

# 天敵昆蟲及生物性資材於作物保護 應用之研發及其產業

作者：施劍瑩 教授  
中興大學昆蟲學系  
電話：04-2286-2742

## 前言

農業生物技術分傳統自然源生物體與基因改變體的利用、繁殖、大量製造產品等，而利用天敵防治植物病蟲害則為其一環。近二十年來農業生物技術發展迅速，應用生物技術學除包括遺傳工程技術、細胞融合技術及蛋白質工程技術的研發外，尚包括組織培養細胞、酵素固定化、發酵技術、大量繁殖天敵昆蟲、微生物及其抗生素之發酵與萃取技術等；後者則是作物生產栽培及植物保護的主要農業資材，除確保及提昇作物產量品質外，則在生產無農藥殘毒及環境友善的農產品—有機農產品。天敵主要包括寄生性及捕食性的昆蟲類、蜘蛛類與蟬蟎類，其中又以蟬蟎類之捕植蟎類（Phytoseiids）大量繁殖與利用為近年來作物保護的主流。

## 我國古代及現代傳統生物技術之應用與發展背景

我國古代三皇本紀記載「……耒耨之用，以教萬人。使教耕，故號神農氏。」教導農民耕犁栽種農作物；帝王世紀期神農氏「教民播種五穀，作陶冶斤斧，為耜鉏耨，以墾草莽，然後五穀

興，以助果蓏實而食之」，則在教導農民利用繁殖體的生產。魏晉南北朝（AD220-589）北魏賈思勰齊民要術、種谷篇中指出14個粟品種有「免蟲」之優點，該文獻除介紹作物繁殖生產外，更教導繁殖體的篩選，即為今日選育抗蟲品種之利用。晉代嵇含的南方草木狀記載「交趾人以席囊貯蟻，鬻于市者，……，并窠而賣。……，南方柑桔若無此蟻，則其實皆為群蠹所傷，無復一完者矣。」此種華南地區販售及利用捕食性黃蟻（Pharaoh's ant, *Monomorium pharaonis* (L.)) 防治柑桔大綠蠹，古時稱之為“養柑蟻”；此證實我國早在1,600多年前即利用天敵施行生物防治的技術。

現代背景回顧：二十世紀中葉以後的綠色革命，令糧食大量增產，世界糧食得以充裕供給快速成長人口的需求。化學藥劑大量使用令生態系中有毒化學物質經生物放大（Bio-magnification）效應而危害環境，促成1960年代美國 J. F. Kennedy 總統指示PAC（President Advisory committee）and NSC（National Science Council）尋找如何避免“寂靜春天”（silent spring）一書推測地球將會《蟲不鳴、鳥不語》的夢魘，導

致美國環境保護署EPA (Environmental Protection Agency) 的成立及食物藥物局 (Food and Drug Administration, FDA) 對食物食品殘毒的嚴格管制，以及美國農業部 (USDA) 與各國農政及學術等各界積極推展非農藥的作物生產及保護策略，帶動生物科技研究及產業的發展。近代生物科技的發展主要的成就、基石及里程碑有 (1) 1928年 英國 Alex Fleming 發現青黴素 (Penicillin) 一誘導生物技術之產業化；(2) 1953年 J. D. Watson and F Crick 一發現核酸 DNA 雙螺旋為遺傳的基本構造，令生物化學，分子遺傳學崛起，導致微生物學應用領域之迅速發展；(3) 1973年 基因重組研發成功；(4) 1975年 融合瘤技術 (Hybridoma technology) 製成單株抗體 (monoclonal antibody)，奠定生物技術產業的基礎，包括後來基因重組的胰島素 (Insulin)、干擾素 (Interferon)、B型肝炎疫苗及紅血球生成素 (EPO) 等量產上市；(5) 1997年複製羊 Dolly 的成功，為基因轉殖動物開啓新的一頁；(6) 傳統生物技術的開發 (作物保護領域為例)：1960

