作物蟲害及殺蟲劑簡介

黃　莉　欣

農業藥物毒物試驗所　農藥應用組

一、緒言

二、昆蟲分類

三、昆蟲的一生

四、昆蟲在農作物田內的角色

五、殺蟲劑簡介

六、蟲害防治概論

七、結語

一、緒言

大家可能知道昆蟲比人類還早存在地球上，但大家可能不會相信，今天地球上的人類是漂浮在「昆蟲海」上，從數量的估計昆蟲與人類約為200萬：1的比例，可想像昆蟲與人類的關係是何等親蜜。在人類尚未主宰這個世界時，昆蟲們快活地生活在自己的世界裡，想吃什麼就吃什麼？喜歡吃什麼就去吃什麼？無憂無慮地繁殖後代。

自從人類闖進昆蟲生存的世界裡，原是牠們賴以為生的食物─植物，也被人類看中，成為餐桌上美味的菜餚、水果及庭院中賞心悅目的花草，昆蟲在這些植物上的取食，正與人類的利益相衝突，這些昆蟲就此被貼上「害蟲」的標籤，人類與昆蟲的生存競爭也在不知不覺中展開了。人類自認自己體大聰明，一定可以殲滅牠們，事實上到了今天，人類為了讓自己的生活更加愜意，還在不斷地換把戲趕走牠們，請問是誰「成功」了？從目前生態環境的狀況來說，其實是兩敗俱傷，但昆蟲是略勝一籌。

什麼是昆蟲？牠們與蜈蚣、蜘蛛、　類有什麼不同？昆蟲體軀可明顯分為頭部、胸部、腹部3個部分，其中胸部具6隻腳，翅有或無，有翅者具一對或二對。蜈蚣、蜘蛛、　類之頭、胸、腹並沒有明顯區隔，腳也超過6隻，因此，牠們不是昆蟲。

昆蟲種類約佔全體動物的75-80%，那麼多的昆蟲怎麼認識呀！牠們都是「害蟲」嗎？為了人類的生存利益，我們需要殲滅牠們嗎？我們是否可以在不破壞生態環境下，一方面控制牠們，一方面又可以和他們共存的方法呢!

本課程首先將簡單介紹昆蟲的分類，讓大家有系統地認識昆蟲種類，再摘述其一生的生長過程及其在農作物田內所扮演的角色，讓各位學員對昆蟲及其所扮演的角色有進一步的認識，再從牠們的角色及對農作物為害的行為模式來談論我們可以採取的防治措施有那些方法。另外，也簡單介紹殺蟲劑種類及其殺蟲機制，提供用藥防治時用藥選擇的參考。

二、昆蟲分類

昆蟲是屬於動物界，節肢動物門，昆蟲綱，可分為32目或31目，因學者的分類系統不同而稍有變動。現就32目的分類系統作一簡單的介紹。

表1. 昆蟲32目目名及其與人類的關係和代表的蟲種

中文目名	英 文 目 名	生活習性及代表蟲種
原尾目	Protura	與人類經濟無關係。
彈尾目	Collembola	以腐敗植物或植物為食。如跳蟲類。
雙尾目	Diplura	與人類經濟無關係。
總尾目	Thysanura	家居，為害衣服、書籍等。如衣魚、石蛃。
蛩蠊目	Grylloblattoidea	生活在泥土中或樹皮下，以其他節肢動物為食，台灣無。
蠊目	Blattoidea	生活於室內者，與人類有密切關係。如蟑螂。
等翅目	Isoptera	生活於泥土或木材內，有社會組織。如白蟻。
螳螂目	Mantoidea	通常為肉食性。如螳螂。
蜻蛉目	Phasmoidea	植食性或肉食性。如竹節蟲。
直翅目	Orthoptera	植食性，對人類經濟有害。如蝗蟲、螽蟖、蟋蟀、螻蛄。
奇蟲目	Embioidea	有群居習性但無社會組織，能用足紡絲網。如足絲蟻。
缺翅目	Zoraptera	與人類經濟無關係。
革翅目	Dermaptera	與人類經濟關係並不重要，酷似鞘翅目中隱翅蟲。如蠼螋。
嚙蟲目	Corrodentia	在野外與人類經濟較無關，在室內者屬有害。如粉蛀蟲。
食毛目	Mallophaga	營外寄生活，以鳥類為主及少數獸類，取食羽毛及皮膚產物，如鳥蝨或羽蝨。
蝨 目	Anoplura	營外寄生活，吸食人類及獸類的血。如體蝨。
翅目	Plecoptera	成蟲絕食性，幼期水生，可供魚餌或釣餌。如石蠅。
蜉蝣目	Ephemerida	幼期與成期為淡水魚類良好食餌。如蜉蝣。
蜻蛉目	Odonata	幼期生活水中，為魚類最佳食餌，少數種類產卵於植物組織內，視為有害，大致上堪稱為益蟲。如蜻蜓、豆娘。
纓翅目	Thysanoptera	主要為植食性，少數種類為肉食性。如薊馬。
半翅目	Hemiptera	主要為植食性，少數為肉食性及吸血。如椿象、床蝨(臭蟲)。
同翅目	Homoptera	主要為植食性。如蟬、葉蟬、粉蝨、蚜蟲、介殼蟲、木蝨。
脈翅目	Neuroptera	成蟲、幼蟲皆為肉食性。如蚜蛉、草蛉。
廣翅目	Megaloptera	幼期大部分水生，少數在山林樹皮下，肉食性。如魚蛉。
長翅目	Mecoptera	成蟲、幼蟲為肉食性，與人類關係甚少。如舉尾蟲、蠍蛉。
毛翅目	Trichoptera	幼蟲為魚類最好食餌，也能阻止水中雜草生長，如石蠶蛾。
鱗翅目	Lepidoptera	幼蟲大多數為植食性，重要經濟害蟲。如蝶類、蛾類。
鞘翅目	Coleoptera	可危害木材、果品、稻穀、貯藏等，少數肉食性。如隱翅蟲、龍蝨、天牛、象鼻蟲、金花蟲、步行蟲、瓢蟲。
撚翅目	Strepsiptera	營寄生於膜翅目、同翅目、直翅目等昆蟲體內，視為益蟲。
膜翅目	Hymenoptera	植食性或營寄生生活。如葉蜂、蜜蜂、螞蟻、胡蜂、寄生蜂。
雙翅目	Diptera	植食性、吸血性、肉食性、腐食性。如果實蠅、潛蠅、蚊子、食蟲虻、蒼蠅、麗蠅。
蚤 目	Siphonaptera	營外寄生性，吸血為食。如跳蚤。

