

有害生物管理觀念

CONCEPT OF PEST MANAGEMENT

貢穀紳 講述

(六十四年三月十七日)

臺灣省立屏東農業專科學校
農業化學會會報第十六期抽印本

中華民國六十四年六月

有害生物管理觀念 CONCEPT OF PEST MANAGEMENT

貢穀紳 講述

(六十四年三月十七日)

本文係台灣植物保護中心主任貢穀紳博士在本校所作專題演講之演講稿，經本人情商乃交由本學報發表，謹此致謝。貢博士係國立中興大學前任農學院院長，亦當今植物病虫害學泰斗，其對於植物病虫害之防治，有其至新之觀念，此在本演講文中可以見之！

本文取材於 George L. Mcnew: Concept of pest management In Pest Control Strategies for the Future National Academy of Sciences 1972 囑予註明。

尹 稷 謹誌 64.5.5

I 緒 言

在討論有害生物防治 (pest control) 之前，對有害生物侵擾 (pest infestation) 的性質，有加以說明的必要。一般使用消毒 (disinfection)、殺菌 (sterilization)、抗病 (disease resistance)、環境控制 (environmental control) 等名辭，非常自然，似無問題，但實際上並非如此。我們已能完全控制或撲滅有害生物，為例極少。

最令人困擾的事，是人類無法避免與昆蟲、蟬、蝸牛、人體寄生蟲、真菌、細菌、病毒、菌質、附生植物 (epiphytic plant)、過敏症原 (allergens) 或雜草等類有害生物生活在一起。我們極少有絕對撲滅有害生物的例舉，儘可能做到的是與有害生物相處共存 (coexistence)。人類與有害生物均為大生態系 (giant ecosystem) 中一部分；人類正試圖變更其間的平衡勢力，冀能達到合理、舒適和安全的生存理想目標。我們必須了解在此生態系中，人類雖較其他競爭者具有更多的智慧和遠見，但人類本身也為競爭者之一。

人類已將自然生態系擾亂。此種情形，正促使捕食者 (predators) 及寄生者 (parasites) 佔着有利地位。人類利用土地耕種，使作物能在同一土地上重複生長；放棄混合種植及隨時遷移動物等有利集約栽培的

單一作物耕種；開始作物及家畜育種，以達生長及生理上的統一標準；如此正為有害生物按置有利機會而大事繁殖。人類不是放棄從事農業，則應加以改善，以求適應。而此等改善處理，即為目前的防治策略。或許最好記住，我們的策略是與不能征服或消滅生物的力量 (biological force) 競爭中取得生存的力量，我們謹試圖以我們的機智來戰勝其他競爭者增殖的自然性，以及不斷地重新調整我們的策略，以對付其他競爭的適應。

II 有害生物的特性

反覆利用同一空間，作為道路田地房舍，並非自然的事。我們所以如此做，不過是為便利和樂趣而已。但是我們必須對每一種便利和樂趣付出代價。受時間與空間的限制，不能在此詳論各種蟲害病害和雜草等問題，但可從最了解的範圍內舉數例說明，並可將此等原則，幾乎可應用到任何有害生物上。

當白人到達新英格蘭 (New England) 及其附近時，有數種真菌類和細菌類的病害正侵襲印第安人所重視的植物。譬如在 Hudson 河岸有為害薔薇科植物的細菌病原菌，即為 150 年後所稱的「火傷病」，再經 100 多年，病原菌才被定名為 *Erwinia amylovora*。此種細菌，多已在野生山檮 (hawthorn) 等寄主植物上立足。在其他寄主中，多生存於

