



# 植物二次代謝物與病蟲害防治

文 ■ 葉若鐸 ■ 農委會林業試驗所木材纖維組助理研究員

## 一、前言

植物二次代謝物 (secondary plant substances)，為生物產生之小分子產物，分子量約小於1,500 amu，很難對這類物質下定義，一般而言，並非生物生存所必須物質，不像許多普遍的大分子如蛋白質、核酸和多醣類用以製造生物生命進行過程中的基礎結構。因為沒有適當的運用器官，往往在代謝作用中被移出而轉移到液泡或儲存於樹皮，被視為代謝廢棄物，然而在某些特殊狀態，則具有防衛機制及調節者分子的角色。萜類 (terpenoids)、酚類 (phenol)、生物鹼 (alkaloid) 是3種常見的二次代謝物。

如何將植物二次代謝物運用於病蟲害防治？當玉米受到灰翅夜蛾 (*Spodoptera littoralis*) 的侵害時，會釋放出單萜 (monoterpene) 和倍半萜 (sesquiterpene)，寄生黃蜂可因此定位出鱗翅類幼蟲的位置，這是在大自然中植物自身所發展出的化學防禦能力；再生利用農林廢棄物，以針葉樹的樹皮做為園藝上的複合材料，能夠防止土壤乾燥或者流失，或做為水耕的介質取代泥炭苔的用途，就使用經驗上，柳杉樹皮被認為具有使植物

病菌和害蟲減少的特性，以上均可說是利用植物二次代謝物達到病蟲害防治的實例，本文將分別對植物病原菌和昆蟲二部分探討其與植物二次代謝物的關係，並說明活性成分的篩選與運用在病蟲害防治的方向。

## 二、昆蟲活性物質

植物二次代謝物依據和昆蟲的作用方式大致可分為兩類，一為「凱洛蒙」 (kairomones)，係指為昆蟲喜愛的物質，如昆蟲生長調節劑 (insect growth regulators) 和引誘劑 (attractants) 等。另一為「阿洛蒙」 (allomones)，係指為昆蟲厭惡的物質，如忌避劑 (repellants)、拒食劑 (antifeedants) 和毒殺劑 (toxicants) 等。

### (一) 昆蟲生長調節劑—植物性昆蟲變態激素

幼蟲在成長過程中，要脫皮5、6次，然後吐絲將個體包住成蛹；1、2週後，成蟲破殼而出，這種生理變化 (變態) 的每一階段都受激素的控制，青春激素 (juvenile hormone) 促使幼蟲成長，而在將脫皮的階段即停止分泌，改產生蛻皮激素 (ecdysone)，

脫皮之後，又恢復分泌青春激素。經過有系統的篩選千餘種植物，植物成分中有多種具蛻皮激素活性的成分不在少數，雪松類、莧科、馬鞭草科植物，多含有植物蛻皮激素（phytoecdysone），在一年生草本植物上則沒有發現。而植物中具青春激素活性成分的發現很有意思，一位哈佛大學教授，在實驗室培養無翅紅蟻（*Pyrrhocoris apterus*），結果發現它的蛹不能成蟲，變成沒生殖力的蟲子，後來才發現是培養箱中紙巾的問題，當時所使用的是加拿大產膠冷杉（*Abies balsamea*）所製成的紙巾，後來的學者才分離出juvabione，以及捷克產的冷杉分離出活性較低的dehydrojuvabione。由於構造和蛻皮激素相似，容易混淆，使昆蟲，尤其是幼蟲，失去正常的生理調節。

## （二）引誘劑、忌避劑

一般認為廣食性（polyphagous）昆蟲可以利用無忌避劑的植物，而寡食性（oligophagous）昆蟲則是嗜好特別的引誘劑。歐洲榆小蠹（*Scolytus multistriatus*）、桑小蠹（*Cryphalus fulvus*）會受到vanillin、syringaldehyde的引誘，這是木質素的氧化分解產物，當樹木被病菌侵害時會大量產生，此外在針葉樹樹脂中所含 $\alpha$ -pinene、limonene、camphenen可引誘黃杉大小蠹（*Dendroctonus pseudotsugae*），而對於他種的大小蠹（*Dendroctonus autographus*）則沒有作用；葛藟獼猴桃（*Actinidia polygama*）對貓有很強的吸引力，其活性成分是actinidine、matatabilactone、iso iridomyrmecin，同時也含

有對大草蜻蛉（*Chrysopa septempunctata*）雄蟲的引誘活性，木天蓼也含有matatabilactone，卻對多數昆蟲有忌避活性。

## （三）拒食劑

拒食可能牽涉到更複雜的昆蟲對寄主植物的選擇，所針對的是特定種類的昆蟲為害，最簡單的攝食阻害活性測試方法如下，我們可將昆蟲喜食的樹葉分成兩部分，一部分為空白對照組，另一部分則添入定量待測活性的萃取液，經一段相當的時間後，比較剩餘的重量，所剩愈多，表示添加物的攝食阻害活性愈大。

