

## 微生物在害蟲防治上之應用

高穗生\* 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所 生物藥劑組  
台中縣霧峰鄉舊正村光明路 11 號

### 摘 要

昆蟲病原微生物農業生態系中，對害蟲棲群的調節，扮演一重要角色。事實上，開發昆蟲病原微生物作為廣效性化學殺蟲劑之替代方案，是受到激勵的。害蟲的微生物防治，簡單而言，即是利用昆蟲病原微生物來調節害蟲棲群密度的一種防治方法。一般而言，涉及在害蟲的棲群中誘發疾病的大流行。要達到微生物防治的目的，通常包括有目的地造成流行疫病，或將自然發生的流行疫病加以利用，因此微生物防治可以說是一種應用動物流行疫病學。至於利用昆蟲病原微生物防治害蟲則有三種主要的策略：引進包括接種式和淹沒式；增強；保育包括使用選擇性化學藥劑及環境的操縱。本文將對每種策略簡略地加以討論並舉例說明。

關鍵詞：昆蟲病原微生物，微生物防治，引進，增強，保育

\*論文聯繫人

e-mail：sskao@tactri.gov.tw

## 前言

害蟲的微生物防治，簡單而言，即是利用昆蟲病原微生物來調節害蟲棲群密度的一種防治方法。一般而言，涉及在害蟲的棲群中誘發疾病的大流行。要達到微生物防治的目的，通常包括有目的地造成流行疫病，或將自然發生的流行疫病加以利用，因此微生物防治可以說是一種應用動物流行疫病學(Harper,1987)。

蟲生病原，包括細菌、真菌、病毒、原生動物和線蟲。有些病原可在自然界害蟲棲群中造成流行病，有些只會引起慢性病，亦有的不會產生流行病。其使害蟲罹病或死亡，亦因蟲種和病原的不同而有所差異。蟲生病原中之線蟲，體型較大肉眼可見一般不把它列為微生物，但總會在微生物防治時，同時列入討論。至於微生物防治之目標：包括永遠減少害蟲棲群密度至一般平衡水準，啟動短期疫病，使病原能循環並僅能使一世代或數世代之寄主造成死亡率，增加棲所中已存在病原之數量，經由施用作用迅速且不會再循環之蟲生病原來暫時抑制害蟲之棲群(Harper,1987)。

為何非得進行微生物防治？原因在於：不可能使用化學藥劑—如防治蜂巢上之大蠟蛾，環境不允許—如水源涵養地區之森林、公園綠地、行道樹，殘留容許量不能接受—如儲藏之食物，化學藥劑幾乎難以防治的害蟲種類—如玉米穗蟲類，小菜蛾，短期作物、採收期長之作物，有機栽培之作物。

論及微生物防治則有下列之優點：對標的害蟲或少數寄主有特異性，對脊椎動物和植物無害，無殘留，少或無環境污染，對標的害蟲少或無抗性(害蟲對 *Bt* 已有抗藥性產生)，無次要害蟲之猖獗，與許多化學農藥、寄生性和捕食性天敵和其他病原有相容性，有長期防治之可能，容易以傳統噴藥器械施用病原微生物，兼性病原可以大量生產，可經由生物工程進行基因改造等。

## 微生物防治策略

### 一、引 進

#### 1. 接種式之引進

又稱古典生物防治，將一種新的、外來的病原或具有較高毒力的品系從一個地區或國家引進到另一個地區或國家謂之古典生物防治。病原在標的害蟲之棲群中再循環，在數年之內成為風土病，將害蟲危害長期地降低到低水平，且能維持此種水平(Harper,1987)有兩個成功的例子可提供參考：

## 吉普賽舞蛾噬蟲黴

Hajek *et al.* (1996b) 在 1991 和 1992 在美國 4 個東方的州，沿吉普賽舞蛾分佈的南線設置 41 處試驗區，施用舞蛾噬蟲黴 (*Entomophaga maimaiga*)  $6 \times 10^5$  之假結合孢子 (azygospore) 於橡樹之基部。在 1992 年夏天於 40 個試驗區發現該真菌，且自然散佈到對照區，造成之流行疾病對吉普賽舞蛾棲群的下降甚至崩解有關 (Reardon and Hajek, 1993; Smitley *et al.*, 1995; Hajek *et al.* 1996; Hajek 1997)，對非標的鱗翅目種類無任何影響 (Hajek *et al.* 1996a)。Weseloh and Andreadis (1997) 指出本真菌假結合孢子間隔性的發芽，六年內每年以幼蟲進行生物檢定，均能達到 80% 之死亡率。假結合孢子的長存活力和發芽的變異性，保證使舞蛾噬蟲黴更有持效性，甚至在無吉普賽舞蛾或數量極少的年份均如此。利用無包涵體病毒防治犀角金龜子

