

林業叢刊第170號

非農藥防治應用：

礦物油 及 生物防治

●莊鈴木、吳孟玲

行政院農業委員會林業試驗所
財團法人中正農業科技社會公益基金會

非

農藥防治應用：

礦物油及生物防治

目次

壹、 礦物油	1
礦物油之作用機制	2
應用礦物油的好處	3
礦物油使用上的缺點	3
礦物油使用上的安全性	4
礦物油的使用方法及注意事項	4
礦物油使用上應用	4
一、柑桔	4
二、蔬果菜類	6
三、蘋果	7
四、茶葉	8
貳、 生物防治法	8
天敵的種類	9
一、捕食性天敵	9
1. 咀嚼式口器天敵	9
2. 刺吸式口器天敵	11
二、寄生性天敵	12
三、蟲生病原菌	13
1. 細菌	13
2. 蟲生真菌	14
3. 病毒	14
生物防治的方法與保存	15
結論	16
參、 參考文獻	17

序

近年來，環境綠化觀念廣為大眾接受，美化樹種種類繁多，直接造成蟲害、流行病快速繁衍，在此情況下，人類只好仰賴農藥，雖然農藥有藥效大、作用快、適用範圍廣、便宜經濟、使用方便等這些優點，但由於長期不當使用及濫用，在未慮及到生態上的其他因子，往往造成許多嚴重的問題，如抗藥性的產生、次要害蟲的發生及對非目標生物的危害，而施用農藥所造成的環境污染及自然衝擊，更是難以恢復的。

非農藥防治就是減少化學藥劑的使用，降低農藥對環境的污染，是符合世界環保的潮流。非農藥防治方法包括：生物防治、費洛蒙及引誘劑的利用、抗病蟲害育種、交叉保護法、農業防治法、肥料及土壤添加劑、物理防治法及害蟲不孕性防治法等等。本刊物主要介紹礦物油及生物防治法，提供國人另一種防治策略上的選擇，利用對環境不造成污染、安全性高之天然有機礦物油及自然天敵防治，應用於病蟲害防治上，教育國人非農藥防治的方法，以避免施用農藥造成環境污染，並推廣有機農業生態保育的理念。



壹、礦物油

早在西元一世紀Pliny the Elder就記錄了農業用油在植物保護上的應用，這也是已知最古老的利用油進行非農藥防治之一。在十七世紀則有利用煤油，直接用刷子塗佈柑桔樹上以防治介殼蟲；到十八世紀則開始轉型使用乳化的礦物油，主要成份為15%的煤油加肥皂水中；二十世紀初，研究發現“輕”的礦物潤滑油(C14~C24)比煤油更有效。近代病蟲害防治專家開始使用更重的礦物油(C18~C24)，以取得更好的防治效果，這和當今的礦物油的碳分子的結構很相近。近期的研究顯示，窄餾過程中的礦物油能夠加強其藥效和降低藥害的可能性，因為小分子(C10~C18)的礦物油若含有不飽和成份就容易被氧化為酸，大分子的礦物油有可能影響氣體交換和光合作用；另藥害主要是由於不飽和分子被氧化成酸而導致。所以在國際上，現已規定只有非磺化物含量高於92%的礦物油才能用於生產病蟲害防治用的礦物油。

礦物油在有機農業上普遍被使用，常用的礦物油主要是礦物油加清水與乳化劑製成。早期農作物使用的礦物油屬於重油，其純度低，

可殺死昆蟲及卵，亦對植物葉片造成傷害，所以常在冬季落葉後使用，稱為休眠油（Dormant oil）。後來發現礦物油殺死昆蟲的能力與油中石蜡（Paraffin）含量的多寡成正比，因此經純化後石蜡含量濃度變高的礦物油，可在夏季施用而不會傷害葉片，稱之為夏油（Summer oil）依其精製程度的不同，又可分成休眠油、高級夏油（Superior oil）以及超級夏油（Supreme oil）等三種。

一般礦物油主要成份為碳氫化合物，來源於大自然，在環境中能被微生物分解成水和二氧化碳，因此不會破壞生態及環境。由於其殺蟲機制為物理窒息和行為改變，所以害蟲對其不產生抗性。由於對自然天敵的殺傷力低，不刺激其他害蟲大發生，是病蟲害綜合防治的理想藥劑。

自從西元1972年國際有機農業運動聯合會(IFOAM)成立以來，有機農業受到許多國家的政府、議會及聯合國機構的重視，在各個國家迅速發展。有機食品將是今後10年中增長最快的產業之一。有機農業生產是一種強調以生物學和生態學

為理論基礎並拒絕使用化學合成物質的農業生產模式，其中採用大量可永續發展的生產技術，包括病蟲害的永續性防治技術。有機農業生產上禁止使用化學合成的肥料、農藥、生長激素等化學物質的投入，利用自然規律來增強農業產量和抗病能力。這樣不僅提高了對自然環境的保護，而且農民減少了農業生產的成本、並從較高的市場價格得到了經濟效益。雖然有機農業禁止使用化學合成肥料和農藥，生產中仍然可以使用有機食品生產標準中允許使用的一些礦物源農藥。在西元1999年，由國際糧農組織(FAO)和世界衛生組織(WHO)發佈的“有機食品生產引導”中，把礦物油列為認證後可使用的農藥。在美國，“全國有機食品標準委員會”把礦物油列為在有機食品生產上建議使用的農藥。在澳大利亞，有機食品認證單位，“澳大利亞全國可持續農業協會”列出的11種有機食品生產中允許使用的植保農藥就包括礦物油。

