

森林下層植物之相剋作用與生物量關係及其在林業上之應用

文、圖 ■ 洪昆源 ■ 林業試驗所森林生物組助理研究員（通訊作者）

潘富俊 ■ 林業試驗所恆春研究中心主任

化 學生態學（Chemoecology）意指研究生態系統中植物與其他有機體及環境通過代謝產物為媒介的化學關係，特別是植物種間或種內的化學作用，揭示植物間的化學傳遞機制。Allelopathy一詞早在1937由Molisch所創造，意即毒他作用。植物利用毒他（排他）作用，抑制鄰近植物之生長發育，目前常以相剋作用（Allelopathic effect）來表示。有些植物含有的化學物質，對雜草

有抑制作用。研究不同植物的相剋化合物（Allelochemicals）具有開發成天然除草或殺蟲劑之潛力。雜草通常被視為降低農業生物產量之主要因素之一，以過去之經驗通常會降低25%~30%。雜草除了會和農作物競爭之外，有時會釋放出有毒物質毒害作物根部，相剋作用常造成農業之產量降低，相剋研究的結果，在育林的應用、植栽的配置、生態的關係上亦有其重要性。

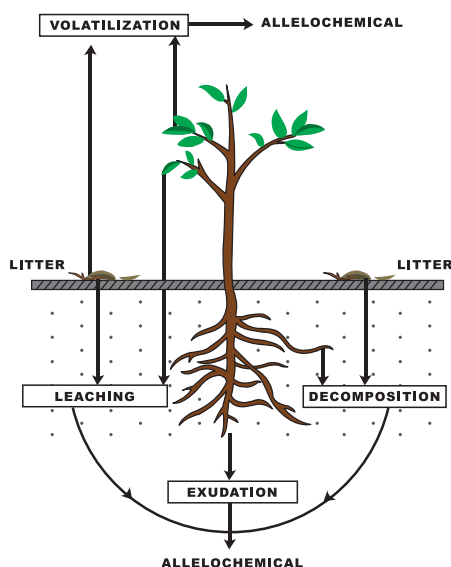


圖1 植物相剋作用途徑包括淋溶（Leaching）、揮發（Volatilization）、植物殘留分解作用（Decomposition of plant residues）、根泌（Root exudation）（陳銘煌繪）。

一、植物相剋化合物的作用途徑 （Reactive pathway of allelochemicals，圖1）

（一）淋溶作用（Leaching）

植物之活體或枯落物所分泌之化合物經由降雨淋洗而進入土壤，為主要抑制作用。以水溶性的化合物為主，包括類黃酮素、酚酸，以及生物鹼等。

（二）揮發作用（Volatilization）

植物之活體或枯落物所含低沸點之揮發物質，在適當溫度下所產生的作用。內陸地區空氣較為乾燥，植物通常釋放出萜類化合物，為抑制其他種植物生長之方法之一。



(三) 植物殘留分解作用 (Decomposition of plant residues)

植物枯落物經一段時間後，開始進行分解。腐化初期所產生之酚類化合物，對植物生長有不良影響。

(四) 根泌作用 (Root exudation)

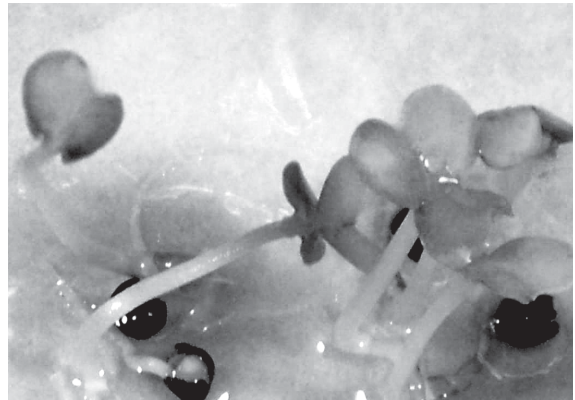
植物利用主動運輸或擴散將代謝物藉由根泌或點泌的作用排至植物體外。此代謝物質有時會抑制鄰近該植物的其他植物個體的生長。

二、常見之相剋化合物 (Allelochemicals)

