

農藥對蜜蜂生理與 疾病發生之影響

作者：吳姿嫻（副研究員兼課長）
電話：(037) 222111 # 330

前言

在第二次世界大戰後，全球人口數急遽上升，世界各國為了滿足全球糧食供應，利用化學藥劑防治病蟲害，以在單位面積獲取更高量的糧食。隨著農藥的大量使用，漸漸的病蟲害產生抗藥性，人們更不斷的研發新的藥劑來控制病蟲害。農藥雖然可以增加農作物的產量，但它並非萬靈丹，人類意識到農藥對其他非目標生物的危害，可回溯至1960年代，生物學家發現，DDT會隨著食物鏈累積在生物體中，並造成多種生物生殖能力上的障礙，這才警覺農藥在使用前，需要對環境生物多方安全評估，當然生物學家也不能保證所有農藥都安全無慮。在糧食生產與生物資源永續的天秤上孰輕孰重，一直以來，皆是農藥製造商與生態學家的戰鬥。這個爭議在21世紀再次爆發，從2006年起，許多農業生產重度仰賴蜜蜂授粉的歐美國家紛紛發生蜂群在冬季神秘消失事件，稱之為蜂群崩解症候群（Colony Collapse Disorder，簡稱CCD）。近十年，經過科學家多方的研究，抽絲剝繭發現了導火線源始於21世紀初開始大量使用的類尼古丁類

系統性農藥—益達胺、可尼丁及賽速安。這些系統性農藥在上市前所做的安全性評估，看似對非目標生物沒有立即性危害，但為何對蜜蜂族群造成如此嚴重的影響？透過生物學家的驗證，像蜜蜂這種社會性昆蟲，個體生理上的失序，卻是讓整個族群走向滅亡的關鍵。

農藥對蜜蜂生理的影響

農藥的使用對於其他非目標生物的安全性評估，一直以來多以半致死濃度（ LC_{50} ）或半致死劑量（ LD_{50} ）為基準，近年來發現，不足以致死的微量農藥對生物生理的影響也不容忽視，其可能導致生態的失衡，各國逐漸開始重視農藥亞致死劑量（sub-lethal effects）對非目標生物的影響。以整個蜂群結構來說，外勤蜂可能從採集過程中接觸受農藥污染的花粉、花蜜或水，但當這些農藥不足以致死時，外勤蜂就將這些微量的農藥攜回巢內，而巢內的內勤蜂、幼蟲及蜂王，可能在取食過程中攝取受農藥污染的食物。國內在農藥亞致死劑量對蜜蜂生理影響的研究也沒有缺席，2007年台灣大學楊恩誠教授，提出低劑量類尼古丁農藥益達胺會造成工蜂外勤取食時間上的延遲，陸續

也發現蜜蜂幼蟲接觸亞致死劑量益達胺後，對於蜜蜂幼蟲封蓋率、化蛹率與羽化率並不會有明顯的影響，但該成蜂於幼蟲時期接觸低劑量農藥後，其神經系統發育會受到影響，進而造成該成蜂嗅覺能力及學習力受損，而無法有效率採集食物育幼，這對於蜂群的繁衍來說是相當大的威脅；另外，由於低劑量農藥對蜜蜂幼蟲並沒有明顯的致死，這也正是讓我們無法及時察覺蜜蜂受農藥危害的原因。