礦物油之作用機制

一、當昆蟲與礦物油直接接觸時，

會導致死亡或影響昆蟲行為，包括：

1. 在作物上形成一層薄油膜，與害蟲分隔，達到物理防治的效果。
 2. 阻礙害蟲氧氣的吸收，影響正常呼吸，導致窒息或干擾其呼吸系統。
 3. 礦物油的成份或其轉化物能直接殺害害蟲(礦物油能與害蟲的脂肪酸互相作用及干擾新陳代謝)。
- 二、做為殺卵劑，若卵被油膜持續封閉一段長時間會引致胚胎窒息。
- 三、做為驅蟲劑：礦物油對某些害蟲如白粉蟲有驅蟲作用。
- 四、做為殺菌劑：亦為一種窒息劑，干擾真菌的呼吸作用。它也干擾病原體對寄主植物的附著，不只控制真菌，也防止孢子萌芽和感染（保護性），對於生長於植物體表面的寄生真菌病害可抑制其菌絲生長，如白粉病、油斑病、銹病等具有廣效性。
- 五、做為增效劑：
1. 可與其他絕大多數農藥混合時具增效作用，能夠防止農

藥分解，提高附著性，增強對害蟲表皮的滲透作用，延長有效成分在植物表面上留得更長時間，它也降低蒸發和霧點飄移。

2. 可透過降低表面張力來增強附著和提高覆蓋面積，被應用於有機磷和合成除蟲菊精上的功效。也被用來和殺菌劑混合使用以控制香蕉葉斑病和其他香蕉樹病害。
3. 可增強阿巴汀(Abamectin)效果，因為改善了滲透轉移作用。添加農用油能夠增強阿巴汀對柑桔銹蟎的防治效果，改善對於二點葉蟎(*Tetranychus urticae*)的控制效果，及增強對於潛葉蛾(Lyonetiidae)、木蝨(Psyllidae)、粉蝨(Aleyrodidae)和鱗翅目(Lepidoptera)昆蟲的毒性，這是因為農用油增強昆蟲表皮的滲透。

應用礦物油的好處

- 一、從考量環保和生態影響的角度上佔優勢，與傳統的化學藥劑相比，對人及環境無毒性。

- 二、能防治多種對化學農藥產生抗藥性的害蟲。
- 三、對天敵安全，可與生物防治共同使用。
- 四、適合用於綜合防治策略。

礦物油使用上的缺點

- 一、對高密度害蟲區域無法達到有效的防治效果。
- 二、對於缺水區施用礦物油有困難。
- 三、為接觸性殺蟲劑，需直接噴灑在蟲體上才能達到防治效果。
- 四、植物藥害是使用礦物油的主要限制因素。
- 五、植物細胞如被礦物油滲入，會干擾光合作用、蒸散作用和呼吸作用。
- 六、使用礦物油會影響植物的生理，如每星期施噴2%礦物油，持續使用8至9個星期後，番茄發現有矮化的情況發生。
- 七、在一般情況下，礦物油會在作物上導致急性或慢性的藥害。
 1. 急性藥害能在噴藥後幾天觀察出來，特徵是葉片有燒焦狀然後落葉，但很少會對果實構成

影響。

2. 慢性藥害是長時間施用礦物油後發生，徵狀是嫩芽漸漸凋萎或延遲芽的生長、黃葉和莖幹死亡等。

礦物油使用上的安全性

- 一、過往未發現使用礦物油產生毒物殘留的問題。
- 二、礦物油對大白鼠的50%口服致死劑量(Oral LD50)為>4300mg/kg。
- 三、對益蟲和天敵的影響沒有詳細研究，但相對於化學農藥的影響較少。
- 四、不會在食物鏈中累積。

礦物油的使用方法及注意事項

- 一、休眠油精製純度較低，黏稠性高，多用於落葉後至春季長初芽前使用。
- 二、休眠油效果持續時間長，使用時必須加水 and 乳化劑，主要可以防治園圃中介殼蟲、粉介殼蟲、薊馬、蚜蟲、葉蟻、東方

果實蠅、捲葉蛾等的卵。

- 三、夏油精製程度較高，在植物有葉片時仍可使用，但氣溫超過攝氏29°C以上或攝氏零度以下時，不得使用。
- 四、在病害、乾旱時期或使用過多氮肥而衰弱之植株，避免使用夏油。土壤過分乾燥或空氣溼度太低時，易引起藥害，不宜施用，施用時每次間隔至少須六個星期以上。
- 五、超級夏油則精製純度及含石腊度更高，四季均可使用，施用濃度一般稀釋在100倍以上，但氣溫過高時，一些作物的嫩葉可能產生藥害，因此使用時盡量在清晨或傍晚噴灑為宜。
- 六、夏油主要用於防治粉介殼蟲、圓介殼蟲、蚜蟲卵、銹蟎和葉蟻等。

