

作物害蟲非農藥防治法

章 加 寶

臺灣省台中區農業改良場

摘 要

非農藥防治法主要有農業防治、法規防治、生物防治、物理防治四大項。農業防治可從土壤、肥料、種子、抗蟲品種、田間剪定、廢物清除、輪作、混作等等著手。法規防治可藉由檢疫來管制害蟲。生物防治可利用天敵防治害蟲。物理防治可利用捕殺、誘殺、遮斷、溫、濕度處理、不孕技術等等來防治害蟲。本文僅就上述四項防治法做一簡介，並舉一些例子以供防治之參考。

前 言

一般人常以二分法來區分農藥與非農藥防治。因此凡用以防治農作物（包括樹木）或農林產物之病菌、蟲類、其他動物、雜草以及促進或抑制植物生長之藥劑皆稱農藥（廖，1983），因之舉凡殺菌劑、殺蟲劑、殺蟎劑、殺線蟲劑、除草劑、殺鼠劑、引誘劑、忌避劑、植物生長調節劑、輔助劑、費洛蒙、昆蟲生長調節劑皆可謂之農藥；其他防治方法應可謂非農藥防治法，在害蟲管理之領域中，以非農藥防治法來管理害蟲是不破壞生態的一種立意甚佳之管理方法。因此非農藥防治往往將費洛蒙歸類為生物防治，這裡應當予以釐清，如果依據上述定義應該也可以屬於農藥，因為像荷爾蒙類的昆蟲生長調節劑及由植物體而來的除蟲菊精、魚藤精等均為農藥，當然費洛蒙也可以劃規為農藥之範疇之內，因此並不是所有農藥防治均為有毒物質，所以存在人們腦中的農藥為有毒物質的觀念，應予去除。

非農藥防治法

由於一般農作物的蟲害管理體系由競爭取代、法規防治、遺傳操作技術、不育技術、農業防治、化學防治、綜合防治、生物防治、抗蟲品種、物理防治及其他架構等等所組成，但大體上可歸類為農業防治法、物理防治法、化學防治法、生物防治法及法規防治法^(2,23)，而物理防治、化學防治及生物防治又是主要三大防治法。

本報告僅就各非農藥防治法及其在農業上之應用，簡述如下，俾供害蟲管理上之參考。

一、農業防治 (agricultural control)

所謂農業防治就是利用害蟲、農作物及生態環境之間的三角關係，採用一系列之農業技術措施及以促成農作物之生長發育的強勢，進而抑制害蟲的繁殖、直接或間接地消滅害蟲，更進一步而創造有利於益蟲之生存及繁殖的條件，從而使農作物免受或減輕害蟲為害的方法⁽²⁾。因之農業防治的項目主

要研究包括：創造不利於害蟲的孳生條件，抑制害蟲的生長和繁殖；育成抗蟲品種，從而免受或減少害蟲為害，直接消滅害蟲，以農業上適當的操作來防治害蟲之農業防治。所以如果能有效之從操作害蟲及作物生態的層面著手，則較易於達到防治效果。有關農業防治，吾人可從土壤、肥料、作物抗蟲性、輪作、混作、田間管理來討論。

(一) 土壤質地的影響：

害蟲與土壤質地有密切的關係，在砂質壤土易於發生粉介殼蟲、葡萄根瘤蚜，潮濕的土地易發生螻蛄、蟋蟀，而輕鬆土地易發生夜盜蟲、蟥蟧。由於大多數害蟲在生長和發育過程中，多少與土壤有關，因此，深翻土地和改良土壤不僅利於作物的生長，而且能夠提高作物的產量，同時在害蟲防治上亦深具功能⁽²⁾。

螻蛄在土壤中取食、生長和繁殖，整個生活過程都與土壤有關；叩頭蟲幼蟲離開了土壤就不能生存；金龜子、球莖夜蛾、潛蠅、一些象鼻蟲的幼蟲也都在土壤中生活和為害。有的害蟲某些世代生活於土下，例如葡萄根瘤蚜，在它的生活史中就有相當世代是在土下葡萄根上。更有很多害蟲，例如斜紋夜盜、果實蠅、瓜實蠅、下紅天蛾等，它們雖然經常取食的是植物的地上部分，但是卻都在土壤中化蛹。蝗蟲、蟋蟀和扁蝸牛等，從初孵化的幼蟲開始就常生活於土外，取食的也是植物的地上部分，但是它們的卵卻都產在土壤中。

以土壤作為生棲環境的害蟲，假使土壤條件有所改變，則對於牠們的生長、繁殖力及為害的改變則是不爭的事實，例如溫度、濕度、土壤含水量、熱容量、土壤結構、pH值等均扮演重要的角色。任何一個土壤環境條件的改變，特別是那些決定性因子的改變，均將顯著地影響昆蟲的壽命長短、發育快慢和繁殖速度，因而也就顯著地影響害蟲的發生量及為害程度。例如瓜蠅之化蛹在低於3%之含水量的土壤中，對於發育及生存多有不利。如果土壤中含水量達30%則不能羽化。在害蟲防治上或許可藉由土壤條件的管理，吾人可從下面幾點著手：

