

應用植物揮發物質吸引害蟲天敵 之生物防治技術發展

王妃蟬

摘要

當植物受到昆蟲攻擊後會產生揮發物質，一般稱為Herbivore-induced plant volatiles(HIPVs)，這些揮發物質可長距離擴散，除可引發鄰近植物的防禦反應外，亦可以吸引植食性害蟲的天敵，藉此降低植物之損害。近年來許多研究利用HIPVs吸引害蟲天敵，達到作物蟲害防治，其中以甲基水楊酸(methyl salicylate, MeSA)最為常見，當施用於作物後，可有效增加田間天敵的豐度及對害蟲的防治效果。許多肉食性的節肢動物，如捕植蟎、寄生蜂等，被證實會利用植物的HIPVs來辨識獵物(preys)的位置，而甲基水楊酸會增加捕植蟎對於害蟎的搜尋能力。由於生物防治技術開發常面臨高技術與高成本之窘境，因此，HIPVs於作物害蟲防治上相當具開發潛力，用以改變天敵的取食行為與搜尋能力增加生物防治之效能，或啟動植物本身的防禦反應，用以作為害蟲綜合防治技術(IPM)之一環。

前言

植物受到攻擊，如植食性昆蟲取食，除直接產生有毒物質或次級代謝物等影響植食性昆蟲的生長表現之直接防禦外，植物本身會產生一些複雜的有機揮發物來進行防禦或訊息傳遞等間接防禦機制。而近30年來，許多研究發現害蟲天敵可透過植食性昆蟲引發植物所產生的揮發物質(Herbivore-induced plant volatiles, HIPVs)來搜尋或定位獵物(de Boer & Dicke, 2005; de Moraes *et al*, 2000; Kaplan, 2012; Takeshi, 2010);而這些食肉性的害蟲天敵便是作物生物防治中的重要一環，因此，利用HIPVs來吸引害蟲天敵或調控天敵行為，可應用於農業的害蟲生物防治上。

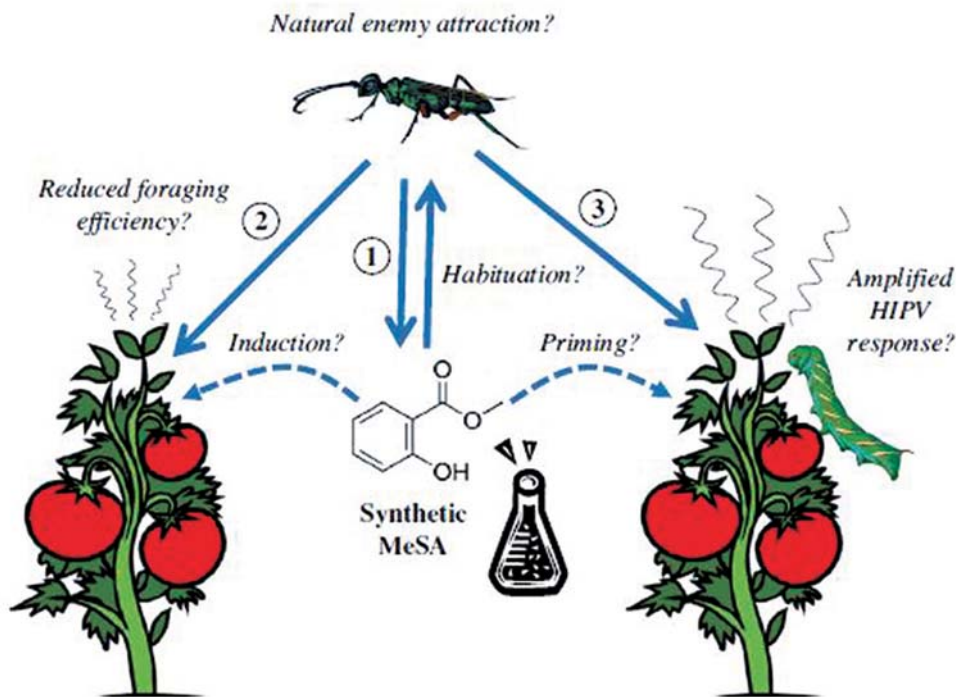
一般作物生產時，往往都是害蟲族群先建立後其天敵才會發生，而天敵的族群密度會隨害蟲族群密度呈線性下降，因此對許多短期作物而言，如何有效保存田間的天敵族群是為生物防治應用的一個關鍵技術。是故，如何調控捕食性或寄生性天敵行為加強防治效能，或是吸引天敵使其及早建立族群密度，均為目前生物防治研究的重點與方向。以往天敵防治之研究多專注如何大量繁殖天敵、田間釋放與維持、提供天敵棲地或食物來源等部分，而往往因為所耗人力資源、技術及成本都相當龐大，而難以有效維持及大量運用於實際的農業操作上。近年來，許多HIPVs運用於田間操控天敵防治之研究，利用「吸引」害蟲天敵的拉(pull)的

