

有機揮發物對天敵應用之展望

作者：陳泓如（助理研究員）
電話：(037) 991025 # 12

作者：盧美君（副研究員兼分場長）
電話：(037) 991025 # 11

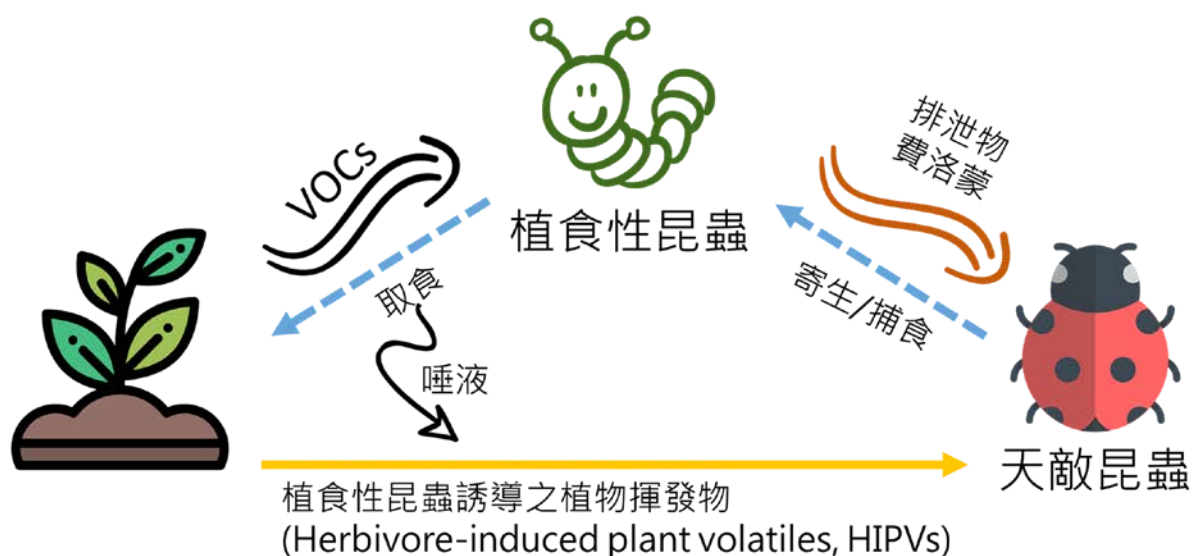
前言

有機揮發物（Volatile organic compound, VOCs）為生物防治應用近20年來新興研究標的，像水稻收割時所聞之草味，也是植物釋放的有機揮發物，所以麻雀或白鷺鷥因為聞到這有機揮發物才會聚集於收割機後方捕食昆蟲，不過要能應用於生物防治的有機揮發物通常濃度很低，並不會被人類察覺，需要用精密儀器才能分離出來。相關的研究方向主要探討「天敵—害蟲—植物」三角關係，早期理論為害蟲感測到植物（食物源）所釋放的味而前往覓食或者產卵，爾後天敵昆蟲再依循害蟲的味道、排泄物、費洛蒙等去捕食或寄生害蟲，陸續研究發現害蟲的味道並沒有辦法完全有效的

吸引天敵，才延伸到天敵因植物釋放的有機揮發物而受到吸引，科學家發現這種植物釋放的有機揮發物具有吸引天敵及增加天敵捕食力的功用，因此成為近年來環境友善或生物防治的新領域（如圖一）。

有機揮發物產生機制

植物本身就會釋放有機揮發物，例如催熟的乙烯及精油等等都算是植物釋放的有機揮發物，常見的揮發物有GLVs（Green Leaf Volatiles，碳水化合物、醇類及酯類）、萜類及芳香物等，而本文所著墨的HIPVs（Herbivore-Induced Plant Volatiles，植食者誘導之植物揮發物）也是屬於揮發物的一種，不過這種味道是因為植物被攻擊後導致自身的



圖一、「植物—害蟲—天敵」三角關係示意圖。昆蟲取食植物過程中所釋放的唾液會促進植物釋放HIPVs，而這化合物可以有效吸引天敵昆蟲前來尋找到害蟲。

防禦機制所釋放的物質，像是蝗蟲咀嚼葉片食，口腔內的唾液會接觸到葉片，唾液內的物質與植物產生反應，因此植物接收到攻擊的訊號而激發HIPVs合成，因此唾液就是屬於激發植物防禦的激發物（elicitor）。