莖幹胴枯病 (stem canker) 內，有時可使枝條枯萎，並在潮濕的季節，能引起花萎病 (blight of blossom)。

有些極易感染的樹，被感染後，在其能繁殖前，即行死亡。祇有抵抗力較強的樹，才能存留下來，因此抗病力逐漸建立起來（但從未達到免疫的程度）。病原菌中侵襲能力較強者，對寄主生理更為適應，因此繼續侵襲具有抗性之後代；如果一旦發生侵襲能力極強的病原菌，而使寄主立刻死亡，則病原菌也就自身難保了，這是對生活不能適應的現象，猶如自由生活的細菌，在土壤中與生長勢強的腐物寄生物（腐生物）競爭一樣。如是經過長年累月後，此種細菌與寄主間已達共存相處之地步，在此情形，若有侵襲能力極強的菌系發生，而使感染的灌木或樹死亡。又因山查子 (carb) 及山檣等是散佈於對此種細菌免疫的其他種類中，所以不能立刻傳佈到其他易感的樹種上。此種現象在 1700 年間，當歐洲殖民者引進容易感染的蘋果及從法國引進極易感染的梨到美國以後而改變了，病原細菌對極易適應而且侵襲能力愈強的菌系，愈易傳佈到集中栽培的易感性寄主上。如經選栽的梨品種 Bartlett 及 Anjou 在美國麻州及紐約州，因病害猖獗，無法栽培，使栽培區，直向西部延伸，自西紐約，俄亥俄州，於 1913 年終達西海岸加州。美國東部果農，為減少品質較差而抗性較強的品種，故種植 Keifer 梨。反之，西部較乾燥的氣候因子限制此類細菌傳佈，更足以激勵水果業在西部建立起來；由於加強果園清潔處理，生態學的運用，以及其他防治措施的推展，已使美國西部水果業發展更為迅速。

從火傷病的發生可知，對於一向未與有害生物發生相關之寄主引進感染區時，應特別小心。如果預知有某種可能的侵襲，則必須詳加研究其病理發展的過程，期能發掘新的抵抗來源，並育成期望的作物。然而這並非易事。像這些情形，可由葡萄栽培史上證實，殖民者將其本國最優良的葡萄品種帶至新大陸，隨後發現此一優良品種對其新環境，並不能適應。不數年內，全遭死亡，而當

地的野生葡萄，則生長旺盛。殖民者所未能了解者，乃當地葡萄已能適應極具破壞性的露菌病 (downy mildew disease) 病原的道理。殖民者盡量為食用和釀造選擇較好的野生葡萄種類，因而有 Concord 和其優良的北美葡萄品種出現。關心改良葡萄的法國人士，看到了美國品種的優良，因此將其引進歐洲，並誤將嚴重為害葡萄的根瘤蚜 (phylloxera) 隨寄主一同帶入，而造成葡萄的根瘤蚜蟲災害。因為美國品種，對根瘤蚜具抵抗力，所以從事工作者，又回到美國，取得抵抗性的葡萄根部為砧木，也因此帶進露菌病病原到法國南部，使葡萄事業未出十年，而遭受極大的打擊，後來偶然發現極具防治價值的波爾多液 (Bordeaux mixture) 始挽救了危機。

上述火傷病、露菌病及根瘤蚜三個例子，正說明了這些有害生物猖獗的基本原則，在發展過程中（寄生物和寄主間）由於物競天擇的緣故，寄主的抵抗力與寄生物侵襲漸達（生物）平衡的狀態。在混合生態系內，如果寄生物（病原菌）中出現侵襲力極強的生物型 (biotype)（部分生態系）將由於寄主的毀滅，寄生物也自然受到淘汰。同時由於寄生物和其他品系繼續的侵襲（在其餘部分生態系）促使寄主抵抗力不斷的增加，在已立足的寄生者（或捕食者）棲群裏，引進從無與此等特殊有害生物進化經驗的新栽培作物是絕對危險的。在已建立栽培作物地區內，引進某種新寄生物是另一種嚴重破壞行為。

III 過去有害生物管理的錯誤

設計未來有害生物管理之前，檢討以往的錯誤，是極有價值的事。過去防治處理陷入兩大類錯誤：一是長期策略的錯誤，擾亂了發展的平衡；二是短期戰術的錯誤，激勵了有害生物的生存。今後防治計劃，應該如何訂定，也由此可知。

我們曾犯引進易感品種到已立足的有害生物棲群中的錯誤，但這並非為一種主要的大災難，因為一品種由於不能適應，無利可圖，或生產不穩定，視其失調或不能適應的嚴重性程度，頂多放棄種植而已。當然，如

果一品種有其獨特的園藝特性，或似農作物一樣，有其他優良性質，視需要的情形而給予特殊的處理，並大筆投資栽培，這是很自然的事。更為嚴重的經濟問題是：引進一種寄生物或有害生物，至氣候情況有利其繁殖而其易感寄主作物已立足的體系內，引起嚴重損失，歷史上如此例證，為數不少。同時亦說明植物檢驗或防疫工作的重要，縱然此項控制工作執行並不十分徹底。

策略的第二個大錯誤是：常以集約栽培單一作物及大量飼養家畜，並且由於人類的需要，仍須加速進行。有害生物被引進後，以接觸或接近，同時缺乏衛生管理，以及有利情況的循環出現，而大肆猖獗，如野火一般的蔓延。基於容易感染品種集結、輪作、選種、擇地等方式之利用，僅能當和緩之計，並非萬全之策。

