

環境病媒管制策略

王凱淞 © 編著



The Strategies of
Environment Vector Control

環境病媒管制策略

王凱淞◎編著



The Strategies of
Environment Vector Control

國家圖書館出版品預行編目資料

環境病媒管制策略／王凱淞 編著 -初版-
臺北縣中和市：新文京開發，2006（民 95）
面：公分

ISBN 986-150-311-0（平裝）

1. 病媒－防制 2. 環境衛生

412.49

95000176

環境病媒管制策略

（書號：B176）

編 著 者 王凱淞
發 行 者 新文京開發出版股份有限公司
地 址 台北縣中和市中山路二段 362 號 8 樓（9 樓）
電 話 (02) 2244-8188（代表號）
F A X (02) 2244-8189
郵 撥 1958730-2
初 版 西元 2006 年 2 月 1 日

有著作權 不准翻印

建議售價：480 元整

法律顧問：蕭雄淋律師

ISBN 986-150-311-0

王 序



環境病媒管制策略是介紹病媒害蟲的生理、生活史、生態、流行病學及防治方法等整合概念的一本書。書中所談到的管制是依照該環境、地形特徵、氣候因素、人們生活習性與病媒害蟲的生態等進行有效的監控。管制的策略是依照該病媒害蟲的生態習性、族群監測、抗藥性與天敵因素為考量基礎。整合性的環境病媒管制策略包括天時、地利、人合，三者缺一不可，其目的為選擇最佳時機對一特定環境施以對人畜無害的生物製劑，進行病媒昆蟲的微生物防制。病媒管制的策略是希望能達到對病媒害蟲 DNA 載體的基因遺傳控制，及促進宿主對病媒昆蟲之免疫防治為最終目標。

本書以探討病媒管制在公共衛生的重要性，延伸到環境的助長因素，進而提供策略的運用，參酌許多國內外實施病媒管制的歷史及經典文獻，深入探討『病媒－宿主－環境』這條生物鏈及介入、整合的管制策略，包括；病媒管制的概念、控制病媒的環境管理、病媒監測的收集方法、病媒蚊的飼養與防護措施、蚊子的生理學、蚊子的生物防治、昆蟲的抗藥性、生物性製劑、以微生物防制病媒昆蟲、載體的基因遺傳控制、及病媒昆蟲之免疫防治法等。本書希望能讓讀者們從中瞭解節肢動物所傳播的疾病與環境衛生的關係，並學得病媒管制策略的應用觀念，更希望對公共衛生學系、環境科學系、衛生單位、環保單位及病媒防治業者等先進們，提供一參考價值。

筆者在此要誠心的感謝所有教導過我的老師們；感謝老師們以往的辛勤教導，學生稟承老師們的學術並發揚光大，期能對莘莘學子有所貢獻。但因個人才疏學淺，缺失與謬誤可能不少，尚祈學術與實務界諸先進賢達惠予批評賜教，也企盼讀者諸君不吝指正，則無任感激。

王凱淞 謹識

於中山醫學大學 公共衛生學系

2006年1月

作者簡介



王凱淞

- ◎學 歷 國立中興大學 昆蟲所博士
高雄醫學大學 醫研所碩士
中山醫學大學 醫技系學士
- ◎現 職 中山醫學大學 公共衛生學系 助理教授
- ◎經 歷 醫檢師、病媒防治技士

目 錄



第 一 章	病媒管制的概念	1
第 二 章	控制病媒的環境管理	11
第 三 章	病媒監測的收集方法	23
第 四 章	病媒蚊的飼養及防護措施	47
第 五 章	蚊子的生理學	57
第 六 章	蚊子的生物防治	77
第 七 章	昆蟲的抗藥性	89
第 八 章	微生物及生物性製劑	111
第 九 章	病媒昆蟲微生物防治策略	121
第 十 章	載體的基因遺傳控制	139
第 十 一 章	病媒昆蟲的免疫反應	151

附錄	研究論文參考	173
附錄一	埃及斑蚊雄蚊副腺蛋白(MAG-317)之分離、純化、胺基酸 N-端序列分析與存在局部之探討	174
附錄二	台灣中部地區傳統市場流浪貓之體外寄生蟲調查	192
附錄三	台灣中部地區貓抓熱流行病學調查	205
附錄四	台中地區蚊類及街犬感染犬心絲蟲之調查	221
附錄五	台中市區傳統市場老鼠種類與食性之研究調查	246
附錄六	台中地區牧場及市區鼠類外寄生蟲及廣東住血線蟲 (<i>Angiostrongylus cantonensis</i>)寄生率之調查	264
附錄七	小黑蚊之生態及防治	284
參考文獻		293