Huger (1966) 發現犀角金龜子 (*Oryctes rhinoceros* L.) 之無包涵體病毒，顯示該病毒對犀角金龜子有長期防治的潛力 (Bedford, 1980, 1981)。成蟲受到感染後不會立刻死亡而變成帶原者和傳播者 (Zelazny, 1973)，健康的成蟲在交尾時經由受感染之伴侶經口接觸或取食受感染成蟲所污染的葉片，或接觸到孳生處會有罹病死亡之幼蟲，因而受到感染 (Young, 1974; Zelazny, 1976; Young and Longworth, 1981; Zelazny and Alfiler, 1991)。受感染的成蟲死亡較快且產卵較健康為少，(Zelazny, 1973)。當罹病成蟲在孳生處排便時，則感染到幼蟲，罹病幼蟲一定會死亡 (Zelazny, 1972, 1976)。自 1967 年之後該病毒被引進到南太平洋島嶼之椰子農場，對犀角金龜子有顯著的防治效果。Zelazny *et al.* (1992) 將利用此病毒成功的原因歸諸於成蟲壽命長和在寄主昆蟲低密度下仍能持續存在之故。

## 2. 淹沒式之引進

淹沒式地釋放微生物以達到迅速壓制害蟲棲群的目的。涉及到釋放之病原原先並未存在於害蟲之棲所。利用病原來防治害蟲最普通的戰術，即為淹沒式的釋放病原進入到一害蟲棲群中去，能相當快速地造成害蟲死亡。微生物殺蟲劑之使用即屬於此種方式。在必需時才施用病原以使害蟲棲群降低到經濟限界下

(Harper, 1987)。微生物殺蟲劑包括了細菌、病毒、真菌、線蟲、和原生動物：  
細菌：

最廣泛使用以淹沒式的方式來施用的細菌為蘇力菌 (*Bacillus thuringiensis*)

用來防治農業，森林和衛生害蟲，其他細菌包括日本金龜子芽孢桿菌 (*Paenibacillus=Bacillus popilliae*)和嗜蟲沙雷氏(*Serratia entomophila*)用以防治金龜子，另有圓形芽孢桿菌 (*B. sphaericus*)可防治蚊類幼蟲 (Lacey *et al.* 2001)。  
病毒：

最具微生物防治潛力之病毒為桿狀病毒科(Baculoviridae)，包括核多角體病 (nucleopolyhedroviruses, NPV)和顆粒體病毒(granuloviruses, GV)(Grandos and Federici, 1986; Hunter-Fujita *et al.*, 1998)。超過 400 種昆蟲，大多數為鱗翅目和膜翅目，為桿狀病毒之寄主。在 IPM 架構下，以後桿狀病毒的施用會增加，特別是在開發中的國家和少量栽培高經濟價值作物的害蟲防治上 (Lacey *et al.*, 2001)。

真菌：

有 700 種真菌被報導，大約有 10 種曾經被作為害蟲防治用或正在開發，使之成為真菌殺蟲劑 (Hajek and St. Leger, 1994)。研究最多的包括白殭菌屬 (*Beauveria*)，黑殭菌屬 (*Metarhizium*)，擬青黴菌屬 (*Paecilomyces*)，橙色真菌屬 (*Aschersonia*)，多毛菌屬 (*Hirsutiella*)和輪枝菌屬 (*Lecanicillium=Verticillium*) (Alves, 1998b; Inglis *et al.*, 2001; Goettel *et al.*, 2005)。因為真菌的入侵是經表皮，故特別適合用來防治刺吸式口器的昆蟲如半翅目 (Dolinski and Lacey, 2007)。