(一) 芳香類化合物 (Aromatic compounds)：是相剋化合物中佔最大比例者，包括酚類及其衍生物 (Phenolics and derivatives)、酚酸 (Phenolic acid)、類黃酮 (Flavonoids)、香豆素 (Coumarins)、單寧 (Tannins)、植物鹼 (Alkaloids)、醌 (Quinones and derivatives) 及衍生物、肉桂酸及其衍生物 (Cinnamic acid derivatives) 等8種。

(二) 萜類 (Terpenoids)：分為單萜、雙萜、三萜類，目前在相剋化合物的比例僅次於酚類化合物，常見的化合物包括 Dipentene、Cineole、Camphor 及 α -pinene

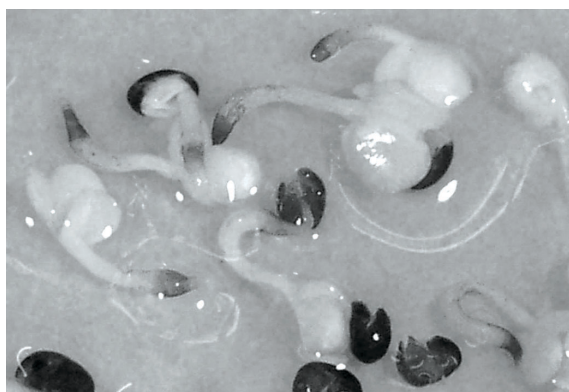
(三) 其他類：包括脂肪酸 (Fatty acid)、脂質 (Lipids)、脂肪族化合物 (Aliphatic compounds)、不飽和內脂 (Unsaturated lactones) 等。



照片1 肯氏蒲桃粗萃取液2%濃度造成小白菜根部細胞變色受損。

三、生物分析法

生物分析法 (Bioassay) 係利用生物有機體測試物質之強度或其生物活性，物質包括藥物、賀爾蒙或各種試劑，最主要在比較標準品或對照組之差異。進行相剋作用研究常用之生物分析法，包括利用萃取液 (Extractive) 對種子或成苗進行不同成份及濃度等試驗。過去研究顯示，大多數植物粗萃取液之相剋作用達到100%抑制率濃度大約在3%~5%，有時更低濃度的萃取液就能顯示其抑制作用 (照片1)。以粗萃取液進行先期試驗後，確認其具相剋作用活性，並評估有無進一步研究之可行性後，可再進行萃取物之研究。常用來作為測試之生物活性種子種類包括小白菜 (照片2)、萵苣、水芹、苜蓿、馬唐、獨行菜等。另一種生物活性的分析之方式，可以利用成苗對於相剋作用之定量的影響來表示，如生物量、抑制率或發芽率等。



照片2 一般常利用小白菜種子作為生物分析材料。

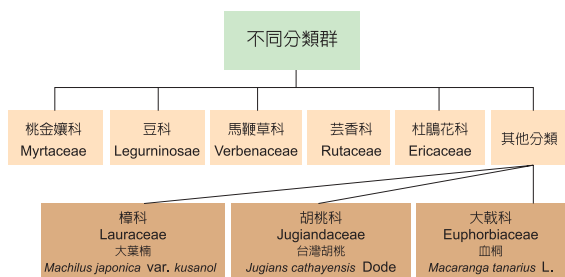


圖2 近年相剋植物分類群研究（陳銘煌繪）。

四、下層植物抑制植物生物量

有關植物的相剋作用，過去國外從事研究較多之分類群包括桃金娘科（Myrtaceae）、豆科（Leguminosae）、芸香科（Rutaceae）、禾本科（Poaceae）、杜鵑花科（Ericaceae）等（圖2）。很多研究結果卻顯示杜鵑花科植物，包括 *Rhododendron ponticum*、*Rhododendron maximum* 及 *Kalmia latifolia* 對於鄰近之下層植物皆有生長抑制之作用。近年來之研究更發現剛葉松（*Pinus rigida*）對於鄰近之下層植物皆有生長抑制之作用。剛葉松（*Pinus rigida*）在 *Kalmia latifolia* 高度密集中之土壤基質中，經過15週之生長後，和完全無 *Kalmia latifolia* 生長土壤基質之對照組比較：總生物量為

