



森林裏的芳香維他命

文、圖 ■ 王升陽 ■ 國立中興大學森林學系教授（通訊作者）

張上鎮 ■ 國立台灣大學森林環境暨資源學系教授

Until the day is cool, and the shadows flee away, I
will go to the mountain of myrrh, to the hill of
frankincense.

（Song of Solomon 4：6）

我要前去沒藥山和乳香崗，直到天起涼風、日影飛去時
才歸來。

（所羅門之歌 4：6）

對於熟悉聖經故事的朋友，應該對乳香（Frankincense）和沒藥（Myrrh）不陌生才是，聖經裏的許多重要場景，總是少不了這兩樣重要的香料（Flavor）。話說二千多年前，當耶穌誕生在馬槽裏，從東方千里迢迢循著星星的指引前來朝拜的三博士，跪在新誕生的王前，向祂獻上了黃金、乳香和沒藥。黃金就不用說明了，但是啊，在朝見這麼重要的人物時，與象徵財富、權力的貴重黃金相提並論的，居然是兩種木本植物的「滲出物（Exudates）」，乳香產自於橄欖科植物乳香木（*Boswellia thurifera*或*Boswellia sacra*）；而沒藥（亦稱末藥）則是產自於沒藥樹（*Commiphora myrrha*），自古以來均是名貴的香料，在中藥的典籍記載中，乳香和沒藥除了作為香料外，更為著名的活血化癥、止痛消腫

的藥材。事實上，我們所提到的乳香及沒藥都是屬於樹木的二次代謝產物（Secondary metabolites），越來越多科學家相信植物二次代謝產物，除了可作為香料、醫療保健之主要原料外，其在植物繁殖、生長發育、防禦、逆境調適等生理作用上，應扮演著重要的角色。植物二次代謝產物（Secondary metabolites）大致可依其化學結構歸類為萜類化合物（Terpenoids）、酚類化合物（Phenolics）、生物鹼（Alkaloids）、多酮類化合物（Polyketides）及其他結構化合物。前面所提到，自木本植物樹皮所滲出的乳香和沒藥，其主要的成分大都是由萜類化合物所組成。

萜類之命名是來自於這一個家族中第一個化合物是由松脂（Terpentine）中所分離。這一大類化合物都具有共同的組成單元（Building block，讀者可想像就如堆疊積木時的小積木），這個小積木即是五個碳的異戊二烯（Isoprene），不同個數的異戊二烯單元相連形成單萜類（Monoterpenoids，2個異戊二烯單元）、倍半萜類（Sesquiterpenoids，3個異戊二烯單元）、二萜類（Diterpenoids，4個異戊二烯單元），依此類推，天然橡膠亦是

由異戊二烯所構成的多萜類化合物 (Polyterpenoids)。通常具揮發性及特殊香味的植物二次代謝物，大多屬於碳數在15個碳以下的萜類化合物，即單萜類和倍半萜類。就骨架種類與數量而言，萜類化合物應是植物二次代謝產物中骨架種類最為繁多且數量最龐大的一群化合物，已有超過30,000種以上的萜類化合物被植物化學家鑑定發表。就利用及經濟觀點而言，萜類化合物於香精、香料、殺蟲劑及藥物等領域已被廣泛使用，以世界年產值約百億美金的玫瑰花香精為例，其主要的香味成分即為多種萜類化合物所組成，包括香葉草醇 (Geraniol)、香茅醇 (Citronellol)、乙酸香葉草酯 (Geranyl acetate)、橙花醇 (Nerol)、香葉草烯 D (Germacrene D)、 δ -杜松烯 (δ -Cadinene)、 β -華澄茄油烯 (β -Cubebene) 等組成。除了香料用途外，萜類化合物的藥用活性亦受到相當的重視，包括抗腫瘤活性 (如太平洋紫杉醇 (Taxol) 和紫蘇醇 (Perilla alcohol))、抗瘧疾活性 (如青蒿素 (Artemisinin))。另外，木材的耐久性亦與萜類化合物有著密切的關係，如台灣杉心材所分離出之杜松烷 (Cadinane) 骨架之萜類化合物，包括 α -杜松烷醇 (α -Cadinol)、T-杜松烷醇 (T-Cadinol) 和 T-依蘭油醇 (T-Murrolol) 等即為活性極強的抗真菌成分；而雪松烷醇 (Cedrol) 則對白蟻具有極強的毒殺活性。事實上，除了以上活性外，萜類化合物亦參與了植物的一次代謝，如激勃素 (Gibberellin) 為植物重要的賀爾蒙，葉綠素之葉綠醇 (Phytol) 側鏈和胡蘿蔔素

