用聲音和振動防治害蟲：農友的新穎性物理防治方法

農試所應動組 許北辰 董耀仁 石憲宗

一、前言

農作物生產過程中，蟲害一直是農民感到困擾的重要問題。無論是水稻、果樹、蔬菜，乃至菇類，只要發生蟲害，就可能造成產量下降與品質受損，嚴重時甚至造成整批作物無法收成。長久以來，化學合成農藥是最常被運用的蟲害防治方法，但依靠化學農藥雖然可在短時間內快速壓低害蟲族群數量，但長期使用卻伴隨產生害蟲抗藥性。化學農藥會殘留在作物、土壤或水源裡，不僅影響消費者健康，也會造成農產品外銷困難。再者，農藥對害蟲有效，卻也常常殺死瓢蟲、草蛉、寄生蜂或蜜蜂等有益昆蟲，這些「田裡的好幫手」一旦消失，害蟲反而更容易爆發。除此之外，害蟲的抗藥性也會不斷累積，導致原本有效的藥劑慢慢失效，農民只能被迫加大劑量或換藥，增加成本也提高風險。

消費者對環境保護和食品安全的知識已逐年升高，研究人員開始尋找新的方法，希望能找到既能保護作物、又能兼顧生態環境的農業永續道路。此時一種新興的技術逐漸受到矚目- 利用特殊的「聲音和振動」干擾害蟲，讓害蟲無法正常生活，進而達到防治效果。這種方式屬於物理防治的一種，沒有藥劑殘留，對環境友善，也能和其他方法結合，這種全新的防治方式，正慢慢在科學界展開研究，並且逐漸邁向農業實務應用。

二、物理防治應用於害蟲防治的優勢

什麼是「物理防治」？簡單來說，就是不用化學農藥，而是透過一些物理性的手段影響害蟲。大家比較熟悉的例子，像是黃色黏蟲板吸引蚜蟲，或是利用防蟲網阻隔害蟲進入溫室。聲音和振動防治也是同樣的概念，只是它不是靠顏色或網子，而是直接「擾亂害蟲的生活訊號」。物理防治具有下列特點：

(一) 安全無殘留：不需要使用農藥，不會在葉子、果實或土地中留下藥劑。

(二) 對環境友善：不會造成土壤、水源及空氣污染。

作　　者：許北辰副研究員
連絡電話：04-23317622

DOI：10.30248/TSQBTARI.202603_(145).0005

(三) 保護有益昆蟲：防治目標明確，專一性高，不會影響蜜蜂與瓢蟲等天敵。

(四) 降低抗性問題：害蟲較難克服振動與聲音的干擾。

(五) 可結合其他防治方法：在適當時機，能與天敵釋放或性費洛蒙誘捕等防治方法一起使用。

三、振動與聲音訊號：害蟲溝通語言的秘密

一般認為害蟲只靠視覺、嗅覺或味覺等感覺器，來偵測目標物的形體或是味道，但其實還有一套我們平常完全察覺不到的「秘密語言」- 那就是振動和微小的聲音訊號。

振動是昆蟲運用足、翅等身體結構，以摩擦或鼓動等方式製造振顫，透過接觸物體產生物理上的特定振動現象。例如半翅目的粉蝨和葉蟬，會在植株葉片或枝幹製造特殊的微小基質傳導振動(substrate-borne vibration)，來吸引配偶，以進行交尾繁衍；另外，椿象會在樹幹上製造低頻振動來定位目標，並尋找同伴；而蚜蟲也會透過振動感知來自環境的危險訊息，並停止取食以提高自身生存機率。

這些訊號非常微弱且人類無法透過耳朵來聽見，雖然如此，研究人員卻能利用這些害蟲的振動行為特性，以專業儀器設計出可以模仿或打亂害蟲溝通的訊號，達到擾亂害蟲的溝通。對農民來說，這代表我們多了一種安全、有效的防治工具。

四、應用振動作為物理干擾的重要原理機制

目前應用振動做為防治策略，主要透過3種方式干擾目標害蟲行為：

(一)干擾交配行為：例如播放模擬葉蟬的交尾訊號，讓雄蟲找不到雌蟲，降低繁殖成功機率。

(二) 抑制覓食行為：蚜蟲遇到振動就會停止吸食汁液，可應用振動減少植株受其取食危害，同時也降低蚜蟲傳播植物病害。

(三) 驅避與遷移誘導：米象或穀盜等會因超聲波，感到不安而離開棲息的糧食。

以上方式的共同點是不靠化學合成農藥，而是透過干擾害蟲的「語言」以達防治效果。

五、以振動訊息干擾昆蟲溝通的實際應用

許多重要害蟲會利用振動或聲波，作為同種或族群間的溝通訊號，尋找彼此並傳遞交尾訊息，若此過程受到特殊訊號干擾，便有可能中斷交尾行為，達到抑制族群增長的目的。這些研究成果已有測試或應用於田間或糧食儲藏設施的案例。例如在美洲與歐洲，有利用支架、振動板或作物支撐結構，將特定儀器設備(圖一)所產生的振波導入植物組織，達到干擾害蟲的目的。舉例如下(圖二及圖三)。