1. 改變土壤環境的生態條件，可以抑制害蟲的發育與繁殖。
2. 將原來在地下的害蟲翻至土壤表面，由於光、溫度、濕度等物理因子和鳥類、青蛙、天敵昆蟲等生物的捕食，促使它們大量死亡。蝸牛產卵於地下，在其產卵期進行中耕，將卵塊暴露於地面經由陽光的曝曬，石灰質的卵殼很容易爆裂；其餘卵塊雖未被翻至地面，但常因土壤疏鬆，遭受外界乾燥空氣的影響也難於存活。
3. 利用深耕，將害蟲翻入土層深處，使它們不能由土壤中羽化出來。
4. 藉由植物的地上部的被翻入土中，使為害植物地上部的害蟲，因失去寄主而大量死亡，尤其是雜草的清除，更具意義。
5. 深耕時，土壤中的一部分害蟲，遭到農機具傷害而死亡。
6. 深耕時，土壤中害蟲的巢穴和蛹室受到破壞，亦增加其死亡。

(二) 抗蟲品種的利用：

有關抗蟲品種係由於利用作物對害蟲的迴避、抗生作用、容忍，有關報告亦非常之多，本文不再贅述，所以在選種時宜選擇抗蟲品種苗木如目前高粱台中5號抗赤蚜(*Melanaphis sacchari* Zehtner)、水稻抗褐飛蝨(*Nilaparvata lugens* Stal)品種有Mudgo，係因水稻缺少asparagine所致⁽²⁰⁾。

(三) 混作及輪作(mixed and rotational cropping)：

往往在同一地區連續栽培同樣作物過久，則害蟲發生越激烈，若以輪作方式，可減少害蟲的發生，例如煙草與水稻輪作可減輕病蟲害，森林之針葉與闊葉樹種互作亦可減輕病蟲害。木瓜、玉米混種，可減少蚜蟲傳播輪點病。

北京市郊平原地區由於近年來實行耕作制度的改革，基本上抑制了地下害蟲金龜子幼蟲的為害。由於稻麥的輪作使田間長時期的浸水，從根本上抑制了金龜子幼蟲的發生。三種三收使春玉米面積縮小，套種玉米面積增加，而套種玉米苗期能避開金龜子幼蟲在春季的為害盛期，所以該種耕作制度對

於減輕金龜子幼蟲爲害有一定防治效果⁽³⁾。

(四) 肥料對昆蟲之影響：

肥料之種類及用量，往往影響害蟲之發生，最明顯的例子，氮肥過多，作物趨於柔嫩，害蟲易爲害，如水稻氮肥過多，褐飛蝨發生較嚴重，其他作物亦然，厩肥堆積過多，常引致蠅、蚊、叩頭蟲幼蟲、金龜子幼蟲等土棲昆蟲之棲息繁殖。目前施肥與害蟲發生的關係以水稻二化螟之研究最多，水稻害蟲的發生與肥料關係之研究包括：二化螟(*Chilo suppressalis*)、縱捲葉蟲(*Cnaphalocrocis medinalis*)、黑尾浮塵子(*Nephotettix* spp.)及褐飛蝨(*Nilaparvata lugens*)等害蟲之研究。如氮肥之施用，使植物組織含大量氮化合物，且碳氮比降低，使二化螟生育良好，生存率增高，體重增加，成蟲產卵數也增加，因此多氮栽培往往造成二化螟大發生⁽⁶⁾。矽酸肥料的施用，恰可緩和多氮栽培之害，增加抗螟性的機制⁽²⁵⁾。氮肥的施用，使二化螟、縱捲葉蟲、褐飛蝨及浮塵子類的發生較嚴重，但與癭蠅發生無關⁽²⁷⁾，矽肥的施用，使二化螟與浮塵子的爲害減輕，但稻苞蟲的發生卻較嚴重。施用氮、鉀肥於甘藍，發現桃蚜(*Myzus persicae*)產蟲數量、速度增加，致桃蚜發生增多。同樣生長於甘藍上的菜蚜(*Brevicoryne brassicae*)，其發生與氮肥、鉀肥施用量及植物中可溶性氮含量無關⁽⁶⁾。

(五) 剪枝與枝葉密度對昆蟲的影響：

果園中枝條過密常影響害蟲的發生與否，如葡萄園一作、二作、三作，咖啡木蠹蛾的發生在一作比二、三期作爲害嚴重，此與剪枝有密切關係⁽¹⁴⁾。二化螟因水稻播種量的多寡而增減，葡萄葉片濃密與鳥類爲害有關⁽²⁴⁾。一定耕種面積內種植適當的株數，則通風、日照正常，生育條件良好，農作物因而生長健壯，其抗蟲性可以提高，質量因此而增加，蟲害損失率也能夠相對的降低。若作物稀植，不但未能充分利用土地、肥培條件及光照的差異、行間株間空隙大，因而雜草叢生，表土蒸發量大，容易乾枯；更因株數之不足，產量因而大受限制，在遭受蟲害之後，缺苗、毀株及損果，影響產量甚鉅。