礦物油使用上應用

一、柑桔：

1. 防治柑桔葉蟻：

柑桔葉蟻 (*Panonychus citri*)，屬蜘蛛綱蟬蟻目葉蟻科，是本省各柑桔產區內重要的害蟻，可危害柑

桔、梨、桃和桑等。它吸食柑桔葉片、嫩梢、花蕾和果實汁液，尤以嫩葉受害最重。噴礦物油作為殺蟻劑在國外已應用很長時間。在本省亦有使用，稀釋200~400倍礦物油對柑桔葉蟻的防治效果在藥後30天仍達89~98%。在冬季使用稀釋150倍之礦物油可防治柑桔葉蟻長達5個月。

2. 防治柑桔介殼蟲：

柑桔介殼蟲類害蟲，如黑點介殼蟲 (*Parlatoria zizyphi*)、綠介殼蟲 (*Coccus viridis*)、桔粉介殼蟲 (*Planococcus citri*) 等，均以若、成蟲群集在葉、枝和果實上吸汁為害，使被害葉片黃化脫落，枝梢乾枯，果實成熟時不著色，留有綠色的斑點，影響美觀和外銷。被害果樹常誘發煤煙病。100, 200和300倍礦物油對介殼蟲藥後14天的防治效果為98%，97%和96%，均高於使用40%速撲殺（大滅松）稀釋1000倍的防治效果（84%）。田間觀察發現可以兼治銹蟬和木蝨的害蟲。同時對柑桔害蟲的常見的天敵（如捕植蟻，瓢蟲，草蛉和六點薊馬等）不會造成影響。

3. 防治煤煙病：

柑桔煤煙病(*Capnodium walteri*)是柑桔園中常見的一種病害。會



圖一、柑桔葉片上的介殼蟲

發生在葉片，枝條及果實表面。發病初期在葉片、枝條及果實表面形成黑色黴斑。擴大後形成黑色黴層（這是病菌的菌絲體），嚴重時葉片及果實表面粘附會著一層黴層，這些黑色黴層可以抹掉。病菌以蚜蟲、介殼蟲的分泌物為營養，而不侵入寄主組織內，對果實品質沒有很大的影響，但降低了果實的商品價值。使用稀釋200倍礦物油防治蚜蟲及介殼蟲，可同時去除煤煙病的為害。

4. 防治柑桔銹蟬：

柑桔銹蟬(*Phyllocoptruta oleivora*)，果實受害後變為黑褐色，俗稱“黑皮果”，並滿布龜裂網狀細紋，果形變小，品質變劣，大大降低

柑桔產量和品質，影響售價。葉片受害，色澤變鏽褐色，並常引致落葉，影響樹勢，為柑桔生產的重要害蟲。美國佛羅里達州大學的試驗證明，每公頃使用47~94公升礦物油(相等於3~6公升/畝，通常美國的柑桔樹在6米以上)，可防治柑桔銹蟬長達3個月。在另一個試驗結果顯示，礦物油對美國柑桔上最嚴重的病害-脂點病亦具有防治效果，每公頃使用相同的量能有效控制脂點病並可增加果實的重量。

二、蔬果菜類：

1. 對蔬果菜類白粉病的防治：

蔬菜白粉病 (*Sphaerotheca fuliginea*) 危害葉片、葉柄、莖及果實，其中葉片危害較為嚴重。發病初期，在葉片及莖表面出現白色病斑，嚴重時全株表面佈滿白色菌絲及孢子，並造成植株提早落葉，影響果實品質。礦物油可有效地防治蔬菜上的白粉病，可作為一種窒息劑，通過封閉真菌的呼吸來起作用殺死病菌。同時它在葉面的殘留能夠防止病原體對寄主植物的附著並使得孢子不得萌發。稀釋200倍礦物油施用後14天，對白粉病的防治效果高達91%，稀釋300倍礦物油的防治效果則為88%。

2. 對銀葉粉蟲的防治：

銀葉粉蟲 (*Bemisia argentifolii*) 可為害瓜、菜豆、茄子、番茄、青椒、甘藍、花椰菜、白菜、油菜、蘿蔔、芹菜等各種蔬菜、花卉及農作物等200餘種。粉蟲成蟲和若蟲群集於多種蔬菜的葉背，刺吸汁液，使葉片生長受阻變黃；還分泌大量排泄物，引起葉片或果實發病。嚴重時，影響葉片光合及呼吸作用，造成葉片枯萎。煙草粉蟲(*Bemisia tabaci*)是近年來新爆發的主要危害茄果類蔬菜的害蟲，其低齡若蟲常取食茄果類蔬菜葉片汁液，造成植株葉片呈銀葉症狀，農戶常誤認為是病害而防治失當，造成減產甚至毀園。煙草粉蟲危害初期，植株葉片出現白色小點，沿葉脈變為銀白色，後發展至全葉呈銀白色，如鍍鋅狀膜，光合作用受阻。在美國的試驗證明，礦物油可殺死煙草粉蟲若蟲和成蟲，並可防止成蟲產卵。但對卵的毒殺效果並不理想。實驗顯示噴灑礦物油可防治成蟲長達11天，藥後當日死亡率達99%，藥後11天仍達96%。其作用為(1)直接殺死成蟲。(2)噴藥後成蟲降落在葉面上被油膜黏著而死亡。(3)殘留於葉面上的油膜，可防止遷移進來的成蟲

