

蟲生線蟲 在害蟲防治之應用



■唐立正 國立中興大學 昆蟲學系
■黃育仁 動植物防疫檢疫局台中分局

一、前言

蟲生線蟲 *Steinernema* 及 *Heterohabditis* 屬 (*Nematoda:Rabditida*) 目前已成爲害蟲生物防治中出色的蟲生病原。而此方面的研究，自 Glaser 在60年前發現線蟲感染蟻蟻至今已具有長足的發展。近年來大量蟲生線蟲種類分離株與品系的發現及在蟲生線蟲的產量及製劑技術的進展，造成化學殺蟲劑使用減少，促進了人們對蟲生線蟲的科學研究及商業量產產生了極大的興趣，進而使某些蟲生線蟲的產品在中、高價位的市場的農產品利用達到了頂點。

二、蟲生線蟲生物學

蟲生線蟲的寄生生活史 (parasite cycle) 由第三齡的侵染期幼蟲 (Infective juveniles, IJs) 開始，此不取食的侵染幼蟲經由寄主昆蟲體表的自然開口 (如：肛門、口及氣孔)，侵入及定居於適當的寄主體內。一但侵入寄主體內，設法進入血管中，並將保存在線蟲腸道中的共生細菌 (symbiotic bacteria) 釋放出來，而此共生細菌在血管中大量增殖，釋出代謝物，引發寄主昆蟲產生敗血症 (septicemia)，並在24-48小時間，造成寄主死亡。此時侵染期的幼蟲蛻去二齡的表皮，取食快速增殖的共生菌及崩解的寄主組織，進行發育及生殖在死亡的寄主體內線蟲約可完成2-3世代，當食物資源耗盡，線蟲即停止繁殖，其子代則發育成對環境較具耐受性的侵染期幼蟲 (外表包裹二齡幼蟲的表皮)，並由死亡的昆蟲寄主中分散 (disperse) 到自然環境中存活及尋找新的寄主。斯氏線蟲屬 (*Steinernematid*) 及異小桿線蟲屬 (*Heterohabditid*) 的線蟲產品中，持久侵染期及攜帶致死性的共生菌的兩大特色，在商業化生產的觀點，極具商品價值及開發的吸引力。侵染期的幼蟲 (IJs) 比

其他發育期更具忍耐環境壓力因此能夠有效進行製劑，在施用前便於運輸及保存達數個月之久。斯氏線蟲屬的胃部 (ventricular portion) 特別形成一個儲有共生細菌的構造，稱爲腸囊 (Intestinal vesicle)。而異小桿屬的侵染期幼蟲之共生菌則位於腸道的食道及胃的區段中，與蟲生線蟲結合的專一性共生菌，可促進線蟲快速的大量生產 (細菌可提供爲線蟲的食物) 並成功產生致病力。雖然不帶共生菌的線蟲偶而會造成寄主死亡；但卻無法行正常的生殖。更進一步的說明，細菌無法穿透腸道單獨進入寄主血管中，因此線蟲扮演媒介角色，轉運共生菌進入寄主體內，增殖擴散營造一個適合線蟲存活及繁殖的場所。目前發現所有與斯氏線蟲屬結合的共生菌，皆爲 *Xenorhabdus*；而與異小桿線蟲結合的都爲 *Photorhabdus* (會發出螢光)，每一種線蟲僅帶單一種的共生菌；但任何一種的共生菌卻可被不同種的蟲生線蟲所攜帶，而此線蟲與共生菌專一性結合可區分爲三階層，促使線蟲由靜止發育 (dauer phase) 恢復發育；提供線蟲發育最基本的營養需求，將共生菌保留在不取食之侵染期幼蟲的腸道中。