過度密植，能爲某些害蟲提供良好的發育與繁殖條件，主要是田間小氣候相對濕度高及光照的不足，例如在水稻田可以誘致飛蝨類、葉蟬類、粟夜盜等的大量發生⁽²⁾。而且過度密植後，提早封行，給田間防治工作不易操作，倒伏後，就更爲嚴重。

(六) 種植時期與收穫期的改變：

爲避免害蟲的爲害，將作物的播種期、移植期、收穫期做適當的調整，可收預防害蟲之效果。如日本曾爲迴避二化螟之爲害，將水稻播種期延遲10~15天，此時可逃避第一代二化螟，而第一代二化螟幼蟲因之餓死而不能爲害。美國伊利諾州一帶爲迴避麥癭蠅之爲害，將小麥播種期予以遲延⁽²⁾。

(七) 清除廢棄物

田間雜草應時常刈除以減少害蟲寄生機會，收穫後作物殘部，須加清除，以消滅內部害蟲。如田間葡萄殘株集中燒死木蠹蛾幼蟲；燒燬稻草，可殺死稻蒿內越冬之水稻害蟲。在葡萄收穫後，清理果園，勿使落葉蓋地面，避其腐化，以避免成蟲產卵其上。又如可可椰子犀角金龜(*Oryctes rhinoceros*)卵產於枯死之樹幹、堆肥或腐植土壤中，幼蟲即以腐植質爲食，所以清除朽木、堆肥及其他腐植質堆積物，可達防治目的。楊桃受果實蛀蛾爲害，可將受害落果清除，可減少果實蛀蛾爲害。

二、法規防治 (legal control)

簡單而言，凡藉法令規章之力以協助防治害蟲之一切方法，統稱爲法規防治法。如美國葡萄蚜(*grape phylloxera*)傳入法國，梨圓介殼蟲(*San Jose scale*)的傳播均以植物檢疫的法規防治來遏止。日本爲了杜絕瓜實蠅(*Dacus cucurbitae* coq.)之侵入，仍禁止台灣等地區之瓜類之輸入。美國大陸爲防止夏威夷的地中海果實蠅(*Ceratitis capitata*)、東方果實蠅(*Dacus dorsalis*)及瓜實蠅(*Dacus cucurbitae*)之侵入，而制定法規。此外，自國外引入本省的新害蟲，諸如可可椰子紅胸葉蟲(*Brontispa longissima* Gest.)、香蕉弄蝶(*Erionota torus* Evans)等等因人爲問題而侵入本省。

三、生物防治 (biological control)

生物防治一般而言指利用天敵防治害蟲。許多有關植物保護著作中，特別是在生物防治和綜合防治專著中，仍繼續採用此義。但隨著治蟲新技術的不斷發展，近幾年來人們對生物防治一詞，有了不同的解釋。如近年來有人將利用昆蟲不育性（包括化學不育劑、放射線處理不育和遺傳不育等）和昆蟲激素等的防治法，也歸入了生防範圍，這樣，生物防治的概念就更加廣泛了。所以廣義的生物防治，除了天敵之利用外，抗蟲性品種之利用，不孕性雄蟲之釋放，有害遺傳因子之導入，費洛蒙之利用，競爭種類之置換等等，皆可包括在內。狹義而言，係利用捕食性天敵或寄生性天敵來防治害蟲，以壓制害蟲繁殖之各種治蟲方法，謂之生物防治法。可利用資源為1.捕食性及寄生性昆蟲。2.昆蟲以外動物。3.病原微生物。4.害蟲繁殖控制^(3,16,18)。生物防治，在生態的隔離地區，所謂生態島嶼 (ecological island) 之環境較易生效，小若果園者，大若夏威夷群島，在生物防治上皆能大有成就，但夏威夷島係一海洋性島嶼(oceanic island)，而台灣卻屬於大陸性之島嶼 (continental island)⁽²⁸⁾，兩者不論氣候、生物相均大相逕庭，是故本省不若夏威夷之有利條件，因此在生防上就必須多費功夫。一般以較少移動而群棲性之害蟲，較易作生物防治，如介殼蟲、蚜蟲等。對一種害蟲作成功的生物防治，則能一勞永逸，但達理想者少之又少，是故在生物防治上必須要注意的如天敵的立足、環境因素之認知、大量飼養 (mass production) 等等條件。

以捕食性天敵之利用於害蟲防治為例，以我國的歷史最為悠久，早在公元304年，晉代(265~316年)嵇含所著的「南方草木狀」中就有記載，利用一種黃獵蟻(*Oecophylla smaragdina*)來防治柑桔角肩椿象(*Rhynchocoris humeralis*)，此乃世界最早利用天敵的實例⁽²⁾。捕食性天敵之利用，在近代最具成效的如1888年在美國加州為防治吹綿介殼蟲(*Icerya purchasi*)而從澳洲引進澳洲瓢蟲(*Rodolia cardinalis*)，此為以捕食性天敵防治害蟲最成功的例子。吹綿介殼蟲在1905年曾在台灣大發生，當時從夏威夷引進上述瓢蟲而得到同樣成功的結果，此為在亞洲地區生物防治成功之第一例。1950年代，台糖公司也利用赤眼卵寄生蜂(*Trichogramma chilonis*)來防治甘蔗螟蟲^(19,26)，近十餘年來，生物防治工作發展更加迅速。本省廣泛展開了「以蟲治蟲」、「以菌治蟲」和「以菌治病」的試驗研究。關於天敵昆蟲可分為捕食性和寄生性兩大類⁽¹⁸⁾。