產卵。由於通常油膜能存在葉面上14天左右，其對成蟲的殘效期也就長達14天。噴灑礦物油對若蟲的死亡率高達99%，但對卵的死亡率只有3%左右。

3. 對草莓二點葉蟻的防治：

草莓二點葉蟻(*Tetranychus urticae*)是草莓上的重要害蟲，尤其在設施栽培的草莓上常大量發生，為害嚴重。礦物油稀釋100倍液藥後第1天防治效果為75%，藥後第3天防治效果為91%，藥後第7天防治效果為92%，在藥後第14天防治效果降為80%。田間試驗結果顯示，礦物油稀釋100倍後能有效防治草莓葉蟻，藥後3~7天的防治效果能達到90%以上，且對供試作物無藥害。

4. 對草莓白粉病的防治：

草莓白粉病(*Sphaerotheca aphanis*)為草莓上普遍為害的病害之一，嚴重影響草莓的產量和品質。礦物油200、300和400倍稀釋液對草莓白粉病一次施用的防治效果分別為85%、73%和68%；第二次用藥的防治效果分別為90%、82%和76%。且稀釋100~200倍液以上對草莓食用上較為安全，可以在生產上推廣使用。

5. 對茶細蟻的防治：

茶細蟻(*Polyphagotarsonemus latus*)分佈廣，食性極雜，寄主植物相當廣泛。蔬菜中茄瓜、辣椒、番茄、菜豆、豇豆黃瓜、絲瓜、蘿蔔、芹菜等均受其為害。以成蟲、幼蟻為害幼芽、嫩葉、花和幼果。造成幼莖變褐禿尖，花蕾畸形，果實變褐色，造成落花、落果。在大陸廣東，試驗發現礦物油對蔬菜上的茶細蟻有顯著防治作用，使用稀釋100~200倍液可有效防治茶細蟻。

三、蘋果：

1. 防治蘋果葉蟻類：

蘋果葉蟻(*Tetranychus cinabarinus*)，也叫蘋果紅蜘蛛。為害蘋果、梨、沙果、桃、杏、李、山楂等果樹。成蟻多在葉片正面活動為害，一般不吐絲結網。被害葉初有失綠斑點，為害嚴重時，葉片黃綠、脆硬，遠看呈現一片枯黃色凋萎。一年發生6~9代，以冬卵在主枝、側枝、葉痕等處越冬。礦物油稀釋100~200倍對蘋果葉蟻具有良好的防治效果。藥後10~21天防治效果達85~100%。在蘋果葉蟻越冬卵孵化盛期，施藥一次有效控制期長達35天以上。防治期應掌握幼、若蟻期。另外，礦物油稀釋100

~200倍對山楂葉蟻的速效性亦不錯，藥後3天對若蟻的防治效果高達95%，至藥後14天，稀釋100倍的防治效果仍達94%。礦物油稀釋100~300倍對二斑葉蟻藥後7天的防治效果在95~97%。對蘋果黃蚜，稀釋200倍的速效性好，但藥效期較短。



圖二、蟎類

四、茶葉：

1.防治枯黃銹蟬：

枯黃銹蟬 (*Acaphylla steinwedeni*) 的形體小、繁殖快、年發生代數多，平時不易察覺，稍不留心便釀成大害。主要在嫩梢為害，也可在成葉上為害。為害後輕者造成芽葉生長不良、葉色褪變，失去光澤，葉背呈褐色，危害嚴重的芽葉萎縮、葉子變小或大量落葉、甚至造成植株(中、小茶樹)死亡。礦物油稀釋150~250倍對枯黃銹蟬的防治

效果，施藥一次有效控制期長達21天以上。

2.防治茶炭疽病：

茶炭疽病(*Glomerella cingulata*) 在主要的茶產區常見發生。一般發生在葉上，老葉和幼葉偶爾有發病。秋季遭受感染嚴重的茶園，來年春茶產量明顯下降。使用高濃度(稀釋50-150倍)礦物油對茶炭疽病的防效比低濃度(稀釋250倍)為佳。

貳、生物防治法

生態系是指生物與其生活環境間，互相作用而形成的生態系統 (Ecological system)，生態系的組成包括有生命及無生命兩部份，有生命的因子有生產者、消費者、分解者等；無生命的因子則包括陽光、空氣、水、土壤等，當這兩部份進行交互作用後，就可構成生態系中複雜的食物鏈 (Food chain) 及食物網 (Food webs) 關係。植物吸收陽光、水份與空氣進行光合作用，而生產出葉片、花、果等，提供植食性的動物食物，動物亦可提供其他動物為食，動物死亡後再經由微生物分解，回歸土壤成為土壤