線蟲：

屬於斯式線蟲科 (Steinernematidae) 和異小桿線蟲科 (Heterorhabditidae) 之線蟲能有效地防治土壤及穩藏之害蟲 (Kaya and Gaugler, 1993; Geogis *et al.*, 2006; Shapiro-Ilan *et al.*, 2005)。這些線蟲之共生細菌異桿菌 (*Xenorhabdus* spp.) 和光桿菌 (*Photorhabdus* spp.) 棲息於其具有感染性幼蟲 (infective juvenile, IJ) 之腸道內。具有感染性之幼蟲自害蟲之口腔，肛門或氣孔穿入血腔，釋放出共生細菌而於 48 小時內殺死害蟲。線蟲則於寄主內發育繁殖，待形成具感受性幼蟲後，再次入侵其他寄主 (Dolinski and Lacey, 2007)。

原生動物：

害蟲之原生動物病害是無處不在，在害蟲棲群之調節上扮演重要角色 (Maddox, 1987; Brooks, 1988)。原生動物寄主專一作用慢，時常造成慢性感染 (Lacey *et al.*, 2001)。蝗蟲微粒子蟲 (*Nosema locustae*) 是惟一註冊且商品化的

種類 (Henry and Oma, 1981)。

## 二、增 強

如果蟲生病原存在於害蟲一棲所系統中，卻不能阻止害蟲造成之經濟為害時，則可在環境中放置更多的病原單位以增加疾病之流行此過程謂之增強 (Harper, 1987)。

McCoy 和 Couch(1982)在寄主棲群中增強真菌，可提早造成流行疫病並阻止了損失。然而氣候條件必需有利，包括了在葉表有流離水，近 100%的濕度和相對的高溫。這些條件在佛羅里達州均能符合。應用多毛菌能否成功，取決於在 2-4 週內能否加速疫病的流行。如果要增強真菌成功要特別注意一組因素；包括之棲群，降雨，溫度，濕度和自然疫病的流行率。在施用之後，正確的天氣預測能預知真菌是否能立足或乾死。

Ignoff *et al.* (1976)在大豆試驗田增強綠殭菌，誘發的流行疫病較未處理區的早 2 週。在大豆生長的關鍵時期適時地進行增強，大豆能顯著地受到保護。但自然的流行疫病則發生太遲，不能避免損失。

## 三、保 育

### 1. 使用選擇性化學藥劑和最低劑量

由於病原會某些農藥所不活化，因此選擇農藥防治有害生物時，要仔細考慮農藥對在同一棲所的其他害蟲或生物防治劑的潛在影響。蟲生病原真菌對許多殺菌劑是具感受性的，感受性亦有所不同。如果數種殺菌劑對一特定的植物病原均有效，應仔細的選用對同一棲所之蟲生真菌衝擊最小的殺菌劑 (Soper, *et al.* 1974; Wilding, 1972)。化學農藥與蟲生病原之間的拮抗作用，在降低化學農藥的劑量下，可降至最低。故除了可減少直接和間接的有害影響下，亦可降低農民的花費(Harper, 1987)。

### 2. 環境之操縱

環境的操縱是一種改善原已存在之蟲生病原效果的一種戰術。此種方法多用於有機農法和永續農業的措施上，而不在集約栽培的農業系統 (Lacey and Shapiro-Ilan, 2008)。然而，操縱栽培措施(灌溉，收穫，培養措施和行距)確能影響疾病的發生和發生的強度。任何有利於害蟲棲群中疾病的發生之農業措施，均能降低防治成本的投入。在中耕作物栽培時的農業措施，能保護病原免於環境降

解(如紫外線的不活化作用)，能顯著的增進疾病的流行。行間作物有緊密冠層較無冠層者有利於保護病原免受紫外線的破壞。作物冠層緊密較無冠層者相對濕度為高，更有利於蟲生病原真菌流行疫病之發生。適時的灌溉亦有利於真菌疫病發生條件的改善。因可提供真菌所需要的濕度。另外。土壤受到干擾的程度成至最低亦有利於土棲害蟲疫病的流行。乳菌能成功地防治日本金龜子，有部份的原因是上層土壤不受干擾，因而使得寄主棲所恆定如常之故(Jaques, 1978; Burleigh, 1975; Kish, 1978; Jaques, 1970; Kalmakoft and Crawford, 1982)。

## 結 論

長久以來由於對化學殺蟲劑的過份依賴及不當使用，造成許多副作用，包括對環境的污染，昆蟲抗藥性產生，對非標的的生物的傷害，殘毒問題和對人的危害和生態的平衡的破壞，罄竹難書，因此，要降低對化學殺蟲劑的依賴性或副作用，整合性之植物保護策略，不失為可行之道。

