

葉特性~ 看不見的尺度

文·圖一邱少婷

葉特性概說

葉是大地的綠化天使和育養自然的珍寶，具行光合作用的功能，以平展獲取光能，也固碳供氧，不僅供給自身生長繁殖的養分，也是其他生物的食料和呼吸、氧化獲能的重要供應廠。

葉同時兼顧支持平展葉片的重力和輸導，並必須因應多變的環境，達成最高效能的組合。因此它的形態特徵與功能特質，互相搭配組成變化多樣的特性(traits)，以適應環境且承繼演變的歷程。

肉眼看得見的繽紛斑斕的葉色，可分為生理化學性的呈色方式，像吊蘭的白斑，是因細胞內的葉綠素缺失而呈無色或白色，或像變葉木的多彩顏色，其實與葉綠素以外的胡蘿蔔素、葉黃素、花青素……等色素組合相關。葉色若為生理生化物質的顏色呈現(圖1、2)，則是因季節變化綠葉轉變成紅葉，葉肉的葉綠素代謝為葉黃素、胡蘿蔔素或……等其他物質。

葉色也有以肉眼不易區別的結構物理性來呈色，例如蛤蟆秋海棠(*B. rex*)的葉緣具有明顯的白色金屬光澤，並非缺乏葉綠素，而是由結構上的差異所造成。其表皮細胞和葉肉細胞之間或有間隙，或不具細胞間隙而緊密相黏，因光學折射率不同，而呈現白色或葉色的結構色差異，如果把細胞間隙以水填滿，葉片白斑區則會從白色變成綠色。也有表皮細胞形成凸面或衍生薄層，那是表層結構產生的折射或光學干涉現象，因濕潤程度不同而改變葉的特性，例如：菲律賓的秋海棠物種*Begonia* sp. “Martin’s Mystery”(圖3、4)。

探索葉的特徵和功能差異，檢測的特性項目包括葉片壽命、葉乾重、含水率、葉厚度、葉面積、氣孔密度、保衛細胞間距、葉脈密度、脈網絡封閉程度、毛茸量和密度……，用這些參數做比較分析時，可計算單位乾重能承載多少葉面積大小，稱為比葉面積(葉面積/乾重=mm²/mg)。也有延伸至生態系大尺度，計算單位為土地面積上的葉面積覆蓋度，稱為葉面積指數(葉面積總合/地表面積=m²/m²)，則不在常用的葉特性探討範圍內。還有一些微隱的葉表面構造，可能僅是表皮細胞的凹凸、衍生的層疊薄層或粗糙程度，皆會影響葉的功能展現。

小水滴效應~葉濕性(Leaf wettability)

蓮葉出淤泥而不染，大多因為葉片表面具有與水不親合的構造，葉面疏水性的強弱乃依表面角質層與凹凸微細結構程度而有不同。看似平滑的蓮葉表面有著大小約5~15微米的乳突狀結構，其上覆有奈米級類似纖毛的結構。此奈米級的表面結構使蓮葉表面變得粗糙，造成葉面超低表面張力的特性，使水珠不易附著於葉面，且小水滴與表面接觸角接近160度，而具超疏水特性(圖5)。另外，其表面有微細空隙的結構，使得灰塵於葉面不易完全貼附，當雨水沖洗時，易隨水珠滾落而達到淨潔作用，這類自我淨潔(self-cleaning)現象，最先從蓮葉上發現，因此稱為「蓮葉效應」(lotus effect)。