捕食性昆蟲有蜻蜓、螳螂、椿象、草蛉、食蟲虻、食蚜蠅、步行蟲、瓢蟲、蟻、胡蜂等等。其中瓢蟲、草蛉（幼蟲）、步行蟲等較常被利用。

寄生性昆蟲：最主要的是寄生蜂和寄生蠅，如姬蜂總科（包括小繭蜂科）、小蜂總科、寄生蠅科等。

其他天敵：在脊椎動物中，從魚類到哺乳類，都有許多種是以昆蟲或主要是以昆蟲為食的，其中消滅害蟲作用較大的是某些鳥類，其次是兩棲類、魚類、爬蟲類和哺乳類中的食蟲目和翼手目。其中主要吃蟲的益鳥有7目15科23種。各鳥所吃的昆蟲，可分為四類，即益蟲、農業害蟲、衛生害蟲、益害不明或無特殊經濟關係的種類。以養鴨除蟲及保護青蛙為例：

養鴨除蟲：養鴨除蟲在我國已有600餘年的歷史。元朝王禎的「農書」中有這樣的記載：「螭未能飛時，鴨能食之，如置鴨數百於田中，頃刻可盡」。1978年在中國大陸的9個縣，養鴨一萬餘隻，進行了四千多畝晚稻放鴨治蟲的試驗，解剖的114隻鴨子，捕食的蟲有稻飛蟲、葉蟬、螟蛾、粟夜盜、稻苞蟲、葉甲蟲、蠅類、蜘蛛、小青蛙、蚯蚓及谷粒、雜草根等，其中害蟲占90.4%，每小時每隻鴨子最高捕蟲量達1200餘隻⁽²⁾。

保護青蛙：兩棲類動物中的蟾蜍、雨蛙和蛙等，捕食昆蟲和其他無脊椎動物為主，尤以昆蟲為多，是眾所周知的有益動物。

病原微生物的利用：在自然界中，能使昆蟲感病的病原微生物很多，它們包括細菌、真菌、病毒、立克次氏體、原生動物及線蟲等。利用蟲生病原(entomopathogen)或其代謝產物來防治害蟲，稱為微

生物防治 (microbial control)。目前，應用比較廣泛的有蘇力菌 (*Bacillus thuringiensis*)、白殭菌 (*Beauveria bassiana* B.) 及昆蟲病毒等。應用病原微生物防治害蟲已有很長的歷史，目前已知可利用的病原體就有千種以上。在害蟲病原微生物中，以真菌致病的最多，占60%以上。而昆蟲的真菌病中，由白殭菌引起的占21%。目前國內外成功使用的，主要有白殭菌、黑殭菌 (*Metarrhizium anisopliae* M. S.) 等等^(2,11,18,30)。目前本省已利用白殭菌防治甜菜夜蛾，蘇力菌本省早在1957年即引入使用，目前推廣在擬尺蠖、小菜蛾、菜心螟、大菜螟、紋白蝶、松毛蟲、茶蠶。

利用昆蟲病毒作為防治害蟲的手段，已有60多年的歷史，但是對它的結構和功能了解，只是到了發明電子顯微鏡及現代化學分析方法之後，才進入了一個新的階段。近20年來，逐漸受到重視，這方面的研究發展非常迅速，據報導已發現的昆蟲病毒約有數百多種，還不斷有新的被發現。昆蟲病毒的寄主主要是鱗翅目昆蟲，其次是膜翅目、雙翅目，少數是鞘翅目昆蟲和脈翅目昆蟲個別蜉蝣類也能被感染。被感染的都是幼蟲，成蟲可能帶病毒，但不致死。病毒的寄主專化性很強，一般每一種病毒只能感染某一種昆蟲，極少數病毒能感染一種以上的寄主。可分為三大類，即核多角體病毒(NPV)、顆粒體病毒(GV)和細胞質多角體病毒(CPV)。應用較廣的是核多角體病毒，其次是顆粒體病毒^(2,18)。本省目前有利用核多角體病毒防治甜菜夜蛾及利用顆粒體病毒防治小菜蛾，已進入推廣階段。

四、物理防治 (physical control)

為利用各種物理作用以驅殺害蟲之方法，包括徒手捕殺、機械使用，以及溫、濕、光等環境因子之調節，電氣、音波、氣壓之應用等等。

(一) 捕殺法：

此為徒手或使用器械，將害蟲之卵、幼蟲、蛹、或成蟲等驅殺之方法，可分為直接捕殺與間接捕殺二類：

1.直接捕殺：包括手捕、刺殺、壓殺、打殺等等，方法雖較原始，然運用適宜時，效果顯著。如二化螟、三化螟之採卵；蚜蟲、介殼蟲等之捏殺；天牛、木蠹蛾等幼蟲之鐵絲刺孔⁽⁹⁾；稻苞蟲之壓殺；家蠅之拍殺等等屬之。