科學家以操縱遺傳因子的方式而使此等策略的錯誤更形複雜，生物棲群的異質遺傳 (heterogeneity) 機會因此減少。棲群的異質遺傳可由自然授粉 (open-pollination) 的作物及粗放的混合飼育的家畜而得到。但此種現象由於精選 (intensive selection)、育種 (inbreeding) 及雜交 (hybridization) 而消失。在完全沒有有害生物 (pest-free situation) 甚或其輕度發生情況下，以純系遺傳 (genetic purity) 的方式用於作物和家畜改良極具經濟價值。利用單基因 (single gene) 遺傳或基因的特殊補助 (specific complement of gene)，確保生長快速、成熟整齊、風味良好或營養價高等一致性，在現在農業經營方法上是必要的。如果缺乏此種一致的特點，則農業機械化和家畜管理將永遠不會進步到現在的地步。然而，如此做的結果，則又將我們的目標暴露在有害生物攻擊的極大危險中。

甚至抵抗有害生物的作物育種也增加此類危險。植物病理學家早就有此經驗 (已有 3/4 世紀)，彼等明知面臨危險，但仍對作物遺傳對有害生物抗性的潛能，具有信心。然而當一作物具有抗性時，其病原單一遺傳基因的變異能使原為抵抗性品種轉為易感性

。就燕麥育種而言，對燕麥冠銹病 (crown rust, *Puccinia coronata*) 多數菌系具過敏 (hypersensitivity) 的 Victoria 基因，則對胡麻葉枯病病原 (*Helminthosporium victoriae*) 形成一致感染的燕麥，在 Victoria 基因被替代前幾呈撲滅燕麥栽培的危險。又如為雄性不稔 (male sterility) 基因併入玉米雜交育種親本 (breeding stock) 而招致 1970 年玉米嚴重損失的另一種 *Helminthosporium* sp. 的病害。此等事實，至為明顯，皆說明純種遺傳 (Genetic purity) 確屬奇妙，但亦危險。

在我們發生問題情況下，許多土壤處理，亦與有害生物防治問題有關。特殊栽培的植物 (如 Force-feeding of plants)，對某些病原體之侵襲更易感染：如露菌病 (downy mildews)、白粉病 (powdery mildews)、銹病 (rust) 等是。氮肥過量，對逃避及抵抗疾病的特性，幾均有影響。氮肥與磷肥在正確平衡用量情況下，能促使寄主植物對並非極為特殊的寄生物的侵襲，有完全逃避發生疾病的可能，如根腐病 (root-rot diseases) 是。當鉀肥施用達最適量時，則作物生長良好與寄生物抵抗完全一致。一般趨勢，在作物生長的早期多量施肥而用為作物全生長季的需要，可能形成對苗枯病 (seedling blight) 不利的情況，同時可能促成早期發生根腐病 (root-rot diseases) 而日後受損，如小麥立枯病 (take-all disease) 病原 (*Ophiobolus graminis*) 即為一例。

集約式的作物栽培，以及有機物質的不能充分供應，導致土壤微生物數量及種類的不足，而產生了一種危險情形。土生植物病原 (soil inhabiting plant pathogens) 的抗生作用 (antibiosis) 抑制病原活動，頗具貢獻，是無可疑義的事。加刺激劑 (stimulants)，如糖，於草莓根腐病複合病原 (strawberry root-rot complex) 密度很高的土壤或加植物組織在 Texas 根腐病真菌 (*Phymatotrichum omnivorum*) 棲群優勢的土壤中，促進具拮抗作用之細菌 (bacterial antagonists) 繁殖，可為明證。

IV 防治有害生物的未來策略

顯然地過去對有害生物的處理犯了很多錯誤。在策劃未來防治工作時，這些錯誤，當特別留意。有關研究工作，已迅速有效展開，成百的處理方式，正待探究。

一般來講，對主要有害生物問題，已有相當了解。但其改變和適應可能性，則不詳悉。關於主要有害生物的生活習性（life habits）、繁殖過程（reproductive processes）及其共生關係（symbiotic relations）等論著頗多。對主要有害生物在環境因子影響方面，亦有相當的資料。測定生物化學變化的錯綜複雜，以及對外來的應用化學的反應工作業已開始，但大部分的情形，仍然急待發掘。目前祇能就所知範圍內設計一種認為合理的防治方式。

