylfurfural, HMF)，主要由果糖脫水形成，這是蜂蜜經過熱處理或長時間儲存的產物。研究指出以含 150ppm 羥甲基糠醛的糖溶液餵食蜜蜂在 20 天內死亡率為 58.7%，而含 30ppm 的溶液對蜜蜂而言是安全的，死亡率落在正常範圍僅為 15.0%。根據調查，市面上販售的高果糖玉米糖漿中羥甲基糠醛含量介於 3.1 ~ 28.7ppm 之間，然而在 40°C 下儲存 69 天則可達 250ppm，餵食蜜蜂將顯著減少其壽命，因此若選購高果糖玉米糖漿作為補充糖水，蜂群攝入過量羥甲基糠醛的風險較高。

### 三、幼蟲需求

內勤蜂會定期檢查並在必要時餵食幼蟲，提供充足的食物。幼蟲在三日齡前食物中的含糖量為 18%，到五日齡後食物中的含糖量則增加為 45%。一隻幼蟲的發育過程平均會接受內勤蜂餵食 59.4 毫克的碳水化合物，若將育幼所需的能量成本都納入考量，例如梳理或調節體溫，實際上要養育一隻幼蟲的碳水化合物需求應更高。因此在採蜜後沒有補充餵飼糖水的情

況，或冬季蜜源缺乏存糧不足時，皆會影響春季幼蟲繁殖的數量。

## 蛋白質

### 一、群體需求

蜜蜂在自然界中唯一可取得的蛋白質來源是花粉，蜂群平均花粉採集量為 10 ~ 26 公斤 / 年，而花粉需求量为 13.4 ~ 17.8 公斤 / 年。與蜂蜜不同的是，不管任何時期，都只有少量的花粉被儲存在巢內，而且在缺粉期儲量會迅速減少。蜜蜂在巢內將花粉與反芻的花蜜、蜂蜜及腺體分泌物混合製成蜂糧儲存於巢房；有別於新鮮花粉，蜂糧的還原糖及乳酸含量較高，酸鹼值及澱粉含量較低，且對蜜蜂的營養價值較高。蜂糧中花粉的變化源於微生物的發酵作用，目前已知蜜蜂腸道中的乳桿菌屬 (*Lactobacillus*) 及雙歧桿菌屬 (*Bifidobacterium*) 等乳酸菌可能直接參與發酵過程，產生維生素來提升蜂糧的營養價值。

不同粉源植物的花粉蛋白質含量差異很大，根據調查介於 2.5 ~ 61% 之間。蛋白質由胺基酸組成，研究已證實有 10 種必需胺基酸是蜜蜂無法合成，只能從食物中獲取，其中白胺酸、異白胺酸及纈氨酸的需求量最高，若食物中缺乏某種必需氨基酸就會阻礙蜂群發展。因此不同粉源植物的花粉對蜜蜂的營養價值不同，目前已知桉屬 (*Eucalyptus*) 植物的花粉缺乏異白胺酸，蘆薈花粉缺乏色胺酸，向日葵花粉缺乏甲硫胺酸及色胺酸，長期且單一取食這些粉源植物就可能影響蜂群育幼、壽命或其他生理狀況。

蜂群在缺粉期若持續育哺育幼蟲，會優先用完儲存的蜂糧，接著開始消耗自體儲備的能量，因此僅能持續很短的時間。外界持續沒有粉源的情況下，蜂群會依據花粉供應量和幼蟲蛋白質需求比率作出取捨，產生「同類相食」的行為，牠們會把部分幼蟲吃掉，從而獲得用於餵養其他幼蟲的蛋白質。由於投資在小幼蟲

的哺育成本尚低，內勤蜂會優先殘食小幼蟲，而大幼蟲則得以存活，但若長時間缺乏粉源，蜂群最終將不再繁殖育幼。

## 二、成蟲需求

蛋白質佔成蜂乾體重的 66 ~ 74%，是生物體中的必要組成成分。一隻成蜂的平均花粉消耗量為 3.4 ~ 4.3 毫克 / 日，以內勤蜂時期取食最多。攝取的蛋白質在蜜蜂體內主要儲存於血淋巴中（無脊椎動物血腔內流動的血樣液體），初羽化成蜂體內血淋巴中蛋白質的濃度為 11.4 ~ 27.6 微克 / 微升，相對於大部分動物，蜜蜂體內的蛋白質存量較高，這就是牠們僅靠碳水化合物就能生存數個月的原因。然而攝取蛋白質有所謂「黃金時期」，幼年成蜂尚有部分生理機能未臻成熟，在此階段必須依靠蛋白質才得以發育完成。首先，取食花粉對於下咽喉腺發育是必要的，而且蛋白質攝取量與下咽喉腺發育程度呈正相關，下咽喉腺為分泌幼蟲食物的重要腺體，若發育不良會大大影響育幼能力。其次，飛行肌肉發育也必須依靠蛋白質，花粉不足的情況下工蜂的胸節重量會顯著下降，影響飛行能力。由於錯過發育階段即使再獲得蛋白質也無法挽回，因此「斷粉」對蜂群會有嚴重影響，特別是重要的育幼及覓食工作，所以缺粉期務必要加強餵飼人工蜂糧（圖一）。研究證實在粉源充足的環境，成



圖一、蜜蜂取食人工蜂糧。

蜂血淋巴中的蛋白質濃度較高，壽命則明顯延長。臺灣夏季及冬季粉源植物較缺乏，尤其是夏季植物開花量最少，不加強餵飼的情況下蜂勢會減少得很快，這就是因為成蜂的壽命顯著縮短所致。

卵黃蛋白原 (Vitellogenin, VG) 是蜜蜂血淋巴中的含量最高的蛋白，也是許多其他蛋白的前驅物，研究證實這種蛋白的功用為促進內勤蜂轉變為外勤蜂、延長成蜂壽命及協助蜂群越冬，如何補充或誘導蜜蜂產生卵黃蛋白原是未來研究的重要課題。

## 三、幼蟲需求

哺育一隻幼蟲需要 25 ~ 37.5 毫克的蛋白質或 125 ~ 187.5 毫克的花粉。直接餵給幼蟲的花粉量很少，大部分蛋白質來源是由內勤蜂加工後的食物，如蜂王漿或工蜂漿。幼蟲食物與花粉相比，蛋白質組成差異很大，僅有 5% 的蛋白質是相同的，內勤蜂取食花粉後在下咽喉腺透過多種酵素將花粉中的蛋白質轉化為高營養的幼蟲食物。幼蟲期的營養不良會導致成蟲弱化，包括壽命變短、體重降低、體內蛋白質含量降低、畸形、畸翅及體型變小等。