三、昆蟲的一生

昆蟲完成一生活環需經胚胎期、前成熟期及成熟期3時期，完成一生活環者，稱為一「世代」，簡稱一「代」。變態是昆蟲生長過程中特異的現象之一，主要是因為昆蟲具有外骨殼的特性，體壁表皮無延展性能，使其體型的增大受到限制，為此，昆蟲生長至某一階段時，會藉由脫去舊表皮，形成新皮來使身體增大或增長，進入另一生長期，此種脫去皮層的現象稱為「脫皮」，所脫落的皮稱為「蛻」。從一生長期經脫皮進入另一生長期的變化過程，統稱為「變態」，其中應包括體軀的生長、器官的分化、生殖機能等的發育。

昆蟲因種類不同，生活情形各異，變態也不一致，昆蟲的變態種類大致上可分為無變態及有變態2類：

(一)無變態

幼期體型與成蟲相似，惟體形較小且不具生殖能力，其幼體常稱為「仔蟲」。如總尾目、彈尾目，少數蝨目、食毛目、虱脩目。

(二)有變態

其幼體至成蟲期間均有明顯的變化，由於變化程度的不同，又可分為直接及間接變態2類。

1.直接變態：又稱不完全變態，此類變態不經蛹期。依生活方式或變化情形的不同又可分為3類：

(1)漸進變態：幼期除翅及生殖器官外，與成蟲型體頗為相似，其生態環境與成蟲相同，此種變態的昆蟲其幼期以「若蟲」稱之。除蜉蝣目、　翅目、蜻蛉目外，均可歸屬於此類。如蝗蟲、椿象、蚜蟲、粉蝨、介殼蟲。

(2)半行變態：　翅目、蜻蛉目等其幼期形態結構與生態環境均與成蟲有別，其幼期多生活在水中，以「稚蟲」稱之。

(3)前變態：蜉蝣的幼期與成蟲的形態及生態環境均不同，無蛹期，具有與成蟲同形的「亞成蟲期」，亞成蟲脫皮成為成蟲，特稱此類昆蟲變態為前變態。

2.間接變態：幼體形態與生態環境，均與成蟲截然不同，有經蛹期的階段而為成蟲，其幼期多以「幼蟲」稱之。通常可分為2類：

(1)完全變態：蝶、蛾、蚊、蠅等昆蟲，其生活環具有卵、幼蟲、蛹及成蟲等4個不同時期。

(2)過變態：地膽、斑蝥等生活環經卵、幼蟲、擬蛹、蛹及成蟲等5個時期，除具有完全變態各期外，尚有另一時期的存在。如步行蟲科、隱翅蟲科、長吻虻科等。

四、昆蟲在農作物田內的角色

昆蟲之所以為害蟲，除直接為害人類的蝨、蚤、蚊、蠅類等衛生昆蟲外，直接取食為害人類栽植的作物，造成人類經濟損失的昆蟲，也是人類眼中的大害

蟲。有些昆蟲對人類具直接經濟價值，如膠蟲的蟲膠可提供作為塑膠的原料、蜜蜂作為花媒及其蜂蜜產物等。有些昆蟲為肉食性或寄生性，可捕食害蟲或寄生在害蟲體內令其死亡，而保護農作物，有些則為腐生性，可幫忙分解死亡的屍體，如麗蠅，這些昆蟲對人類而言，牠們是益蟲，其中膠蟲的蟲膠不再提供作為塑膠的原料後，膠蟲被放任於野外生活，造成果樹的受害，而又被歸在害蟲之列。因此，昆蟲是害蟲或益蟲，端賴牠對人類經濟的影響情況而定。

害蟲為害農作物的方式，可分為直接為害及間接為害：

(一)直接為害

昆蟲利用口器取食或產卵管將卵產在植物組織內所造成的傷害，稱為直接為害。

1.口器取食為害：昆蟲的口器依其結構及取食方式可分為6種型式：

(1)咀嚼式：用於咀嚼固體食物，如蝗蟲、金龜子、蝶蛾類幼蟲、黃條葉蚤等。其為害部位呈啃食狀，葉片被食後呈穿孔狀，嚴重時，僅剩葉脈。

(2)刺吸式：口器呈長針狀，有4-6根，依蟲種而異，其適於穿刺於植物組織內吸收汁液。如葉蟬、蚜蟲、粉蝨、木蝨、介殼蟲、椿象等。不是昆蟲的　類如葉　、茶細　、根　也是屬於刺吸式口器的為害。由於吸食植物組織汁液，破壞葉綠體組織，受害部位呈現白斑狀的為害特徵，受害嚴重則枯萎、變形。可傳播植物病原菌的害蟲多屬此類口器者。

(3)銼吸式：此種口器雖為針狀，但與刺吸式口器結構不同，其口器不能直接刺入植物組織內，吸食汁液。此種口器的結構分為2部分，第1部分的口針不具有吸取汁液的開口，僅作為銼碎植物表皮之用，第2部分具有開口，可吸取經第1部分口針戳破後所流出的汁液，薊馬類的口器屬之。由於是利用口器戳破植物表皮，受害部位容易出現疤痕狀，受害初期也呈現白色斑點狀，中後期則呈現褐色疤痕。此類口器也可傳播植物病原菌。