木防己（*Cocculus trilobus*）是烏嘴壺夜蛾（*Oraesia excavata*）、嘴壺夜蛾（*Oraesia emarginata*）的寄主植物之一，卻為其他昆蟲所拒食，自木防己中分離出isoboldin進行攝食阻害活性測試，對其他昆蟲具攝食阻害活性，而對烏嘴壺夜蛾則沒有影響，木防己所含的殺蟲成分cocculolidine其殺蟲活性，對烏嘴壺夜蛾也顯得較弱。

## （四）毒殺劑

相較於其他昆蟲活性，殺蟲活性的研究較多，除了毒殺昆蟲的實驗較為直接易進行外，此部分也是我們所關注的病蟲害防治在運用上顯見可行的。有幾大類化合物是為人所熟知的殺蟲活性成分，像是利用煤油自除蟲菊（*Chrysanthemum cinerariifolium*）花萃取的殺蟲活性成分，就總稱為pyrethroids，科學家積極研究除蟲菊其含有的成分，證明從菊花中萃取得到的除蟲菊素（pyrethrin）為有效成分，其對人畜無害，卻能殺滅蚊蠅，



在確定除蟲菊素的構造之後，化學家便合成效用更佳的衍生物或類似物，此後陸續上市的可有allethrin、resmethrin、synthrin...等。東南亞原住民自古作為魚毒、箭毒的魚藤（*Derris elliptica*）根萃取成分，也是很強的殺蟲劑，統稱為rotenoids，魚藤根的主要有效成分，最早是由台灣產的魚藤中分離出來的，命名為retenone，相類似的類緣體（analogue）在其他植物中也有發現，如竹柏（*Myrica nagi*）樹皮所分離出myricono；豆薯具毒性的種子除了可分離出retenone，更可分離出neotenone、pachyrrhizone、dilineone、erosone等強力殺蟲活性成分；南亞產的黃檀屬植物（*Dalbergia peniculata*）的種子中可分離出dalpanol。nictinoids則是指分離自煙草（*Nicotiana tabacum*）葉的尼古丁（nicotine）同類物的總稱，nornicotine、anabasine都有很強的殺蟲活性，除了煙葉外，問荊（*Equisetum arvense*）、石松（*Lycopodium clavatum*）等植物亦含Nictinoids。以上這幾大類的殺蟲活性成分，其結構、合成、殺蟲作用、分解等都有完整的研究。有些研究則是利用植物的精油達到毒殺昆蟲的目的，而未進一步分析有效成分，最能有效控制松異帶蛾（*Thaumetopoea pityocampa*）幼蟲的精油是松節油，其次依序為百里香、杜松子、月桂葉、薰衣草花、尤加利、薰衣草葉、絲柏、安息香等精油。

### 三、微生物（植物病原菌）活性物質

抗菌活性的篩選可概分為擴散法

（diffusion methods）、稀釋法（dilution methods）和生物自檢法（bioautographic methods），擴散法是將攜帶抽出成分的載體（reservoir）放置在已接種菌株的固態培養基上，靠近載體因抽出成分濃度高抑制菌株生長，培養基為澄清透明，遠離載體部分則因菌株生長培養基呈混濁狀，形成所謂的抑菌圈（Inhibition zone），可用來判斷是否具抑菌活性；稀釋法又可分為在固態培養及液態培養，固態培養測量菌絲生長直徑，液態培養的大量稀釋（broth macrodilution）則是以菌絲乾重來表示菌株生長情形，以反應抑菌活性，而微量稀釋（broth microdilution），可藉由肉眼、呈色（colorimetric method）、分光光度（spectrophotometric method）等不同方式來表示菌株的生長；生物自檢法是用來確認活性成分最迅速的方式，首先將抽出成分以薄層層析（thin layer chromatography, TLC）展開後，再將菌株懸浮液噴灑於表面，經培養一定時間後，觀察是否產生抑菌圈。