年迄今、自然生物天敵『昆蟲、線蟲、捕食性蟎類、微生物病原菌 (真菌、細菌及病毒等) 及原生動物 (簇蟲類)』及其代謝產物的開發與利用，則成為今日作物保護及有機農業生產的主軸與保障。

### 基改作物技術及產業對人類的貢獻

1. 增加糧食產量，有助全球糧食、飼料及纖維安全。
2. 提高單位產量，節省耕作面積與土地利用效能。
3. 提升生物多樣性及環境保育。
4. 利用植入性及添增性的生物防治優勢及利益，令農業得永續發展及資源的永續利用。
5. 提高生產的穩定性及產品品質。
6. 減少化學藥劑及其殘毒對人、畜、禽之危害，達到自然和諧 (Harmony) 的目的，增進消費者之安全。
7. 改善生產者、消費者等的社會利益，突破WTO規範的貿易檢疫及技術障礙，改善開發中國家的經濟與財務。
8. 易被中小企業所接受投資，有利開發及未開發中國家的經濟發展。



二點葉蟎及其高密度危害狀

## 生物農藥及天敵的重要性、需求及產值

市場：農業生物農藥市場的發展及總銷售額迅速增長，如下：

主要產品：  
微生物製劑

年	總銷售額	
1960~1980	20-25	百萬美元
1989~1992	60	百萬美元
1995	80-85	百萬美元
2000~2003	140	百萬美元
2004~2006	>400	百萬美元

生技產品	市場佔有率	主要菌株
<i>B. thuringiensis</i>	80%	Bt kustaki against Lepidoterans ; Bti against Dipterans ; Btt against Coleopterans )
Nematicides	12~13%	
others ( <i>B. subtilis</i> , <i>Metarhizium anisopliae</i> , <i>Streptomyces</i> , <i>Entomopathogenic nematodes</i> )	>3%	

\* 註：近年*Streptomyces avermitilis*醱酵培養產生*avermectin*為主之衍生物，為抗寄生蟲藥，其C-5為OH基的B系列*avermectin*生物活性強，為農業的殺蟲及殺蟎劑，普通名為「阿巴汀」(abamectin)。

## 捕食性及寄生性天敵之利用原則

傳統的生物防治係引進、飼育及釋放天敵及保育田間天敵，確保其應有的作用性。近一百二十幾年來、生物防治所生的經濟效益已遠遠超過投資花費的數萬~百萬倍以上，環境保育及人類健康的價值更非金錢可取代。世界先進各

國均大量飼養及釋放寄生性天敵防治害蟲，如赤眼卵寄生蜂等供區域性大面積及季節性的釋放，甚少為商業化的生產，但近二十年來、單一作物及特定害蟲的捕食性天敵已成商業的主要產品，其中尤以捕植蟎類為主（表一）。

表一、全球生產供應商數、每年產量及市場售價 (Global suppliers, annual sales and market values of beneficial organisms)

Area 地區	Annual total sales ( Million USD )	No. of suppliers	Predatory mites sold / year <sup>1</sup> ( Millions )
CANADA	2.0~3.0	14	> 134
MEXICO	2.5~4.0	33	> 168
USA	19.0~33.3	95	> 1,275
Europe	30.0~52.5	150	> 2,013
Australia	2.2~3.8	11	> 147
Total	> US\$ 55.7	303	> 3,737

<1>. 中國大陸 2005-2006 年生產、銷售及釋放約 80 億隻捕植蟎 ( Per. communication, 福建農科所張艷旋)