(4)舐吮式：家蠅口器屬之。口器由口喙、口吻、口盤3部分組成，口喙連在頭殼，口吻在口喙下方，基部較粗，端部具口盤，用以舐吮用。

(5)曲管式：又稱為虹吸式。此類口器具長條狀的食管，如吸管般地吸食汁液，不用時捲曲如鐘錶內的彈簧，如蝶、蛾類之口器是。

(6)咀吸式：此為咀嚼式及吸收式並用的口器。咀嚼式的構造是用以切碎食物及搬運物體，建築巢室等，取食時，利用吸收式的口器粘吸花粉、花蜜等物質縮回至食管，藉咽喉吸力將食物吸入食道內，蜜蜂的口器屬之。

以上6種口器中以(1)-(3)類的口器會直接為害到植物的組織，(4)-(6)類的口器則與植物受害無關。

2.產卵管戳刺植物或果實表皮：潛葉蛾、果實蠅、潛蠅、天牛等昆蟲會將卵產在植物表皮內或樹幹內，孵化幼蟲則在表皮內鑽孔挖道地取食危害，在葉片上形成不規則的圖形，受害果實則腐爛、在樹幹內者，樹勢生長衰弱，最後植物枯死、造成收成減少等不利的後果。

(二)間接危害

因分泌物或攜帶植物病原菌造成植物生病者，如蚜蟲、木蝨、介殼蟲等昆蟲分泌蜜露導致煤煙病、昆蟲媒介傳播木瓜輪點毒素病、柑桔黃龍病等，此種間接造成的傷害，稱為間接傷害。

昆蟲依其行為及取食偏好性的不同，為害農作物的部位也略有差異，害蟲對農作物的為害部位分為根、莖(樹幹、枝條)、葉、花及果實，以下簡單介紹不同部位上的重要害蟲種類及其為害特徵，提供參考。

(三)為害根部或種球

取食根系破壞表皮，影響根部水分及養分的吸收，造成樹勢衰弱，嚴重時導致地上部整株枯萎；花卉球根、甘薯塊根、馬鈴薯塊莖受害則影響發芽、商品價值及產量。害蟲種類如：

1.蟋蟀類：棲息在土中，啃食蔬菜類及草皮等根部表皮，造成地上部枯萎。

2.蠐螬：為金龜子的幼蟲(雞母蟲)，啃食蔬菜類及草皮等根部表皮或切斷鬚根。

3.根潛蠅：成蟲產卵於葉背組織內，剛孵化幼蟲取食於葉肉，2天後沿葉柄、莖部而潛入土中，在根部表皮內取食為害，使根部褐變、腫脹、表皮破裂或腐爛，導致地上部枯萎。

4.甘藷蟻象：成蟲多棲息於葉蔓間，啃食塊根或葉柄，卵產於主蔓基部或塊根表皮內，孵化幼蟲即蛀入主蔓或塊根內潛行為害，被害部位留有許多蛀孔，表皮產生裂痕，藷塊呈褐色且木質化。

5.黃條葉蚤：卵產於根上或根附近土中，粒粒分散。幼蟲棲息土中為害根部表皮，如被害之蘿蔔，表面可見黑色斑點，影響商品價值。本蟲為害之傷口，常有腐敗病的感染。

6.根　：唐菖蒲、百合等球根或鱗莖受根　為害後，受害部位呈褐色，由表面向內部蔓延為害，使內部形成中空或腐爛，地上部無法吸收水分和養分而衰弱，如羅賓根　、長毛根　。

(四)為害莖、樹幹、枝條

枝條或莖被鑽蝕為害後，易造成枝條折斷及新梢枯萎的現象，影響樹勢的生長；受害樹幹，有些會形成剝皮狀，嚴重時整株枯死。簡略介紹幾種重要害蟲：

1.桃折心蟲：為害桃、李、梅、杏、山楂等。雌蟲產卵在新梢葉尖或葉腋等處，孵化幼蟲由心梢下方2-3葉之葉柄與葉腋間鑽入，被害處之孔口常會流出少量膠質，導致心梢枯死。

2.木蠹蛾：幼蟲自幼嫩枝條或葉腋處鑽入取食，主要取食木

質部，侵入口處會有糞便排出，受害枝條因水分運輸受阻而枯萎，嚴重時全樹枯死。

3.螟蛾類：如紫螟、玉米螟、茄螟等。雌蟲產卵在新梢葉尖或葉腋等處，孵化幼蟲由葉柄與葉腋或葉鞘間鑽入莖或枝條內蛀食，造成枝條或莖折斷，嚴重時則枯死。糞便通常會自侵入口處排出。

4.天牛類：如星天牛，雌蟲產卵於樹幹基部之土面或以口器咬破樹皮產卵於樹皮下，孵化幼蟲在木質部嚙食為害，並由蟲孔處排出糞便。

5.象鼻蟲類：如椰子大象鼻蟲、棕櫚象鼻蟲。幼蟲在莖幹內鑿不規則的孔道取食莖幹內組織，被害初期不易查出，後期則因莖幹內部纖維破碎而略成腐植，從龜裂處將纖維碎片排出，嚴重為害時，常使之枯死或折斷。

6.白蟻：在地下築巢，以土壤及其排謝物作隧道，延伸於樹幹上蛀食樹皮，嚴重時造成環狀剝皮，甚至導致植株死亡。

7.莖潛蠅：成蟲產卵於葉背，在幼株時即侵入莖內蛀食為害，造成節間縮短，植株異常矮化。

8.介殼蟲類：如吹綿介殼蟲、咖啡硬介殼蟲、角臘介殼蟲、膠蟲。這類害蟲以刺吸式口器插入枝條或樹皮組織，吸取植物汁液，被害枝條上的葉片黃化而凋落，其排泄物因含有蜜露，引發煤煙病，造成植物生長衰弱，嚴重時整株枯死。