力量，取代以往生物防治應用天敵大量釋放之推(push)的方式。

內容

一、HIPVs應用於生物防治

當植物受到昆蟲攻擊時會產生HIPVs來進行防禦，因此，許多研究便著眼於何種HIPVs為吸引天敵之關鍵訊息因子，又多少劑量可達成吸引天敵之效果；而眾多HIPVs如hexenyl acetate、farnesene octyl aldehyde等均被發現具有吸引天敵之效果，又以甲基水楊酸(MeSA)為最常被研究且認定的誘引天敵關鍵化學信息(James *et al.*, 2005)。故研究方向朝向人工合成的HIPVs，如MeSA，是否可以被應用於田間生物防治上。而人工合成的MeSA可以加強生物防治之作用機制(如圖一)，推測有：1.調控天敵的取食偏好及搜尋行為，直接吸引害蟲天敵；2.啟動作物本身的防禦機制，降低害蟲的取食效率；3.強化作物HIPVs的揮發，吸引更多天敵前往(Kaplan, 2012)。



圖一、合成的HIPVs應用於田間作物害蟲天敵防治時可能之作用機制。(Kaplan, 2012)

而目前國外已有商品化之人工合成MeSA產品Predalure (AgBio, Westminster, CO.)，亦有許多研究係利用此商品進行田間調查及研究。利用MeSA與黏紙進行

調查，許多研究中發現MeSA會增加田間食蚜蠅、草蛉、瓢蟲、寄生蜂、捕食性椿象、捕食性薊馬等天敵之密度(James *et al.*, 2005, Lee, 2010; Mallinger *et al.*, 2011, Orre, *et al.*, 2010; Rodriguez-Saona *et al.*, 2011)。

而MeSA對天敵之誘引力仍受距離影響，於黃豆蚜蟲防治試驗，當田間懸掛含MeSA的誘引燈(PredaLure)時，於處理區中央監測到的食蚜蠅密度增高，且田間蚜蟲族群密度降低；但作物於密閉環境時，MeSA誘引燈處理並未降低蚜蟲族群密度，所以MeSA並不會對蚜蟲族群密度及其生殖率有直接影響(Mallinger *et al.*, 2011)。

另外，MeSA除直接作用吸引植食性害蟲天敵外，於溫室內懸掛含MeSA的誘引燈時，當小紅莓置於此環境時，可間接增加其葉片的MeSA釋放，且雖然誘引燈的MeSA揮發量隨時間降低，但小紅莓葉片MeSA釋放量卻未降低(Rodriguez-Saona *et al.*, 2011)。

但MeSA等HIPVs於天敵防治上之應用能可能有其副作用，例如四角關係(Fourth-trophic level)中天敵的天敵增加，甚或吸引其他植食性害蟲(Orre *et al.*, 2010)。因此，HIPVs實際運用於田間生物防治時，要更加評估其它因子的影響。另外，作物受昆蟲攻擊，不同品種所揮發的HIPVs混合種類及濃度均有所差異，亦會影響天敵尋找食餌之偏好性(Kappers *et al.*, 2011)。

二、MeSA影響天敵搜尋能力

植物受到害蟲為害時會產生許多複雜混合的HIPVs，其中，MeSA對於捕植蟎的取食行為具有重要的影響，無論植物自然產生或人工合成之MeSA，均可增加捕植蟎的選擇偏好(de Boer & Dicke, 2004; de Boer & Dicke, 2005)。當白豆(Lima bean)受到二點葉蟎為(*Tetranychus urticae*)害時，其葉片會揮發MeSA、Linalool、(Z)-3-hexenyl acetate等揮發物質；於加洲捕植蟎(*Neoseiulus californicus*)的嗅覺試驗中發現，這些HIPVs中仍以MeSA對捕植蟎最具吸引力，為其關鍵的化學信息(Takeshi, 2010)。