防治處理個案進行前必須面臨的原則是：人類必須在多種機會中有所抉擇。在人類決定願意犧牲多少之前，不會有實際可行的計劃。一個人能在自己小生物圈內，生長美好的蘋果，以精選花朵授粉後後立套以紙袋即可。如同日本人做的一樣。但在美國是否也想要投資勞力於生產上等大小而美好的蘋果，以免除瑕疵及化學劑等，那可能使每一個蘋果的價值將達到美金二元。美國可能恒有數以百萬計的人，藉救濟金而生活的失業者，為生產如此蘋果的商品大量的供應，對失業者及社會二者可能進入較佳的景況。

或者我們可以回到兩世紀前的趨勢，使現代 75 % 文明城市，再成為鄉村景色，而使一般人們做了當地動植物的僕人，做着手捕馬鈴薯甲蟲及捉拿牛壁蝨的事。為了馬鈴薯甲蟲，人們可以放棄耕種馬鈴薯，因為在新大陸發現前，人類生活並未曾有過此種作物。

上述情形，乃為人們所能利用的極端抉擇。但人們是否容易接受，或甚以軍事法（martial law）強迫，能否推行是值得懷疑的。

那幾乎是無需爭論的事，人類犯的第一樁錯誤（這當然只是站在有害生物管理的立

場的偏見）是當犁插入土壤中，隨即開始生態系的毀損，其嚴重情形，隨人口之增加而遞增，改正此種情況的唯一方法是恢復原始狀態，當然這是不切實際的想法。

A 可行之道

計劃中我們策略的基本假設，似乎是正確的。在我們應設計我們的可行之道。我們的可行之道如下：

第一農業機械化：現代的農業集約，祇要燃料供應無虞，將成為機械化農業。因此，人類可以自由的維持和擴充其產業權力（industrial empire）和應用創造技巧（creative arts），那麼農作物的單一耕種（單一作物栽培）及大規模的家畜飼養，以及其他集約農業發展是必要的。

第二土壤管理：管理栽培用土壤，以刺激生產為首，次於有害生物防治工作，

但土壤可被變更，以避免危險的情況

第三遺傳學的應用：操縱作物及家畜遺傳，避免刺激有害生物（pest inducement）。

第四有害生物生活史考查：一定要利用有害生物生活史的每一弱點，以抑制其生存（survival）、生殖（reproduction）及增殖（Multiplication）。

第五控制環境：環境必須加以控制，方能達到抑制或毀滅主要的有害生物，或在可能範圍內，改變生態狀況，以減少有害生物的侵襲，或於必要時按適當設計，運用藥劑。

B 正當管理實施

為抑制有害生物的棲群，正當管理實施是必要的。由於特殊設備的經常開支增加及食品加工廠被指定在特定區域集中生產，輪作（crop rotation）所需時間已漸被縮短，然而在同一地區多數作物的栽培也必須維持，以饑餓方式來確保抑制有害生物在容忍平準（tolerable levels），土壤中可常補充一些有機物以刺激抗生作用或競爭的共棲作用抵制有害生物，並維持適當的營養和水份以對抗不可避免的困難

時間，為維護植物的穩定和抗有害生物的生長，以及避免由於輸導作用而形成的環境損害必須繼續並宜擴大使用肥料，但實施必須有所更改。不論是立即有效元素膠囊或為較廣泛的行間使用 (spaced application)，如側施 (side dressing) 等是，以控制肥料的有效價值。

C 作物育種

由上述理由，在有害生物防治方面，作物育種仍為重要的。然而，目標應強調。非常容忍，或更合意而極為抵抗有害生物尤應優先考慮。要把時間和金錢花在大量作物或動物育種計劃之前，每一種育種親本 (breeding stock) 必須對有害生物的整個範圍的抵抗力加以歸類。我們幾乎不能達到此種要求，因為在試驗之中必須包括每一有害生物的全部生物型 (bio-types) 幾乎是不可能的事。

為有害生物抗性育種，必須根據三個新的觀念。其中之一是非常明顯的，其他兩個是重要的，但更富於想像的。

第一是多基因抵抗力 (Multigenic resistance) 來源的利用：單基因抵抗力 (monogenic resistance) 是很脆弱的，常因有害生物基因的突發 (mutation) 或基因的重組 (shuffling of gene) 所阻遏。任何抗病品種，罕能完全保護達數十年之久者。單因子抗性的遺傳與合併而形成商業需要的品種是容易的，但也極易被克服。多因子抗性型的理論是因為在特定的有害生物內單因子的突發或重組的發生，可能相當簡單，要兩種或兩種以上的因子同時發生如此的變化，其出現率完全按因子對數的冪數而定。