### 天敵大量飼育技術、價值、現況及市場潛力

背景說明：中國嶺南以《養柑蟻》生物防治柑桔害蟲迄今已有一千多年歷史，近120年來世界各國均積極研究推展生物防治及天敵利用，雖有卓越的成效，但多侷限於引入及釋放少量天敵，令其於自然界自然繁增而達防治效果，如澳洲瓢蟲引入加州防治柑桔吹棉介殼蟲；至於大量繁殖生產天敵，利用其為生物殺蟲劑之技術與產業，則只有近卅餘年的歷史，如荷蘭Koppert公司及英國BCP公司。英國BCP公司尚於數年前創1百萬英鎊的業績，並獲英女王獎，英國政府推動獎勵新興企業之方式，實值我們借鏡。另微生物天敵主要包括BT、蟲生真菌、寄生性線蟲、原生動物及毒素病原等，多為新興的產業，且獲利頗豐。

大量繁殖節肢類天敵之主要種類有昆蟲類的瓢蟲、草蛉、捕食性椿象、寄生蜂（*Encasia.formosa*）等，捕植蟻類則有智利捕植蟻、法拉氏捕植蟻、胡瓜

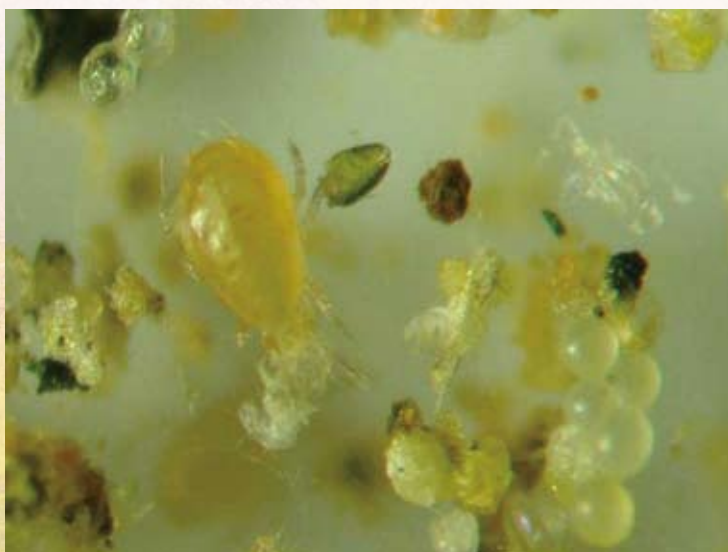
捕植蟻（歐美）、溫氏捕植蟻、卵形捕植蟻等（台灣）。大量繁殖天敵之定義為每單位生產週期（一世代的生命週期）生產百萬~千萬隻以上的天敵量，並且所產的成品齡期均為有效及可利用的齡期或釋放後能立即羽化為有效攻擊防制害蟲期。於必要時所產之天敵具有特定殺蟲劑之抗性，以配合綜合管制害蟲。

### 評估大量繁殖天敵面臨及應克服的問題

- 1.有效天敵蟲源的純化及基因池多樣性的維持。
- 2.馴化問題的克服。
- 3.食餌供應的穩定性/生產自動化的配合。
- 4.飼育技術的研發及量產－最佳給餌量、飼育單元、條件、給餌頻度。
- 5.配合自動化生產符合降低成本的技術要求。
- 6.天敵收成後的包裝及運輸技術及條件。
- 7.成品貨架期（*Shelf-life*）：飼料及填充物之開發。

### 世界捕食性昆蟲生產公司企業及產值

往昔世界主要生產繁殖天敵防治害蟲多由政府機構預算執行，如畜牧養殖業牛螺旋蠅之不孕性雄蟲、玉米螟之寄生蜂等。近十餘年來則因設施（園藝）作物的發展、消費者要求無農藥產品品質及環境保育意識之抬頭，令生物防治天敵市場需求殷切（表一）。歐洲、美、日等先進國家私人企