96 mg，小於對照組之107 mg；其存活率為42.8%亦小於對照組之51.8%。可見相剋作用確實減少苗木之生物量及存活率。台灣近年來投入相剋作用的研究主要有劉寧珠及李明仁（2005）原生胡桃科（Juglandaceae）植物台灣胡桃之相剋作用研究，結果顯示濃度5,000 ppm之胡桃酮素對白菜及台灣欒樹之種子皆有抑制效果。白菜及台灣欒樹之抑制率分別為20%及17%。其他的研究還包括：樟科（Lauraceae）之大葉楠（*Machilus japonica* var. *kusanol*）（葉上寧，2005）；大戟科（Euphorbiaceae）之血桐（*Macaranga tanarius* L.）（曾梅慧，2001）等。顯見木本植物在生態上扮演的化學角色，漸漸受到關注（圖2）。

五、林業的應用

（一）育林之應用

研究證實相剋作用會影響植物根、上胚軸之生長，亦會影響生物量之產量。天然下種造林時必須考慮母樹及林下植物是否有相剋作用，如果沒有，造林時可減少下種所需的種子量，間接可以節省成本。若天然下種適逢地表分布有相剋作用之植物，則應施予適當之措施，如除草、除蔓等，或改以其他下種方式辦理，以提高下種之存活率，保證造林成效。

（二）植栽的配置

在平地造林、全民造林、或公園綠地之栽植工作中，一般的植栽配置只考慮美觀及未來生長勢所需之距離空間等因素。植物之



間如有相剋作用關係存在時，應避免將具有相剋化合物的植物種類栽植一起。或者必須加大栽植距離，避免淋溶或根泌等作用之相互為害，導致生長的形質和速度不如預期。

（三）生態研究的應用

在生態調查過程中植群之伴生植物為其中一項調查要項。瞭解該植物之相剋作用，及其具活性之機制有哪些，可以解釋為什麼某些植物互為常見的伴生植物。過去多數的報告多未將該作用視為植物伴生現象的主因。而是視伴生現象及植物本身的適應力或天然下種之高存活機率，而以致之，無法提供進一步之合理解釋。因此，瞭解不同分類群所具有之相剋作用，對於個體生態研究，是重要的課題之一。

（四）分類學之應用

親緣相近的分類群通常有不等量之相同或相似化合物，由已知分類群所具有相剋作用之能力，藉由試驗比較不同相關種類間之相剋強弱特性，可作為分類指標之一。一般而言，親緣關係較近的分類群可能含有相似之相剋化合物；換言之，具相似之相剋化合物可能為同一個分類群。以胡桃為例早期研究人只發現美洲的黑胡桃有相剋作用，研究人員便推測同屬不同分類群之植物可能具有同樣的化合物及作用，這個假設在近年的研究中都得到證實。

（五）植物保護

目前從細菌中萃取之天然殺草劑，已成為商品化的產品，如bialaphos及phosphon-thricin。其中bialaphos在日本以Herbiace之

名稱量產；而phosphon-thricin則同時在不同商品名稱中出現。相剋作用的研究大部份應用在農業上，目前已證實相剋作用會減少造林及農業之生長速度及產量。相較於合成的殺蟲劑或抑制劑之不易分解，相剋化合物可以在自然界被更新及分解，不會因生物濃化作用，對生態產生累積性的負面作用。

六、結語

過去的相剋作用研究，多以增加糧食或特用作物產量。因此，對於禾本科作物之植物毒他作用研究投入較多。研究桑科植物是以增加植物性蛋白為目標；蔬果之研究則為中在如瓜科植物；特殊用途為主的植物如太陽花、金盞花及煙草等亦有報告論及。但是天然林植物之毒他作用研究則相對較少。傳統的雜草控制方法非常費時、費工，主要原因是因為必須利用勞力密集的方式進行管理。熱帶農業常使用農藥，常對環境產生不確定性的影響。由研究顯示，殺草劑會影響特定作物的營養價值；過去認為使用有效的殺草劑，長期使用後部分種類也會產生抗藥性。所以，需要找尋控制雜草新的技術或方法，新方法必須同時具備價格低廉、容易使用而且必須符合生態保育理念。因此，利用相剋作用的原理於農業生產上，是一種對自然、對環境友善的方法。利用低成本且符合生態概念之植物相剋法來增加作物的產量，是未來最重要的農業課題。🌱

參考文獻（請逕洽作者）