## 結論

碳水化合物和蛋白質對於蜜蜂來說是最重要的兩項營養素，碳水化合物就像米飯，每天都必須吃否則無法生存，蛋白質就像肉，對於生長發育會有不可逆的影響。由於沒有所謂「完美的」食物，因此蜂群飼養需要注意提供多樣化的蜜粉源環境，農業生態系中常出現大面積集約化單一作物，長期飼養在這樣的環境對蜂群會造成無形的傷害，所以缺蜜粉期或在授粉用的蜂群必須特別注意加強餵飼糖水及人工蜂糧。

# 授粉昆蟲對蕎麥生產之影響

作者：黃子豪（助理研究員） 電話：(037) 222111 # 706

## 前言

全世界約 75% 的農作物仰賴昆蟲授粉，並因此提升結果率、產量甚至果實品質，其中又以蜂類為最主要的授粉昆蟲。環境棲息地的破壞及農業集約化都可能導致生物多樣性下降，減少環境中授粉昆蟲的數量及種類，進而影響到授粉效益及作物產量。

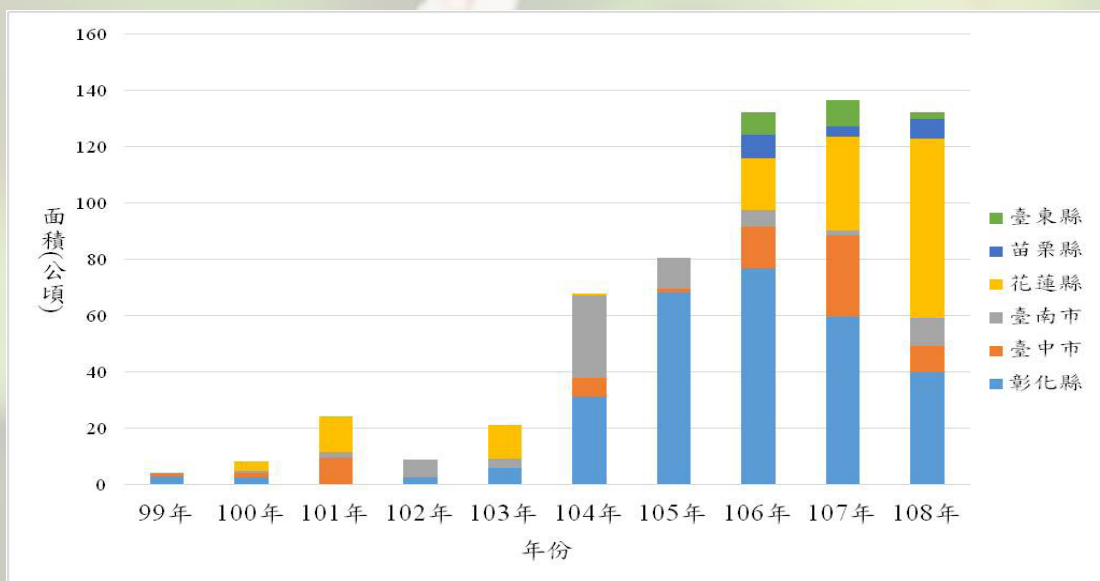
蕎麥是非常適合臺灣冬季裡作模式的作物，除可當綠肥、覆蓋作物外，也可生產蕎麥籽實，近年來蕎麥經證實具有豐富的芸香苷、槲皮素等成分，具抗氧化、抗衰老等保健功能，加上現代人養生及飲食安全意識抬頭，因此蕎麥在國內市場有很大的潛力，然而蕎麥具自花不親和性，需仰賴蜜蜂授粉，因此適合應用蜜蜂授粉技術協助生產。

## 蕎麥簡介

蕎麥為蓼科蕎麥屬一年生草本植物，雖然其中文名稱有個「麥」字，但並不屬於禾本

科的植物，常見有兩種栽培種，一種為普通種蕎麥（common buckwheat，學名 *Fagopyrum esculentum* Moench），又稱甜蕎；另一種為韃靼種（Tatary buckwheat，學名 *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn），種子比普通種蕎麥含有更高量的芸香苷，且略帶苦味，因此又稱苦蕎。目前全世界蕎麥以普通種蕎麥種植最多，根據聯合國糧食及農業組織（FAO）統計資料，普通種蕎麥主要栽培國家以中國和俄羅斯為大宗，其次則包含法國、烏克蘭、波蘭、美國、哈薩克等國。

臺灣早期在臺中、雲林、彰化、南投等地已有栽培蕎麥的紀錄，但大多為供綠肥使用，較不重視籽實生產；民國 80 年代，蕎麥主要栽培地區在彰化二林，種植面積從 20 至 70 公頃不等，但到 90 年代，種植面積大幅下降，僅剩約 5 公頃以下，一直到民國 104 年開始，臺灣蕎麥種植面積開始大幅上升，最多達到近 140 公頃（圖一）。



圖一、近 10 年臺灣蕎麥種植面積分布。



蕎麥產量約每公頃 1,500 至 2,000 公斤，相較其他穀類作物低，但具生長期短、可在貧瘠的土壤生長等特性，因此又稱為救荒作物，其適合生長在冷涼區域，不耐水淹和霜害，在臺灣適合種植時期為冬季，加上生長快速，因此適合做為冬季裡作綠肥或是收穫籽實。蕎麥主要營養成分為澱粉和蛋白質，富含鐵、鋅、鎂、錳等礦物質、維生素 B 群及膳食纖維，另外也還有高量的芸香苷、單寧等。蕎麥花期約 30 日，可泌蜜天數約 20 日，花數量多，花蜜量大，花粉多，對蜜蜂吸引力強，若栽培面積擴大則很有潛力生產蕎麥蜂蜜（圖二）。