所謂的整合性作物保護是以作物生產系統為主體，整合應用病、蟲、草、鼠等有害生物的防治技術，使其成為可行性的、整套的作物保護技術。強調防治技術之整合，必需合乎生態平衡原則，和妥善應用系統性的管理技術，以期安全、經濟、有效地防治有害生物。

因此，整合性作物保護事實上是整合性有害生物管理為基礎。所謂整合性有害生物管理，是針對有害生物進行系統性管理的體系，以農業生態系之整體作考量，以預防為主，充分發揮自然控制因子的作用，並因時因地制宜，協調應用安全、經濟和有效措施，將有害生物的棲群控制在經濟為害限界之下，期兼顧社會和經濟效益、環境品質，並確保農業之永續利用。

整合性有害生物管理的基本原則：

- 一、整合性有害生物管理是以生態學為基礎，故需考慮到農業生態系的複雜性和穩定性。對害物與作物、天敵、環境間之相互關係要有通盤瞭解，使防治措施對農業生態系的衝擊減低至最少。
- 二、要有容忍和共存共榮的觀念。由徹底消滅害物的策略應用發展到系統化的科學管理，釐訂關鍵害物的經濟為害界限，把害物控制在經濟為害水準以下，並不趕盡殺絕，可降低防治成本，並達到充分利用自然控制因子的調節作用。
- 三、對防治對象和防治策略要有整體性和系統性之考量。防治對象範圍廣，包括

病、蟲、草、鼠和其他有害生物，害物之間又有相互影響的特性，針對各別  
的有害生物所實施的防治措施，對整體系統會產生不同大小的影響。因此，  
要選擇和整合各項防治方法，使這些方法的協調和運用能夠達到最化，減少  
顧此失彼，相互抵消的缺失。

四、加強有害生物的監測系統。發展診斷技術和調查技術與資訊系統，進行有害  
生物之預測和預報。

五、節制用藥，合理地使用化學農藥。必要時選擇具有高度選擇性、生物分解性  
之藥劑，以免誤傷天敵和破壞生態環境。

整合性作物保護是符合永續農業的植物保護策略。作物病蟲害種類繁多，其  
生態各異，防治技術也多樣，應將這些資訊、知識與，技術，以作物為核心加以  
整合，經過評估，使成整套的作物保護措施，供農民使用。當前作物保護的發展  
應以非農藥防治技術和生物製劑（包括微生物殺蟲劑）為主，合理安全使用化學  
殺蟲劑為輔的整合性病蟲害防治策略，以便能標本兼治。事實上由於微生物製劑  
之低環境衝擊和高選擇性，仍然是整合性作物保護體系裏最理想的成員。

### 引用文獻

- Alves, S.B. 1998. Fungos entomopatogenicos. pp.289-381. *In*: S.B. Alves ed. Controle  
microbiano de insetos. Piracicaba, Brasil, Fundacao de Estudos Agrarios Luiz de  
Queiroz.
- Bedford, G. O. 1980. Biology, ecology, and control of palm rhinoceros beetles. *Annu. Rev.*  
*Entomol.* 25 : 309-339.
- Bedford, G.O. 1981. Control of rhinoceros beetle by Baculovirus. pp. 409-426. *In*: H. D.  
Burges ed. Microbial control of pests and plant diseases 1970-1980. London, UK,  
Academic Press, 949p.
- Brooks, W. M. 1988. Entomogenous Protozoa. pp. 1-149. *In*: C. M. Ignoffo, and N. B.  
Mandava, eds. Handbook of Natural Pesticides, Vol. V: Microbial Insecticides, Part A:  
Entomogenous Protozoa and Fungi. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Burleigh, J.G. 1975. Comparison of *Heliothis* spp. larval parasitism and *Spicaria*  
infection in closed and open canopy cotton varieties, *Environ. Entomol.* 4: 574-576.