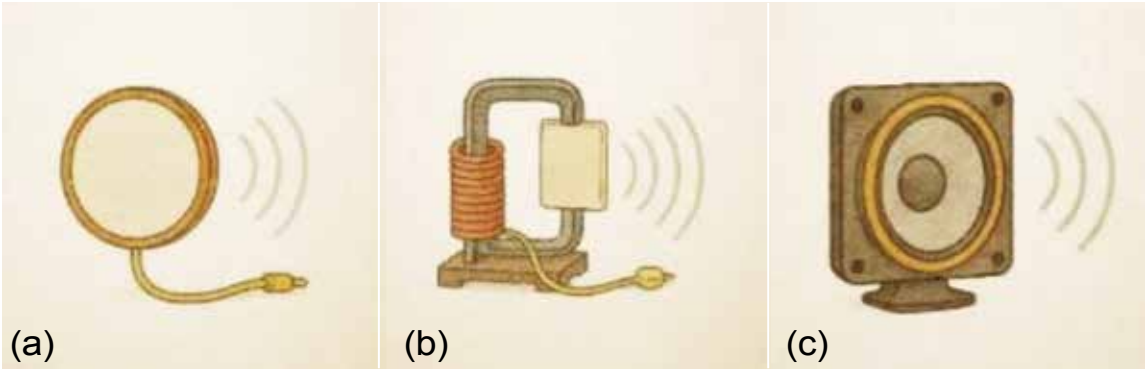
(一) 粉蝨：在番茄或黃瓜溫室利用振動產生器，產生特定聲波干擾粉蝨

－農業試驗所技術服務季刊．2026年3月．145期－
DOI：10.30248/TSQBTARI.202603_(145).0005

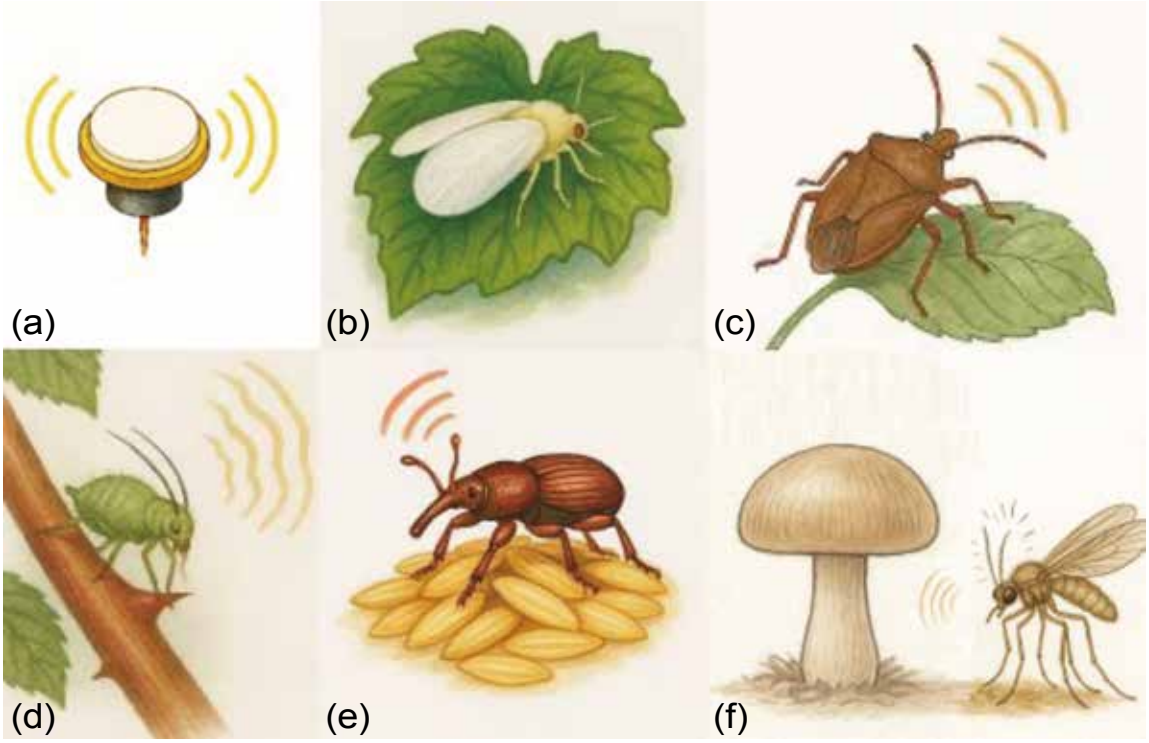
交尾行為，使雄蟲迷惑，無法順利找到雌蟲進行交尾，達到抑制粉蝨族群數量，進而減少植物病毒的傳播。

