

知識天地

花粉微小 花粉學寬闊

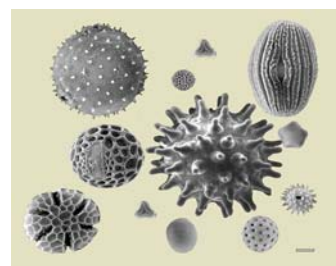
鄒稚華副研究員（植物暨微生物學研究所）

對大多數人而言，花粉不是個陌生的名詞。它確實普遍存在於我們生活中：空氣中、泥土裡、湖泊中、深埋在岩石中、甚至出現在我們的呼吸道中。由於花粉太細微，人眼難以察覺，因此人們對花粉的認知往往抽象模糊。本文將簡介花粉在植物世界的角色以及其在學術研究及產業上的應用。

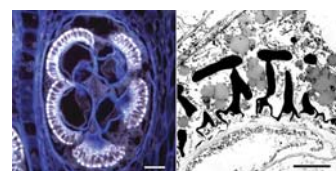
花粉 (Pollen)

花粉是被子植物及裸子植物的雄配子體，通常包含一個營養細胞及二個精細胞（雄配子），體積微小，多半呈球狀，直徑約在5-200微米（ μm ）之間。其營養細胞有豐富的細胞質，可提供花粉萌發時需要的物質及能量。在開花期間，花粉被運送至適當的柱頭上，生長出花粉管將精子送至卵器，完成受精的過程，繁衍下一代，此即為植物的有性生殖。

被子植物及裸子植物統稱為高等植物，估計約有三十萬種。不同於動物個體，植物不能自由移動，而且其中絕大多數的植物的精子是不會游動的。如何使得「花粉被順利運送至適當的柱頭上以達到受精的目的」是高等植物在這幾億年來有性生殖演化的核心。為數龐大的高等植物各自演化出獨特的花的形態，花粉的形態，傳粉途徑以及特有的開花模式，這些特異性都不外乎是要促成「受精」的達成。花粉形態有著非常複雜的變化，圖一展示了十一種植物的花粉在掃描式電子顯微鏡（SEM）下的影像，它們的大小型式各異，表面或有不同樣式的刺突，發芽孔為溝狀、孔狀、或複合式的溝孔狀，並且發芽溝孔的數目及分布亦各自不同。花粉因其豐富的特徵而成為植物分類及鑑定上極有用的工具。這些繁複的特徵都表現在花粉外壁（*exine*）上，而這一層外壁結構上是非常堅實不易被分解的，當花粉離開花藥（植株）曝露在大氣中時，這層外壁即擔任保護的功能，使得內在的細胞免於脫水、受微生物的攻擊、被紫外線破壞等。花粉外壁通常只有1-2微米（ μm ）厚，藉由穿透式電子顯微鏡可以觀察到這層外壁通常是由三種次級結構組成（上蓋層、中柱層、底層），但是在不同植群間仍可以看到很大的變異。花粉外壁、木材中的木質素、以及表皮細胞表面的角質層是植物所製造出來最能承受物理性破壞及化學分解的結構，往往歷經百萬年仍不被瓦解而成為微化石。由於花粉外壁既堅實且不易被瓦解，形態上又具有分類鑑別性，因此花粉被廣泛地應用在許多的研究領



圖一. 掃描電子顯微鏡（SEM）下十一種不同植物的花粉，用以呈現花粉型式、大小、表面光滑性、萌芽孔的數目及分布等等特徵的多樣性。Bar= 15 μm 。



圖二. 番荔枝科 *Cymbopetalum brasiliense* 的複式花粉。每一個複式花粉係由八個單粒花粉連結而成。左圖為石蠟切片脫蠟後以螢光顯微鏡觀察，花粉外壁呈現白色，花粉內壁、花藥壁細胞的二次結構及營養層的內壁呈現藍色；Bar= 40 μm 。右圖為穿透式電子顯微鏡（TEM）下的花粉壁的超微結構，花粉外壁呈現黑色，包括三層次級結構：頂蓋、細高的中柱及淺薄的底層；Bar= 1 μm 。

域上。

花粉學(Palynology)及傳粉生物學 (Pollination Biology)

花粉的形態及結構呈現高度的保守性以及多樣性，花粉學主要是在闡示各植物類群花粉發育的過程及形態特徵。花粉如何在細胞膜之外建構出堅實的保護殼仍是知之甚微的大謎團，雖然我們大略了解花粉外壁是由巨大的聚合物所構成，原料分子的種類，來源以及聚合的方式仍然未知；花粉外壁上如此複雜的細微結構又是如何發育出來的？這些都是花粉學者非常具挑戰性的課題。

花粉形態的演化主要與傳粉的方式有關；大家都熟知風媒植物的花式簡單，而蟲媒植物的花具有吸引特定昆蟲的色彩、樣式及氣味。花粉也有如此的關連，蟲媒及風媒植物的花粉形態明顯有別，風媒的植物的花粉通常表面較光滑、不具刺突、亦不帶黏性物質、以利於在風中飛行。蟲媒植物的花粉則多具有突起或是細小孔洞、表面帶有黏滯的物質、易於聚集成團、並利於昆蟲的攜帶；甚至演化出複式花粉，如杜鵑科、豆科、番荔枝科中許多種的複式花粉係由四粒或八粒單粒花粉連結成為一個散播的單位；蘭科植物的花粉甚至演化成以花粉團的形式散播。圖二是螢光顯微鏡及穿透式電子顯微鏡（TEM）下呈現番荔枝科的複式花粉的結構及花粉外壁。傳粉生物學即是研究植物如何發展出利用動物或大氣中風力等因子來運送花粉的各種巧妙方法，或是與傳粉者共同演化的過程。

