

植物也會聊Line？植物間獨特的溝通方式

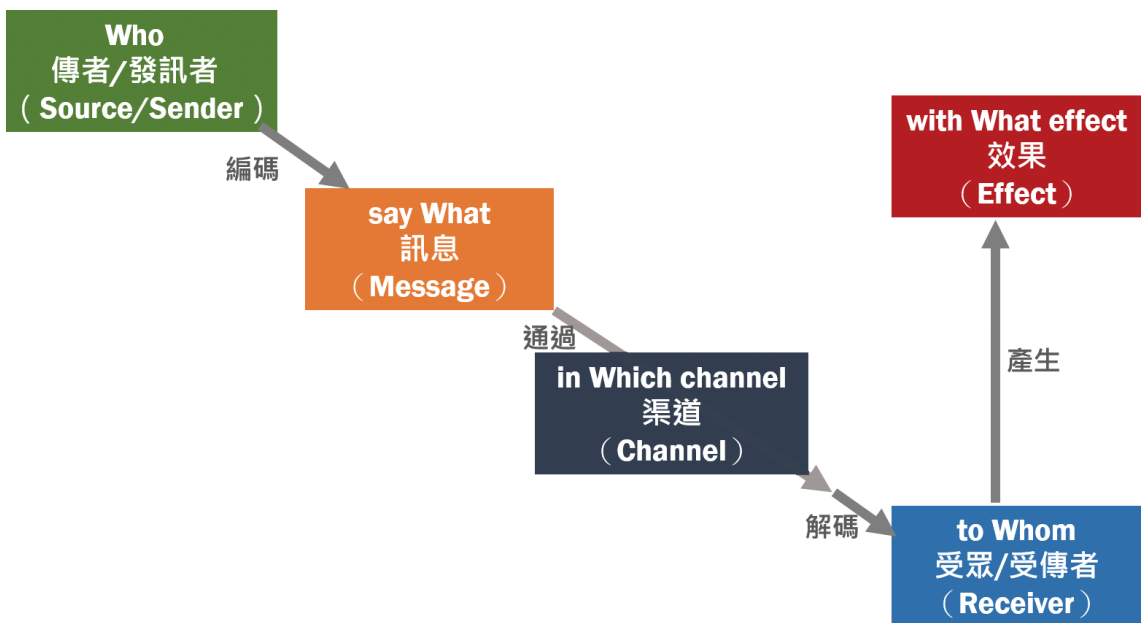
◎林業試驗所植物園組・歐書寰 (shou@tfri.gov.tw)

訊息的傳播

寵物溝通是時下熱門的話題，但沒有人能肯定寵物與溝通師之間是否真的有訊息傳遞，目前也沒有儀器能探測到這樣的訊號。但對於不能行動的植物，溝通顯得格外重要，人類也有幸能觀察到植物間的訊號。本文旨在探討無聲的植物間是如何傳遞訊息，訊息又對它們有些什麼作用。

在討論植物的溝通之前，不妨先思考我們人類的溝通方式。釋放訊息的人為什麼要釋放？透過什麼方式釋放？訊息的載體是什麼？這載體如何穿越四周環境傳達到接收者？接收者為什麼要接收？透過什麼方式接收？如何運用這些訊息？

依照傳播學者拉斯韋爾(Harold Dwight Lasswell)所提出的5W模式，一次典型的傳播包含五項要素：Who傳者/發訊者(Source/Sender)、say What訊息(Message)、in Which channel渠道(Channel)、to Whom受眾/受傳者(Receiver)以及with What effect效果(Effect)。5W模式描述訊息的整個傳播過程：發訊者將訊息以語言、文字或其他方式編碼(Encode)，接著此編碼過的訊號透過溝通渠道傳遞到接受者，由接受者自己將訊號解碼(Decode)成有意義的訊息。以新聞廣播為例，即是電臺人員(傳者)將新聞(訊息)以聲波編碼，轉換成電波(仍是密碼狀態但轉換格式)並在大氣中(渠道)傳送，由收音機接收並轉換回聲波，再由聽眾(受眾)接收聲波，並在腦中解讀成為訊息，從



拉斯韋爾(Harold Dwight Lasswell)的傳播學5W模式(歐書寰 繪製)

而做出反應(效果)，完成一次訊息的傳播。有了這樣的傳播學概念，我們可以再回頭思考上述問題，植物為什麼要釋放訊息、訊息的載體是什麼、其他植物如何接收訊息等等。

植物為什麼要釋放訊息

由於植物不像動物，可以透過移動身軀幫助生存，因此植物演化出自己獨特的訊號接收技巧，讓它們得以察知外界的變化，並藉此趨吉避凶，提升生存的機率。例如窗邊的小苗能察覺光線來源並努力往該方向生長，或是許多種子藉由感受低溫來辨認冬天的結束，以在溫暖的春天發芽，這些都顯示著植物的可塑性對於適應環境的重要。但植物在上述例子僅扮演受眾的角色，本文則著重於「植物之間」的訊息傳遞，因次聚焦於植物扮演傳者以及受眾的情況。