第二是遺傳抵抗的主要部分必須由精深的生物物理來研究而決定。我們必須要了解作物能夠抵抗外來侵襲的緣故，由此我們才知道要尋求些什麼。一旦我們了解抵抗的化學性質，可以人為誘導方法以產生抵抗力化學物質，或在侵襲時於被害植物所需的物質。例如有些植物病害的抵抗力是由寄生物的寄生，產生一種石碳酸毒

物 (phenolic toxicant)，即植物體液殺菌素 (phytoalexin) 所引起的，而不必流動潛在不良毒物 (undesirable toxicant) 於整個植物體內。遺傳抵抗力目標，該是積極的，非僅是消極的 (如果可能的話)。而且這包含着毒物的發展而了解抵抗化學的情形，是極端重要的。

第三綜合遺傳基因之引導 (introduction of synthetic genes) 利用分子生物學的新技巧在綜合遺傳基因應用上是第三種潛能。運用輻射能或突變質 (mutagens) 使正常細胞基因譜 (genome) 產生分子重組已可達到某一程度。然而現在合成核小體鍊 (nucleotide chains) 及模倣 DNA 和 RNA 的片斷是可能的。在植物病理學上最好的作業假設 (working hypothesis) 是寄主抵抗力與病原致病力基因相配是重要的。當寄主有不配合寄生物的因子，或相反地當寄生物有一種不能為寄主的基因譜所妨礙時，則一種特殊的寄生物會產生疾病的抵抗力，如銹病真菌 (rust fungus) 等是。

沒有一種有害生物遺傳的暗碼系統 (coding system of pest) 是太早開始闡明的，這要看我們是否能擾亂正常遺傳因子的作用。在這方面似乎應從 RNA 成份開始，因為目前對植物病毒的分子傳遞知識頗為豐富，並且在寄主 DNA 的中央控制系統 (central control system) 並不像被分裂，對生產品的消費者也不像存在潛在的危險。

D 有害生物繁殖與侵襲能力之分裂

有害生物繁殖與侵襲能力之分裂，在任何管理言，都是重要的一部分。良好的作物管理與家畜管理下的許多實際措施，對逃避有害生物擾亂區域，抑制接種病原的潛能，清除越冬個體等等，頗見成效。此等措施，包括田間的衛生，處理感染的殘枝落葉環境下耕種，於根圈 (rhizosphere) 及其他場所增進抗生能力 (antibiotic forces) 等等，在有害生物管理方面，顯示發展很多更實際直接的效果。是

無疑義的。

利用雄性不育性技術 (male-sterile techniques) 抑制昆蟲棲群，如今已成事實。此種技術，除螺旋蠅 (screw-worm) 以外的昆蟲也可應用，並將隨昆蟲飼育、不育處理及發放等方法的改進而擴展。此種技術之推行；最初投資極大，在昆蟲棲群適度或較低時，應用此法，最為有效。若用普通撲滅方法來控制昆蟲的繁殖，那是很困難的事，然而利用雄性不育性技術消除昆蟲的殘餘棲群，却非常有效。

利用賀爾蒙處理 (hormonal treatments) 使有害昆蟲延緩或阻礙性的成熟 (sexual maturity) 呈同一防治類型，並對未來提供了許多希望。也許有人要問，為什麼在昆蟲學範圍內的這些進展，而在植物病害及雜草控制方面尙未發現有類似方式呢？在雜草控制方面應該有利，不過尙未探究其可能性而已。如果能發展適當方法干擾配子形成 (gametogenesis) 授粉作用 (pollination) 或胚胎發育 (embryo development) 等有些較困難的問題，以淘汰種子的方式比試圖根除幼苗，為更好更易解決的良好辦法。然而大部分植物病原體，主要是以無性繁殖方式，因此以有性生殖處理方式較少機會存在。但抑止分生孢子 (conidia) 的形成在某些有限度的試驗已被證實。以現在的防禦方法，對大部分有害生物，我們如果能充分了解它們的話，是可以被控制的。然而生物種類繁多，習性不一，分布極廣，繁殖迅速，以致現有防治方法，亦難能充分運用。如果我們能任意操縱或移動有害生物的棲群，則毀滅此等棲群，亦非難事。很多樹皮小蠹蟲 (bark beetles) 侵襲或毀滅林木，即為良好的例證。此等小蠹蟲花費全部生活所需的 95% 時間 (或更多)，安全地鑽進樹皮內，取食棲息其間，並產生新的後代，能避免人們對它的厭惡，百餘年後，滿意的砍伐已死或垂死的樹木，並自森林地區搬移，通常在新的一代羽化並已飛至及為害新寄主以後，僅在過去的七年內才