(二) 椿象：在果園中，以振動裝置發出低頻訊號，並由樹幹傳遞給椿象，振動會干擾雄蟲的空間定位與求偶行為，進而使交配成功率下降，並降低果實受椿象為害的機率。

(三) 蚜蟲：在有蚜蟲為害的植株上安裝振動器，干擾正在取食的蚜蟲，蚜蟲受到振動驚擾便容易停止取食，



圖一、特定的生物振波訊號，可以透過如(a)壓電陶瓷片、(b)電磁鐵振盪器、(c)揚聲器單體，以線圈與薄膜結構產生穩定的聲波或振動，提供振動訊號來源。



圖二、透過模擬昆蟲所產生的微弱振動訊號，並利用特殊設備例如(a)陶瓷振盪器釋放到作物生長環境中，讓特定的目標害蟲例如(b)粉蝨、(c)椿象、(d)蚜蟲、(e)米象及(f)蕈蚋等，受到驚嚇或是干擾生活行為，最終達到抑制族群數量，降低對農作物為害。

DOI：10.30248/TSQBTARI.202603_(145).0005

達到降低害蟲密度，並減少植株受害與傳播植物病毒的風險。

(四) 果實蠅：振動干擾結合性費洛蒙誘捕，能有效減少果實蠅危害。

(五) 倉儲害蟲：倉庫可使用振動聲波來監測米象與穀盜等倉儲害蟲族群，也可應用振動波產生對害蟲的驅避效果，降低存糧損失。

(六) 木蝨：模擬亞洲柑橘木蝨成蟲的交配訊號，干擾交配行為，降低成蟲傳播柑橘黃龍病的風險。

(七) 葉蟬：在葡萄棚架上安裝振動裝置，對枝幹發出特殊訊號，可模擬葉蟬交配及溝通訊號，使葡萄枝幹上的葉蟬無法順利獲得交尾訊號，達到干擾交配行為，降低交配成功率，抑制族群並減少作物的病害傳播。

(八) 蕈蚋：在菇類的設施栽培場域中，利用振動裝置干擾蕈蚋生長與交配，減少害蟲對菇類菌絲與子實體的危害。

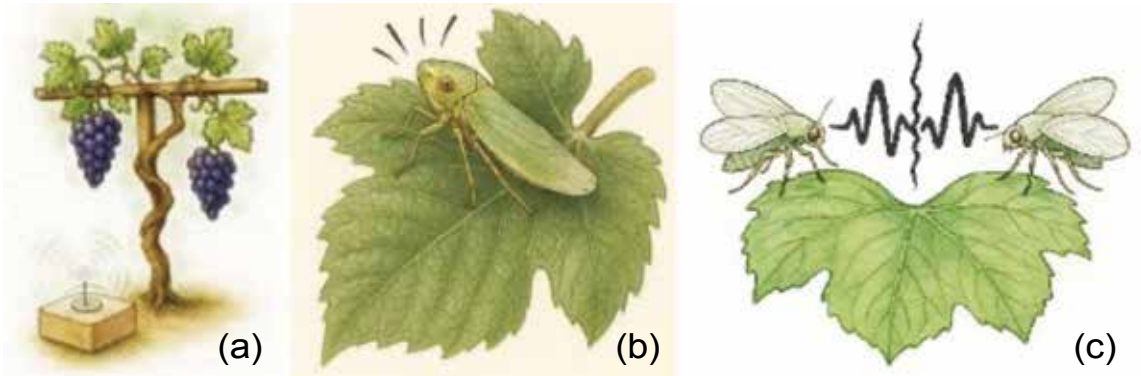
六、應用振動技術防治害蟲的挑戰與限制

利用聲波或振動訊號來防治害蟲，首要是量測到精準的害蟲振動訊號。因為昆蟲對聲音的頻率與振幅敏感，稍有偏差就可能失去效果。而這些微小的振動，若使用普通麥克風並無法精準捕捉這些訊號，必需使用高階感測器例如壓電麥克風（Piezoelectric microphone)或雷射振動儀器（Laser vibrometer）等專業設備(圖四)，因此一開始需具備較高的監測成本，一般民眾並不容易接觸使用。