當植物受到食草動物啃食、外力破壞以及病原寄生時，會格外需要與其他植物通風報信，告知附近的植物「危險來臨了，大家要做好準備！」原來我們聞到草皮修剪後的清香，竟然是草皮受傷後警告夥伴的尖叫聲。

關於植物釋放的警報訊息，有幾項較有名的研究：如山艾(*Artemisia tridentata*)葉片受到昆蟲咬傷或是剪刀剪傷後，其周圍的枝條在整個夏季中受到昆蟲啃咬的次數減少了，甚至附近不同株的山艾也提升了抗蟲的能力(Karban et al. 2006)。另一項研究將菸草(*Nicotiana attenuata*)分別種植於有修剪及未修剪的山艾旁，結果發現生長於修剪後山艾周圍的菸草，長出較多花及果實，而菸草與山艾有許多共同的害蟲，且山艾受到害蟲攻擊的季節較早，顯示菸草能藉由山艾釋放的氣體及早

得知蟲害的發生(Karban et al. 2000)。還有一項研究發現皇帝豆(*Phaseolus lunatus*)葉片受昆蟲咬傷後，會釋放揮發性氣體，而其他枝條上的花若受到此氣體吹拂，會產生花蜜吸引昆蟲的天敵，藉此驅趕害蟲。(Kost and Heil 2006)。

除了上述，還有許多研究探討不同植物間的警訊傳遞，看著這些現象，我們自然會推測植物能釋放警訊提示周圍的植物。然而在弱肉強食的生態中，植物其實並不該幫助彼此競爭的對手，這樣可是會讓自己吃虧的。植物會這樣釋放訊息的原因主要有二點：第一點是這個釋放的警訊，多半是揮發性的有機物質，除了能做為植物間的溝通工具，最直接的功能是驅趕啃咬植物的敵人，或是吸引食草動物的天敵前來，因此需要直接釋放到外界；而第二點是因為這些揮發性有機物質難以透過維管束傳達至同一植株的不同部位，透過空氣釋放訊息更有效率。

因此，這些受傷植物的鄰居，更像是看到競爭國的烽火臺升起狼煙，趕緊一同準備保衛家園。

植物訊息的載體

植物用獨特的編碼方式，將訊息儲存在其體內合成出的揮發性有機化合物，例如水楊酸、乙烯及萜類等，我們可將其視為訊息的載體。這些揮發性的載體就像是動物發出的警戒聲，能在大氣中傳播，將危險來臨的訊息傳達給四周的夥伴。但訊息的解碼需要一定能力，這樣的訊息並非所有生物都能理解，就像是人類聽見鳥類緊張的警戒聲卻常以為牠們正快樂地哼著歌。而不只人類無法理解植物的氣味，許多不同種的植物也無法完全相互理解呢。

不同種植物會產生不同種揮發性有機化合物，這影響了不同種植物間溝通的順暢度。各種植物產生的各種化合物大多是相近的結構，就像許多拉丁語系的語言字根字首帶著類似的含意，因此許多植物能稍微理解這些比較共通性的語言。然而不同親緣關係的植物還是有著自己的方言，主要是透過這些化合物的各種混合比例來形成自己的獨特方言。這樣一來，儘管不同種植物可能可以「竊取」對方的警戒訊息，但因為氣味的混合比例不同，接收訊息的植物不一定能完全聽懂對方的訊息，因此同樣的訊息對於不同的植物可能產生不同的效果。當氣味來自同家族植物時，表示敵人可能是家族的世仇，很可能馬上就會攻擊自己，因此會針對世仇開啟專用的防禦手段，較能有效對抗世仇；而當氣味來自其他關係較遠的植物時，表示敵人不一定會攻擊自己，或者敵人有較廣泛的食性，而植物不確定這敵人是誰、該如何對付，因此植物會開啟廣泛性、一般性的防禦手段。

由於揮發性有機化合物的混合比例也會影響訊息，因此即便是同樣物種，也會因為屬於不同化學型(chemotype)，而有不同的氣味混合。所以相同化學型的植物對於彼此間的訊息傳遞會更為有效，就像同樣身為人類，但對有血緣的親戚總是比對陌生人更加照顧。這個無形的身分對於生存確實有一定的效力，並且顯示植物化學型的分析不僅能應用於化學產物的篩選，也可能應用於病蟲害的控管。

