

「大小很重要；只有夠大時，形狀就重要」 中興大學研究團隊解密

卷柏矽晶體的特殊光學效應

[感謝本校秘書室媒體公關組提供資料](#)

你曾被芒草葉割傷嗎？令你受傷的利器正是植物體的矽晶體，其由二氧化矽累積而成，與玻璃的成分相同。中興大學的研究團隊在發現卷柏科植物的巨大葉綠體之後，進一步由物理系、前瞻理工研究中心和生命科學系組成跨領域團隊，發掘出這些植物葉表矽晶體具有超越傳統光學的效應。

興大生命科學系的許秋容教授表示，他們在卷柏類植物的葉表發現多種不同形式及大小的矽晶體 (圖 1)。當這些向外突出的透明矽晶體就位在巨大葉綠體所在的表皮細胞上方時，會如何影響光線進入巨大葉綠體呢？他們或許有如一扇窗戶，與矽晶體可能會增進植物對光線吸收的「窗戶假說」(Window hypothesis) 有關。所以，研究團隊從植物採集、矽晶體觀察及特徵量測做起，結合幾何光學與物理光學的模擬和推導，歷時四年餘，這項新穎且領先的跨領域研究剛發表在 7 月的 *Journal of The Royal Society Interface* (英國皇家學會 *Interface* 期刊)，特別感謝科技部的支持。主要的研究者為物理系施明智老師、前瞻中心陳建宇博士、生命科學系碩士生謝佩君與 Peter Chesson 講座教授。

他們發現不論何種形態及大小的矽晶體皆會使通過的光線重新分布，矽晶體的大小扮演特殊的關鍵角色。當矽晶體夠小時，其形狀影響其光學特性有趨同現象；因為當矽晶體的尺寸接近可見光的波長時 (400~700 nm)，物理光學特性成為主導，意即出現顯著的干涉與繞射現象。反之，當矽晶體較大時，光入射後受到幾何光學的影響較大 (如反射與折射)，矽晶體的形狀則顯著影響光的分布。

以全緣卷柏乳突狀的矽晶體模擬 (圖 2a)，結果顯示入射光會匯聚在矽晶體底部下方約 0.5 微米處並形成光場強度達約入射光的 25 倍的光點；且此位置恰好是巨大葉綠體 (二區葉綠體) 的上部區域。異葉卷柏與紅卷柏雖為角錐形矽晶體，模擬顯示亦具有匯聚光線的效果 (圖 2b)。數據指出此聚光效應源自於繞射的結果，故光強度受限於繞射條件限制仍達到入射光的 4 倍；因其聚光的位置皆侷限於單一表皮細胞內部，此聚/散光皆有利於為巨大葉綠體所利用。

施明智教授表示，有研究指出水稻葉表矽晶體亦能發散光線，其效果在於更均勻地分散葉表入射光於其葉肉組織，但於葉表層細胞則毫無助益。中興大學這項卷柏矽晶體的光學效應研究，其獨一無二的新穎與開創性，源於卷柏的葉子相對地很薄，且位在表皮細胞的巨大葉綠體是其主要的光合作用區域。波長尺

度的矽晶體突出與漏斗形表皮細胞，形成了表層增益的極佳光學物理系統。此矽晶體的光學效應在表皮細胞所形成的聚光點，巧妙地將一個細胞分割成光強度較高與較低的兩個區域。

該研究團表示，這樣的分隔能與移動能力有限的巨大葉綠體互相配合：在低光時移動到高光區；而在遭遇短暫強光時，移動到低光區以免受強光傷害。這項研究將可對在低光環境下如何獲取光線有所啟發，未來或許可運用在太陽能相關的應用研發。