圖二、蜜蜂訪蕎麥花。（照片由本場蠶蜂課徐培修助理研究員提供）

## 蕎麥主要授粉昆蟲及授粉對蕎麥產量之影響

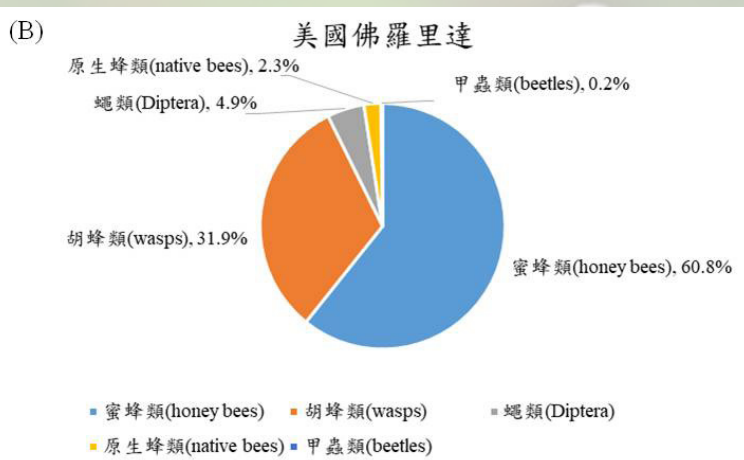
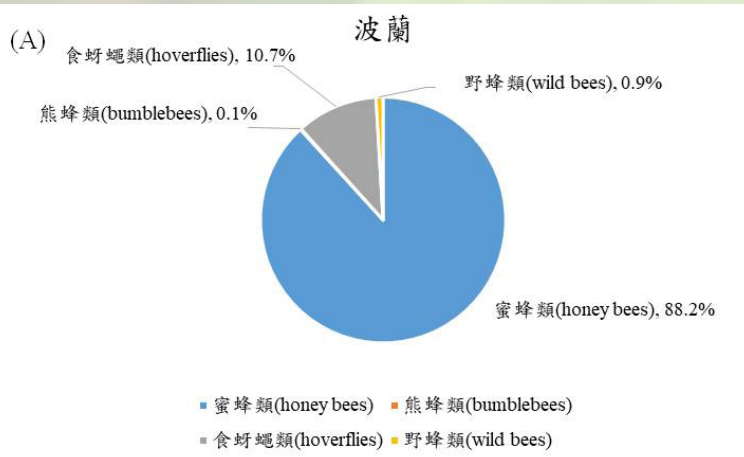
Bartomeus (2014) 等人在波蘭 10 塊蕎麥田中調查訪花昆蟲種類、數量，於早上 9 點至下午 5 點間，在氣溫大於 15°C、沒有下雨且沒有強風的天氣條件下，在蕎麥田區觀察訪花昆

蟲 30 分鐘，發現訪花昆蟲種類平均有 11.4 種，訪花數量平均有 527 隻，其中蜜蜂類有 465 隻，約佔 88.2%，其次則是食蚜蠅類 57 隻 (10.8%)、野蜂類 5 隻 (0.9%)、熊蜂類 1 隻 (0.1%) (圖三 A)；另外 Campbell (2016) 等人在美國佛羅里達 8 塊蕎麥田區的研究，於早上 9 點至下午 4 點間，在氣溫大於 30°C、沒有下雨的天氣，在蕎麥田區觀察訪花昆蟲 30 分鐘，發現訪花昆蟲數量以蜜蜂類有 5,300 隻為最多 (60.8%)，其次是胡蜂類有 2,782 隻 (31.9%)、蠅類 427 隻 (4.9%)、原生蜂類 197 隻 (2.3%)、甲蟲類 16 隻 (0.2%) (圖三 B)，顯示訪花昆蟲種類和數量會隨地區而有差異。

Bartomeus 等人同時研究不同授粉處理對蕎麥產量之影響，發現開放授粉的蕎麥比隔離授粉昆蟲的蕎麥，每株產量平均增加 42.44g，增加 71%。本場於 109 年 1 月於苗栗縣苑裡鎮進行 3 區蕎麥田調查，研究不同授粉處理對蕎麥產量之影響，處理分為遮陰網完全隔離、遮陰網隔離 + 放置蜂箱、遮陰但周邊開放昆蟲授粉、不遮陰。結果顯示田區完全隔離授粉昆蟲平均產量僅 56.67g/m<sup>2</sup>，若以遮陰網覆蓋但周邊開放昆蟲授粉平均產量為 91.04g/m<sup>2</sup>，完全隔離 + 放置蜂箱平均產量為 96.35g/m<sup>2</sup>，開放昆蟲授粉且不遮陰之不處理組平均產量為 143.64g/m<sup>2</sup>。調查結果可說明蕎麥經由昆蟲授粉可顯著提升其產量，而蜜蜂又為其主要授粉昆蟲，因此可說明蜜蜂授粉應有助於提升蕎麥產量。除了授粉昆蟲外，產量也受到日照影響，因此遮陰組產量略低於不遮陰組（表一）。

表一、苑裡蕎麥田授粉試驗結果

處理 \ 產量 (g/m <sup>2</sup> )	第一區	第二區	第三區	平均值	SD	
完全隔離	25.67	60.83	83.51	56.67	29.14	b
完全隔離 + 蜜蜂	127.56	93.53	67.97	96.35	29.90	ab
遮陰 + 開放授粉	57.16	115.35	100.60	91.04	30.25	ab
不遮陰	100.54	167.68	162.71	143.64	37.41	a



圖三、國外蕎麥田區訪花昆蟲調查。(A) 波蘭。(B) 美國佛羅里達。(資料來源：Bartomeus *et al.*, (2014) PeerJ, 2, e328. Campbell *et al.*, (2016) Florida Entomologist, 99(2), 264-268.)