有機揮發物主要由葉片或者根部釋放，可以吸引天敵，科學家稱之為「植物在求救（cry for help）」，除了擔任求救的訊號外，還兼具吸引或排除植食性昆蟲及警告周遭植物族群等功用。

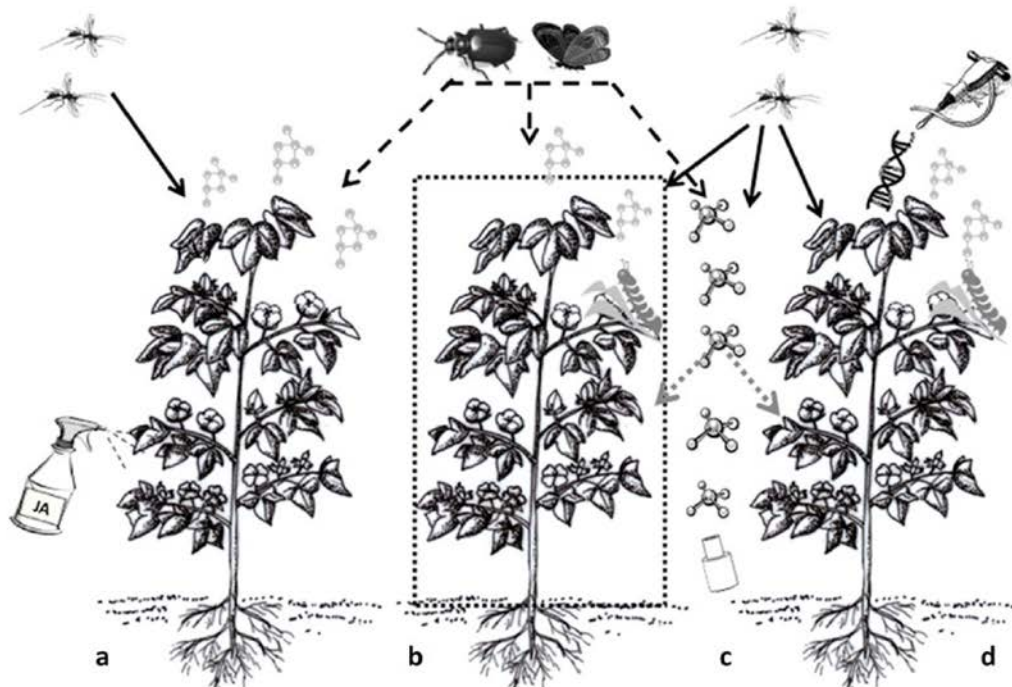
前述所提到的激發物可能是「脂肪酸—胺基酸」複合物或者是一些蛋白質分解酶，像是鱗翅目幼蟲的唾液或昆蟲產卵附的卵絲都會是激發物，而這些激發物與植物接觸（表皮或傷口），進而促發植物的防禦機制，如茉莉酸、水楊酸及乙烯等幾個重要的

訊息傳導會被啟動，接著茉莉酸、水楊酸等物質就擔任訊息傳導的重要角色，告知植物其他部位啟動防禦機制。

HIPVs並不是單一的物質，係由很多基因控制，如同香水一般由多種味道混和而成，具有眾多功能，因此科學家需要利用氣象層析儀（Gas Chromatography, GC）將HIPVs分離後，找出對天敵吸引專一性較高的有機揮發物，做為未來開發應用的候選者。

有機揮發物應用之策略

有機揮發物對於生物防治未來可能利用的方向有以下幾種，(1) 外加激發物、(2) 利用不同植物釋放HIPVs去吸引天敵、(3) 釋放合成HIPVs及(4) 基因改造強化HIPVs釋放等（如圖二），以下分別簡述其策略。



圖二、應用HIPVs於吸引天敵昆蟲之策略。(a)外加激發物(如茉莉酸JA)於植物上，無需植物受攻擊；(b)挑選具有抗性反應速率快及可釋放吸引天敵HIPVs之品系；(c)施用人工合成HIPVs於植物上及(d)利用基因工程加強HIPVs的釋放。(摘錄自 Penafior & Bento, 2013)。實線箭頭表示天敵受HIPVs吸引；黑虛線表示無意間受HIPVs吸引之植食性昆蟲；灰虛線表示合成HIPVs作為訊息傳導物。