第一章

病媒管制的概念

前言

害蟲管制(Pest management)，根據 1956 年巴德特氏(Bartlett)之定義，是一種著重於生物防治和化學防治配合運用的防除方法。1961 年克拉克氏(Clark)稱此種害蟲防治觀念為害蟲的防護管制(Protective management of noxious species)，或簡稱之為害蟲管制(Pest management)。也就是運用一切可資利用的害蟲防除技術，來管制害蟲的棲群，以避免其可能造成的經濟損失；同時這些防除技術的運用必須不致影響環境，而引起所有的不良後果。

一種生物之被稱為害蟲(Pest)，其實在生態學上並不具任何意義，之所以被稱為「有害」者，乃依人類本身的利益為出發點，人類社會複雜，欲以某種活動來終止害蟲之發生，事實上不大可能，害蟲管制的首要觀念是控制害蟲並容忍其有限度的生存。1972 年瑞柏氏(Rabb)曾謂害蟲管制策略是一種明智的運用各種防治技術來壓抑害蟲危害的經濟性、生態性及社會性的防治措施。

根據 1966 年吉爾氏表示，害蟲管制的措施應具備下列三點：

1. 測定害蟲生命體系並謀求適當改革，以減少其棲群數目至人們所能容忍的限度。
2. 配合運用生物學知識及現行的防治技術，將害蟲的棲群密度予以壓制。
3. 設計害蟲防治程序，用以適當現行技術，使其亦能符合經濟及保持環境素質的原則。



在害蟲管制計劃中如能尋找一些克制害蟲的天敵，對生態平衡而言十分重要。可是這些有用的天敵，在田間常因施藥者用藥不慎而被殺滅，或因寄主害蟲已被藥劑除掉，因無寄主而餓死。故在害蟲管制中有一個相當重要的概念，就是必須把害蟲的個體數目維持在經濟界限下，也就是予以抑制，而不是將其全數除掉。

近年來有學者將介入人類生活圈且會影響人類健康生活、經濟發展的昆蟲定義為病媒；這一類的昆蟲往往能夠攜帶或媒介致病菌，傳播給人類或經由經濟性動物間接傳播，此種描述經由病媒昆蟲所傳播的疾病稱為 Arthropod-borne Disease (王，2002)。實施病媒管制時，首先應考慮以環境改善、機械方法防除及生物防除法為優先考量，最後再考慮使用化學防除法，以避免造成環境及人畜的二次傷害，同時加強動植物檢疫及推展地域性，同步進行病媒孳生源的撲滅或抑制計劃。一旦決定實施生物防治計劃，可任由三種主要途徑來完成，包括：

1. 經由改進環境使趨於有利，轉變寄生者與捕食者，以保存與增強在自然環境中已有的功效。
2. 引進與拓殖轉變寄生者與捕食者，以防治外來或本地害蟲。
3. 大量繁殖與釋放轉變寄生者與捕食者。

第四種方法可能為第二及第三種方法的一部份，既在試驗室或田間改進現存天敵棲群基因上的改變，以使其較佳的適應該地區之環境。到目前為止，試驗室選擇雖曾嘗試但尚未十分成功(White et al., 1970)。事實上，實施害蟲管制上較困難的問題之一，是因為害蟲危害的嚴重性受環境區域的氣候、季節、人文、經濟情況的變動等等影響。

一、昆蟲病原在害蟲管理上的應用

病毒、細菌、原生動物、真菌、立克次體和線蟲都能使昆蟲感染疾病。這些昆蟲病原中有的是極常見的，而且容易在昆蟲棲群中造成疾病，但亦有些僅被偶而發現，也很少有人去觀察。這些病原中有些對寄主毒性很高，會引起相當高的死亡率，但也有的只能對寄主產生較和緩的影響。昆蟲病原至少可以三種不同的方式應用在害蟲管理上：