除此之外，由於揮發性有機化合物易與臭氧(O₃)、氫氧基(-OH)、硝酸根基(NO₃)產生反應，故隨著氣味傳播的距離增加，氣

味的混合比例會逐漸受影響，而造成訊息的衰變。例如研究顯示在臭氧汙染(120 ppm)的環境下，黑芥(*Brassica nigra*)的花香濃度離氣味發散起點4.5公尺的距離已經減損了30%(Farre-Armengol et al. 2015)。

雖說植物生合成這些揮發性有機化合物對於生存有許多好處，但這些都是生長的成本。生物是聰明的投資客，在沒有危險的情況下，仍會優先把資源用在其他生存的需要上，直到收到警報訊息或是直接受傷時才開始大量投資防禦工事。

植物如何運用這些訊息

目前我們對植物接收各種氣味訊號的生理路徑仍不清楚，學者推測，雖然植物不像動物有味覺器官，但可以透過氣孔接受大氣中的揮發性有機化合物，這些化合物能再進入植物的代謝途徑，並轉換成不同的化合物，成為植物能接收理解的訊號。

植物接收到這些警報訊號後，可能會做出各種反應，例如產生能直接驅趕食草動物的氣味，或是產生能引來食草動物天敵的氣味。不過狡猾的植物也可能藉機超越對手，例如接收到周圍不同種植物的氣味時，因為發現對方會是競爭者而快速生長根系以佔據更多資源。又或是自己受傷時拖別人下水，例如植物釋放的乙烯會抑制周圍植物的根系生長、茉莉酸甲酯則會抑制周圍種子的萌發。但我們所知甚少，或許植物釋放生長抑制物質的用意同樣是提示對方「危險還在喔！這時候不要多花力氣在生長，長出的新芽可能更容易被吃喔！」目前這些都僅是推論，尚未以科學方式證明。

表1 人類與植物的訊息傳遞比對

	人類	植物(針對受外力攻擊)
釋放訊息的人為什麼要釋放？	告知其他人自己的想法。	告知周圍枝條及同類危險來臨，或抑制他種植物生長。
訊息的載體是什麼？	各種語言、文字、圖像等。	各種植物生合成的揮發性有機物混合
這載體如何穿越四周環境傳達到接收者？	依科技發展有越來越便捷的方式，如訊息數位化並透過網路傳送。最原始的方式則是以聲音經過空氣傳播給他人。	揮發性的有機物能在空氣中擴散、對流傳播。
接收者為什麼要接收？	人類是群體動物，需要與其他個體溝通。	獲取有用資訊以達最好的適存能力。
透過什麼方式接收？	依訊息載體而異，但最終都須在腦中解讀成有意義的訊息。	經氣孔接收揮發性有機物（目前為假說）。
如何運用這些訊息？	依訊息內容會做出各式各樣的反應	1.開啟廣泛性防禦 2.開啟該種植物的專一性防禦 3.快速佔據更多資源 4.生長受抑制

檯面下也有著竊竊私語

除了本文所談論的「空中警報系統」，許多植物也透過地下的根，以及與其共生的菌根，向周圍的植物個體聯絡。同樣的，個體能傳送警報給這個菌根聯絡網的其他成員，甚至能直接傳送養分給別的個體。若是用現今的社群媒體來比喻，葉片釋放的揮發性氣體就像是公開的文章，周遭的個體都能看見；而菌根的聯絡網則像是私人的聊天群組，僅有特定的個體能收到訊息。

我們可以如何運用「植物語」

透過理解這些植物的警語，我們可以積極仿造利用，例如利用茉莉酸與水楊酸來提示植物開啟自身的防禦工事。在大眾對農產品安全品質與生態環境保護等意識提升下，這樣的生物激素型農藥，會是消費者接受度較高的產品。除此之外，近年的氣候變遷造成病蟲害發生異常，不僅是病蟲害的族群數量，病

蟲害的種類也可能改變，因此以前熟悉的單一型病蟲害用藥可能會失去功效，而使用生物激素就像是開啟植物自身的免疫系統，更自然地對抗各式各樣的病蟲害。傳統化學農藥及生長激素型農藥的差異，就如同西醫及中醫不同的理念，西醫的療法主要是找出病因並將之去除，而中醫的療法旨在協助調整人體平衡，讓人體以自身系統排除病因。而雙方皆有其優缺點，端看使用的人的選擇。

不過，植物體內的這些激素含量少而萃取困難，因此在實際應用的發展上，人工類比合成及使用生物技術製造仍會是主流的方向。

結語

植物雖然不能行動、沒有耳朵、沒有文字，但仍有著主動溝通的能力。植物的語言能成為人類的有力工具，這讓人不禁思考，我們是否還遺漏了什麼植物的奇妙能力。下次靠近植物時，不妨深呼吸且靜靜聆聽植物間的對談吧。☘