捕植蟻掠食葉蟻

業開始研發生產繁殖天敵，供應市場需求，其中以荷蘭 Koppert、英國BCP等為主要而成功的生產供應公司。該等公司

以捕植蟎為其主要營業項目（表二），顯然捕植蟎已為葉蟎生物防治之主要天敵種類及投資開發項目。

表二、全球捕植蟎之作物使用面積及市場需求量

Year	Hectares		No. predators / ha / yr <sup>1</sup> (Green house / or Field)	Total demand of predatory mites (Millions)	Remarks
	Green houses & saran houses	Field crops			
1990-1999	4,000	< 4000	50-100 / 50	1,000	Netherlands USA Japan
2000-2004	8,000	4,000	50-100 / 50	4000	England EU USA Japan
2004-2010	20,000-40,000	20,000-100,000	50-100 / 50	4,000-10,000	All developing and developed countries

1. 上述表列未包括特殊市場需求（遊樂區、場、園、公園及公共場所如旅館、綠園、花園等，因安全要求均以天敵為防治害蟲技術，例如迪斯奈樂園每園區每2~4週需釋放150-350萬隻捕植蟎）。

### 田間作物整合及綜合管理之配套技術開發

有鑑天敵的專一性，對作物栽培生產過程中尚得考量其他病蟲害的防治及作物生長勢、抗逆境及抗病蟲害性的提昇、品質與產量的增高、貨架期的增長及耐貯藏、運輸期特性的提昇等，本文除簡介釋放捕植蟎天敵之同時，也利用下列農業有機資材達到該等的目的。

#### 腐黃酸 (Humic-Fulvic acid) 的功效

1. 增進作物根系生長及頂端優勢-類荷爾蒙效應（抑制荷爾蒙之氧化酵素）。
2. 增進光合作用產物運輸到庫存。

3. 與魚精等合用可增添作物產品如草莓果實化學色素物質，供產品增艷、顏色對比，提高產品價值。
4. 利用植物生理對添加物反應及吸收率（如鉀、鈣等類螯合作用LSA），提高葉綠素及細胞膜、細胞壁之生長，提高抗蟲抗病之免疫力。
5. 增添植物生長發育物質，另快速完成植物營養生長期，再令其轉換為繁殖期，以提高產量及產品／收穫期之一致性。
6. 增長作物產品如草莓、釋迦、柑桔等之貨架期，配合儲存後熟或檢疫處理之必要特性。
7. 其他腐植酸之優點：如增加土壤養分

利用，有益微生物增生等。

### 枯草桿菌 (*Bacillus subtilis*) 及放射菌 (*Streptomyces sp.*)

利用其孢子及代謝產物之抗生物質，達到拮抗及殺病原菌之效，以取代化學藥劑及減少對釋放天敵捕植蟎的危害，增長捕植蟎的有效期及防治效果。

### 幾丁質液

輔助及提升微生物殺菌劑之效果外，尚可提高放射菌及枯草桿菌等防治線蟲、土壤病害及微小土壤害蟲等之效果，減少土壤病蟲害之發生。

## 展望

- 一、生物技術及傳統之生物體利用有其特定區隔，傳統的天敵之利用更有其特定價值，但所需開發資金較低，故適合開發中國家之投資。
- 二、生物技術研發會因特定企業利益衝突而被擱置或專利被買斷；當此專利技術深切影響社會利益或能長足



溫氏捕植蟎雌成蟎 (*Amblyseius womersleyi*)



智利捕植蟎 (*Phytoseiulus persimilus*)

改善民生時，社會及私人企業間的利益衝突需要合理的規範。

- 三、農業作物生產技術除注重GM crops 開發外，亦應對傳統的生物技術開發之。
- 四、農業生物技術產品實際利用於作物生產時，應注意其綜合、配套措施的開發，否則常常效果不彰。如天敵釋放應避免化學藥劑施用，配合微生物/微生物代謝產物、自然動植物萃取物及作物肥料、生長及生理之合理或精準的綜合／整體管理技術與資訊整合。
- 五、農業生物技術產品應注意地區、作物種類及施用方法之差異性，並調整產品性質。如利用葉面噴施有機資材及微生物防制病害時，除應注意其相互的協和性及適宜性外，更應注意微生物之抗生物質之重要性，治蟲防病應瞭解其孢子數為主的特性與農友用藥習慣性的差異性。