(五)為害葉部

大部分的害蟲以為害葉部為主，依口器及取食行為的不同，為害特徵則不相同，以下做一簡要歸納及摘述：

1.口器的不同：咀嚼式口器如小菜蛾、斜紋夜蛾、紋白蝶等的幼蟲、蝗蟲、金龜子、黃條葉蚤等。刺吸式口器如蚜蟲、木蝨、粉蝨、葉蟬、椿象、介殼蟲等。銼吸式如薊馬類。

2.取食行為的不同：

(1)蛀食葉肉組織：潛蠅、潛葉蛾幼蟲在葉肉組織內潛食，形成蜿蜒曲折的隧道，嚴重時葉片呈焦枯狀或捲曲。

(2)造蟲癭：有些癭蚋科幼蟲、部分膜翅目與薊馬類等昆蟲與銹　類因吸收樹汁液，而刺激葉片上的細胞發生不正常增生或增大的結果，依蟲種的不同形成不同形狀的癭(gall)，造癭昆蟲於癭內生活完成其生活史階段。

(六)為害花部

害蟲為害花器將直接影響花卉的商品價值，間接造成落花或果實的商品價值降低，導致產量減少，市場價格低落的結果。例如金龜子類及甜菜夜蛾、斜紋夜蛾等幼蟲因啃食花瓣或花蕊等部位，造成花瓣殘缺，或咬斷花蕊影響結果率；薊馬類、蚜蟲類等吸食植物汁液，造成花瓣色澤呈現不均勻，被害花蕊或子房不僅影響受粉率，也會在果實表皮上留下傷痕，影響商品價值，例如柑桔、茄子果實表皮上之疤痕。

(七)為害果實

以果實為主要產值的農作物中，果實具有較高的經濟價值，對蟲害的忍受性最低，只要遭受少數昆蟲為害，即造成嚴重的損失。例如東方果實蠅、瓜實蠅成蟲產卵於果實內，幼蟲於果肉內鑽食為害，造成果實腐爛、落果等現象；螟蛾類幼蟲則鑽入果肉內，除造成外觀缺陷外，嚴重時果實黑化或枯乾，呈木乃伊化；椿象、介殼蟲類為害後，果實表面呈現黑斑或迸裂，影響商品價值。

五、殺蟲劑簡介

殺蟲劑可分為化學合成的藥劑及生物性藥劑，化學殺蟲劑如DDT，生物性藥劑如蘇力菌。化學殺蟲劑的分類可依其侵入蟲體的方式或部位不同分為燻蒸劑、胃毒劑、觸殺劑、官能性殺蟲劑又稱系統性殺蟲劑；依化學結構的官能基的不同分為有機氯劑、有機磷劑、胺基甲酸鹽類、合成除蟲菊類等，這些藥劑對昆蟲的毒殺機制則稍有不同。

(一)化學殺蟲劑

1.依藥劑侵入蟲體的方式：

(1)胃毒劑：昆蟲取食後，由消化道進入昆蟲體內，導致中毒死亡。

(2)觸殺劑：昆蟲接觸藥劑後，經皮膚吸收進入體內而中毒死亡。為現代殺蟲劑中數量最多的一類。

(3)燻蒸劑：利用氣體狀態的有效成分，揮發在環境中，經昆蟲的氣孔而侵入體，達到殺蟲的目的。

(4)系統性殺蟲劑：藥劑可經由植物的葉、莖、根等部位滲入植物體的輸導組織，隨養液的輸送而運送至其他部位，害蟲取食任一部位都會將藥劑食入，引發中毒死亡。

2.依化學結構的官能基：

(1)有機氯劑：是最早被發展的有機合成殺蟲劑，為非系統性的藥劑，具胃毒及接觸毒的殺蟲劑，例如DDT、靈丹(BHC)、阿特靈、安殺番等。主要作用機制是干擾神經膜上離子通透的管道，DDT是影響正價鈉離子(Na^+)的通透作用，BHC、阿特靈、安殺番則是影響氯離子的通透作用，使昆蟲體內累積過多的離子，而一直處在興奮的狀態，最後因過度亢奮而死亡。這類的藥劑毒性極強且殘效性長，在環境中不易被分解，因為對環境長期的污染或因致腫瘤，大部分的藥劑已被禁用，目前仍在使用有3%安殺番粉劑(Endosulfan)及大克蟎(Dicofol)。

(2)有機磷劑殺蟲劑：具有胃毒、接觸毒及系統性殺蟲劑的作用，例如二氯松(Dichlorvos)、美文松(Mevinphos)、馬拉松(Malathion)、達馬松(Methamidophos)、大滅松(Dimethoate)等。主要殺蟲機制是抑制乙醯膽鹼酯酵素的合成，使得乙醯膽鹼不能分解，因累積過多的膽鹼，造成昆蟲過度興奮、

痙攣、麻痺而死亡。此類殺蟲劑具速效性，防治害蟲的範圍廣，為常用的藥劑種類。

(3)胺基甲酸鹽殺蟲劑：具有胃毒、接觸毒及系統性殺蟲劑的作用，例如納乃得(Methomyl)、加保扶(Carbofuran)、加保利(Carbaryl)、比加普(Pirimicarb)、滅賜克(Methiocarb)等。殺蟲劑機制與有機磷劑極為相似，抑制乙醯膽鹼酵素的合成，造成蟲體痙攣、麻痺而死，其藥劑殘效較長且較有機磷劑為長。此類藥劑的防治對象相當廣，藥效強且長，也為農民常常使用的藥劑種類。

(4)合成除蟲菊殺蟲劑：合成除蟲菊類的藥劑主要源自於除蟲菊素，由一種菊花萃取提煉而得，此種天然的除蟲菊精因價格高，在陽光下較不安定，容易被光分解，故較少應用在農業上。後來因修改主結構中的官能基，使其對光的反應鈍化且保有原來的生物藥效，合成除蟲菊精的藥劑因而誕生，第一個商品化的合成除蟲菊類藥劑為芬化利(Fenvalerate)，隨後百滅寧(Permethrin)也問世，目前這一類的藥劑有42種不同主要成份的藥劑在上市使用，此類藥劑極性低，較上述三大類藥劑容易受光分解，應注意噴藥時間。