### 結語

蕎麥是非常適合臺灣冬季裡作模式的作物，除可當綠肥、覆蓋作物外，也可生產蕎麥籽實，已有多項研究證實蕎麥具保健功效成分，且蕎麥花數多，在冬天整片的白色蕎麥花海也適合作為休閒觀光的景點，別有一番風味。蕎麥花蜜粉多，能吸引各式各樣昆蟲，蕎麥田也能作為昆蟲棲息地，提升農業生態生物多樣性，而蕎麥也仰賴授粉昆蟲授粉，提升蕎麥籽實產量及品質，同時達到農業生產和友善環境營造等目標。若未來能增加蕎麥種植面積，除可做為蜂群冬季優質糧食來源之外，也具備生產蕎麥蜂蜜的潛力，農民與蜂農都能增加收益，是相當值得推廣的雜糧作物。

# 蜜蜂社會性免疫機制 預防疾病之發生

作者：吳姿嫻（課長）  
電話：(037) 222111 # 700

## 前言

義大利蜜蜂 (*Apis mellifera*) 在全球農業環境和自然生態系統中提供重要的授粉服務。蜜蜂和其他授粉昆蟲受到各種自然和人為原因的威脅，其威脅原因涵蓋很廣，從病毒、細菌、真菌、及其他節肢動物、甚至哺乳動物，而授粉昆蟲的生存和生態的永續發展有著緊密關係。蜂群的健康除了是蜂農重視的議題，更攸關著全球農作物生產之糧食安全。

## 何謂社會性免疫

為了使蜜蜂更健康，蜂農們嘗試使用各種物理性及化學性防治方法，幫助蜜蜂防止病蟲害威脅。此外，人們會藉由提供蜂群高營養蜂糧，提升蜜蜂營養，以間接協助蜜蜂維持好的免疫力，減少疾病發生。一般而言，生物體可以經由個體免疫反應來對抗病原體，以合成及釋放抗病分子導致消滅或抑制病原體生長。但像蜜蜂、螞蟻等昆蟲是屬於真社會性昆蟲 (eusocial insect)，會以他們發展出的社會行為來減少病原體的傳播及入侵者的危害，稱之為社會性免疫。

在蜜蜂的社會性免疫研究中，許多學者將蜂群 (bee colony) 比喻成一個超大生物體，而每隻蜜蜂個體，可視為多細胞生物體中的每個細胞，當蜂群中的數百個或數千個個體相互作用時，就像是生物體中細胞之間的互動關係，蜂群的社會免疫反應與多細胞生物體內複雜的體液免疫和細胞免疫系統具有相似的特性。學者指出，以社會性免疫的方式對群體進行保護，應比單獨個體進行體內免疫反應所需耗費的生理成本較低 (Evans and Pettis, 2005)。

## 蜜蜂社會免疫機制

### 一、梳理行為 (grooming behavior)

蜜蜂的梳理行為可分為自我梳理 (auto-grooming) 及個體間相互梳理 (allo-grooming)。自我梳理是蜜蜂會將自己身上的異物或花粉以足上的特化構造加以清潔，Danka 與 Villa 在 2000 年發現蜜蜂的梳理行為是防禦氣管蟎 (*Acarapis woodi*) 的重要機制。對氣管蟎具有遺傳抗性的蜜蜂，在氣管蟎離開前胸氣孔時會用它們的中胸腿節梳理自己，以防止氣管蟎擴散到族群中的其他個體。同巢成蜂亦有相互清理身上異物及花粉的行為 (Boecking and Spivak, 1999)，甚至會透過「跳舞」(grooming dance) 行為，告訴同伴，要求協助清理。但梳理行為亦可能成為傳播病源的一個媒介，因為當中會有一些以口器吸允與咬的動作，因此此行為作為抗蜂蟹蟎育種的性狀時，也應該同時考量傳播其他病害可能性。

### 二、衛生行為 (hygienic behavior)

蜜蜂的衛生行為是指成蜂對染病和被寄生的幼蟲或個體產生的集體反應 (圖一) (Rothenbuhler and Thompson, 1956; Wilson-Rich *et al.*, 2009)。該行為最初被定義為蜜蜂從巢中檢測和清除受美洲幼蟲病 (American foulbrood disease) 感染個體的能力 (Park *et al.*, 1937; Woodrow and Holst, 1942; Rothenbuhler, 1964)。在篩選具較佳的衛生行為的蜂群中發現，該蜜蜂對罹病蜜蜂的氣味具有高度的嗅覺靈敏性 (Spivak *et al.*, 2003)。提早發現罹病的幼蟲或蛹對抵抗疾病非常重要，清潔蜜蜂必須在病原體感染寄主後到寄主發病前這段時間內立即檢測出帶病個體並清除它。目前在抗病蜂種選育多利用衛生行為

作為篩選依據，以蜂群對帶病體移出的速度來代表對美洲幼蟲病和白垩病的抵抗力 (Spivak and Gilliam, 1998a, b; Spivak and Reuter, 2001a)。但是如果蜜蜂在病原體到達可傳播階段後才偵測出異狀，在移出染病個體來清除病原體的過程中，可能會促進病原體的傳播。另外，清潔蜜蜂執行移除病蜂的過程，自身容易感染生病，因此清潔蜜蜂若返回哺育幼蟲，極可能將孢子傳播到幼蟲食物中。因此，工蜂不同年齡的階級多態性也有助於減少病原體從清潔蜂攜帶者向最易感染的幼蟲轉移。

東方蜜蜂 (*Apis cerana*) 的衛生行為是一個抑制蜂蟹蟎繁殖的重要防禦機制，蜜蜂在咬開封蓋蛹房及移除受害個體或移除在巢房內繁殖的蜂蟹蟎過程中，可以有效干擾蜂蟹蟎的繁殖。在西洋蜜蜂的衛生行為研究則是將清潔蜜蜂可以偵測蜂蟹蟎感染將之清除的行為稱為 Varroa-sensitive hygiene (VSH)，已有學者發現清潔蜜蜂會以嗅覺探詢找出被蜂蟹蟎寄生的幼蟲或蛹，是因為這些幼蟲或蛹被蜂蟹蟎嚴重寄生下會出現幼蟲費落蒙異常，而遭到清潔蜜蜂清除，同時發現蜂蟹蟎入侵若感染喀什米爾蜜蜂病毒 (Kashmir bee virus) 後，也會因幼蟲費落蒙異常而被清潔蜜蜂偵測後清除 (Mondet *et al.*, 2016)。現在國際上以衛生行為篩選抗病蜂群較常見的操作方法包括：以液態氮凍結特定面積範圍的封蓋蛹脾，放置回蜂群中，於 24 至 48 小時內，以固定時間內記錄蜂群去除凍死蛹所花費的時間 (Spivak and Reuter, 2005)，以選育清除速率較快的蜂群，進而可發現這些蜂群對蜂蟹蟎的感染率明顯低於未經篩選的蜂群 (Ibrahim *et al.*, 2007)。

### 三、移除死蜂 (undertaking)

死亡的成蜂會被儘速的移出巢房，以減少病原菌的傳播 (Visscher, 1983)。蜜蜂不會將死亡的個體存於巢中，會迅速將死蜂清除於巢外，但大多數的成蜂若是因為帶有病菌或是被寄生，到底會不會歸巢而直接死於巢外，相關