近10年來蜜蜂生物學家針對農藥對蜂群的影響提出了許多令人擔憂的證據，美國華盛頓大學以亞致死劑量農藥探討工蜂幼蟲發育及對成蜂壽命的影響，發現當巢片花粉殘存多種微量農藥，會使得成蜂壽命比無農藥殘留的對照組平均縮短4天，這現象可能影響工蜂從內勤蜂轉變成外勤蜂的時間縮短，亦可能縮短外勤蜂出外採集的工作天數。當外勤蜂採集食物不足供應巢內所需，一則是使蜂王減少產卵降低巢內對食物的需求，另一可能使內勤蜂提早外勤，這現象會造成內勤蜂數量減少，間接使得巢內秩序上的混亂，包含照料幼蟲、餵食蜂王、儲存及釀造食物或清理巢房等巢內工作無法有效執行，影響族群繁衍並相對增加蜂群罹病風險。研究亦發現，工蜂幼蟲也會因為巢內的農藥殘留造成幼蟲發育延遲，延緩工蜂封蓋期，雖僅部分工蜂發育延緩超過1日，但這卻提供蜂蟹蟻絕佳的繁殖環境，只要幼蟲封蓋時間多30小時，就可以使躲在巢房內繁殖的雌成蟻多產4個卵，加速了蜂蟹蟻的繁殖速率，連帶提高因蜂蟹蟻媒介所傳播疾病發生風險。

農藥與蜜蜂疾病發生之關聯

美國農業部農業研究中心（USDA-ARS）蜜蜂實驗室也針對亞致死劑量的陶斯松與殺菌劑白列克敏探討蜂王與蜜蜂病毒疾病發生的關係，他們發現原本攝食乾淨花粉源的蜂群，改採集受農藥污染的花粉，其所孕育的蜂王成功封蓋及羽化率比採集乾淨花粉的蜂群低，且若攝食為同時受陶斯松及殺菌劑污染的花粉，蜂王幼蟲成功封蓋及羽化率更低。這結果得知陶斯松與殺菌劑的確會對蜂王發育造成影響，研究亦發現取食受陶斯松污染花粉的蜂群，其所培育出的蜂王感染蜜蜂畸翅病毒（DWV）與黑王台病毒（BQCV）的比率較攝食乾淨花粉源的來得高，這說明為何攝取微量農藥蜂群的蜂王羽化率較低。該研究團隊推測微量的農藥可能影響蜂群免疫系統，使得工蜂對於病毒的感受性提高，蜜蜂病毒在哺育蜂間相互傳播，而提高了病毒活性，哺育群則將這高量的病毒經由哺育行為傳染給正在發育中的蜂王幼蟲，導致蜂王幼蟲感染病毒後無法成功羽化，更令人憂心的是殺菌劑白列克敏的混和污染使蜂王羽化率更低。

亞致死劑量農藥影響蜜蜂免疫系統的另一個受矚目研究是義大利蜜蜂研究團隊發現類尼古丁農藥—可尼丁會造成昆蟲體內的免疫系統失調，主要是因為原本啟動昆蟲免疫系統的蛋白NF- κ B無法被活化，造成以NF- κ B啟動免疫機制的轉錄作用無法順利進行，因此若蜜蜂感染畸翅病毒，在低濃度的可尼丁影響下，病毒就會在蜜蜂體內大量複製，這研究說明蜜蜂的

免疫調控的確會受到亞致死劑量可尼丁的影響，促使蜂群對於疾病的耐受性降低，而感染疾病就將是壓跨整個蜂群的最後一根稻草。

友善蜜蜂農業環境之永續發展

雖說目前的成品農藥開發多以安全的劑型或是對其他非目標生物毒性較低的方向進行，但蜜蜂從花粉、花蜜或環境中就算接觸到的極微量農藥，即有可能造成該蜜蜂生理受影響，又或幼蟲經取食該含農藥之食物而影響正常發

育。從社會性昆蟲嚴密的生理調控與族群結構來說，單一個體生理上的失序，對整體農業生態的影響有如蝴蝶效應般持續擴大。各項研究與事證提醒我們，若要建立友善蜜蜂環境，創造維護授粉昆蟲安全之健康農業的體系，應從農藥合理的使用開始，以科學性的栽培管理技術有效控制病蟲害的發生，並逐漸減少農藥使用，降低化學藥劑對生態環境的壓力，讓農業生態達到安全穩定的平衡，才是農業生產永續發展的最佳策略。



蜜蜂將受亞致死劑量農藥污染的花粉、花蜜（上圖）攜回巢內，可能導致巢內蜂群生理上的失序（下圖）。