線蟲種類不同時，在搜尋行爲、溫度的適應範圍、內在代謝率、能量儲存，乾燥環境忍受，及體型大小皆各有差異，而這些不同的特性對發展線蟲量產系統、儲



◀ *S. abbasi* 感染黃條葉蚤三齡幼蟲之情形。
左：受感染幼蟲；右：健康幼蟲。



▶ 黃條葉蚤之蛹受到 *S. abbasi* 感染後，所表現的不同病徵。
左：健康的蛹；中、右：受感染的蛹。

存操作、製劑的合成及施用策略皆提供了許多重要的資訊。

三、施用策略

昆蟲寄生性線蟲大都是以淹沒式釋放來進行生物防治，且對於居住在免除乾燥、紫外線輻射及高溫的土壤式隱避棲所內的昆蟲最為有效，甚至於傍晚及清晨施用於潮濕的土壤中效果更佳。倘若在施用線蟲後給予適當的灑水灌溉可以促進線蟲的立足並可將葉片上的線蟲沖落到其天然的保存庫－土壤。雖然線蟲通常是以治療的方式作為害蟲防治處理，但是將線蟲包圍種苗及種子周圍的預防性施用也已被提倡。Eidt及Weaver推薦在松樹種苗在定植前先施用 *S. carpocapsae* 3×10^5 IJs/棵可以保護苗木避免被剝皮甲蟲 *Aylobius congener* 的危害。

(一) 土壤的施用

將線蟲直接噴灑到土壤表層是最常被人們所採用的方式，這種方法簡單迅速，且可提供好的覆蓋率，以每公頃750－1900公升的用量通常足夠使線蟲到達棲息在土中的標的害蟲。線蟲則皆可適用於任何土壤及空間灑佈的商品化機具，包括小型的加壓噴霧器，吹霧機，靜電噴灑器，以及架設在直升機上的傳統噴灑裝置，線蟲也可應用於灌溉及灑水的灌溉系統中當壓力到達1068kpm對線蟲也沒有不利的效果，牠們可以造成噴嘴阻塞。國內則在網室盆栽蘿蔔施用於土壤中，用以防治黃條葉蚤幼蟲及前蛹，可達90%以上的致死效果。

(二) 葉部的施用

通常線蟲施用葉面時則較具挑戰性，由於快速乾燥及致命的紫外線，常無法建立令人滿意的效果。到目前為止，僅有在適當的條件下(高溫、夜晚及清晨) *S. carpocapsae* 在菊花可有效的防治甜菜夜蛾及潛葉蠅倘若葉部產生隱蔽的棲所(花蕊濃密的冠層葉片潛道及捲葉等)，相對於暴露於葉表時，線蟲的施用則提高其可行性且被優先採用。雖然在線蟲懸浮液中添加了保濕劑及抗紫外線保護劑以提高對害蟲防治的層級，但在某些案例中，經濟防治的效果仍然是可以達成的。