圖一、蜂群移除罹病個體的衛生行為。

的機制目前探究的文獻仍少，是否有個體內自我犧牲的相關基因，仍有待進一步研究。

### 四、社交熱 (social fever)

蜜蜂是一種擅長於維持巢內溫度的社會性昆蟲，透過振動胸部肌肉生熱或搧翅通風來調節巢內溫度，不論巢外氣溫如何，健康蜂群都會將巢內溫度維持在 32 ~ 36°C，特別是在幼蟲圈，因為幼蟲圈的溫度關係著蜜蜂幼蟲發育速率與健康，若幼蟲發育溫度過低，會出現羽化工蜂翅皺縮、腦受損、行為異常等現象。蜜蜂群體間亦會透過合作機制，當有外來生物入侵時，工蜂會包圍入侵者並將溫度升高至 45°C，以熱殺死黃蜂等大型掠食者。亦有學者在蜜蜂幼蟲感染球囊菌 (*Ascosphaera apis*) 時，觀察到巢內溫度，從原先恆定的 35°C，上升 0.56°C，而使得球囊菌孢子難以在幼蟲體內萌芽 (Starks *et al.*, 2000)，這種機制如同人體生病發燒一樣，從原本恆定的狀態產生熱能消滅病原體，以保護巢內個體的生存稱為社交熱 (social fever)。

### 五、築巢與採膠行為

蜂群在新的巢穴中開始築巢前，會啃蝕掉腐爛的木頭並移除感染的真菌，再經由採集植物分泌的脂類也就是蜂膠，塗布於巢內周遭，並填補縫隙，這樣的行為，可提供防水及預

防疾病的保護。已有許多研究證實蜂膠具有良好的抗真菌效果，除了可以防止蜂巢腐壞，蜜蜂築巢過程亦會將蜂膠混入蜂蠟中，防止病菌滋生，可抑制美洲幼蟲病的發生 (Antunez *et al.*, 2008)。因此蜂群採膠的積極度與偏好採膠的種類，被視為社會性免疫機制的重要指標。

## 六、不同社會階級組成

蜂群中根據年齡不同劃分不同任務的分工，稱為階級多態性。外勤蜂承擔為蜂群出外採集的危險任務，而年齡較大的外勤蜂若留在巢內可能也增加了病原在巢內傳播的風險，年長工蜂的外勤工作可降低巢內疾病傳播壓力。負責執行衛生行為之中年內勤蜂，因從事任務具高度感染病原之危險，可能不再與護士蜂和幼蟲交哺或共享食物，以降低疾病傳播的風險 (Arathi *et al.*, 2000)。

## 蜜蜂社會性免疫與疾病發生之研究

近年已有許多有關社會性昆蟲的社會免疫機制研究，探討蜜蜂的社會性免疫機制，可能有助於應用在維持或改善蜂群的健康，例如蜜蜂特殊的梳理行為 (grooming behavior) 及衛生行為 (hygienic behavior) 已被用來作為蜜蜂抗病育種的性狀特徵 (Spivak and Reuter, 2005)，以篩選偵測染病個體並將其移除的速度快的蜂群作為選育種群，可減少蜂群感染美洲幼蟲病及白垩病。目前已證實從感染白垩病的幼蟲上分離出具有特殊氣味的揮發性物質苯乙酸乙酯 (phenethyl acetate) 會引發工蜂的衛生行為 (Swanson *et al.*, 2009)，篩選對於偵測幼蟲發出苯乙酸乙酯氣味感受靈敏的蜂群亦是蜂群育種方向之一，該蜂群可在發病初期即將染病個體移出，抑制病原在蜂群內擴散。此外，研究發現當工蜂發現巢中幼蟲感染白垩病原菌，會產生社交熱，工蜂可藉由提高幼蟲圈的溫度來抑制幼蟲體內白垩病菌孢子的萌發 (Starks *et al.*, 2000)。其他如分泌毒液等抗菌素塗在蜜蜂表皮上或採集環境中如樹脂的抗菌素作為築巢的抗菌物質 (Simone *et al.*, 2009)，皆顯示蜂群發展出許多自我防禦機制。

## 利用蜜蜂社會性免疫機制管理蜂群

除以蜜蜂梳理及衛生行為作為抗病育種選育特徵外，日常蜂群管理亦可利用蜜蜂社會性免疫機制，減少蜜蜂疾病發生。維持適當蜂勢，給予足夠糧食，是最基本管理方式，蜜蜂巢脾覆滿內勤蜂狀態下，清潔蜜蜂才有足夠能力維持全部巢房的潔淨。足夠的糧食才能提供蜂群產生足夠的熱能，將巢內溫度維持攝氏 34 ~ 35 度，減低病原孢子萌發，是預防美洲幼蟲並與白垩病發生最重要的管理工作。

蜜蜂自然修築的巢脾內含蜜蜂採集的蜂膠與分泌之蜂毒，具有天然的抗菌功效，因此選用巢礎或巢脾時可選用以天然蜂蠟製成，優於以石蠟或塑膠製成者。養蜂者可觀察放蜂地點膠源植物是否充足，在疾病好發季節前選擇蜜粉源及膠源植物充足地放蜂，給予蜂群建立自我社會保護機制機會。

蜂群管理另需注意各工蜂階級的數量分配，避免長期斷子。若失王斷子，接入新王後應立即補充幼蟲或蛹脾，使後續有足夠哺育工蜂接手新產幼蟲餵養工作，除可提供品質較佳的蜂王漿哺育幼蟲，亦可避免感染風險較高的外勤蜂或清潔工蜂返回哺育工作，將病原菌傳播給幼蟲。

## 結語

隨著各國對蜜蜂健康的關注，蜜蜂社會性免疫機制的研究逐漸受到重視，在過去探討蜜蜂個體健康的同時，不得不以群體之免疫效應看待蜜蜂這種社會性昆蟲。未來在深入了解蜜蜂社會免疫機制下，希望我們能用蜜蜂本身的特性更積極的介入管理，達到預防相關疾病或是減低寄生害蟻危害之目標，甚至刺激蜜蜂產生更積極的社會性免疫行為來治癒相關疾病。這麼一來，我們就能發展天然的方式預防疾病的發生，減少化學藥劑使用，而達到維護蜜蜂健康的目的。