而捕食者的取食經驗、飢餓程度等因素，亦會影響MeSA對捕植蟎取食行為之偏好性。於智利捕植蟎(*Phytoseiulus persimilis*)的偏好試驗結果，當捕植蟎以於取食白豆(葉片會揮發MeSA)葉片的二點葉蟎飼養時，這些有被MeSA吸引取食經驗之捕植蟎，對MeSA處理或產生MeSA之植株偏好性增高；反之，若以取食小黃瓜(葉片不會揮發MeSA)的二點葉蟎飼養時，捕植蟎反而對茉莉花酸(JA)處理之植株較具偏好性(de Boer & Dicke, 2005)；另外試驗中亦發現，植株受葉蟎為害所產生的MeSA對飢餓的捕植蟎具有更強烈的吸引力(de Boer & Dicke, 2004)。

結語

在台灣由於消費者對於農作物的食用安全意識提高，從事有機農業之農友亦逐漸增加，故於作物的害蟲防治上，非化學藥劑防治方式將日益重要，於農業害

蟲防治上，應利用多種防治策略來達成害蟲綜合防治之技術(IPM)，方能真正有效且永續經營農業生產。

於害蟲非農藥防治技術上，生物防治為受矚目且安全之防治技術之一，然以往在生物防治技術上常面臨問題所需成本過高及如何有效保存天敵等問題，是故利用合成HIPVs製作天敵誘引器，如MeSA，吸引多種作物害蟲之天敵，用以降低田間害蟲密度，為相當具發展潛力的防治技術。以天敵誘引器應用於田間生物防治，以Pull策略取代傳統Push策略，將可大幅降低生物防治之成本及技術門檻，如此更可廣泛地推廣於實際農業操作上。但後續研究及應用時仍須評估MeSA或其他關鍵化學信息對不同作物及天敵之誘引效果，並避免其他副作用之影響，以確保農作物之收益。

參考文獻

1. de Boer, J.G. and M. Dicke. 2004. The role of methyl salicylate in prey searching behavior of the predatory *Phytoseiulus persimilis*. J. econ. entomol. 30(2): 255-271.
2. de Boer, J.G. and M. Dicke. 2005. Information use by the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*(Acari: Phytoseiidae), a specialised natural enemy of herbivorous spider mites. Appl. Entomol. Zool. 40(1): 1-12.
3. de Moraes, C. M., W. J. Lewis and J. H. Tumlinson. 2000. Examining plant-parasitoid interactions in tritrophic systems. An. Soc. Entomol. Brasil 29(2): 189-203.
4. James, D.G., S.C. Castle, T. Grasswitz and V. Reyna. 2005. Using synthetic herbivore induced plant volatiles to enhance conservation biological control: field experiments in hops and grapes. Second International Symposium on Biological Control of Arthropods 1, 192-205.
5. Kaplan, I. 2012. Attracting carnivorous arthropods with plant volatiles: The future of biocontrol or playing with fire? Biol. control. 60: 77-89.
6. Kappers, I. F., H. Hoogerbrugge, H. J. Bouwmeester and M. Dicke. 2011. Variation in herbivory-induced volatiles among cucumber (*Cucumis sativus* L.) varieties has consequences for the attraction of carnivorous natural enemies. J. Chem. Ecol. 37: 150-160.
7. Lee, J. C. 2010. Effect of methyl salicylate-based lures on beneficial and pest arthropods in strawberry. Environ. Entomol. 39(2): 653-660.
8. Mallinger, R. E., D. B. Hogg and C. Gratton. 2011. Methyl salicylate attracts natural enemies and reduces populations of soybean aphids(Hemiptera: Aphididae) in soybean agroecosystems. J. econ. entomol. 104(1): 115-124.
9. Orre, G.U.S., S.D. Wratten, M. Jonsson and R. J. Hale. 2010. Effects of an herbivore-induced plant volatile on arthropods from three trophic levels in brassicas. Biol.

- control. 53: 62-67.
10. Rodriguez-Saona, C., I. Kaplan, J. Braasch, D. Chinnasamy and L. Williams. 2011. Field responses of predaceous arthropods to methyl salicylate: a meta-analysis and case study in cranberries. *Biol. control.* 59: 294-393.
 11. Takeshi, S. 2010. A key volatile infochemical that elicits a strong olfactory response of the predatory mite *Neoseiulus californicus*, an important natural enemy of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. *Exp. Appl. Acarol.* 50: 9-22.