- Dolinski, C., and L.A. Lacey. 2007. Microbial control of arthropod pests of tropical tree fruits. *Neotrop. Entomol.* 36:161-179.
- Georgis, R., A.M. Koppenhofer, L.A. Lacey, G. Belair, L.W. Duncan, P.S. Grewal, M. Samish, L. Tan, P. Torr, and R.w.H.M. van Tol. 2006. Successes and failures in the use of parasitic nematodes for pest control. *Biol. Control* 38 : 103-123.
- Goettel, M.S., J. Eilenberg, and T.R. Glare. 2005. Entomopathogenic fungi and their role in regulation of insect populations. pp.361-406. *In*: L. I. Gilbert, K. Iatrou and S. Gill eds. *Comprehensive molecular insect science*, volume. 6. Oxford, Elsevier Pergamon.
- Granados, R.R., and B.A. Federicl, 1986. *The Biology of Baculoviruses*. Vols. I and II. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Hajek, A. E. 1997. Fungal and viral epizootics in gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) populations in Central New York. *Biol. Control* 10: 58-68.
- Hajek, A. E., L. Butler, S.R.A. Walsh, J.C. Silver, F.P. Hain, F. L. Hastings, T.M. Odell, and D.R. Smitley. 1996. Host range of the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) pathogen *Entomophaga maimaiga* (Zygomycetes: Entomophthorales) in the field versus laboratory. *Environ. Entomol.* 25, 709-721.
- Hajek, A.E., and R.J. St. Leger. 1994. Interactions between fungal pathogens and insect hosts. *Annu. Rev. Entomol.* 39, 293-322.
- Hajek, A.E., J.S. Elkinton, and J.J., Witcosky. 1996. Introduction and spread of the fungal pathogen *Entomophaga maimaiga* (Zygomycetes: Entomophthoralse) along the leaging edge of gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) spread. *Environ. Entomol.* 25, 1235-1247.
- Harper, J.D. 1987. Applied epizootiology: Microbial Control of Insects. pp. 473-496. *In*: J.R. Fuxa and Y. Tanada, eds. *Epizootiology of insect Diseases*. John Wiley & Sons, New York.
- Henry, J.E., and E.A. Oma. 1981. Peat control by *Nosema locustae*, a pathogen of grasshoppers and crickets. pp.573-586. *In*: H. D. Burges, ed. *Microbial Control of Pests and Plant Diseasses 1970-1980*. Academic Press, London.
- Huger, A.M. 1966. A virus disease of the Indian rhinoceros beetle *Ooryctes rhinocesos*

- caused by a new type of insect virus *Rhabdinovirus oryctes* gen. n., sp. n. *J. Invertebr. Pathol.* 8 : 38-51.
- Hunter-Fujita, F.R., P.F. Entwistle, H.F. Evans, and N.E. Crook. 1998. Insect viruses and pest management. Chichester, John Wiley & Sons, 632p.
- Ignoffo, C.M., N.L. Marston, D.L. Hostetter, and B. Putter. 1976. Natural and induced epizootics of *Nomuraea rileyi* in soybean caterpillars. *J. Invertebr. Pathol.* 27: 191-198.
- Inglis, G.D., M.S. Goettel, T. M. Butt, and H. Strasser . 2001. Use of hyphomycetous fungi for managing insect pests. pp.27-69. *In: T.M. Butt, C. Jackson & N. Magan eds. Fungi as biocontrol agents : progress, problems and potential. Wallingford, UK, CABI publishing.*
- Jaques, R.P. 1978. Manipulation of the Environment to Increase Effectiveness of Microbial Agents. pp.72. *In: G.E. Allen, C.M. Ignoffo, and R.P. Jaques, eds., Microbial of Insect Pests: Future Strategies in Pest Management Systems, NSF-USDA-Univ. Fla., Gainesville.*
- Jaques, R.P. 1970. Application of viruses to soil and foliage for control of the cabbage looper and imported cabbageworm, *J. Invertebr. Pathol.* 15: 328-340.
- Kalmarkoff J., and A.M. Crawford. Enzootic Virus Control of *Wiseana* spp. In the Pasture Environment. Pp. 435-448. *In: E. Kurstak, ed. Microbial and Viral Pesticides, Marcel Dekker, New York..*
- Kaya, H.K., and R. Gaugler. 1993. Entomopathogenic nematodes. *Annu. Rev. Entomol.* 38 : 181-206.
- Kish, L.P. 1978. Manipulation of the Environment: Fungi. p.85. *In: C.E. Allen, C.M. Ignoffo, and R.P. Jaques, eds., Microbial Control of Insect Pests: Future Strategies in Pest management Systems, NSF-USDA-Univ. Fla., Gainesville.*
- Lacey, L.A., and D.I. Shapiro-Ilan. 2008. Microbial control of insect pests in temperate orchard systems: potential for incorporation into IPM. *Annu. Rev. Entomol.* 53:121-144.
- Lacey, L.A., R. Frutos, H.K. Kaya, and P. Vail. 2001. Insect pathogens as biological