# 植物保護殺真菌劑對蜜蜂健康之影響

作者：廖玲秀博士（美國伊利諾大學厄巴納－香檳分校昆蟲學系研究專員）  
電郵：liao19@illinois.edu

## 授粉者可增加產量

蜜蜂及其他授粉者對開花作物的生產極其重要，它們對全球糧食作物的授粉服務，每年貢獻出約 1,530 億歐元（約 5 兆新臺幣）的價值 (Gallai *et al.*, 2009)。美國農業部的統計資料顯示，若農作物經授粉者的充分授粉，尤其是蜂類的充分授粉，作物產量平均可增加 30% 收獲。臺灣也有研究報告指出，蓮霧若沒有經蜜蜂充分授粉，產量最高可能減產 40%，小黃瓜、洋香瓜接受蜜蜂授粉則可提高授粉著果率，平均每分地能增加新臺幣 10 萬元以上的收益（吳及林，1994）。

而近來蜜蜂與其它授粉昆蟲，被發現族群量的下降，引發了大眾對可持續的糧食供應，和自然生態系統健康狀況的擔憂。造成蜜蜂數量下降的可能因素很多，美國農業部的報告認為，威脅蜜蜂健康的主要因素包括：寄生蟲害，病原體（真菌、病毒），營養不良以及對農藥的暴露，這幾個因素往往重疊存在，並彼此交互作用著；但其中農藥的大量使用，通常被認為是授粉昆蟲族群量下降的重要主因。

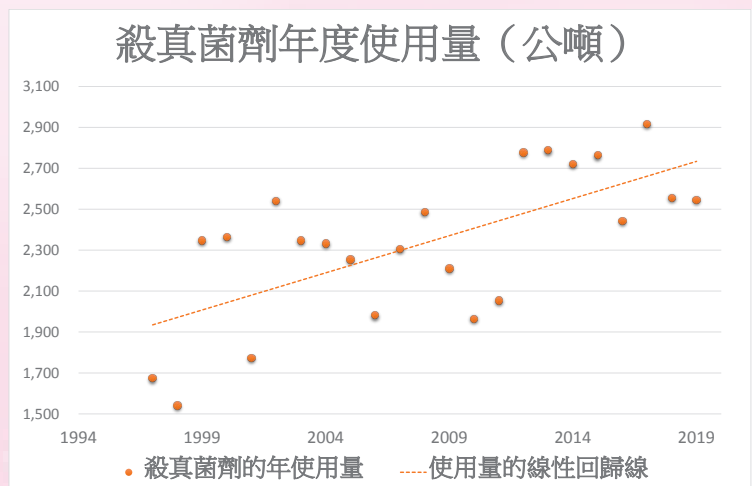
## 殺真菌劑使用的必要

實務上，農藥的使用，具有許多很難以取代的益處與必要性，使用農藥，不但提高了農作物的產量，且改善了食品的安全性，進而提升了大眾的健康 (Cooper and Dobson, 2007)。以殺真菌劑為例，臺灣氣候多雨高濕，成為許多植物真菌性病害的好發環境，使用殺真菌劑是防治這類病害的重要方法，像是預防及控制作物的炭疽病、疫病、灰黴病、與白粉病等真菌性病害的發生與蔓延；另外，更可進一步預防消費者端的食物，和飼料商品

中，可能產生的真菌毒素污染，像是常見由黃麴菌 (*Aspergillus flavus*) 和寄生麴黴 (*A. parasiticus*) 所產生的黃麴毒素污染；這些真菌所產生的毒素，對動物及人都有嚴重的不良影響，具肝腎毒性，也有高致癌風險。因此殺真菌劑的使用，在現今農業上是無可避免的。

## 殺真菌劑與蜜蜂

殺真菌劑除了治療已發生真菌性病害的作物，也經常預防性的在作物開花期，或抽穗前後噴灑施用，許多殺真菌劑更會以長效型的可濕性粉劑或顆粒劑施用於田間，以便緩效地被植物所吸收，進行系統性的保護，這導致作物上，可能長時間存在殺真菌劑。依據行政院農業委員會的農業統計資料庫，在臺灣殺真菌劑使用量逐年攀升，由 1997 年的 1,675 公噸上升至去年（2019 年）的 2,546 公噸，使用量上升約 52% 左右（圖一）。故蜜蜂在農業環境中採集花粉和花蜜時，比起其它類別的農藥，像是殺蟲劑，蜜蜂更容易接觸到殺真菌劑。



圖一、依據行政院農業委員會的農業統計資料庫，臺灣殺真菌劑 1997 年至 2019 年間的年度使用量與年度使用量的線性回歸線。

真菌劑針對的目標生物是真菌，而不是昆蟲，因此大部分的殺真菌劑標籤上的使用說明，並不會特別限制要避開昆蟲，當然也沒有關於蜜蜂暴露的注意事項；因此，不意外的，在蜂巢中蜂花粉、蜂糧、蜂蜜、巢片與蜜蜂個體都可檢測到殺真菌劑殘留 (Kubik *et al.*, 2000; Mullin *et al.*, 2010; Sanchez-Bayo and Goka, 2014; Simon-Delso *et al.*, 2014)；據美國學者 Mullin 等人 (2010) 針對美國蜂巢的普查，殺真菌劑是除了直接施用於蜂巢內的殺蟎劑外，最常被檢測到的農藥類別。因為大部分殺真菌劑，對蜜蜂成蟲具很高的半致死劑量 (LD50)，對蜜蜂成蟲使用殺真菌劑並沒有觀察到立即可見的毒害，且早年少數幾個做過短時間覓食行為觀察的研究，亦未發現殺真菌劑影響蜜蜂田間訪花行為，因此過去學界普遍認為，殺真菌劑對蜜蜂而言是安全的。可是近來愈來愈多的科學研究發現，不管是野生蜂類或是馴養的蜂群，在暴露於有殺真菌劑殘留的環境下，其健康是遭受多方面威脅的。