圖1 臺灣紅榨槭(*Acer morrisonens* Hayata)秋季的葉

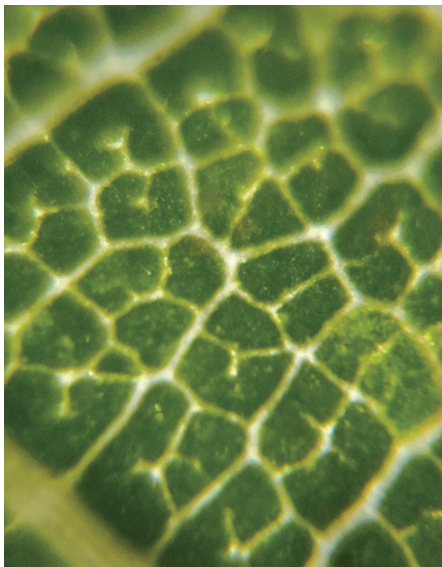


圖2 維管束構成脈絡，葉肉的葉綠素代謝為葉黃素、胡蘿蔔素或……等其他物質。

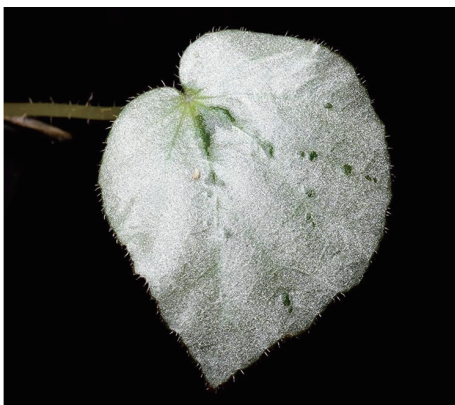


圖3 菲律賓的秋海棠物種*Begonia* sp. “Martin’s Mystery”(范綱佑提供)



圖4 葉表皮細胞間隙以水填滿的秋海棠濕葉，從白色變有顏色(范綱佑提供)。



圖5 蓮葉和蘭嶼秋海棠葉上的小水珠

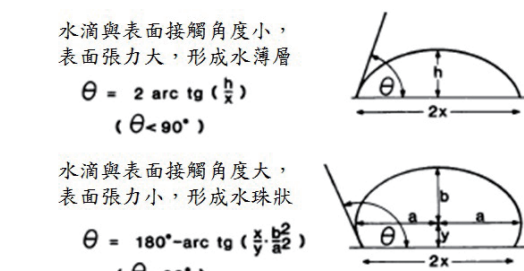


圖6 奈米微細構造的表面與水表面張力關係

運用一小滴水，看它在葉片上是形成平緩球面或是圓球面的差異，可檢測出不同葉表面的疏水特性，得知葉片在接觸水時，濕潤程度的特性，稱為葉濕能力(leaf wettability，簡稱葉濕性)或葉表面濕性(the wetting of leaf surfaces)。在奈米尺度的微細表面，粗糙的結構增加了水與葉的接觸面積，因此表面張力變低，也讓接觸角度增大，因為粗糙表面起伏的結構中會包含了空氣成分，在低表面張力與很大的接觸角度狀況下，可以讓小水滴輕易的滾動(圖6、7)。

一滴一視界，葉濕性成為葉面疏水性的指標，也是植物適應變化多端的環境的一種常見現象。科學研究所建構的小水滴實驗，標準化的步驟是：擺設葉片在水平位置，以微距拍攝葉面影響水滴表面張力的相片(圖8)，再以圖像分析程式量測其接觸角度，更深入監測葉特性的演變，以及

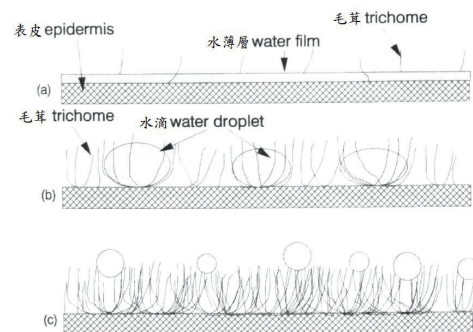


圖7 具細毛奈米微細構造的表面與形成小水滴的表面張力關係(摘譯自Brewer and Smith, 1997)

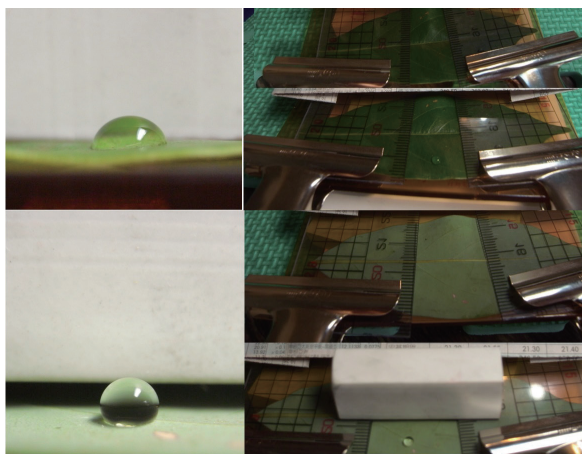


圖8 由小水滴檢測葉濕能力

環境變遷所造成的影響。對植物而言，小水滴效應既可潔淨外表，又可隨環境變換施展光學幻術，其深刻的意義盡在不言中。