空中花粉學 (Aeropalynology) 與花粉過敏研究

高等植物特別是風媒植物在花季會釋出巨量的花粉，隨著植物花季的變化，大氣中存在的花粉也在改變。空中花粉學即是探討空中花粉相的組成及造成變化的因子，如區域性的植物的組成、屬性、距離以及微氣候的影響（特別是降雨及風向）等。這門學科研究現生植物所呈現的空中花粉相，不僅對於古花粉學提供了基礎資料，也提供了人類免疫醫學上治療花粉過敏症時所需要知道的過敏原的種類及消長等重要知識。

花粉過敏症亦稱為花粉熱（hay fever），困擾世界上非常多的人。雖然並非所有植物的花粉都有致敏性，但是我們生活中許多常見的植物的花粉是高致敏性，喬木類的有柳杉、扁柏、龍柏、楊屬、樺木、構樹、桑樹、石櫟、苦楝等；常見的草本有艾屬、薊屬、玉米、臭菖、豬草等等。往往是在春秋花季，花粉大量存在於空氣中時，花粉會經由口鼻吸入至人體上呼吸道，也可經由直接附著的方式進入眼瞼及其他黏膜組織，花粉外壁及內壁所含有的蛋白質釋出，對於易產生過敏反應的人即被其免疫系統視為抗原，會誘導抗體球蛋白E（IgE）的產生，球蛋白E與抗原的作用就會引起一系列的過敏症狀，如流鼻水、打噴嚏、眼睛發癢腫脹等等的不適，甚或引發氣喘。過敏症也可經由皮膚直接接觸花粉蛋白質而造成。花粉過敏症的發生決定於花粉致敏性的強度、花粉在空氣中的濃度（粒/m³）、以及人體曝露的時間的長短等；易產生過敏反應的人 在消極的防治方面可留意致敏花粉的來源，減少花粉的吸入；但是以接種抗原，誘導體內產生抗體，從而降低或解除對花粉的過敏性才是治本的醫療方法。

古花粉學 (Paleopalynology)

每一年各種植物產生天文數字的花粉，絕大多數無法順利萌發後細胞質瓦解，但是堅實

的花粉外壁會存留，它們散佈在土壤表面、經由雨水河水沖刷至湖泊中、或海洋中。在沉積的過程中花粉外壁會漸漸被壓扁甚至石化成為微化石，但是形態上往往仍保留著諸多特徵。「花粉分析」這門技術即是以高溫、高濃度的酸來分解土壤或是岩石樣塊，分離出內含的古花粉並鑑定所隸屬的植物類群。由這些岩石樣塊中分析植物的組成，往往可以協助古植被及古生態環境的重建，譬如經由辨識出溫帶植物、熱帶植物、或草原植物的組成可以推論古氣候概況等等。古花粉亦可用以輔助地質年代的鑑別，許多植物在地球上以龐大的數量出現於短暫的時期，如果其花粉形態特徵明確，就可以做為特定的地質年代的指標。古花粉學也被普遍應用在石油探勘、岩塊的地質年代及屬性的研究上。

物證花粉學 (Forensic palynology)

物證花粉學是應用花粉做為判定法律證據或提示蒐證的方向。花粉在自然界中普遍存在著，它們很容易附著在衣服上、頭髮上，但因極細微不易被查覺，因此常常會在「滅證」過程中被忽略而得以保留。因花粉外壁能長久保存並用於鑑別其隸屬的植物類群，因此在許多刑事案件中花粉成為重要的舉證工具之一，被稱為是「自然界中植物的指紋」。一個經典的案例是1959年發生在歐洲維也納的一樁謀殺案，一個年輕人被謀殺後被埋在離犯案很遠的沼澤地區。調查這件失蹤案時警察找到了一名年輕的嫌疑犯，但是在盤問時，這名年輕人稱在失蹤案發的時間他在爬一座蠻陡峭的山，檢方取了他已磨損的靴子交給花粉專家Dr. Wilhelm Klaus。儘管這名嫌疑犯已清洗了他的靴子，Dr. Klaus 仍然刮下了約一公克的泥土，而在這份樣本中分離出1200粒花粉，並鑑定出有楊柳、冷杉、薔薇科的蚊子草等等的花粉，以及一粒約有二千萬年的山胡桃的化石花粉。花粉的資料指出這雙靴子的泥土不是來自乾燥的高地而是來自湖河有沉積物的地區。由於已知這種山胡桃的化石花粉僅在維也納市區北方20公里外的沼澤地區Danube附近被報導過，警方相信嫌疑犯涉案重大，再次盤問時警方說嫌疑犯先前說謊，其實是去了Danube地區，嫌疑犯驚嚇之下終於承認犯案，並帶著警察到了埋屍處，確實是在一處濕地。