1. 有效的利用自然發生的疾病。
2. 將昆蟲病原引入害蟲棲群中，使成為永久致死因子。
3. 將病原做成微生物殺蟲劑，重複使用，給予害蟲短暫抑制防治。

以下將對昆蟲病原的種類，以及這些病原在蟲害防治上利用的情形，做一簡單的敘述：

(一) 病毒

昆蟲病毒包含了若干自然發生之重要昆蟲病原，同時也是微生物殺蟲劑很有希望的候選者。許多昆蟲病毒的顆粒體常被一層稱做包涵體(Inclusion body)的蛋白外殼包住。具有包涵體的病毒可分為核多角體病毒、顆粒體病毒和質多角體病毒等三大類。這三類幾乎包括了大部分的昆蟲病毒、核多角體病毒和顆粒體病毒，是屬於 Baculovirus 屬，Wildy(1971)，質多角體病毒和 Reovirus 有密切的關聯。

1. **核多角體病毒(Nuclear Polyhedrosis Viruses; NPV)**:大部分的核多角體病毒(NPV)可使鱗翅目幼蟲罹病，病毒在細胞核內複製且常會侵害表皮組織、脂肪體、血球細胞及氣管，偶而也會侵害中腸的上皮細胞。

核多角體呈桿狀，直徑介於 20~50 μ m，長 200~400 μ m(Smith, 1967)，病毒桿體(Virus rods)被一層外套膜(Outer envelope)包住，依 NPV 的



種類不同，其桿體數目自一個至多個不等。將病毒桿體包住的一層蛋白質晶體包膜稱為多角體(Polyhedra)。多角體可能是十二面體，四面體，正六面體或不正多角形，有很多含有幾百個病毒顆粒。多角體的直徑 0.5~15 μ m，其大小變化很大。

NPV 正常傳播之途徑乃是將多角體經口腔吞食。害蟲自食入多角體到發病致死大約需 4~20 天之久，常會因核多角體的種類、昆蟲寄主、食入多角體的數量、幼蟲齡期、環境溫度而有所不同。大部分 NPV 病原亦可由罹病母體經卵傳到下一代。

2. 顆粒體病毒(Granular Viruses; GVs)：顆粒體病毒雖然偶而可從鱗翅類幼蟲隻表皮或氣管基質侵入，但其主要感染部位乃是脂肪體。顆粒體病毒在寄主的細胞核及細胞質內複製。病毒顆粒長 245~411 μ m，寬 36~80 μ m，和 NPV 類似被一層套膜包住，只是 NPV 外被一層多角形的蛋白質而 GV 外圍被一層蛋白類莢膜。GVs 經由口腔及卵傳播，常具潛伏性，自食入 GVs 到害蟲發病致死約 4~25 天。當 GVs 侵害昆蟲皮膚時也像 NPVs 一樣可使皮膚液化(Liquefaction)。
3. 直多角體病毒(Cytoplasmic Polyhedrosis Viruses; CPV)：直多角體病毒(CPV)會侵害鱗翅目幼蟲中腸的皮膚，CPV 顆粒體為二十面體，大小約 50~70 μ m，CPV 顆粒體無莢膜，但包含於似 NPV 之蛋白質晶體內，大小為 1~7 μ m。幼蟲感染 CPV 後發育很慢，常常頭大體小，CPV 可經口腔及卵傳播，在寄主體內可潛伏相當時間。致病性不如 NPVs 強；從感染至死亡所經時間較長，但專一性並不高；一種昆蟲之 CPV 常可感染牠種昆蟲。

(二) 細菌

1. 孢子細菌：會形成孢子的昆蟲細菌原最重要的有 *Bacillus popilliae*，及蘇力桿菌(*Bacillus thuringiensis*)其能引起日本豆金龜幼蟲的乳化病。在病媒管制之生物製劑中，蘇力桿菌最近獲得優先使用，而且要比其他的生物防治法達到更前進的階段。此菌證實對蚊子，特別是家蚊與斑蚊及蚋幼蟲的防治，深具希望與潛力。蘇力桿菌對蜜蜂、脊椎動物、哺乳類，甚至於人類所做的安全試驗，未曾有不良影響之報告(1979: WHO/VBC/97.750)。此菌對化學殺蟲劑亦未產生交叉抗性(1983: WHO/VBC/83.871)。
2. 蘇力桿菌：此菌 H-14 型係 Goldberg 與 Marglit(1977)，自以色列地方蚊蟲孳生池塘之泥土採樣中分離而得。此菌所形成的每顆孢子，皆可產生一或多個蛋白毒素的結晶體。當孢子及結晶體被感受性之昆蟲取食後，其口器及胃即顯現麻痺，而且胃的上皮組織被破壞，在幾小時至 3 星期內死亡，端視其取食劑量之多少而定。此種晶體不溶於水，可將之製成一種特殊的殺蟲劑，此劑僅為昆蟲口服有效，不具觸毒作用。
3. 球狀桿菌(*Bacillus sphaericus*)：此種形成孢子之細菌，其致病性的品系迄今僅由有病的蚊子幼蟲體內分離而得。BS1593 型，用於大規模的防治幼蟲，尤其是家蚊屬的幼蟲成效卓著。此菌之毒素，並非由於晶體之作用，當蚊子幼蟲取食並消化菌體細胞壁或孢子時，則毒素即會釋放出來而使幼蟲中毒死亡。