發現其棲群聚集費洛蒙 (population-aggregating pheromones) (pheromones 直譯為費洛蒙，亦有稱為外激素或外分泌物者) 引導此種蟲類到易於感染的樹上，並以足夠的蟲數，克制樹木的抵抗，分離及鑑定此等費洛蒙 (pheromones)，證實係由最初到達的小蠹蟲的後腸 (hindgut) 所產生。人為的方法已可合成此等費洛蒙。當此等費洛蒙被補充用於寄主的單松烯 (monoterpenes) 時，即可控制它們飛向預定的目標。吾人已具能力，一旦與他們抗衡時，對引誘它們進入圈套的新展望已被打開，使它們向樹木或樹塊襲擊行動，均被安排進展，或指引它們飛集於布滿天敵的處所。更有趣的是郭公蟲 (Clerid beetle) 和穀盜蟲 (Ostomid beetle) 捕食小蠹蟲。已知尋找此等化學的信使 (chemical messengers)，因此現在我們可以利用此種事實擾亂自然的平衡 (balance of nature) 而有利於此等捕食者，並使其成為我們與有害生物戰爭中的戰友。

在防治工作上，實際已運用上述原理，應用引誘物引誘某些雙翅目昆蟲。聯合化學毒物與引誘物以防治地中海果蠅 (Mediterranean fruit fly) 效果甚佳，已被證實。利用性引誘劑 (sexual attractants) 為誘物，對很多鱗翅目及直翅目昆蟲的誘集，極為有效。因此可從繁殖活動中，誘捕或除却兩種性別中的一種，即可收抑低其棲群之效。

利用有害生物的天敵 (natural enemies) 在未來的防治策略上，是必不可避免的。很多雜草由於病蟲的為害，而呈現部分衰弱，同時有些甲蟲顯示其有能力作為極有希望的除草者。同理，一種在重大進展中的是用高效力的病毒使蛾類或毛蟲的棲群降低。應用寄生於昆蟲的細菌、真菌及線蟲病原，防治昆蟲已有相當成效。此等病原或其毒質 (toxins) 可能成為今後抑低棲群技術的手段。

E 環境改變

改變環境可提供相當成功的希望。或改變氣候因子或加有毒的物質等等，有害

生物的繁殖和生長則受牽制。控制家蠅的基本方法，仍停留在衛生處理 (sanitation)，使其幼蟲無法發育成長。假如作物種植於正常的土壤種類 (soil type) 或空氣流通而陽光充足的場所，則真菌孢子不能萌芽生長，很多植物的病害就可避免或容忍。以正常的空間種植果樹並實施修剪，即使不能完全控制病害，但感染的嚴重性也可被抑制。如甜菜 (sugar beets) 以相互對照間隔種植，使乾燥空氣能在植株較低的葉片環境流通即可避免褐斑病病原 *Cercospora beticola* 之侵襲。然而同樣的作物種植於淺溝中，則極易感染此種病原而枯萎。

F 農藥

為保護作物正常的生長而不受病蟲害的侵襲，在其他防治法均告失效時，最後保護的辦法是應用化學藥品。這裏自無詳述其迅速發展的必要。自一九四一年發現有機殺蟲劑、殺菌劑及殺草劑後，設計一種適合特殊需要的化學藥品，就變得的確可能。對人類、家畜及作物的安全是增加了；對從未有任何有效防治方法的有害生物，也能有效的控制了。

此等農藥在預見的將來，將廣泛使用。就過去以及上述其他措施發展情形言，此等農藥不僅在量的方面可能需要較多，同時在種類方面亦可能需要增加。前面所略述各種不同生物學和管理上的控制策略，對於健全的農業實施是重要的，但是他們有效情形，需視實際情況而定。諸如有害生物的穩定棲群，合理的氣候情況，正常時間的例行操作，頤頤生物力 (antagonistic biological forces) 的狀況，是寄生、捕食或單純的頤頤者等。因此每一生物圈的正常變動，將時常產生危機。使用化學藥劑以免擾亂、抑制、毀滅有害生物，或容許作物逃避大部分最嚴重的破壞而將保留潛在的力量。