(三) 在誘引作物上的施用

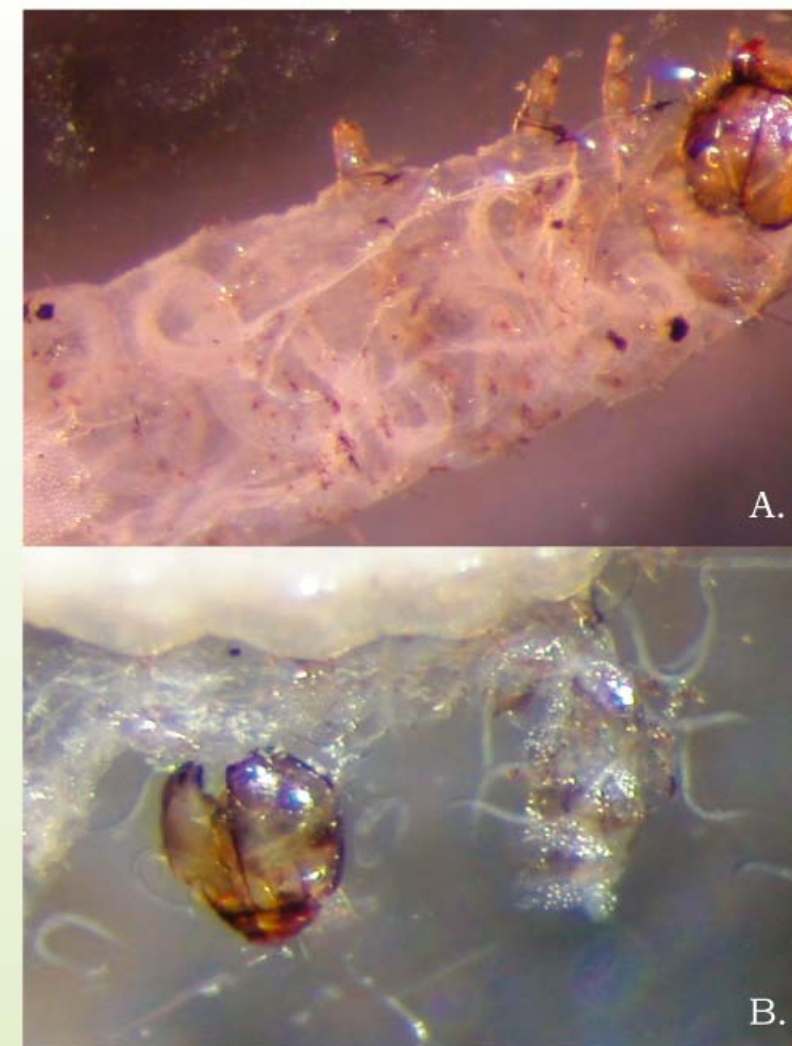
在Hawaii，玉米通常在番茄及瓜田中當作瓜實蠅 *Baetrocesa cucurbite* 的誘引作物，以化學殺蟲劑與水解蛋白混合後施用於玉米穗絲上誘殺瓜實蠅，但是不幸的，危害玉米的玉米穗蟲在常地的玉米上族群大增，導致對番茄造成重大危害，其後利用 *S. carpocapsae* 每週施用於玉米穗絲內，連續施用9周後，比不施用的對照組，使番茄的可上市率增加了18%，可惜此勞力密集的施用方法僅適用於家庭園藝及小型的蔬菜栽培農場。

(四) 繁殖材料的施用

Bedding 及 Miller將 *S. feltiae* 施用於黑醋栗 (blackcurrent) 的枝條後，Sessi (*Synathedon tipuliformis*) 可獲的99%的防治效果，線蟲也可以噴佈於成堆的插條，再裝入大型的袋子內。Bari將朝蘚蕪的根浸潤在含有 *S. carpocapsae* 的懸浮液中再將處理過的根莖種植到田間，結果明顯的降低了朝蘚蕪羽蛾對新芽的危害。

(五) 應用於昆蟲的陷阱內

S. carpocapsae 及 *S. scapterisci* 由於牠們伏擊搜尋行為的特性，因此被寄予厚望，設計使用在具誘餌的陷阱中可成功的誘殺害蟲，線蟲置於誘捕器中已被測試於不完全變態的若蟲及成蟲期，包括了蝗蟲 (*Melanoplu spp.*)；褐色蠅蛄 (*Scapteriscus vicinus*)；以及德國蟑螂 (*Blattella germanila*)。完全變態的昆蟲如家蠅 (*Musca domestica*)；香蕉象鼻蟲 (*Cosmopolites sordidus*)；大黃蜂 (*Vesupa spp.*) 以及完全變態幼蟲，切根蟲 (*Agrotis ipsilon*)。陷阱中可能含有誘引標的昆蟲的誘引食物或誘引源，食物吸引物及性費洛蒙。聲音的陷