此類藥劑主要為胃毒及接觸毒，不具系統性殺蟲劑的功能，有些種類對害蟲具有拒食的作用。其主要殺蟲機制與有機氯劑相似，影響神經膜上鈉離子(Na^+)的傳導，致使神經突觸去電荷、去極性，導致鈉離子累積過多，過度亢奮、痙攣、中毒死亡。

(5)昆蟲生長調節劑：昆蟲生長變態的過程中需要青春激素與脫皮激素來調控其生長及外骨骼幾丁質的合成，昆蟲生長調節就是利用青春激素、脫皮激素等類化合物使害蟲的習性改變或抑制昆蟲賀爾蒙在昆蟲體內生理生化作用的調控。此類藥劑可分為三類，第一類為幾丁質合成抑制劑，昆蟲蛻皮時，干擾幾丁質的產生，新的外骨骼無法正常產生，最後因乾燥而死亡，例如二福隆(Diflubenzuron)、克福隆(Chlorfluazuron)、布芬淨(Buprofezin)、賽滅淨(Cyromazine)等；第二類為類青春激素，干擾昆蟲的變態，阻止幼蟲變態成為成蟲，此類藥劑使昆蟲一直停留在幼蟲階段，不斷脫皮，終而死亡，如芬諾克(Fenoxycarb)、百利普芬(Pyriproxyfen)；第三類為抗脫皮激素，此類藥劑為非固醇類，會與脫皮固醇一起競爭脫皮酮接受體(一種蛋白質)，若抗脫皮激素與脫皮酮接受體結合，導致幼蟲到達脫皮階段而無法正常脫皮，最後中毒而亡，例如得芬諾(Tebufenozide)。

(6)抗生性殺蟲劑：為放射菌類的衍生物所合成的殺蟲劑，例如賜諾殺(Spinosad)、阿巴汀(Abamectin)、因滅汀(Emamectin)、密滅汀(Milbemectin)。賜諾殺的殺蟲機制是作用在乙醯膽鹼的接受體上，造成昆蟲神經中毒而死亡。阿巴汀、因滅汀、密滅汀的

殺蟲機制是作用在周圍神經系統上，此類藥劑會與GABA(γ－胺基丁酸)鍵結，使得GABA無法開啓神經元突觸後細胞膜上氯離子的管道，降低神經膜對氯離子的通透性，最後因神經管道內氯離子含量過高，導致亢奮、痙攣而死亡。

(7)類尼古丁殺蟲劑：此類藥劑具有高水溶性，在水中安定的特性，可藉由植物體內水分的傳導而將藥劑帶至植物體各部位，產生系統性殺蟲的效果。其殺蟲機制主要作用在昆蟲中央神經系統，阻斷神經突觸細胞對乙醯膽鹼的接受，造成乙醯膽鹼累積過多，導致痙攣、中毒死亡，例如益達胺(Imidacloprid)、賽速安(Thiamethoxam)、亞滅培(Acetamiprid)。

(8)其他：如培丹(Cartap)、硫賜安(Thiocyclam)、免速達(Bensultap)為沙蠶毒素的類似物，主要作用是干擾神經系統中乙醯膽鹼的傳導，造成昆蟲痙攣而中毒死亡。又如芬普尼(Fipronil)為一種苯基吡唑類殺蟲劑，作用在中央神經系統，主要是阻斷神經膜對氯離子的通透性，提高神經的興奮，昆蟲最後因痙攣而中毒死亡。

(二)生物性藥劑

1.微生物殺蟲劑：利用害蟲的病原微生物或其代謝產物經由調配所製成的產品稱為微生物殺蟲，此類藥劑的病原種類主要有真菌、細菌、病毒、線蟲、原生動物等。

(1)真菌類殺蟲劑：昆蟲病原真菌約有400種，較具潛力的是線菌綱中的黑殭菌、白殭菌、綠殭菌。真菌類殺蟲劑可感染的害蟲種類較為廣，例如黑殭菌對200多種的昆蟲具有致病性，如小菜蛾、甜菜夜蛾、紋白蝶、斑飛蝨、象鼻蟲、犀角金龜、紅胸葉蟲等。

(2)細菌類殺蟲劑：昆蟲病原細菌種類中以可形成孢子的蘇力菌、圓形芽孢桿菌及乳化菌最具潛力，均屬桿狀細菌。

蘇力菌屬革蘭氏陽性菌，在產孢過程中會產生結晶體，此結晶體具有特殊的殺蟲效果，對大部分鱗翅目幼蟲具有明顯的活性，對少數的雙翅目及鞘翅目具有致病力，但毒性較對鱗翅目幼蟲為弱。蘇力菌結晶體被昆蟲取食後，會被中腸的鹼性消化液溶解，釋放出毒素，活化後的毒素與中腸上皮細胞膜結合，造成膜穿孔，擾亂細胞膜內外的滲透壓，導致細胞腫脹、解離，中毒的昆蟲停止取食而死亡。乳化細菌在感染金龜子幼蟲後，菌體會充滿體內，使蟲體呈乳化狀，故稱之為乳化病。

此類病原菌主要有2種，一種可形成孢子及孢側晶體，所引起的疾病稱為A型乳化病，另一種可產生孢子，但不產生晶體，謂為B型乳化病，其中以A型病菌較具應用的潛力，目前尚無法以人工大量繁殖，僅可以利用金龜子幼蟲來繁殖菌體，目前問世的商品有Doom、Milky spore、