(Carotenoid) 都是植物正常生理活動時不可或缺的物質。對針葉樹而言，萜類化合物則為林木對抗外來病原菌、昆蟲危害之重要防線，不具揮發性的油性樹脂 (Oleoresin) 對真菌及昆蟲具有毒性；而具揮發性的單萜類 (Monoterpenoids) 或是倍半萜類 (Sesquiterpenoids) 則可對昆蟲產生忌避活性。

我們再把焦點拉回日常生活中，或許您還不知道，常常聽到的「森林浴 (Green shower)」、「芬多精 (Phytoncide)」和「精油 (Essential oil)」及「芳香療法 (Aromatherapy)」等名詞，其實都與萜類化合物有著密不可分之關係。先解釋森林浴，森林的精氣、香氣可使人心平氣和情緒穩定，人們進入森林時，每每感到清爽而輕鬆，如此全身享浴在由森林植物群所散發的精氣與香氣的活動，我們就將它定義為森林浴。一般相信，此亦即是芬多精 (Phytoncide) 產生的效果。Phyto 意為植物，cide 意為消滅，所以芬多精有「植物的防衛能力」的直接含意，因此我們可以這樣定義 Phytoncide，即從植物所散發出來一切具有芳香性之極微的化合物，並有殺死原生動物或細菌類效果之氣體的總稱。因為芬多精瀰漫於森林之中，所以當我們行走於其間，無形之中也享受了森林浴，藉由風吹、樹葉摩擦、空氣中的水分、和瀑布及溪流所濺散的水花或植物光合作用所產生的陰離子所形成整個芬多精環境，可消除人們的文明病 (Morita *et al.*, 2007; Yamaguchi *et al.*,



2006; Ohtsuka *et al.*, 1998), 林間小徑漫步則能恢復身體韻律, 鍛鍊運動神經和反射神經, 實為一種有氧運動, 能使身材苗條健美 (林文鎮, 1983; 張上鎮和王升陽, 1998; Chen *et al.*, 2009)。Ohtsuka等人 (1998) 對80位糖尿病患進行研究發現, 於森林中進行森林浴活動 (Shirin-yuka; Forestry Air Bathing and Walking), 可降低血液中葡萄糖的濃度, 因此從事森林浴對糖尿病患者是有相當助益的。Yamaguchi等人 (2006) 利用唾液中澱粉酵素 (Amylase) 的活性為指標, 作為評估受測者在森林中休憩活動時於承受逆境刺激時調適能力, 試驗結果證實, 澱粉酵素為一良好的指標, 並且森林環境可以明顯降低交感神經對環境逆境的反應。同時, Park等人 (2008) 觀察成年人於日本Shinomo城市附近的混合林中運動的生理變化, 不論是心律、心跳或皮質醇 (Cortisol) 的變化都顯示, 於森林中活動都能較在城市中活動容易舒緩精神, Morita等人 (2007) 亦獲得相同的研究成果。Li (2009) 及Li等人 (2006) 的研究更顯示進行森林浴所提升的人體免疫力甚至可維持一個月之久。通常樹木所散發出來的成分, 有大多數是屬於單萜類及倍半萜類化合物, 而這一類的成分除具有高揮發的特性外, 並具有特殊的香味, 通常可利用水蒸氣蒸餾的方式由植物中獲得, 而當其隨蒸氣由植物體內分離後, 是以油狀浮在水上, 故習慣上將這些混合物稱為「精油」。至於「芳香療法」則是利用草本或木本之植物精油, 藉沐浴、塗擦皮膚或吸入等方式來治療或改善身心健康的一種方