2.間接捕殺：有擊落、搖落、拂落、摘採、粘捕、網捕等等，如金龜子、葉甲蟲、象鼻蟲之類，搖擊時，即行下墜，可以收集殺斃之。家庭所用捕蠅紙之殺蠅，為粘捕之代表實例。以捕蟲網掬捕飛行性之成蟲，應用尤為廣泛。

(二) 誘殺法：

利用害蟲之特殊習性或趨性作用，以適當裝置將害蟲誘集而驅殺之方法稱為誘殺法。

1.光誘：此為趨光性之利用，如螟蟲、夜盜蟲、金龜子⁽⁵⁾等之誘蟲燈，多數害蟲之發生預測燈等即為其實例。

2.餌誘：此為利用害蟲之趨化性，以適當食餌誘殺害蟲之方法，如以糖蜜（黑糖、酒、醋等之混合劑）誘致夜盜蛾；以餌木誘致小蠹蟲、象鼻蟲；以甘薯、馬鈴薯、蘿蔔等誘致叩頭蟲幼蟲等等⁽¹⁾。

3.伏誘：此為利用害蟲潛伏習性之誘殺法，如以麻布等纏繞於樹幹，害蟲爬上時乃藏伏於其下，枯草、落葉之置於農地內，蟋蟀、螻蛄等害蟲必潛入其間，可聚斃之。用泡桐樹葉鋪放於切根蟲發生的地上，可以誘到大量的切根蟲。

4.器誘：利用適當器械以誘殺害蟲之法，如以發條旋轉之捕蠅箱、內貯化學物質之捕蟲瓶等，使害蟲一入器內即無法逃出。

(三) 遮斷法：

利用適當裝置以隔離害蟲，使其無法接近者為遮斷法。

1.網遮：夏季使用蚊帳，以避蚊叮；家屋內裝紗門、紗窗，使蚊蠅類無法侵入等等。以紗網蓋覆瓜苗，以防守瓜之食害，則為野外網遮法之應用。

2.袋遮：以報紙、牛皮紙之類作紙袋套掛於果實上，以防果實蛀蟲、果實蠅、瓜實蠅等之侵入，在本省實施的套袋有香蕉、檬果、枇杷、葡萄、番石榴、梨、蘋果、苦瓜等等，為園藝上之有效方法，可謂不勝枚舉。

3.環遮：以膠布、報紙之類，纏繞於作物下部，或以某些物質如石灰塗於樹幹呈環狀，以遮斷爬行害蟲之上升。

4.溝遮：於害蟲發生區之周圍掘明溝於地面，以阻止害蟲之蔓延，可用於行軍蟲、尺蠖等害蟲，寬約30公分，深60公分。

5.屏遮：以草蓆、木板、或其他器材作成屏障，以防止害蟲之侵入。

6.其他：如利用寶特瓶套於葡萄樹幹上防止扁蝸牛爬上葡萄為害⁽¹⁵⁾。

(四) 溫度處理法：

本項包括高溫處理及低溫處理二項⁽¹⁸⁾：

1.高溫處理：高溫之下，促進昆蟲快速死亡，一般可利用陽光及火力，如積穀、貯藏食品、被服等之蟲害，經由適當之日晒，可將害蟲驅殺。砍伐後之樹木，利用日晒，可將內部之蠹蟲類殺滅。利用火力之燒殺法，受白蟻及一般蠹蟲類嚴重為害之木材，可以火燒燬，能獲得徹底之防治。園圃、畦畔之雜草廢物等，如在冬季予之燒除，則其間越冬害蟲，可盡行殺斃。為驅殺土壤內之昆蟲、病菌，有所謂燒土法，如苗床土壤之消毒多採用之，一般加熱至60℃以上維持1~1.5小時，即可獲圓滿結果。另外農民亦有利用火來燒稻蔸以殺滅其內害蟲。

2.低溫處理：貯藏品如保存於5~15℃之低溫，不致發生蟲害，但欲利用低溫以殺斃害蟲，則不如高溫之可靠。又低溫之殺蟲效率，以高、低溫交互作用時為高。

(五) 濕度處理法：

此可分為乾燥處理與浸水處理之二方面：

1.乾燥處理：收穫後之穀類，在貯藏前，予以充分乾燥，則非僅減少蟲害，且可免菌類之繁殖。

2.浸水處理：作物播種前，先浸水一段時間，可將地下害蟲的幼蟲或蛹先行浸斃，爾後再種植。

(六) 不育技術：

利用物理的或化學的方法造成昆蟲不育，大量釋放於田間與野外正常蟲交配而產生無生殖力的後代，達到減少和消滅害蟲的目的，該法有人將之列於較廣義的生物防治的範疇，或稱做遺傳防治法。

目前，使昆蟲不育的方法有兩類；一是物理方法，主要是用 γ 射線處理昆蟲造成不育，而 Co^{60} 是常用的放射源。二是化學方法，即用化學藥劑處理昆蟲而引致不育，本文不贅述。