中的養分，聚集多個這樣的鏈狀關係而形成更複雜的食物網。在這食物網中，植物為生產者，動物為消費者，微生物為分解者，而人類、樹木，或昆蟲都是食物鏈（網）的一環，彼此之間息息相關。

一旦昆蟲為害到人類所種植的作物時，人們在主觀意識下將這類昆蟲歸納成害蟲，一心想要除去而大快，然而植食性昆蟲究竟只是生態系中的初級消費者，其他的動物也會以它們為食，所謂「螳螂捕蟬，黃雀在後」即是這個道理。生物防治是利用這樣一物剋一物的方式所發展出來的，因此瞭解生態系（Ecosystem）是生物防治的基礎及方法。

人類利用生物防治早在七世紀的中國與阿拉伯地區就已發展。十九世紀隨著人類移民的活動，外來病蟲的遷入，往往造成嚴重的病蟲害，到了二十世紀後生物防治的技術漸趨成熟。一般而言，生物防治是指利用捕食性昆蟲、寄生性昆蟲或蟲生病原菌等天敵生物，來控制害蟲族群量維持在人類可以接受範圍內的一種方法，生物防治長時間的發展之下，其方法不外乎自害蟲發生地進行調查、採集，尋找恰當的天敵物種，加以人工

大量繁殖後，施放於人類受害作物的環境中，以達到降低害蟲數量的最終目標。

天敵的種類

在自然生態環境中，只要能夠降低害蟲族群量的生物，都可成為生物防治上的天敵，過去的研究以農業生態系為主，生物防治的天敵種類多應用於農作物上，從生態的食物鏈（網）中選取可應用的天敵種類，加以保育使其族群維持恆定，應可成為非農業生態系中生物防治的一環，天敵的種類基本上可分為捕食性昆蟲、寄生性昆蟲及蟲生病原菌等三類。

一、捕食性天敵

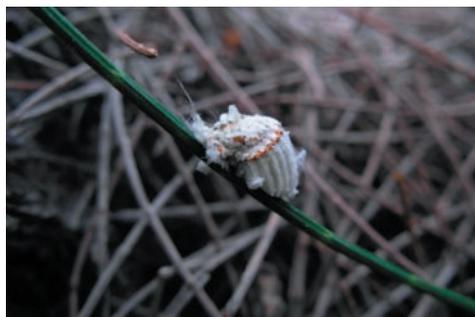
捕食性昆蟲種類眾多，主要分為咀嚼式口器天敵及刺吸式口器天敵，體形一般會比它所捕食的餌蟲（害蟲）還要大，必須捕食多隻害蟲才能完成發育，幼（若）蟲與成蟲都有能力捕食害蟲的各個齡期；另外依取食害蟲種類的多寡，又可分為有雜食性、寡食性、單食性等天敵。

1. 咀嚼式口器天敵：這類天敵以

口器中的大顎，直接咬食害蟲，經消化後，作為生長之所需，如瓢蟲、草蛉、螳螂、虎甲蟲、步行蟲等。

瓢蟲是台灣農業生物防治上成功的案例之一，約1902年時由澳洲引進樹苗時，連同將吹綿介殼蟲（*Icerya purchasi*）帶入台灣，由於該害蟲有多達30科76種的寄主植物，造成台灣的柑橘和相思樹嚴重受害。有鑑於此，日本學者素木得一於西元1909年從紐西蘭引進天敵澳洲瓢蟲（*Rodolia cardinalis*）在人工大量繁殖後，釋放於田間，隨即立足後與台灣原產的小紅瓢蟲（*Rodolia pumila*）一同控制了吹綿介殼蟲的發生。自然環境中，瓢蟲族群原本就有一定數量存在，除冬季外幾乎整年都可見其成蟲的活動，瓢蟲屬於完全變態昆蟲，具有卵、幼蟲、蛹及成蟲等4個時期，幼蟲和成蟲可捕食同翅目的介殼蟲、蚜蟲為食，在自然中是這類害蟲的主要天敵，對於害蟲密度的降低有相當的貢獻。

草蛉是生態環境中另一類重要的捕食性昆蟲，其生活史如同瓢蟲，分為4個時期，幼蟲及成蟲都具有捕食其他昆蟲的能力，在台灣各



圖一、吹綿介殼蟲

個不同環境中全年可見其蹤影，以春季及夏季數量最多。草蛉成蟲多呈翠綠色，體型狹長纖細，體長依種類不同，可從數毫米至數公分大小都有，複眼有金屬般的光澤，翅為兩對呈膜質透明。草蛉幼蟲有三個齡期，其外型呈紡錘型，腹部端較頭部肥大，其胸節和腹節上有疣狀突起，並長有剛毛，口器特化成兩根細長且堅硬的彎管，刺入獵物體內，吸取體液為食，與成蟲使用咀嚼式口器咬食獵物截然不同。成蟲以捕食蚜蟲為主，幼蟲捕食對象則可包括蚜蟲、介殼蟲、葉蟎、木蝨以及蛾、蝶類的卵、幼蟲等，其中以三齡期幼蟲食量最大，由於食性雜，易於人工大量飼養，台灣近10年來草蛉在生物防治上已有顯著的進步，從飼養到田間野放都相當的成果，防治效果很好，已可以量