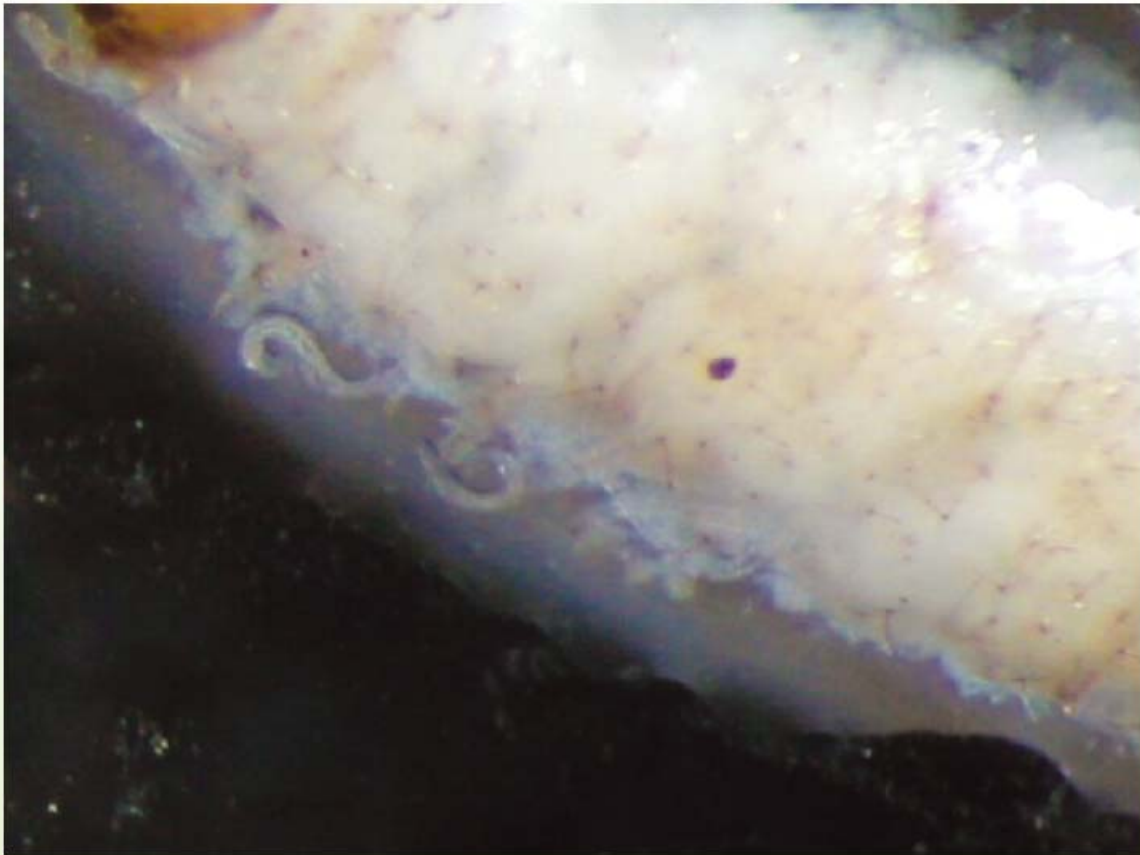
◀ *S. abbasi* 於黃條葉蚤幼蟲體內生長之情形(A)；IJs由蟲體內釋出(B)。

阱曾被利用以吸引螻蛄飛行到 *S. scapterisci* 的線蟲處，且雄蟲的聲音對雌蟲有強烈的吸引力。

四、結論與展望

蟲生線蟲的商品化發展在 1990 年間已有長足進步。大規模量產技術的發展創新，及方便施用劑型的開發皆使蟲生線蟲的應用迅速的擴展。品質的改進，各種線蟲的量產藻膠和粘土劑型的發展，及可溶性粒劑的合成，皆有劃時代的造詣，也促進了消費者對線蟲產品的接受及信賴。

而這些發展也導致線蟲應用在草皮上防治螻蛄及穀象；桔柑園防治根象鼻蟲；在溫室及菇舍防治蕈蚋；及庭院中防治跳蚤。經工業界學術界聯合產業界共同努力及政策導向的配合，進而讓我們在減少化學殺蟲劑使用的目標上，付出的實質的貢獻。儘管如此線蟲殺蟲劑在現實生活中，尚未使人們對化學殺蟲劑的信降低到一個明顯的水準，其主要的原因是我們在如何正確適當使用線蟲及線蟲相關的生物學的資訊尚嫌不足，而需要再研究及探討。並利用基因工程技術，突破及增進線蟲在生物防治的潛力，融入到害蟲綜合防治（IPM）中，達成安全有效的防治目的。



▲ 黃條葉蚤前蛹受 *S. abbasi* 侵染之情形。