沒有這種形式的保障，大部分的農業從事者，就不敢投資昂貴的設備，精確的肥料成分及特定作物品種。所有此等物事

能被供應，只有從事農業者能得到幾種作物保險時 (其中包括有害生物的抑制)，才能辦到。此等未來的化學藥品將更昂貴，因為此等藥品將更具特效。為免不良的副作用 (side effects) 的影響，必須適合環境安全 (environmental safety) 的嚴格標準，並且必須比目前的防治更為有效的才會被分配和使用。沒有理由，為什麼此等優異藥劑不能為大眾有效的使用與接受。由於時代的需要，環境保護 (environmental protection) 常達不可抑制的程度。我們對農藥變得敏感恐懼，是由於不明白農藥性質的緣故與不安的感覺所引起的。由於目前毒理研究法 (toxicological methods) 的進步與完整，因此恢復了難於明白的劑量與反應曲線 (dosage-response curve) 意義的一般人的信心。幾乎每種已知的毒物對任何一種的生物有毒效的話，對其他型生物也有各樣不同的作用。問題是在每次接受的藥劑的量與時間 (每次多少，或單位時間內的次數等)。從過去卅年的經驗中，可肯定的說，為適合大部分的實際需要，我們已可設計對作物及消費者安全的藥劑。現在對環境的非目標區域的安全也加以考慮中，而更增加了新的安全標準。

客觀分析1940年以來的經驗，我們發現在農藥方面三個策略的錯誤，是由於現在明白這種新需要所設計的分而形成的。這三個錯誤是：(1)尋求分子的親油性 (lipophilicity) 以促進活細胞 (living cell) 迅速滲透 (permeation)，(2)忽略對土壤膠體和有機物的吸附作用 (adsorption)，以及(3)有意的努力於選擇通效性 (wide spectrum activity) 藥劑以確保最大可能的銷路。我們有理由深信此等錯誤，可被更正。

有關分子的親油性，並非絕對重要。如銀、銅、汞等離子的毒性顯示，不必涉及許多水溶性有機分子 (hydrophilic organic molecules)。溶解於體內脂肪的農藥，是極不活動化的，以致對健康所形

成之危險不大。如同以 DDT 對人及家畜作飼育試驗所顯示出來的，祇要引入量維持正常的平準，物料以一定不變的平準分配到脂肪內，其殘餘部分或被解毒或被排泄，除兩種情況外，不活動的分子是在毒物池 (pool of toxicants) 外的。如果饑餓情況突然供飲限定飲料，一種毒理學的影響是顯而易見的。尤其進者，就像我們所知的在食物鏈 (food chain) 中，最後消費者 (end consumer) 是冷血動物 (cold blooded animal) 或鳥類以媒介物 (carrier) (脂肪) 被消化後，就有一種漸次擴大的效果，如同發生在某些類型的捕食性野生生物 (wild life) 一樣。

農藥有聚集黏土土粒上及土粒內的趨勢，可能導致農藥殘存於湖底 (lake bed) 或停滯在流水中。一種正常水解或氧化的有機磷劑可能聚集於一種 montmorillonite 黏土 (montmorillonite clay) 的礬土片 (alumina sheet) 內，四週有矽片 (silica sheet) 保護，因為酵素不能達及農藥而不致受到微生物分解作用 (microbial decomposition) 的直接影響。一個可能正當地疑問，是否我們應予注意這種隱藏的貯存物，而此隱藏貯存物經分析所呈現的如同殘餘物 (residues) 在泥中一樣，為安全的需要，特效性農藥 (specific pesticides) 將更為一般所重視。通效性農藥 (general pesticides) 的重要性或許將因此而降低。祇有在未指明的目標物體上，增加其安全程度及減少其危險機會，較大的花費，才可認為合理應該的。許多有害生物問題尚未解決，尤以植物病理為甚。以特殊設計的分分子，可能滿意解決有關問題。不過按過去標準去研究與生產是無利可圖的。假如為了有害生物防治的需要繼續到達如此完美程度，同時為了大眾環境絕對安全的需要，已迫切到了極點，這些高價藥劑 (high-cost chemicals) 將是不可避免的。社會大眾將必須付出這種代價，而祇有時間可以證明，是否是經過較高價的貨物或是苛稅而予以補償。