產用於農作物的害蟲防治上。

螳螂、虎甲蟲、步行蟲等這些種類也都是昆蟲界中的肉食主義者，雖然不像瓢蟲、草蛉普遍被應用於農業生態系的蟲害管理上，但我們一般綠美化環境及森林中，此



圖二、台灣普遍分布的瓢蟲—蚜蟲天敵六條瓢蟲 (*Menochilus sexmaculatus*)的成蟲



圖三、螳螂

圖四、虎甲蟲



類昆蟲同樣具有控制植食性害蟲的功能，是一群不可忽視的生物防治種類。

2. 刺吸式口器天敵：此種昆蟲口器為一根針狀物，穿刺害蟲體壁後吸食體液為生，有時也會注射消化酵素或毒素，麻醉害蟲以便取食，如草蛉幼蟲、椿象、食蟲虻等。

椿象類的昆蟲為漸進變態種類，無論若蟲或成蟲皆以刺吸式的口器取食，椿象的食性可分為植食性及肉食性兩類，植食性吸食植物汁液為主，而肉食性種類捕食其他昆蟲吸食其體液，依其取食特性可做為生物防治上的天敵。椿象在我們週遭環境中普遍存在，花卉蔬果作物上，常可發現一種花椿科的小黑花椿象 (*Orius strigicollis*)，喜歡捕食薊馬、葉蟬等小型害蟲，在其若蟲及成蟲期間約可



圖五、食蟲虻

捕食數百隻害蟲，為一極具有潛力的生物防治天敵。另外在甘蔗田中的台灣盲椿象（*Cyrtorhinus mundulus*），可捕食甘蔗飛蝨（*Perkinsiella saccharicida*），於西元1950年代也控制了害蟲發生。像花椿象及盲椿象這類昆蟲，就如食蟲虻等其他刺吸式肉食性昆蟲一樣，是屬於生態系中的二級消費者，可控制植食性害蟲的生長。

二、寄生性天敵

寄生性天敵主要屬於膜翅目及雙翅目昆蟲，多數體形微小，以幼蟲期寄住於害蟲體內，取食寄主組織而發育，在羽化成蟲後導致寄主死亡；成蟲則以取食花粉、蜜露為生，例如寄生蜂、寄生蠅等。寄生性天敵以取食對象種類的多寡，也有雜食性、寡食性、單食性之分。

寄生性關係是由寄生者與被寄生者在長期演化過程中逐漸發展的，寄生性天敵為順利寄生於寄主並繁衍後代，寄生者便在生活習性上發展出許多寄生與繁衍的策略。在尋找寄主方面，寄生性天敵先以寄主所在位置上的植物化學氣味為引導接近寄主，在配合溫度、溼度、光照或植物高度等因子下，正確的找出寄主的所在位置，並藉由本身的感覺（嗅覺、視覺、觸覺）

順利的將卵產於寄主體內。

寄生性天敵可將卵產於不同蟲期（卵期、幼蟲期、蛹期、成蟲期）的寄主，發展出不同的寄生生活策略，例如外寄生類的寄生蜂，產卵於寄主體內，並同時會將蜂毒注入到寄主（老熟幼蟲），麻痺寄主並抑制寄主的蛻皮，讓卵順利孵化並完成發育。而內寄生類的寄生蜂或寄生蠅，產卵時雖然不會麻痺寄主，但仍然可控制寄主的發育，使產於寄主體內的數個卵得以正常發育。不過寄主並非完全沒有反擊的能力，在這長時間與寄生者的共同演化下，寄主也逐漸發展出一些策略，來防止寄生天敵的寄生，這些方法包括了逃避寄生者的發現、產生生理免疫反應、或是和螞蟻共生得到保護等。雖然如此，寄主一旦被寄生蜂或寄生蠅成功的產卵後，其被寄生的蟲體立刻減緩發育，甚至於停滯下來，活動力也很差，幾乎無法進食，在寄生者發育成熟時，羽化成蟲後便將寄主殺死。目前在農業已大量使用寄生性天敵，成功案例也不在少數，如東方蚜小蜂（*Eretmocerus orientalis*）、小繭蜂（*Cotesia plutellae*）等。自然界中原本存在的寄生性天



圖六、小蜂寄生於天蛾幼蟲



圖七、小繭蜂寄生於尺蠖蛾幼蟲

敵種類就很多樣性，若能好好維護環境，增加其族群量，寄生性天敵應可成為生物防治上的主力。

三、蟲生病原菌

昆蟲病原做為防治的天敵，是利用能引起昆蟲致病的病原生物，來控制害蟲發生的一種方法。遠在西元1578年李時珍所著的「本草綱目」中所提及到的冬蟲夏草、蟬茸、疆蠶等，都是不同種類的昆蟲被真菌寄生的結果，蟲生病原菌的種類有細菌、真菌、病毒、原生動物等。通常微生物型的天敵要發