輻射不育利用輻射源照射昆蟲，在一定的劑量下可以引致昆蟲不育，但並不引起昆蟲的生活失常和死亡。各種昆蟲及其不同蟲期或齡期對輻射的敏感性不同，過高的照射劑量會造成昆蟲的生活失常和死亡，一般用於害蟲防治的不育昆蟲，多是在蛹期或成蟲期處理，所用的 γ 射線的照射劑量因昆蟲種類、蟲期或齡期而異，一般以發育早期對輻射的敏感性最高，但也有例外情況。目前本省有東方果實蠅的實例⁽⁷⁾。

不育法與防治害蟲的其他方法（特別是藥劑防治法）相比，其突出的優點是它只對目標害蟲發生作用，可以避免對有益動物和人類健康的危害，也很少可能引起害蟲的抗性。在害蟲數量較少時，這種方法會顯得更加有效。但是應用不育法防治害蟲應考慮以下幾個條件：①要經濟又容易大量飼養昆蟲。②釋放的不育個體應有廣泛擴散能力和充分活動力，以保證找到自然界中能正常生活的昆蟲。

③具有正常的生命力，能正常的覓食、交配、有正常的壽命。④最好是一生中只交配一次的昆蟲^(2,12)。

。若不育技術與其他防治方法相結合，更易達到實用的階段。

(七) 其他：

微波或超音波的應用，以振動頻率每秒在2萬次以上為特徵、人的耳朵難以感覺到的超聲波，能使在液體介質中的動植物細胞和微生物引起幾乎是剎那間的機械性破裂和死亡⁽²⁾。該法對昆蟲殺傷

力很強，消滅倉庫害蟲既經濟又有效。近年來亦有用微波或超音波引誘雄蟲遠離雌蟲，藉以阻止害蟲繁殖。

非農藥防治法之實例

(一) 赤眼卵寄生蜂防治玉米螟：

玉米螟(*Ostrina furnacalis* Gn.)其幼蟲為害玉米，包括葉片、花蕊、莖桿、果穗等部分，以致產量損失高達百分之三十以上。利用赤眼卵寄生蜂(*Trichogramma* spp.) 防治玉米螟，寄生蜂羽化後會找尋玉米螟卵寄生，成效顯著^(10,27)。

(二) 捕植蝨防治草莓葉蝨：

草莓是本省新興園藝作物，以二點葉蝨(*Tetranychus urticae* Koch)為害最大，該蝨繁殖力強、適應力大、抗藥性強，且發生期與草莓盛產期吻合，雖可藉密集施藥達到抑制效果，但用藥不慎，會造成藥害與農藥殘留。利用加州捕植蝨(*Amblyseius californicus* McGregor)與法拉西斯捕植蝨(*Amblyseius fallacis* Garmans)來捕食草莓二點葉蝨，能有效防止二點葉蝨的發生^(21,22,32)。

(三) 釉小蜂防治可可椰子紅胸葉蟲：

本省南部栽植椰子達六十萬株，但椰子在生育期間，常遭紅胸葉蟲(*Brontispa longissima* Gest.)為害，該蟲以幼蟲和成蟲潛伏於心葉內面取食葉肉，使受害心葉無法展開，輕度受害的椰樹生育受阻，結實不良，嚴重受害則乾枯而死。本省從關島引入其天敵釉小蜂(*Tetrastichus brontispae* Fer.)，由於釉小蜂可寄生於紅胸葉蟲蛹體內，使紅胸葉蟲致死⁽²⁸⁾。

(四) 利用寶特瓶防治葡萄園扁蝸牛：

葡萄園扁蝸牛(*Bradybaena similaris* Ferussac) 係葡萄重要有害動物，傳統防治方法效果不彰。利用寶特瓶法來防治扁蝸牛可達到95~100%的防治效果，以回收的廢棄物寶特瓶改良製作而成。寶特瓶法，是將寶特瓶的底部及頸部剪斷，去頭去尾後並縱向剖開身體部，然後將剖開的寶特瓶套入葡萄莖幹，頸部大小與葡萄莖幹粗細配合，為便於操作，其高度可與人胸部齊高，套上後將寶特瓶縱開口處下端再用釘書針釘牢，若瓶口有鬆弛情況時，可酌以膠布黏合或打洞以鐵絲固定，以免空隙過大。因瓶口套住莖幹密合，扁蝸牛從地面沿莖幹底部往上爬時，通過寶特瓶底部開口，到達寶特瓶頸部時無法通過，全部的扁蝸牛會累積在寶特瓶內呈休眠狀，扁蝸牛全被阻隔無法往上爬，而達到阻蝸效果，蝸牛在日光照射經過一段時日後可陸續死亡或掉落，達到防治的目的。由於寶特瓶阻蝸法製作簡便、使用方便，不但效果良好，減少防治成本，既是利用廢物，又可經年長期使用，且考量到殘毒、節省防治成本和環境保護三方面問題，是一新突破的防治技術，殊值推予葡萄園利用⁽¹⁵⁾。