（圖片／高遠文化／攝影／李明宜）

植物中不乏具有抑菌活性的二次代謝物，然而抑菌活性的篩選多選用醫用或食品的菌株，如大腸菌 (*Escherichia Coli*)、黃色葡萄球菌 (*Staphylococcus Aureus*)、桔青黴菌 (*Penicillium citrinum*)，對植物病原菌是否有同樣功效，則有待進一步驗證，三菱果樹參 (*Dendropanax trifidus*) 新鮮葉所含的乙炔醇 (acetylene alcohol)、乙炔羧酸 (acetylene carboxylic acid)，是被證實對宮部旋胞腔菌 (*Cochliobolus miyabeanus*) 孢子萌芽有抑制的效用，菊科植物也含有類似乙炔系高度不飽合物，亦具抑菌作用；拿加遜扁柏 (*Chamaecyparis nootkatensis*) 心材具良好的抗腐朽性，含有chamic acid、chamimic acid、nootkatin、hinotkiol等成分，以及美西側柏 (*Thuja plicata*) 所含thujic acid、hinokitiol、 $\alpha$ -thujaplicin、 $\gamma$ -thujplicin，對木材腐朽菌均有很強的毒性，台灣扁柏 (*Chamaecyparis taiwanensis*) 亦含有hinokitiol；從鬱金香 (*Tulipa generiana*) 球莖中可以分離出抑制尖孢镰刀菌 (*Fusarium oxysporum*) 的tulipalin、hydroxytulipalin；鳳尾蕨 (*Pteris inaequalis*) 的萃取液對枯草芽胞桿菌 (*Bacillus subtilis*) 和宮部旋胞腔菌有抑制作用，其中含有pterosin B、methyl pterosin B；黃花羽扇豆 (*Lupinus luteus*) 的未成熟果中可分離出leteone，亦可抑制宮部旋胞腔菌的孢子。

有些具抑菌活性的成分，必須在植物遭受病害的時候才會產生，稱之為植物防禦素 (phytoalexins)，這部分以豆科、禾本科等農產品的研究居多，馬鈴薯 (*Solanum*

*tuberosum*) 在遭受疫病菌 (*Phytophthora infestans*) 感染，其褐變組織上可分離出rishitin、rishitinol，其結構是和北美側柏 (*Thuja occidentalis*) 木材所含的occidentalol、occidol相類似，沈香 (*Aquilaria agallocha*) 受傷材的精油成分agalol，亦為非常相似的倍半萜。

儘管植物發展出種種化學防禦的物質，但病原菌也有其因應之道，在蕃茄 (*Lycopersicon esculentum*) 中含有抑菌成分glycoalkaloid  $\alpha$ -tomatine，尖孢镰刀菌則可產生一種的分解tomatine的酵素tomatinase，可將配醣生物鹼 (glycoalkaloid) 水解為不具真菌毒性的物質。

植物二次代謝物的抑菌活性在穀物、種子或果實的保存上運用也相當多，有許多篩選是針對香料植物，因具有可食性較無安全性的顧慮，利用檸檬香茅 (*Cymbopogon citratus*) 的精油可有效的防止香瓜種子遭受黃麴菌 (*Aspergillus flavus*)、黑麴菌 (*A. niger*)、溜麴菌 (*A. tamarii*)、桔青黴菌等霉害及黃麴毒素的污染，明顯地提高了發芽率；肉桂 (*Cinnamomum zeylanicum*) 葉、樹皮及丁香 (*Syzygium aromaticum*) 的精油可抑制座腔雙胞菌 (*Lasioidiplodia theobromae*)、香蕉炭疽病菌 (*Colletotrichum musae*) 及镰刀菌 (*Fusarium proliferatum*)，可用於香蕉採收後的處理。

## 四、結語

要將植物二次代謝物運用於病蟲害防治方面，一般是先進行生物活性成分的篩選，



先以溶劑萃取出植物抽出成分，再區分（partition）為各個分離部（fraction），各分離部再進行生物活性檢測，如果具良好的生物活性，則針對該分離部繼續區分為次分離部（subfraction），再檢測各次分離部的生物活性，重覆上述步驟，得到具有有效活性的純物質，鑑定出為何種化合物，明瞭其有效成分的化學組成及結構。接下來可由下列方向著手運用於病蟲害防治，首先是直接利用，萃取植物中的活性成分，直接加工製成藥劑，必須對植株部位、生長地區、季節、氣候對活性成分的影響有所掌握；也可將自植物萃取得來的活性成分經結構修飾（modified），改變取代基的種類、數量、位置，以期提高對植物病原菌或昆蟲的活性；而除蟲菊素的典型例子，則是以完全化學合成方式仿製天然物，開發出一系列擬除蟲菊素，此外，如能掌握其生物合成及作用機制，可誘導植物產生該活性物質，以提高植物對病蟲害的免疫力，或以

基因轉殖的方式，選取會產生活性物質的基因，培育出對病蟲害高抵抗性的品種；另一方面，由於植物無論是面對生物性（biotic）或非生物性（abiotic）的環境壓力下，揮發性有機成分（VOCs）的量都會異常的升高，化合物種類也有所不同，棉花（*Gossypium hirsutum*）在遭受玉米穗蟲（*Helicoverpa zea*）的咬食，在24~48小時之內，釋放出大量的萜類，種類也有所不同，在高經濟價值或大面積栽種的植物，可利用二次代謝物的變化量做為植物健康監測。

將植物二次代謝物運用於病蟲害防治須要結合不同研究領域的專業，包括天然物化學、生物化學、分子生物學、植物保護學、昆蟲學…，由於天然物在自然生態系統的分解速度較快，不易造成毒性物質的累積，利用天然物做為除菌劑、殺蟲劑，取代合成的農藥，是病蟲害防治發展的重要方向。▲