(三) 真菌

真菌有 36 屬以上可引起昆蟲疾病，其中有數屬可寄生於蚊子幼蟲及蠅類，例如蚊菌屬(*Culicinomyces*)、綠僵屬(*Metarhizium*)、體腔真菌



屬(*Coelomomyces*)及 *Lagenidium* 屬等。體腔真菌屬為蚊蟲中較普遍的一種致病菌，可破壞幼蟲體內用於發育為成蟲之脂肪體，致幼蟲死亡。

(四) 原生動物

若干鞭毛蟲、絨毛蟲、阿米巴原蟲、球蟲屬、單孢子蟲類與昆蟲致病原因相同。但 *Neogregarines* 和微孢子病原(*microsporidians*)是蟲生原生動物中最重要者(Kudo, 1966; Weiser, 1961)。*Nosema algerae* 目前被認為是防治蚊蟲最有希望之一種微孢子蟲，由幼蟲攝食而受感染。如感染輕微，可發育成感染之成蚊，若幼蟲及成蟲之各組織內受到嚴重感染，則將危害寄主；許多雌性瘧蚊常因此無法生存到足夠壽命，以傳播瘧疾。

(五) 線蟲類

有許多線蟲(*Mermithid nematode*)寄生於蚊體內，其中以食蚊索蟲(*Romanomermis culiciviorax*)被認為是最有希望防治蚊子幼蟲的線蟲。食蚊索蟲之成蟲自由生活於水底，所產下的卵一週後成熟，孵化為寄生前期，於一兩天內穿透蚊子幼蟲之幾丁質表皮而進入血體腔。寄生期之索蟲在蚊子幼蟲體內約 8 天，可發育成熟而為寄生後期，再鑽出幼蟲體外，致幼蟲體液外流而死亡。

若是寄主密度的經濟水平比疾病的閾值水平低的話，則病原的應用品能發揮類似應用化學藥劑所達成的短暫防治(Steinhouse, 1954)。若將昆蟲病原像化學藥劑一樣地重複施用來做短期防治害蟲，則可將病原當成微生物殺蟲劑。應用微生物殺蟲劑的主要優點是安全及具有寄主專一性，最引人注目而不會影響溫血動物的二類微生物殺蟲劑，乃是病毒及能形成孢子的細菌 *B. thuringensis*，由於大部分病原都具相當的專一性，故其使用不會傷害到有益的寄生性及捕食性天敵。且微生

物防治可與其他防治方法並用。自然發生的昆蟲疾病常為昆蟲棲群的控制因子。因此，此種因子在未來害蟲管制的研究發展實為不可或缺的重要部分。雖然目前在美國只有 *B. thuringiensis* 及 *B. popilliae* 兩種昆蟲病原已經註冊和具有商標，但是微生物殺蟲劑的前途甚為光明(嚴等，1989)。

二、媒介人類疾病之昆蟲

人類疾病媒介昆蟲之管制通常較管制農業害蟲更為複雜，並經常以大區域面積，如省、州、國、洲或全球為基礎，由地方或國家衛生機構或世界衛生組織來執行。然而因為病原菌、媒介昆蟲、人類寄主或動物儲主間關係的生態複雜性，採用多項藥劑攻擊病原菌或病媒的機會非常大。

某些昆蟲因地區不同可能是一般害蟲，同時為病原媒介昆蟲，例如家蠅(*Musca domestica* (L.))在世界很多地方為砂眼病毒(Trachoma virus)與細菌性痢疾(Bacterial dysenteries)的媒介昆蟲。德國蟑螂(*Blattella germanica* (L.))到處惹人厭，亦能傳播 A 型肝炎病毒(Viral hepatitis A)。危害人類及高等動物的害蟲可分為二類：包括爬行、蠕行、騷擾、螫刺和咀刺類，牠們能造成很大的困擾，最嚴重的是螫刺或吸血類害蟲。例如美洲蟑螂(*Periplaneta americana* (L.))；各種螞蟻、蜂；蛇類；床蝨(臭蟲，bedbug, *Cimex lectularius* (L.))；陰蝨(Pubic louse, *phthirus* (L))；及引起人畜特殊疾病的媒介昆蟲。其危害範圍很廣，能造成疾病，有時會導致人畜死亡。此類害蟲如瘧蚊(*Anopheles*)為瘧蚊的媒介昆蟲；體蝨(*Pediculus humanus* (L))為斑疹傷寒的媒介昆蟲；鼠疫跳蚤(*Xenopsylla cheopis* (Rothschild))為鼠疫的媒介昆蟲；采采蠅(*Glossina* spp.)為非洲昏睡病的媒介昆蟲；吸血蝨象(*Triatominae*)亞科為