(五) 利用套袋防治瓜圃瓜蠅及楊桃、蓮霧、蕃石榴等果樹東方果實蠅：

在過去已有農民從事不同作物的套袋處理，如瓜類、果樹類，坊間亦售有套袋的資材。目前本省的套袋瓜類有苦瓜、絲瓜、葡萄、梨、蘋果、水蜜桃、楊桃、枇杷、蓮霧等等，而有關機關亦不斷從事該項工作的開發與改進，對於避免農藥殘毒為一大貢獻，在瓜類套袋主要是防治苦瓜、絲瓜瓜蠅，在果樹上主要是防治東方果實蠅、鳥害及風害，有的果樹如楊桃亦可防治果實蛀蟲花姬捲葉蛾(*Eucosma notanthes* Meyrick)及粗腳姬捲葉蛾(*Cryptophlebia ombrodelta*)。

(六) 薊馬的物理防治⁽⁴⁾：

在日本利用濾除紫外線塑膠膜、白色黏板、塑膠布覆土、藍色黏著帶防治南黃薊馬。

1.濾除紫外線塑膠膜之利用：將可吸收400nm 以下紫外線之塑膠膜應用於設施之建築時，可減少南黃薊馬(*Thrips palmi* Karny)之遷入，同時也可減少已侵入之薊馬分散為害，且其蟲口密度比採用普通塑膠膜保護之設施甜椒者為低；即其發生量與被害果率各減少至30及20%。

2.白色黏著板之利用：在有塑膠膜覆蓋之設施中懸掛圓桶形白色黏著板時，可誘捕到多數之南黃薊

馬成蟲。另藍色黏著帶上之誘捕蟲數雖約為白色黏著板之兩倍，但若將此黏著帶捲成圓桶形，其誘捕蟲數卻減少為白色黏著板之一半。

3.覆土材料之利用：在未施藥的胡瓜田中比較覆土的黑色塑膠布(black mulch)、銀條塑膠布(silver stripe mulch)及銀色塑膠布(silver mulch)等各處理區中南黃薊馬之發生量，結果在無覆土及黑色布區之密度指數為 44.7%，而銀條布及銀色布區之指數為8.0%，在覆土布中，銀色所佔比例愈高時，阻止蟲子遷入之效果愈明顯。

4.藍色黏著帶之成蟲誘殺：在設施栽培的茄子園中，以藍色塑膠布進行誘殺試驗，得知當每10平方公尺懸掛 2支黏著帶時，南黃薊馬之密度可減少到對照區之 1/5，而黏著帶使用量愈多，愈能於短期內減少雌成蟲密度。

結 論

非農藥防治法在以往常常為人所忽視，由於吾人越重視生態環境及農產品的品質，因之謀求具有安全性的替代防治方法，乃為今後努力的目標，開發非農藥防治法遂成為發展的新途徑。目前在人類與害蟲的爭鬥戰場上，雖然還是以化學防治作為主力戰，其他防治方法為輔助，因此要將非農藥防治方法化為主力，將化學方法轉變為輔助，仍為今後在害蟲管理上的取向，考諸非農藥防治法目前之所以逐漸被重視，乃由於農藥使用之泛濫，害蟲防治目前以使用合成化學藥劑防治為主，在作物害蟲防治上，不可否認的已有其相當的經濟上的貢獻，但另一方面卻付出相當大的代價。由於合成化學藥劑殺蟲力強，在害蟲防治上有立竿見影之效，然而造成農業上、環境上諸多的問題，例如對非目標生物造成的毒性、殘留毒、抗藥性害蟲的產生，害蟲的再猖獗及造成嚴重環境污染。近年來，先進國家甚為重視化學農藥殘毒造成環境污染的問題，一方面禁止使用毒性強、污染性的合成農藥，另一方面開發藥效選擇性高，對動物毒性低，殘效短、安全性高之生物藥劑，如 IGR的開發，以及發展安全性高之害蟲非農藥防治方法，以期達到質量均優的農產品，由於農藥使用後所造成的錯綜複雜的關係，今後開發非農藥防治法是刻不容緩的事。

非農藥防治法不勝枚舉，可是目前被實際應用於害蟲防治者僅為少數，因此需加以研究開發新的種類尚多。並且應選擇較具有潛力的防治措施，為將來開發非農藥防治法的可循之徑。如何將非農藥防治法加諸於害蟲管理系統中，以發揮其應有的功能，端賴吾人日後改進與研究，則非農藥防治法可冀成為將來最具效用的害蟲防治法。因此，為求合理、安全、有效及經濟的目標，以達減少農藥使用，發展非農藥防治法不但是順應世界潮流，更因之而取代傳統化學防治法。

但是非農藥防治法，例如天敵因係一生物因子，其所受環境因子之影響甚大，效果亦屬於遲效性，此為不利條件，所以不論研究或推廣，類似於生物防治的而且像大面積的應用須要大量天敵的飼育，供應困難及操作技術的簡化，都是在推展利用天敵策略所面臨，所需解決的問題。目前為了配合加速農業升級，發展精緻農業，更應發展非農藥防治法，以便推廣生產高品質、高經濟價值、無農藥殘留的農產品。