Japidemic、Grub Attack。

(3)病毒類殺蟲劑：昆蟲病毒種類中以桿狀病毒對昆蟲的致病力較強，對標的害蟲有很高的專一性，且有儲存和對環境安全的優點，最適合作為害蟲防治的用途，目前應用最廣的病毒種類為核多角體病毒 (nuclear polyhedrosis virus, NPV)，其次為顆粒體病毒 (granulosis virus, GV)。其應用方法是將病毒製成成品，噴灑於葉片上，害蟲取食葉片時，病毒隨之進入昆蟲腸道內，包住病毒粒子的包涵體被溶解，釋放出病毒粒子，感染中腸上皮細胞，在細胞核內增殖，發病蟲體體色變黃、行動緩慢，食慾不佳，最後體內組織液化，皮膚脆弱易破，流出膿狀的體液，在感染後期，病毒粒子被包涵體 (inclusion body) 包住形成包涵病毒，可保護病毒粒子，減緩受外界環境的破壞，此包涵病毒可隨體液污染葉片，再感染健康蟲體，在田間可引起流行病，降低害蟲的密度。

(4)線蟲殺蟲劑：昆蟲病原線蟲能找尋昆蟲的幼蟲，由自然孔如氣孔、口、肛門或骨間膜穿入體內。線蟲體內含有一種共生細菌，能釋放到昆蟲的血腔中，引起敗血症，此種細菌對昆蟲具致病性，能提供主要營養分給昆蟲體內的線蟲，且可產生抗生素，以保存昆蟲的屍體，不致腐敗，使線蟲能順利在死昆蟲體內增殖，約2週後，從感染的屍體中遷出，存活時間可長達數月。此類線蟲對昆蟲專一性極高，對脊椎動物或植物均無害。線蟲的寄主範圍雖廣，但施用對象卻受限於土棲或具鑽孔行為的昆蟲，目前有商品化的線蟲，在國內不夠普及，除了施用對象的藥效需再評估外，如何讓牠能順利在土中生存，並感染標的害蟲，仍存留許多需要克服的問題。

(5)原生動物的利用：原生動物中可感染昆蟲，且具應用潛力的是微孢子蟲科。目前尚無商品化的殺蟲劑問世。有一種 *Nosema locustae* 的微孢子蟲曾被試用於蝗蟲的防治上，防治還不錯。有關其繁殖方法及施用方法仍待研究。

2.誘引劑：費洛蒙是昆蟲分泌於體外的一種激素，用以誘引同種的個體，包括性費洛蒙、警戒費洛蒙、標跡費洛蒙、群聚費洛蒙等。

性費洛蒙為害蟲防治上使用最普遍的一種，通常由雌性個體產生，用來引誘同種的雄性個體，如斜紋夜蛾、甜菜夜蛾、小菜蛾、楊桃花姬捲葉蛾等昆蟲，這類的性費洛蒙常被應用在農業害蟲的防治上；少數種類則由雄性分泌，誘引雌蟲前來交尾，如東方果實蠅。

誘引劑是利用合成的化合物來引誘操縱害蟲的行為，例如甲基丁香油為一性誘引劑，可誘引雄性東方果實蠅；蛋白質水解物可誘引害蟲趨前取食，將這類化合物與殺蟲劑調配成毒餌，致被誘引的害蟲中毒死亡。

3.忌避劑、拒食劑：拒食劑主要功用是昆蟲取食後後，會暫時或不再有取食行為，因飢餓而死，如苦楝素。忌避劑是讓昆蟲不喜趨前取食或產卵為害，如大蒜精、香茅油、常春藤等。

六、蟲害防治概論

農業生態系是人類為了衣食需求將肥料、農藥、引種、育苗等因子輸入自然生態系統中所造就的一個生態體系，就結構來看，這個生態系較自然生態系的植物群聚更為簡化，僅由一種或少數幾種植物物種所組成，其狀態有如初期的自然生態系的結構，缺乏自我調節的能力，因此，農業生態系是一個不穩定的生態系統。若沒有小心應用適當的技術來管理農業生態系，該農業生態系很容易就瓦解，例如農藥長期不合理的使用。為了提高農業產值，我們必須應用適當的管理技術來管理我們所建立的農業生態體系，讓農業生態系統能夠永續利用與經營。

(一)害蟲管理的觀念

人類與所謂的有害昆蟲開始競爭食物起，人類便開始運用智慧來抑制害蟲的發生，目的在減輕農作物遭受害蟲為害的比率，以確保農作物的生產量，提供人類生活所需，此乃防治的目的。早期害蟲防治是採用一種或幾種可以增加害蟲死亡率為重點的防治措施，很少考慮到各種防治措施間相互作用的影響，更不用談對生態系統的破壞或對環境品質影響的關心。

廿世紀40年代DDT、BHC、有機磷劑等化學藥劑相繼問世後，由於其廣效、速效、成本低廉、使用簡單等優點，大獲一般人的青睞，他們認為化學防治是解決害蟲問題的唯一有效方法，傳統防治方法自此被忽略應用，甚至摒棄之。直至60年代，因長期連續不合理使用化學農藥，引起害蟲對農藥產生抗性，害蟲天敵及授粉昆蟲被大量毒殺，促使害蟲再猖獗，次要害蟲崛起的後果，同時毒效持久的農藥也因殘毒累積造成環境污染等一系列不良的副作用後，人類才體認到依賴單一的藥劑防治是不成的，於是生態學的理論再度受到關心並應用，將生物防治引入與化學防治結合以應用在害蟲的防治上，稱之為“綜合防治(integrated control)”。隨後幾年，各種防治技術如抗蟲品種、輪作、間作、田間衛生等也被應用，但仍以生物防治為主要防治原則。

蟲害管理(pest management)的觀念是由澳大利亞昆蟲學家L. R. Clark與P. W. Geier提出，著重在“管理(management)”而不是“治理(control)”，也就是以“保護作物”為目標，不再以“趕盡殺絕”標的害蟲為唯一保護作物的方法。既然談到“管理”，經濟利益的考量也就不能忽略了。

害蟲管理就技術上來看，是以生態學原理為基礎，也就是在採用各種防治技術管理目標害蟲

時，必須考慮自然制衡的因子，目標是在降低害蟲族群的豐量，使族群變動在經濟為害水平(economic injury level, 簡稱EIL)之下，並以維持農業生態系的穩定，永續經營農業生產為終極目標。在經濟層面上，管理的目的必須達到高產量、高品質及低風險的要求。由於害蟲管理是整合運用各種防治技術來管理一作物田中的害蟲，又稱之為“整合性害物管理(integrated pest management, 簡稱 IPM)”。