V 摘 要

沒有共同的規章可以應用到不同情況的不同種類的有害生物，但有少數普通原則可應用於策劃未來的防治計劃。

※大部份有害生物是善於應變的。易於應變的有害生物有適應其寄主、環境及我們規劃 (scheme) 的能力。甚至以現代的觀念，研究供給很好的機會，人們也不能期達完全防治 (perfect control) 之地步。更少撲滅任何有害生物的實際數量和種類。我們的策略要求是了解如何與其共存。

※有關捕食作用 (predation) 與寄生現象 (parasitism) 的某些發展計劃將不致遭到拒絕。在正常情況下，一種農作物與一種有害生物，如真菌的寄生一樣會進入一平衡狀態 (balanced condition)。當新生物型 (biotypes) 的發展被害的嚴重性可能時常變異，但通常在現狀情況的演變中，有害生物與其寄主如同共生 (commensals) 生活者。

※人們為了自己當時物質生活的需要而破壞了這種平衡：或由無意地引進容易感染的品種後代到已立足的有害生物棲群裏；或粗心地引進一種有害生物到容易感染作物棲群中，而此種容易感染的作物尚無與此種有害生物共同生活的發展經驗，或由環境的改變或棲群的調整，致使有害生物得以放蕩，而形成未來有害生物管理策略上的一種不能被容忍的災禍。

※第一需要是利用具有最大的容忍，抵抗或受侵襲後復原能力的品種及育種，即使是最好的生長原形質組成 (germplasm composition)，也不能適應在任何情況的所有有害生物，假如抵抗是存在的話，對其他策略的許可範圍亦將擴大。

※在新作物育種工作中，主要目標應是有害生物抵抗力 (pest resistance)，比其生產物的質與量更為重要，因為生產物的質與量的特性是可附加於更基本必須的條件上。在有害生物棲群中，新生物型發展情況，即使是最強的抵抗力也可以被損壞。

※作物和家畜的管理應該以衛生設備 (

sanitation)、消毒 (sterilization)、地區選擇 (choice of sites) 等設計來避免或抑制有害生物。設計的辦法在一定正常生態情況下，必須能達成任務，當情況超出常軌時，期能停止作用。

※利用不能生育的雄性 (sterile male) 個體、妨礙性成熟必需的荷爾蒙平衡 (hormonal balance)、或以性引誘劑 (sex attractants) 引誘兩性之一的直接行動，可被用來對抗有害生物，以抑制其繁殖。

※利用食物費洛蒙複合物 (food pheromone complexes) 誘捕或殺死可被操縱或群集的昆蟲棲群。

※捕食或寄生性生物的破壞能力，可以引誘有害生物到天敵眾多的場所來提高，也可用費洛蒙引集此等天敵以達到目的。

※前述各種方式，多付諸實施後，由於支配有害生物發育環境情況不可避免的改變，生理抵抗的變化等原因，有害生物仍能急劇增長。當有害生物急劇發展時，環境可能仍在變化中。各種有害生物的防治設計，乃基於明確規格，極度限定的環境標準而進行的，從這標準環境的適度變化，就能破壞其最完善的安排計劃。

※所有跡象顯示，在預見的未來，農藥將被廣泛使用。農藥是作物發育成長的保障，而使農友大量投資在農業機械、土壤肥料

、作物適應、以及其他在過去的五十年裏，農場改革上昂貴設施的可能。如果我們為適應日益需要及繼續不斷的食物和纖維，農藥是生產組的一部分，必須要更進一步的改善。

※在未來的幾年內，很多新型態的農藥將是必要的。依目前的情況似乎需要特製的農藥，以供：(1)更具特效，對意外副作用 (side effects) 發生的機會更為減少。(2)對應用者及消費者有一個合理的安全邊際。(3)對良好的環境及有價值的野生生物的危害更少。

※農藥新型分子的研究，必須依據一定假設。因此農藥將更加昂貴，而且為大眾更大需要，必須由大眾支付其代價。過去農藥分子設計的錯誤，將須再予評定。同時下列各特性必須避免：(1)強油溶性 (lipophilicity) 化合物，促進細胞滲透作用，因為強油溶性化合物在捕食野生生物的食物鏈 (food chain) 中能促進轉移 (transmission)；(2)強吸附作用化合物在泥粒或有機物內及其上，不宜於微生物的或化學的分解作用；以及(3)在土壤或水中抵抗微生物分解。雖然微生物分解作用，可經處理土壤微生物對分子的新類型更形活潑而增進。此類化合物應是迅速而易起 β -氧化作用 (β -oxidation)，加水分解，或經酵素作用 (enzymic action) 而起的氧化作用。