法。由此可以瞭解, 無論森林浴或芳香療法, 我們所喜愛且有助益的, 便是由森林植物所產生之精油。

事實上, 森林環境應該充滿了林木所釋放出來的揮發性代謝產物, 而這些成分主要與芳香精油的組成相類似。人類知道並運用芳香植物精油的歷史已有數千年, 如雪松精油 (Cedar wood oil, 來自雪松屬的*Cedrus atlantica*, 圓柏屬的*Juniperus virginiana*) 是人類最早使用的芳香物質之一, Cedar是閃族語, 意指精神的力量, 還是閃族恆久信仰的象徵。古埃及人製作木乃伊時, 經常利用雪松精油來浸泡纏縛木乃伊之繃帶, 它的香味類似檀香木的味道, 常被作為寺廟中的焚香, 也因此給人神秘的感覺。根據分析, 此類木材精油的主要成分為Cedrol、Cadinene、Caryophyllene、Atlantone、Thujopsene等 (Angioni, 2003)。目前雪松精油的抗菌性、收斂性、利尿、化痰、鎮靜等功效已被人們所認同, 另亦有人認為它具有催情效用。又如中國古老的醫學典籍黃帝內經中亦記載了



圖片 / 王升陽

數種芳香精油的醫療效果，包括鴉片（Opium）、薑（Ginger）等。除了醫療的運用，在許多儀典中亦需藉精油來使參與者端肅心情，集中精神，並增加儀式進行的氣氛（Ody, 2001），如禮記及周禮中即有記載使用龍腦（*Borneo camphor*），龍腦自古以來即為重要的香料，如華夷草木考云：「龍腦其清香為百藥之先，於茶亦相宜，多則掩茶氣味。萬物中香無出其右者。」而由目前所得資料可知，許多的樹種之精油均具有殺菌功效，且對呼吸系統亦有相當的助益。至於在精神上的作用，無論是振奮、紓解緊張情緒、鎮靜神經等，均是正面的功用。如日本森林總合研究所Miyazaki和Motohashi之研究（1996），吸入台灣扁柏（*Chamaecyparises obtusa* var. *formosana*）精油可使血壓降低，並可使精神集中、作業效果提升。進一步的研究更發現，檜木油中之主成分 α -Pinene對因工作負擔而引起之脈搏數增加，瞳孔反射的變化具有抑制之效果，即有減輕疲勞之功效。換言之，吸收台灣扁柏精油，可以紓解「緊張」、「疲勞」、「憂鬱」及「憤怒」等情緒。Li等人研究數種樹木的芬多精誘發人類自然殺手細胞（Human Natural Killer Cell, NK Cell）活性進行研究，結果顯示，這些成分可顯著地增加NK Cell的活性，特別是調節其分泌穿孔素（Perforin）、蛋白酶A（Granzyme A）和顆粒溶解素（Granulysin）（Li et al., 2006）。我們的研究團隊最近亦證實，小鼠在柳杉精油處理後，可顯著的增加小鼠睡眠的時間。又，由高腳十字迷宮評估柳杉精油對小鼠抗焦慮影響之結果證

實，柳杉葉部精油與其主成分d-檸檬酸（d-Limonene），具有明顯的降低小鼠在高腳十字迷宮狀態下所產生的焦慮行為。又利用冰醋酸扭體試驗，來評估柳杉葉部精油對小鼠鎮痛之影響，結果亦獲得正面的結果（Chen et al., 2009）。由此可知，柳杉葉部精油及其主成分d-Limonene，對中樞神經系統有相當之影響，其具有安眠、抗焦慮及鎮痛的功能，若能善加利用，將對森林資源的利用有著重大的貢獻。