參考文獻

- 1.王宗楷 1978 害蟲防治研究入門 農業出版社 p.206~235。
- 2.不具名 1982 農業昆蟲學上冊 浙江大學出版 p.7~57。
- 3.朱耀沂 1974 捕食性天敵在生物防治上之重要性 植保會刊 17:1~20。

- 4.朱耀沂 1987 薊馬之物理防治 中華昆蟲特刊第一號 薊馬生物學研討會 1:27~36。
- 5.朱耀沂、石正人、魯仲燮 1982 赤腳青銅金龜生態學之研究(I)利用誘蟲燈 調查發生量之效果 中華昆蟲 2(1):23~33。
- 6.朱耀沂、林水金、蔣時賢、吳文哲 1975 作物施肥條件與害蟲的發生 科學農業 23:469~480
- 7.李文蓉 1977 害蟲不孕性處理與應用技術 蟲害防治研討會專刊 p.109~120。
- 8.易希陶 1977 經濟昆蟲學上篇 國立編譯館出版 p.268~288。
- 9.易希陶 1971 經濟昆蟲學(下篇各論) 國立編譯館台北 464pp。
- 10.邱瑞珍 1985 玉米螟生物防治問題之探討 台灣農業 21:71~78。
- 11.侯豐男 1977 害蟲寄生性微生物在害蟲防治上之利用 蟲害防治研討會專刊p.39~48。
- 12.貢毅紳 1977 不孕性昆蟲與昆蟲防治 蟲害防治研討會專刊 p.85~108。
- 13.章加寶 1980 瓜蠅之實驗生態學 中興大學碩士論文 65pp。
- 14.章加寶 1987 台灣中部地區葡萄咖啡木蠹蛾的族群變動調查 植保會刊29:53~60。
- 15.章加寶 1988 利用寶特瓶防治葡萄園扁蝸牛 豐年 38(14):32~33。
- 16.陳秋男 1974 利用寄生性昆蟲於蟲害管理之基本研究與考慮事項 植保會刊 17:21~28。
- 17.廖龍盛 1984 實用農藥 p.1。
- 18.蒲莖龍 1978 害蟲生物防治的原理和方法 科學出版社 261pp。
- 19.鄭文義 1977 害蟲寄生性天敵在害蟲防治上之利用 蟲害防治研討會專刊 p.25~32。
- 20.鄭清煥 1965 作物抗蟲現象及其在害蟲防除上之利用價值 植保會刊 p.49~74。
- 21.羅幹成 1985 台灣葉蟬類及防治方法對其天敵之影響 中央研究院動物研究所專刊第三號昆蟲生態與防治 p.203-216。
- 22.羅幹成 1985 益蟬在害蟲生物防治之實例和潛力 台灣農業 21:66~70。
- 23.龍岡豐沢 1980 有機農法百科 時事通信社 p.39~101。
24. Anonymous. 1982. Grape pest management. Division of Agri. Sci. Uni. of Cali. Berkeley. 312PP.
25. Cannon, W. N., Jr. and A. Ortega 1966. Studies of *Ostrinia nubilalis* larvae (Lepidoptera:Pyraustidae) on corn plants supplied with various amounts of nitrogen and phosphorous. I. Survival. Ann. Entomol. Soc. Am. 59:631-638.
26. Chang, W.Y. 1986. Research on *Trichogramma chilonis* Ichii and its utilization for the control of sugar cane borers in Taiwan. Plant Prot. Bull. (Taiwan, R.O.C) 28:41-58.
27. Chiu, S.C. and C.C. Chen. 1986. Biological control of the Asian corn in Taiwan. Plant Prot. Bull. (Taiwan, R.O.C) 28(1):23-30.
28. Chu, Y.I. 1986. Comments on the biological control works in Taiwan. Plant Prot. Bull. (Taiwan, R.O.C) 28(1):71-80.
29. Hagen, A. F. and F. N. Anderson. 1967. Nutrient imbalance and leaf pubescence in corn root-worm. J. Econ. Entomol. 60:1071-1073.
30. Hocc, R.F. 1986. Microbial control of insects in Taiwan. Plant Prot. Bull. (Taiwan, R.O.C) 28:59-70.
31. Kinn, D.N., and R.L. Diytt, 1987. Natural control of spider mites on wine grape varieties in Northern California. Environ. Entomol. 1:513-18.
32. Lo, K.C. 1986. Present status of biological control of mite pests in Taiwan. Plant Prot. Bull. (Taiwan, R.O.C) 28:31-39.

Nonpesticide Methods for the Control of Insect Pests

Chia-Pao Chang

Taiwan Provincial Taichung District Agricultural Improvement Station

Summary

Nonpesticide methods for the control of insect pests mainly consists of four items, i.e., agricultural control, legal control, biological control, and physical control. Agricultural control includes many field management practices such as proper management of soil and fertilizer, selection of seed and variety, pruning, cleaning infested plant parts, rotational cropping, and mixed cropping etc. Legal control prevents insects by strict plant quarantine system. Biological control help reduce the injurious insects by release and proper multiplication of natural enemy. Physical control destroys or prevents the insects by some physical methods such as capturing, attracting, temperature and humidity treatment, and bagging etc. In this article, the author made an overall discussion on the above four methods and introduced some examples for the reference of our workers.