揮作用，一定要在害蟲族群中造成流行疾病，引發害蟲的死亡，即使未有大量死亡，也要能引起慢性疾病，以達到調節害蟲族群密度的功能。

1. **細菌**：繁殖速度快，種類和個體數量非常多，廣泛分佈於自然界中，所以昆蟲生活史中接觸到的機會非常大，細菌性病原在農業上的利用非常普遍，已有商品化的產品上市。例如蘇力菌（*Bacillus thuringiensis*），蘇力菌屬於Bacillus屬的桿狀菌，為革蘭氏陽性菌，喜好氧氣環境，常存在全球各地的土壤及水中，最大的特色是會形成內孢子（Endospore）及孢側晶體（Parasporal crystal），其晶體內含毒蛋白（Toxic protein），在害蟲食入到腸內後，毒蛋白受到消化液的分解後而活化，導致昆蟲細胞破裂而死亡。一般感染到致病細菌的昆蟲，都不太活動，食慾減退，引發敗血症，蟲體顏色迅速加深，呈褐色或黑色，外體壁軟化腐爛，失去原型，內部組織變得黏著，還帶有臭味，這種細菌引發的軟化

病具有傳染性，在任何地區、任何時期都可能發生。

2. 蟲生真菌：種類繁多，有白疆菌、黑疆菌、線疆菌，在昆蟲病原微生物中，由真菌性引發致病的數量最多，占60%以上，而昆蟲的真菌病中，又以白疆菌 (*Beauveria bassiana*) 所引起的占20%，可見白疆菌是昆蟲重要的病原菌之一。白疆菌廣泛分布各地，其孢子 (Spore) 接觸昆蟲體表，在適合的溫度及溼度環境下，所即發芽生長，分泌蛋白質溶解酵素 (Proteolytic enzymes)、體脂肪溶解酶 (Lipase) 及幾丁質酶 (Chitinase) 等，而將昆蟲的表皮破壞，穿透體表侵入到體腔內，進行菌絲體 (Mycelium) 的繁殖，產生真菌毒素 (Mycotoxin) 使得蟲體中毒，直到昆蟲體腔內佈滿菌絲後，然後突出體表長出孢子柄 (Conidiophore)，產生分子孢子 (Conidium)，釋放後再去感染其他昆蟲。但蟲生真菌要成功的感染寄主，通常相對濕度要高於90%，溫度在20°C至30°C之間的情況下機率較高。昆蟲受感染後，常出現



圖八、白疆菌所形成的蟲疆

食慾銳減、身體萎縮、表皮異常等現象，死亡後蟲體乾枯硬化，形成所謂的蟲疆病。

3. 病毒：是一種最原始的生命形態，並非是細胞體，主要成份由核酸和蛋白質外鞘組成，稱它為病毒粒子 (Virion)。昆蟲病毒種類甚多，依最新分類法將其歸屬於病毒中的13科，在此眾多的病毒種類中，真正可用於生物防治者相當有限，其中最主要的應屬桿狀病毒科 (Baculoviridae)，可分為兩屬，一為核多角體病毒NPV (Nuclear Polyhedrosis Virus)，一為顆粒病毒GV (Granulosis Virus)。其次，呼腸弧菌病毒科 (Reoviridae) 中的細胞質多角體病毒CPV (Cytoplasmic Polyhedrosis Virus)，也具有防治害蟲的能力。松毛蟲

(*Dendrolimus punctatur*)是台灣過去曾經採用昆蟲病毒用於防治的案例之一，西元1967年間，松毛蟲發生嚴重危害，當時自日本引進當地分離的松毛蟲CPV做為防治害蟲的主力，後來防治策略發展成配合蘇力菌，蟲生真菌共同防治一年發生三代的松毛蟲之不同代蟲體，得到良好效果，目前只有零星區域發生的消息。病毒感染昆蟲（以鱗翅目昆蟲的幼蟲為主）後，其反應如同細菌、真菌病原一般，食慾減退、動作遲緩、死亡前身體變軟，病毒不斷增生，殺死細胞，體內組織液化，表皮破裂，流出白色或褐色的體液，而核多角體病毒感染者，由於幼蟲死前常爬於高處，所以死後其腹足仍



圖九、核多角體病毒感染黑角舞蛾幼蟲
(*Lymantria xyliana*)

然緊附著樹枝上，形成蟲體下垂的特殊景像。自然狀況下，昆蟲病原菌常為昆蟲族群的控制因子，因此被認為是蟲害管制上不可或缺的重要角色，在有利的環境條件下，昆蟲病原菌將是較具專一性、持久性的生物防治法。

生物防治的方法與保存

生活週遭的綠美化環境或農業生態系之生物防治的建立可分為兩個方向，一是藉由引進天敵至需要保護的環境中；二是經由現有的環境生態加以保育天敵而成。無論哪種方法建立的生物防治體系，在達到自然平衡後，天敵對害蟲的抑制能力就能持續存在著，若要長久維持這樣的環境平衡，應注意以下狀況：