- control agents: do they have a future? Biol. Control 21 : 230-248.
- Maddox, J.V. 1987. Protozoan diseases. pp. 417-452. *In*: J. R. Fuxa and Y. Tanada, eds. Epizootiology of Insect Diseases. Wiley, New York.
- McCoy, C.W., and T. L. Couch. 1982. Microbial control of the citrus rust mite with the mycoacaricide, Mycar. Fla. Entomol. 65 : 116-126.
- Reardon, R., and A.Hajek. 1993. *Entomophaga maimaiga* in North America: A Review. Appal. Integr. Pest Manage. Publ., USDA Forest Service.
- Shapiro-Ilan, D. I., L. W. Duncan, L. A. Lacey, and R. Han. 2005. Orchard. pp. 215-229. *In*: P.S. Grewal, R-U. Ehlers and D. I. Shapiro-Ilan eds. Nematodes as biological control agents. Wallingford, CABI Publishing.
- Smitley, D.R., L.S. Bauer, A.E. Hajek, F.J. Sapiro, and R.A. Humber. 1995. Introduction and establishment of *Entomophaga maimaiga*, a fungal pathogen of gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) in Michigan. Environ. Entomol. 24: 1685-1695.
- Soper, R.S., F.R. Holbrook, and C.C. Gordon. 1974. Comparative pesticide effects on *Entomophthora* and the phytopathogen *Alternaria solani*. Environ Entomol. 3: 360-562.
- Weseloh, R.N., and T.G. Andreadis. 1997. Persistence of resting apores of *Entomophaga maimaiga*, a fungal pathogen of the gypsy moth, *Lymantria dispar*. J. Invertebr. Pathol. 69: 195-196.
- Wilding, N. 1972. The effect of systemic fungicides on the aphid pathogen. *Cephalosporium aphidicola*. Plant Pathol. 21:137-139.
- Young, E.C. 1974. The epizootiology of two pathogens of the coconut palm rhinoceros beetle. J. Invertebr.pathol. 24 : 82-92.
- Young, E.C., and J.F. Longworth. 1981. The epizootiology of the baculovirus of the coconut palm rhinoceros beetle (*Oryctes rhinoceros*) in Tonga. J. Invertebr. Pathol. 38 : 362-369.
- Zeazny, B. 1973. Studies on *Rhabdionvirus rhinicesos*. I. Effects on larvae of *Oryctes rhinoceros* and inactivation of virus. J. Invertebr. Pathol. 20 : 235-241.
- Zeazny, B. 1973. Studies on Rhabdionvirus rhinicesos. II. Effects on adults of *Oryctes*

*rhinoceros*. J. Invertebr. Pathol. 22 : 122-126.

Zeazny, B. 1976. Transmission of a Baculovirus in populations of *Oryctes rhinoceros*. J. Invertebr. Pathol. 27 : 221-227.

Zeazny, B., and A.R.R. Alfiler. 1991. Ecology of baculovirus-infected and healthy adults of *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae) on coconut palms in the Philippines. Ecol. Entomol. 16 : 253-259.

Zeazny, B., A. Lolong, and B. Pattang. 1992. *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae) populations suppressed by a baculovirus. J. Invertebr. Pathol. 59 : 61-68.

## Microbial control of Insect Pests

Suey-sheng Kao<sup>\*</sup>, Biopesticide Division, Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Council of Agriculture Executive Yuan  
11, Kuang –Ming Rd., Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan R. O. C.

Entomopathogens often play an important role in the regulation of pest population in agroecosystem. As a matter of fact, development of alternative control tools such as entomopathogens to broad-spectrum chemical insecticides is highly encouraged. Microbial control of insects, simply stated, is the use of entomopathogenic microorganisms to regulate insect population levels. Normally, microbial control involves the induction of high prevalence of disease in an insect population. The procedures used to achieve microbial control include the intentional creation of epizootics or the utilization of naturally occurring epizootics. Microbial control, then, can be referred to as applied epizootiology. There are three approaches for the use of entomopathogens as microbial control agents : (1) introductions : inoculative introductions and inundative introductions, (2) augmentation (3) conservation : Use of selective chemicals and minimum rates and environmental manipulation. Each of these measures will be briefly discussed and demonstrated by successful examples.

Key words : entomopathogens, microbial control, introductions, augmentation, conservation.

Correspondence address

e-mail: [sskao@tactri.gov.tw](mailto:sskao@tactri.gov.tw)