### 殺真菌劑對蜜蜂生態面上的影響

由美國的蘋果園調查中發現，果園中野生蜂群的豐度會隨著農藥用量（主要是殺菌劑）的增加而減少 (Park *et al.*, 2015)，但如果果園四周有一些自然地景的存在，農藥影響族群豐度效應就會變小。此外，馴養蜜蜂蜂箱中殺真菌劑的殘留量與蜂巢的失調（像是虛弱，蜂后喪失，育幼問題等）有正相關 (Simon-Delso *et al.*, 2014)。Traynor 等人 (2016) 更發現，若蜂巢曾被遷移以進行授粉服務，其巢片與蜂糧，比起於定置的蜂巢中的，有更多的農藥殘留，且這些農藥的殘留量，特別是殺真菌劑部分，與之後蜂群的敗亡有高度相關。此外，在一些垂死的蜂群中，被發現蜜蜂有「封埋」(entombed) 含高劑量百菌清 (chlorothalonil) 殘留的花粉，以避免其他同巢蜜蜂取食的行為 (vanEngelsdorp *et al.*, 2009)。除此之外，研究更顯示，百菌清會降低熊蜂 (bumblebee) 蜂群的成長，並造成其蜂后的體重低於無面菌清污染蜂群的蜂后 (Bernauer *et al.*, 2015)。

殺真菌劑在果園中的施用，也被發現，可能會改變授粉蜂群的巢中益生真菌菌相 (Yoder *et al.*, 2013)，其中尤其影響 *Aspergillus* 屬真菌的豐度；而 *Aspergillus* 屬真菌的豐度減少，已知與白垩病發生高度相關 (Yoder *et al.*, 2013)，此外益生真菌也扮演了轉換花粉為蜂糧的角色，而蜂糧是蜜蜂育幼時，重要蛋白質來源。換言之，巢內殺真菌劑的汙染，可能造成巢內益生真菌相的改變，而導致花粉發酵轉換的過程受干擾，而降低蜂糧品質，進而影響幼蟲的發育，並也可能導致真菌病害的發生，而損害蜂巢的整體健康。

此外殺真菌劑也會影響蜜蜂覓食行為的偏好性，她們會忌避高濃度的撲克拉 (prochloraz)，但是卻被低濃度的百菌清所吸引 (Liao *et al.*, 2017)，且會改變覓食的行程時間 (Schmuck *et al.*, 2003)。相似因殺真菌劑所造成的行為改變，也在熊蜂族群中觀察到：當暴露於殺真菌劑 Manzate 下，弱化了熊蜂在迷宮中找食物的能力，且在選擇試驗中，熊蜂更偏好在無 Manzate 污染的環境中覓食 (Sprayberry *et al.*, 2013)。

### 殺真菌劑對蜜蜂生理上的影響

殺真菌劑也會造成一些生理上的影響，目前已知殺真菌劑百菌清會抑制或弱化蜜蜂免疫系統 (O'Neal *et al.*, 2019)，並造成蜜蜂腸道內微生物相的變化 (Kakumanu *et al.*, 2016)。而取食殺真菌劑污染的花粉或在被殺真菌劑污染的巢片上育幼，都增加蜜蜂感染蜜蜂微粒子病 (Nosema disease) 的機率 (Wu *et al.*, 2012; Pettis *et al.*, 2013)，並且造成多種蜜蜂病毒的病毒量 (virus titers) 上升 (DeGrandi-Hoffman *et al.*, 2015)。殺真菌劑邁克尼 (myclobutanil) 與百菌清，則被發現會破壞蜜蜂幼蟲的中腸內襯細胞 (Gregorc and Ellis, 2011)。

苯二甲醯亞胺劑 (phthalimide) 的蓋普丹 (captan)、依普同 (Rovral/iprodione)、福美鋅 (ziram) (益穗單劑成分之一) 也會造成幼蟲與蛹期的發育失敗 (Mussen *et al.*,

2004)，並且可能會改變蜜蜂體內的能量代謝情況 (Campbell *et al.*, 2016)。撲克拉與待克利 (difenoconazole) 能造成蜜蜂溫度調節的失能 (Vandame and Belzunces, 1998)。邁克尼 (myclobutanil/Eagle, Dow AgroSciences) 則會使蜜蜂工蜂的呼吸速率降低；而較長時間取食白克列 (boscalid) 及含有白克列為有效成分之一的殺真菌劑商品 Pristine 會使蜜蜂外勤蜂的飛行肌有較低的能量 (DeGrandi-Hoffman *et al.*, 2015; Liao *et al.*, 2019)。很多殺真菌劑的作用機制是在抑制真菌的粒線體呼吸鏈，而上述的這些研究，反應了殺真菌劑，可能也會影響蜜蜂的粒線體，進而造成其生理失調。

## 殺真菌劑 - 殺蟲劑的毒性加成作用

真菌劑與殺蟲劑的毒性加成作用（或稱協力作用），也是極需關注的問題。就像同時服用不同藥物，可能會在人體中相互作用一樣，某些農藥一起使用，也會交互作用，進而增加農藥對蜜蜂的毒性。麥角醇合成抑制劑類 (ergosterol inhibiting fungicides) 的殺真菌劑，如普克利 (propiconazole)、平克座 (penconazole) 及邁克尼，與除蟲菊精類殺蟲劑同時使用，會增加其對蜜蜂的毒性，並直接導致死亡率增加 (Pilling and Jepson, 1993; Sanchez-Bayo and Goka, 2014)。以普克利為例，當它與第四代合成除蟲菊精類的賽洛寧 (cyhalothrin) 合併使用時，會增加農藥賽洛寧對蜜蜂的毒性，達 16 倍 (Pilling and Jepson, 1993)。殺真菌劑也會提高殺蟎劑對蜜蜂的毒性，像是巢內經常性施用的有機磷類的牛壁逃 (coumaphos)、啞類的芬普蟎 (fenpyroximate) 及除蟲菊精類的福化利 (tau-fluvalinate) (Johnson *et al.*, 2013)。其中殺真菌劑撲克拉，增加福化利對蜜蜂的毒性，增加百倍以上。而撲克拉與第滅寧 (deltamethrin) 一起使用時，也會在低劑量時，即造成蜜蜂溫度調節的失常 (Vandame and Belzunces, 1998)。

某些類尼古丁類農藥賽果培 (thiacloprid)