目前對於植物精油成分之研究已累積了相當的成果，但對於直接分析自樹木散發於大氣中之芬多精的研究則相對較少。林務局南投林區管理處所屬之奧萬大國家森林遊樂區位於南投縣仁愛鄉，為國內著名之森林遊樂區，特別是每年秋冬交際，楓紅滿山，為國人所喜愛並樂於造訪之旅遊聖地。同時亦有報導，奧萬大森林遊樂區所瀰漫之負離子濃度，為國內森林遊樂區中含量極豐的森林遊樂區之一，因此，為了瞭解園區內之芬多精組成，林務局乃與中興大學森林學系木材化學研究室，以奧萬大國家森林遊樂區內之芬多精成分組成為對象進行探討。首先，我們選擇園區內最具特色的楓香，利用水蒸氣蒸餾的方式獲取其精油，並利用氣相層析質譜儀（GC/MS），分析楓香精油的組成。結果顯示，精油中以 α -松烯（ α -Pinene）的含量最多，佔精油組成分的40.87%，其次為 β -松烯（ β -Pinene）（24.82%）及 α -水芹烯（Phellandrene）（8.87%）。同時，許多的研究指出，植物生長環境之溫度高低，會影響其揮發成分的釋出，因此我們即在實



驗室中，以人工模擬環境中的溫度變化，並結合固相微萃取（Solid Phase Microextraction, SPME）的萃取技術，直接收集由楓香苗木所散發出來的揮發性成分，結果發現，於不同控制的溫度環境下，樹木揮散出的成分隨溫度的上升而增加，並以在35℃時可測得最大量之揮發物，但超過40℃時，揮發性成分則會顯著的減少。由此可知，雖然奧萬大以楓紅著稱，但如果於夏天造訪園區，除可感受另一番翠綠山巒之景緻外，更可享受更豐富的芬多精喔！漫步於令人身心舒暢的奧萬大森林中、瀑布旁，您所呼吸到的甜美空氣中之森林芬多精之成分是什麼呢？經採樣分析之結果顯示，森林芬多精之主要成分仍然是以之單萜類為主，然而所測得之含量，在楓林區與瀑布區的主要成分與含量不盡相同，其中在楓林區所測之化合物以 α -松烯為主要成分，約佔所有化合物92~94%；而瀑布區中則以檸檬烯（Limonene）為主要成分，同樣約佔所有化合物92%，其他尚偵測到 α -側柏烯（ α -Thujene）、 β -松烯、月桂烯（Myrcene）、 α -松油烯（ α -Terpinene）、石竹烯等。並且越接近空況處、水流或瀑布落下處之含量則相對減少，因此，推斷在接近水流或空況處，會造成氣流之影響而使揮發成分之單位濃度降低。此外，在某些樟科樹種附近，我們亦發現芳樟醇（Linalool）為其主要的芬多精成分之一。由Hoferl等人（2006）的研究發現，以24位成年人為研究對象，觀察吸入芳樟醇後其自律神經（Autonomous Nervous System）有關的參數，

包括心跳速率、血壓、皮表電活性等，以及內分泌系統（Endocrine System），主要為唾液中的皮質醇的變化。試驗結果顯示，芳樟醇可顯著控制皮質醇的生成、心跳速率、血壓等因壓力所產生的變化，同樣的研究結果亦在Kuroda等人（2005）的研究中發現。最近，Nakamura等人（2009）更利用血液分析及生化指標結合老鼠基因晶片，以微矩陣分析證實Wistar公鼠於接受壓力逆境後，吸入芳樟醇降低因壓力所提升的中性白血球及淋巴細胞數目；同時，誘發了115個基因的表現，以及抑制109個基因的表現。

靜靜矗立在大地上的林木就像母親一樣，呵護著這片孕育萬物的土地，森林不但涵養了生命所需的水源，也緊緊的捉住每一寸根系可及之土壤，鬱鬱成蔭的森林更提供了野生動物食物、庇護及生活的空間。當然，所生產之木材，亦與人們的日常生活有著密不可分之關係，我們每天所消耗的紙張，所住的房屋，所用的家具……等等大家所想像得到的，以及你可能想像不到的，如牙膏、清潔劑等許多日常生活用品中之添加劑，都來自於木材。當然，目前國人日漸重視的森林遊樂、綠化、自然教育等，亦是森林給予我們的恩澤之一。而在林木周而復始的生活週期裡，除具有調節環境、降低溫室效應的功用，更會製造出對人類生活有著莫大助益的產物，正如我們自森林中所吸收到的芬多精一般。走入森林，您將會在身、心、靈獲得新感受。🌿

參考文獻（請逕洽作者）