(二)害蟲管理的技術(tactics)

所謂害蟲管理技術是指為了減少害蟲族群豐量所採取的單一防治方法，包括農業防治、化學防治、生物防治、抗蟲品種、誘引劑等。

1.農業防治：即是運用農事上各種耕種操作技術，造成不適於害蟲猖獗發生的環境，以減少害蟲族群豐量的方法。例如：田間衛生、耕作操作、輪作、間作或混植、施肥、除草、修枝去葉等。

2.物理防治：物理防治是指利用對害蟲有影響的物理因子、人工及機械等防治的方法。例如：手捕、網捕、燈光誘捕、陷阱誘集法、黏附法、保護包裝(如套袋、網室栽培)等。

3.化學防治：亦稱藥劑防治，顧名思義就是利用合成化學殺蟲劑來達到降低害蟲族群密度的方法。化學防治是所有防治技術中使用率最普遍、最能被廣為接受的方法。化學防治在害蟲管理的應用可分為3部分：

(1)毒殺作用：有關殺蟲劑的化學分類及其殺蟲機制前面章節已作了簡單的介紹。殺燻蒸劑主要是利用在積穀害蟲、果樹苗木、白蟻等防治。胃食劑對咀嚼式口器的害蟲具有明顯的毒殺效果，系統性殺蟲劑會經由植物的葉、莖、根等部位滲入植物體之輸導組織，隨養液的輸送而運送至其他部位，害蟲取食寄主植物任一部位都會將藥劑食入，引發中毒死亡，此類藥劑對刺吸式口器如蚜蟲、粉蝨等特別有效。觸殺劑是現代殺蟲劑中數量最多的一類，此類藥劑噴灑於害蟲出沒場所或棲息、取食等物體或寄主植物表面上，令害蟲在其上爬行活動時接觸到藥劑或直接噴灑在蟲體上，藥劑由害蟲體壁滲透入體內，造成中毒死亡。

(2)抑制作用：例如利用拒食劑、忌避劑等物質來抑制昆蟲生命活動或過程中某一環節。

(3)調節作用：利用昆蟲激素如青春激素、脫皮激素等類化合物使害蟲的習性改變或抑制昆蟲賀爾蒙在昆蟲體內生理生化作用的調控。

4.生物防治：生物防治是利用生物活體或其代謝產物來控制害蟲族群的密度。廣義的生物防治包括捕食性及寄生性天敵、病原微生物(病毒、細菌、真菌、原生動物等)、線蟲等，狹義是指利用捕食性或寄生性天敵防治害蟲的方法。

(1)利用天敵防治害蟲：此

為以蟲治蟲的防治方法，是生物防治中應用最廣且最多方法，分為捕食性與寄生性兩類。捕食性天敵的寄主範圍較寄生性天敵為廣，需捕殺多隻食餌個體方能維持其生存與發育，而且立即致食餌死亡；寄生性天敵的寄主並不立即死亡，其幼蟲營寄生生活，成蟲營自由生活，由於寄生性天敵會致寄主死亡，與一般寄生者不同，為之區別，又謂之為寄生捕食者(parasitoid)。

寄生性天敵的寄主較為專一，通常一次寄生取食一隻寄主，少數種類則多隻寄生取食一隻寄主。利用天敵的途徑可歸納為天敵保護、天敵的大量繁殖與釋放、天敵的引進三部分。天敵保護的方法是小心使用殺蟲劑，減少對田間已存在的天敵造成殺害，減少對天敵有天擾的農業措施，應用耕作方法保護天敵的棲息場所等。若田間天敵數量不足以控制田間害蟲時，可利用室內大量繁殖天敵，再釋放於田間，增補田間不足的天敵數量。若害蟲為外來種，可至原產地尋找有效的天敵，評估其適用後，再進行引進。

(2)利用病原微生物防治害蟲：利用害蟲的病原微生物或其代謝產物防治害蟲的方法稱為微生物防治。由於化學藥劑長期不合理使用，造成害蟲抗藥、農藥殘留等問題，促使微生物防治快速地發展。目前應用最廣的病原有細菌類的蘇力菌、真菌類的白僵菌、黑僵菌、綠僵菌及病毒類中的核多角體病毒(NPV)與顆粒體病毒(GV)。一般使用微生物製劑防治害蟲的方法與化學殺蟲劑相似，惟紫外線對這些微生物具有破壞力，建議在紫外線較弱的傍晚時分施用於田間較為適宜。

(3)利用原生動物或線蟲防治害蟲：可利用的原生動物有微孢子蟲、新簇蟲。原生動物與線蟲均以寄生方式在昆蟲體內完成整個生活期，致昆蟲死亡。

5.費洛蒙、誘引劑誘殺防治：昆蟲費洛蒙應用在害蟲防治以性費洛蒙使用最普遍。誘引劑是合成的化合物用來引誘昆蟲，若誘引的對象有性別區別，例如甲基丁香油誘引雄性東方果實蠅，克蠅誘引雄性瓜實蠅，稱此類誘引劑為性誘引劑；蛋白質水解物可誘引害蟲趨前取食者稱為食物誘引劑，將這類化合物與殺蟲劑調配成毒餌，致被誘引的害蟲中毒死亡，也是安全、有效的防治方法之一。

6.不育性昆蟲防治：利用物理方法如X-ray、γ-ray、Co_{60}等照射昆蟲使其產生不孕，或利用不育性藥劑餵食昆蟲使其不孕，再將不孕的蟲體釋放於田間，與田間的蟲體交尾，交尾後的雌蟲無法產生正常有效的受精卵，繁衍子代的機會因而中斷，致田間害蟲族群的密度降低，達到防治的目的。