、亞滅培 (acetamiprid)、益達胺 (imidacloprid)、賽速安 (thiamethoxam)，以及有機磷類的陶斯松 (chlorpyrifos)，與殺真菌劑聯合使用時，其對蜂類的毒性作用會增強 (Biddinger *et al.*, 2013; Sanchez-Bayo and Goka, 2014)。殺真菌劑賽福座 (triflumizole) 導致益達胺對蜜蜂的毒性增加近 2 倍，也使亞滅培的毒性增加 244 倍，賽果培的毒性甚至高達 1,141 倍；而其它麥角醇合成抑制劑類的殺真菌劑，也都分別使類尼古丁類農藥增加了 2 到 559 倍的毒性 (Iwasa *et al.*, 2004)。推測可能原因與這些殺真菌劑的作用機制，及蜜蜂體內主要由 p450 解毒酶負責農藥的解毒有關；也就是說，麥角醇合成抑制劑類的殺真菌劑，可能會去干擾 P450 酶，進而影響類尼古丁類農藥的代謝。但也不是每一種殺菌劑對農藥都會發生毒性加成作用，像苯胺嘧啶類 (anilinopyrimidine) 的殺菌劑，可能不會干擾 P450 酶，所以當它與類尼古丁類農藥同時施用時，並沒有顯著的毒性加成現象 (Schmuck *et al.*, 2003)。

當然，實驗室中的實驗結果，不一定能夠完全重現蜜蜂在田間所遭遇的情況，因為實驗室內的研究，通常有較為單純的控制條件與環境，且經常會使用極端值的劑量，濃度和暴露程度，以求得較清晰的研究成果。如賽果培與殺真菌劑聯用時，實驗室中蜜蜂的死亡率顯著變高 (Sanchez-Bayo and Goka, 2014)，但在半田間試驗中，卻未見到死亡率的增加 (Schmuck *et al.*, 2003)。

## 施用殺真菌劑可能的改良方式

為了盡可能同時保護授粉者與作物，當必須使用殺真菌劑保護植物時，殺真菌劑盡可能不要與其它殺蟲劑混用。在時間上，盡可能避開盛花期，並在傍晚才噴灑施藥，避開蜜蜂的訪花高峰時間，將有助於減少殺真菌劑對蜜蜂的影響。

# 本期重要紀事

日期	重要紀事
6月1日至2日	辦理「初級蜂蜜品評師回訓班」，共13名學員參加。
6月15日至17日	農民學院辦理「養蜂入門班(二)」，計29名學員結訓。
6月19日、8月2日	辦理「109年苗栗區農會推廣人員知能輔導及政策研習」活動，配合宣導禽畜肥水澆灌政策、宣導秋行軍蟲、番茄潛旋蛾及安全用藥政策，計155人參與。
6月29日	假後龍鎮農會辦理「109年幸福農村推動計畫-青年農民輔導教育訓練及栽培經驗分享活動」，並宣導產銷履歷政策，與會青農計40人。 邀請美國伊利諾大學厄巴納-香檳分校昆蟲學系廖玲秀博士蒞臨演講，講題為「蜜蜂蜂群對抗環境毒物的機制」，引起現場研究人員及蜂農熱烈討論，參與人數共48人。
7月9日、24日	分別假台中地區農會及本場生物防治分場，辦理「109年農民福利百分百列車巡迴座談會」，宣導農民退休儲金制度、農業保險及農民職業災害保險等政策，計有124人及54人與會。
7月23日	本場作物環境課研究員兼課長張素貞獲選行政院農業委員會109年模範公務人員，並至該會接受頒獎表揚。
7月23日至26日	「2020亞洲生技大展」假南港展覽館二館盛大登場，本場於「農業科技館」主題館展出「慢性傷口專用高效蠶絲敷料」，展現本場多年來將蠶業結合生物醫學的研發成果。
7月24日至26日	「2020年國際零食展」假臺北世貿一館盛大開幕，本場獲邀展示愛玉子新品種及相關護膚產品技術成果，展現愛玉子的多元應用發展，吸引許多消費者見識臺灣傳統美食「愛玉子」全新面貌。
7月27日至8月7日	辦理農民學院「養蜂初階班」，計30名學員結訓。
8月4日	本場農產加值打樣中心由農委會副主委陳駿季、本場場長呂秀英暨各單位長官共同揭牌開幕，正式對外營運，期能集思廣益研發具競爭力之農產加工品，更能培育在地加工人才。
8月12日	假通霄鎮農會辦理「109年度農民福利百分百列車巡迴座談會暨農產品初級加工講習會」，參與人數共95人。 辦理「109年自衛消防編組訓練」，宣導消防安全的重要性及技巧，計79位同仁參加。
8月13日	舉辦「北區IPM技術推廣暨媒合會之政策輔導措施說明會」，宣導農藥十年減半病蟲害綜合管理及安全用藥，計55人參加。
8月14日、17日	假三灣鄉農會辦理「因應極端變化天候-乾旱土壤對根系發展吸收的影響應對措施講習會」；另於頭屋鄉農會辦理「109年農村社區畜牧場環境改善及資源利用計畫」講習會，宣導禽畜肥水澆灌，合計110人參加。
8月18日	辦理「田媽媽環境營造及食品安全實務講習」，計34人參加。 假公館鄉農會辦理「109年度農民福利百分百列車巡迴座談」，參與人數共159人。
8月18日至19日	辦理「109年食農教育宣導人員基礎培訓課程初階班」，計43名學員參加。
8月24日至26日	辦理農民學院「養蜂入門班(三)」，計27名學員結訓。
8月29日	辦理「第三屆蠶繭文化創意競賽」頒獎典禮，並同時辦理蠶桑科普食農趣體驗活動等，計217人參加。



6月1日陳立委超明關心轄區內西瓜及香瓜因5月豪雨造成部分藤蔓、葉片乾燥腐爛及果實受損的情形。



為增進農友對農委會相關福利政策之瞭解，於109年7月24日假本場生物防治分場，辦理「109年農民福利百分百列車巡迴座談會」。



7月23日本場作物環境課研究員兼課長張素貞(右2)榮獲農委會109年模範公務人員並接受表揚。



「2020亞洲生技大展」於7月23日至26日假南港展覽館二館盛大登場，本場於「農業科技館」主題館展出「慢性傷口專用高效蠶絲敷料」研究成果。



「2020年國際零食展」於7月24至26日假臺北世貿1館盛大開幕，本場於「新創農食展區」展示「愛玉子新品種及相關護膚產品」技術成果。



本場農產加值打樣中心於8月4日由農委會副主委陳駿季、本場場長呂秀英暨各單位長官共同揭牌開幕，正式對外營運，期能集思廣益研發具競爭力之農產加工品，更能培育在地加工人才。