(1) 外加激發物

利用外加激發物的概念是藉由釋放假的訊號，讓植物提早啟動防禦機制，增加植物的抗性以降低被攻擊的風險，理論上可以讓天敵延長於田區停留的時間。

一般最常使用的激發物的是植物荷爾蒙茉莉酸及水楊酸，通常咀嚼式口器的昆蟲會激發茉莉酸訊息傳導，而刺吸式口器會激發茉莉酸及水楊酸訊息傳導。使用茉莉酸不僅可以增加天敵停留的族群，也可以促使花蜜產生，提供天敵生存所需的食物源，但是因為茉莉酸作為植物荷爾蒙也會影響其他生理反應，像是落花、落果及降低種子數等影響產量，研究認為使用此種生物防治降低害蟲危害的部分可以與產量的減損相抵。因為茉莉酸跟水楊酸不僅只是昆蟲的訊息傳導，病原菌的傳遞也是透過水楊酸訊息傳導，若使用過量，可能造成負回饋效應，使得病原菌更容易侵入，因此還需要審慎使用。此外還有使用其他分解酵素作為激發物的相關研究，不過目前並沒有得到非常一致的實驗結果。

(2) 利用不同植物釋放HIPVs去吸引天敵

HIPVs被認為是由基因調控而成，過去在育種選拔過程中，主要追求產量的表現，因此植物相關的抗性基因就被淘汰。研究顯示，野生種的植物較栽培種的HIPVs釋放量可以多增加七倍，而對於天敵的吸引力也明顯增加；有些時候，可能是釋放量的差異，也可能是種類的差異，像是歐洲玉米品系都有釋放 β -石竹烯的基因，而在美洲玉米品系並沒有， β -石竹烯可以吸引線蟲去攻擊西方玉米根螟，因此若在美洲玉米田釋放線蟲的效果，可能就比歐洲品系玉米差。

因此科學家們推薦應該由品種中去挑選可以良好傳遞植食性昆蟲攻擊訊息傳導的品種，以增加生物防治的效果，建議應挑選可以吸引當地主要天敵族群的品系為主，所以並不是一個品種就能全球通用。而增加田間物種豐富度

也是可行的方法，但是一定要避免吸引植食性昆蟲的物種，這樣在生物防治的操作上可以事半功倍。

(3) 釋放合成HIPVs

釋放合成HIPVs具有監測田間的天敵數量及增加天敵停留的效用。建於天敵昆蟲具有學習的能力，當天敵昆蟲被人工合成的HIPVs吸引後，因為該區域可能沒有植食性昆蟲，無法直接提升他們搜尋的效率，因此科學家開發新的方法即提供花粉或花蜜，作為「吸引及獎勵」策略，避免天敵來到田間卻無法順利存活等情況發生。而處理合成HIPVs的田區可以透過增加天敵壓制植食性昆蟲的族群，將訊息傳導活化，因此在植食性昆蟲侵入後，可以更快速反應並降低受損程度。未來希望開發出提升寄生率或者捕食率的HIPVs，搭配天敵昆蟲應用，以提升生物防治效果。

(4) 基因改造

科學家可以從揮發物推論該物質的生合成機制，因此利用增強特定基因表現，加強有機揮發物的生成量，被認為也是可行的方法，相關研究報告則有應用在阿拉伯芥、玉米及水稻等，但若持續釋放有機揮發物卻無法有獵物或寄主可供天敵生存，反而會改變天敵移動的模式，因此研究人員建議以快速及釋放優勢HIPVs的品系為優先改良目標，但通常這些基因會影響產量，所以仍需要更深入研究，不過因為臺灣目前並沒有開放基因改作物生產，因此基因改造較不適合未來臺灣發展。

結語

有機揮發物可以作為未來生物防治或者是整合性病蟲害防治的一環，期望有機揮發物可以吸引天敵昆蟲並促進天敵昆蟲停留及繁衍，然後達到壓制害蟲族群擴張及降低農藥施用等目標，不過因為目前農民仍以農藥為主的慣行栽培，因此未來若要在臺灣有機揮發物應用於田間，可能還有一段轉型的旅程。