美洲昏睡病(American trypanomiasis)的媒介昆蟲；蚋(blackfly, *Simulium* spp.)為蟠尾絲蟲病的媒介昆蟲。

節肢動物在分類上屬於動物界(Animal Kingdom)之節肢動物門(Phylum Arthropods)。與醫學有關的節肢動物可分為下列五綱：

1. 昆蟲綱(Insecta)：為節肢動物中最主要之動物，可以營水、陸、空三棲。有很多種可以寄生於人及動物體內。體分頭、胸、腹三部，有觸角一對及足三對，翅有一或二對或無。蟲體以氣管呼吸。在節肢動物中昆蟲綱與人類的關係最複雜，為害也最大。如蚊、蠅、蚤、蝨、蟑螂、白蛉、虻等。
2. 甲殼綱(Crustacea)：一般屬於水棲或兩棲動物，體分頭、胸、腹三部，或頭胸、腹二部。附肢甚多，包括觸角二對及足五對，以鰓或體表呼吸。如水蚤(Copepods)、蟹(Crabs)及刺蝟(Crayfishes)。
3. 蜘蛛綱(Arachnida)：一般為陸生，但也有水生及寄生的。體分頭胸及腹二部或不分部。觸角缺，足四對，以書肺或鰓呼吸。如蜘蛛(Spiders)、蠍(Scorpions)、蟎(Mites)及蜱(Ticks)。
4. 唇足綱(Chilopoda)：屬於陸棲動物類，體分頭部與胴部，觸角一對，胴部之每一節各著生一對足及氣孔，以氣管呼吸。如蜈蚣(Centipedes)，其第一對足稱顎足，基部有一對毒腺可分泌毒素。
5. 倍足綱(Diplopoda)：屬於陸棲動物類，體分頭部與胴部，觸角一對，胴部之每一節各著生二對足及二對氣孔，以氣管呼吸。如馬陸(Milipedes)，其每一體節均有毒腺，但毒力甚低，一般對人及小動物無甚害處。

三、節肢動物危害人體及傳播疾病之方法的方式

(一) 危害人體之方法

1. 毒害人體：這類節肢動物多半有毒腺，能分泌毒液，其為害方式包括：
 - (1) 接觸法：例如青蛾及莞菁之毒液可藉與人體接觸時，發生痛癢。
 - (2) 鑽刺法：由唾液分泌物或有毒之毛腺液，藉叮咬時注入人體，例如蚊、蜈蚣、蜘蛛及錐鼻蟲。
 - (3) 叮咬法：由尾部之毒腺注射毒液於人體，如蠍子。
2. 寄生人體：這類節肢動物與寄生蟲很類似，攝取宿主之營養，咬傷宿主之組織，多半寄生在皮膚，如疥癬蟲、蝨及蚤等或蠅蛆症。
3. 傳播疾病：節肢動物可充作傳染病之媒介，其傳染之病原包括病毒、立克次體，細菌、螺旋體、黴菌、原蟲及蠕蟲。

(二) 傳播疾病之方式

1. 機械性之傳播：即病原在傳染媒介之體內或體外皆能生存，但不能發育及繁殖。在媒介害蟲身體之時間較短，僅為攜帶性質。如家蠅傳播傷寒、霍亂弧菌、痢疾桿菌、小兒麻痺病毒，牛虻傳播炭疽桿菌等。
2. 生物性之傳播：傳染媒介叮咬患者、家禽、家畜或其他生病的動物後，病原體被吸入媒介害蟲體內，然後再將病原傳染給人體。由病原傳染之情形，可以看出病原體與節肢動物之關係有下列四種：
 - (1) 攜帶型(Carry type)：病原體在節肢動物體內不進行增殖，同時也不經過發育階段，如痢疾阿米巴與家蠅之關係。