- 一、避免殺蟲劑的使用：殺蟲劑可能殺死天敵反而得到反效果，非必要時，應使用選擇性藥劑。
- 二、保護不活動期的天敵：減少天敵越冬環境的干擾，如除草、焚燒，需要時於天敵活動期間施做。

- 三、維持複雜生態系：複雜性高的生態系統可供做為天敵的交替寄主，食物來源、越冬場所、避難所等多項功能。
- 四、防治取食蜜露的蟻類：許多蟻類會取食介殼蟲、蚜蟲所分泌的蜜露，進而阻止天敵的捕食，造成天敵防治效果打折。
- 五、避免空氣污染中的落塵：灰塵的存在，會影響天敵生存及效用。

結論

生物防治法並非是全新的害蟲防治技術，在生態系觀點下，每種動物及植物皆有其天然敵害，人類早期耕種農作物，在化學藥劑尚未發明前，我們的祖先想盡各種方法，辛辛苦苦的以非農藥的防治方法，來防止害蟲危害糧食作物。過去非農藥的防治方法，除了包括自然界中早已存在的生物防治方法外，人類還累積多年的經驗，逐一的發展出傳統的農業防治法，像是輪作、田間衛生、耕犁殺蟲、抗病蟲害品系的種植或灌溉管理等措施。

進入二十世紀後，隨著世界上人口的增加，糧食作物種植面積的逐年的加大，植物病蟲害的發生也就日趨嚴重，當人們以傳統的防治方法去對抗病蟲害時，勢必覺得力不從心，就拜科技的發展，化工業的進步，化學合成技術的發展，對付病蟲害的農業藥劑就此誕生。西元1950~1970年代是農藥的黃金時代，當時人類應用各種不同農藥，有效而且快速的防治了重要的病蟲害，此後由於過度使用及依賴農藥，使得抗藥性、環境污染等各種負面效應陸續出現，在農藥即將失去效用之時，若要再發展新的農藥，以目前的技術水準，預估還需要10年的時間。因此，蟲害防治的觀念漸漸轉為在不影響植物正常生長情況下，允許害蟲危害植物，植物與害蟲共存於生態系內，傳統的防治方法再度備受重視，生物防治就是其中的主力之一。生物防治法雖具有較安全性、專一性、永久性、經濟性等優點，但其先前的研究及準備工作所需時間較長，對蟲害作用慢、效用窄等缺點，皆無法滿足目前的蟲害防治工作。所以，不論是生物防治法或者是農業防治法等傳統而環保的防治策略，在單

獨使用時，對蟲害的控制都不盡理想，唯有結合各種防治法所研擬的害蟲綜合管理（Integrated Pest Management, IPM）策略，才是目前最為有效的蟲害防治。

參考文獻

1. 王清玲。1999。小黑花椿象。生物防治—天敵研究和利用介紹。台灣省農業試驗所特刊第80號，17-24頁。
2. 朱耀沂。1997。農業生態系與害蟲之天敵應用。昆蟲生態及生物防治法研討會專刊。中華昆蟲特刊第10號，1-18頁。
3. 吳子淦。1999。草蛉一般介紹。生物防治—天敵研究和利用介紹。台灣省農業試驗所特刊第80號，3-10頁。
4. 侯豐男。2000。蟲害微生物防治。應用昆蟲學。國立台灣大學昆蟲學系，225-240頁。
5. 郝道猛。1992。生態系概論。徐氏基金會出版，478-511頁。
6. 陳健忠。2000。農業防治。應用昆蟲學。國立台灣大學昆蟲學系，165-190頁。
7. 費雯綺、王喻其。2004。植物保護手冊。農業藥物毒物試驗所。791頁。
8. 鄭文義。2000。生物防治。應用昆蟲學。國立台灣大學昆蟲學系，191-224頁。
9. 錢景秦。1997。寄生蜂之寄主策略與防治效果之關係。昆蟲生態及生物防治法研討會專刊。中華昆蟲特刊第10號，91-118頁。
10. 蒲蟄龍。1978。害蟲生物防治的原理和方法。科學出版社。中山大學生物系昆蟲學專業，261頁。
11. 羅幹成。1997。捕食性天敵在台灣の利用與展望。昆蟲生態及生物防治法研討會專刊。中華昆蟲特刊第10號，57-65頁。
12. 嚴奉琰、徐世傑、楊仲圖、孫志寧。1989。蟲害管制概論。國立編譯館，121-187頁。



非農藥防治應用： 礦物油及生物防治

發行人 金恒鏞·葛錦昭

編著者 莊鈴木·吳孟玲

美術編輯 許明峰

發行單位 行政院農業委員會林業試驗所

財團法人中正農業科技社會公益基金會

地址 台北市100南海路53號

電話 02-23039978

傳真 02-23078755

網址 <http://www.tfri.gov.tw>

印刷 麥克馬林有限公司 02-29740276

經費補助 財團法人中正農業科技社會公益基金會

出版年月 中華民國九十四年十二月 初版

ISBN 9860040885

GPN 1009404911