另外在監測或應用時，周圍的背景振動，環境影響因素如風聲和雨聲，也會干擾訊號傳遞，造成探測品質降低，因此此項技術需由專業實驗室與專業人員發展，測試及改良之後，才能逐步將防治裝置推廣給農業與產業使用。

七、振波對周遭生物及生態的影響

由於在自然環境中，許多生物能利用我們無法感知的振波或聲波來溝通，



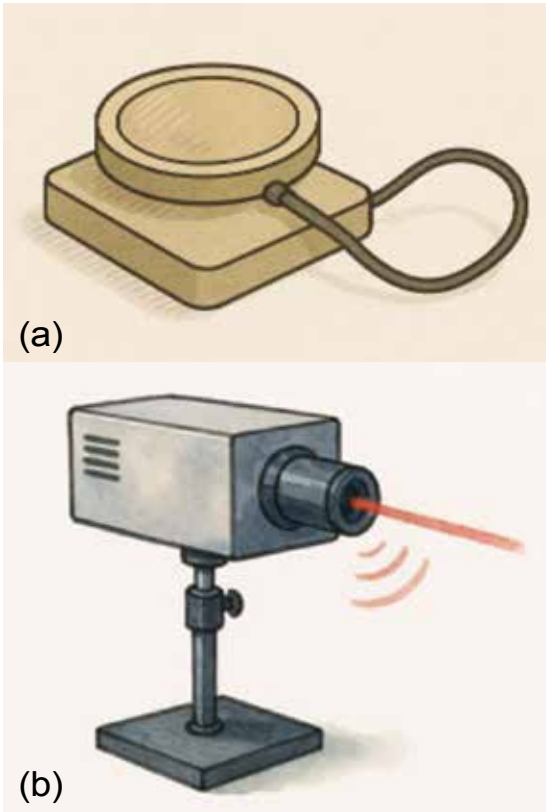
圖三、在葡萄園利用振波防治葉蟬應用示意圖：(a)在葡萄藤蔓所攀爬的支架下方，放置特殊振盪器，發出振動並傳遞於植株；(b) 植株上的葉蟬受振動干擾，無法正常接收同伴的溝通訊號；(c) 當溝通訊號受到干擾，即可達到抑制葉蟬交尾的目的。

DOI：10.30248/TSQBTARI.202603_(145).0005

並且完成生物行為，因此在應用此類技術做為防治策略時，需要顧及生態中的自然背景訊號，避免影響非目標生物。有關特定或非特定頻率振波，對昆蟲的可能影響簡單說明如下。

(一) 特定頻率：利用儀器所產生專屬害蟲頻率的振波，對特定害蟲的專一性高，並可降低對其他生物的影響，減少或不會對蜜蜂與瓢蟲等有益昆蟲造成生態干擾。

(二) 非特定頻率：可驅避多種害蟲，但效果不穩定，長期使用下來害蟲可能會逐漸適應，導致防治效果降低，且可能影響蜜蜂等授粉昆蟲，或瓢蟲等天敵，甚至對其他小動物也會造成影響。



圖四、微弱的生物聲音或振動，可以使用特殊的設備感測器例如(a)壓電麥克風 (Piezoelectric microphone)，或(b)雷射振動測量儀器 (Laser vibrometer) 獲得精準訊號。

因此利用振波防治害蟲時，應該優先採用經過試驗而選定的特定頻率，才能在抑制害蟲族群的同時，降低波及其他非目標生物族群的風險。

八、結語及未來展望

聲音與振動防治策略就像是「用害蟲聽得懂的語言來迷惑害蟲」，達到具體干擾害蟲交配、取食或聚集等行為，是一種新穎性的物理防治技術，也是重要的物理防治方法。此技術相對於化學防治方法，具有安全環保的特性，可與溫室天敵釋放、果園性費洛蒙誘捕、倉儲超聲波監測、菇舍設備裝置結合，形成多層次的防治策略，且能保護農田生態，也能和其他防治策略互補，應用前景寬廣。

隨著科技進步，感測器設備成本將會逐漸降低，預期未來可與智慧農業和自動化害蟲感測器等結合，配合自動偵測技術，遭遇蟲害便啟動即時防治策略，成為臺灣農業減少施用化學合成農藥、走向永續農業的重要工具。

DOI：10.30248/TSQBTARI.202603_(145).0005