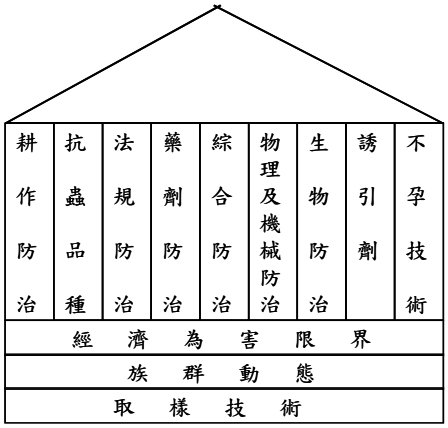
7.法規防治：所謂法規防治乃指藉法令規章協助防治害蟲的方法。植物檢疫為法規防治主要的部分，依據國家法規對植物及

其產品實行檢驗和處理，以防治病、蟲、草、鼠等有害生物因人為的傳播而蔓延，目的是作預防性的限制。倘若檢疫發生缺失，新害蟲侵入時，由政府規定具體辦法，進行強迫防治的緊急處置，以降低害蟲未來的威脅性。農藥管理法也是法規防治之一，另有專章討論，在此不敘述說明。

(三)害蟲管理的制定

前面已有提及在進行害蟲管理時必須以農業生態系整體性的考量為出發點，亦即以生態學為基礎，以經濟利益為目標，綜合應用適當的防治技術於一農業生態系統中，抑制或調節主要害蟲族群於一經濟容許限度之下，因此，各種防治技術不論如何搭配協調，只要經濟、方便且有利於農作物的生長發育，不利於害蟲的生長發育，就是合乎害蟲管理的基本要求。

害蟲管理體系中所應用的各種防治技術必需建築在取樣技術、族群動態與經濟為害限界三者基礎上(圖1.)，取樣技術的目的在了解害蟲族群的動態，監測其密度變化情形，以利防治時機的訂定。通常害蟲防治的制定是以一種害蟲族群發生的狀況採用1種或2種防治技術予以防治，現代的防治是講求整合性管理，應從作物別來考量，不同作物別有不同的害蟲種類，防治方法也需依其各害蟲的發生習性與分布情形，採取聯防措施，減少作物生產的損失，畢竟我們的目的是在保護作物，而不是非將害蟲置於死地不可。



1.水稻害蟲防治策略：主要害蟲種類有飛蝨類、葉蟬類、二化螟、瘤野螟、水象鼻蟲等。防治方法如選用抗蟲品種如台農67等、輪作、適當肥料的施用(氮肥過多，褐飛蝨、葉蟬類發生較嚴重)、種植密度的調整以利通風與日照、改變種植期與收獲、加強田間衛生、生物防治(瓢蟲、蜘蛛、椿象等)、燈光誘集(如螟蟲類、夜蛾科等)、藥劑防治等。

2.蔬菜害蟲防治策略：蔬菜作物多為短期作物，生長快，採收時間短，較無法忍受害蟲直接所造成的為害，故在害蟲防治操作上的要求更為仔細與謹慎。蔬菜害蟲種類相當繁多，如小菜蛾、紋白蝶、斜紋夜蛾、甜菜夜蛾、蚜蟲、薊馬、粉蝨、潛蠅、瓜實蠅、　類等。

防治策略有：(1)加強引種的檢疫，避免引入外來害蟲(例如銀葉粉蝨、斑潛蠅、根　)；(2)輪作、深耕、清潔田園、灌溉管理(黃條葉蚤、瓜果實)；(3)阻隔防治

如設施栽培管理，避免較大型害蟲如夜蛾科、螟蛾科、紋白蝶等害蟲侵入為害，或套袋(絲瓜、苦瓜果實等)；(4)燈光誘集，誘殺具趨光性的害蟲；(5)性費洛蒙防治如小菜蛾、斜紋夜蛾等，或性引誘劑如克蠅毒餌防治瓜實蠅；(6)黃色黏紙誘殺蚜蟲、銀葉粉蝨、斑潛蠅等，藍色黏紙可誘引薊馬類；(7)微生物殺蟲劑如蘇力菌對小菜蛾、核多角體病毒對斜紋夜蛾等；(8)生物防治如姬蜂、小繭蜂、瓢蟲、椿象類、捕食　等；(9)抗蟲品種；(10)殺蟲劑的使用。

3.果樹害蟲防治策略：果樹為多年生，維持其永續經營為最首要課題，因此，害蟲管理時尤應全面性的考慮。害蟲種類有為害葉片、枝條的蚜蟲類、粉蝨類、木蝨類、夜蛾類、葉蟬、介殼蟲、螟蛾類等，為害樹幹的天牛、蠹蟲、象鼻蟲等，及為害果實的東方果實蠅、楊桃花姬捲葉蛾等。防治方法與蔬菜害蟲防治方法相似，其中東方果實蠅是以甲基丁香油毒餌作為性引誘劑，稍有不同。

4.花卉害蟲防治策略：主要害蟲種類有薊馬、銀葉粉蝨、斑潛蠅、介殼蟲、　類、夜蛾類等。由於害蟲種類與蔬菜害蟲頗多相似，防治措施是可以延用蔬菜害蟲的防治策略，然而，因為花卉的多樣化，刺激市場消費，農民經常自國外引入新種原，發生新入侵害蟲的機會更高，故強化植物檢疫，是花卉害蟲防治策略中極為重要的一項工作。

七、結語

現代化的害蟲防治，不再完全依賴習慣及經驗，必須以科學方法，取得有關資料，根據有關資料，決定管理策略和防治技術的實施。害蟲的問題是生態問題之一，因此，必須以生態學的原理為基礎，以經濟利益為目標，綜合應用各種防治技術或方法來防治害蟲，減少作物生產的經濟損失。

在面對不同作物，不同害蟲的防治時，應考慮其各別可運用的防治方法，再採取聯合防治措施，應避免病急亂投「藥」的盲目行為，否則，只解決眼前的問題，對農業永續的經營是毫無助益的。大自然生態平衡系統是因人類自己的需要而被破壞，也只有用人類自己的力量去創造適合我們自己需要的平衡系統，才是真正的解決之道。