

天然植物染料的化學

◎林業試驗所木材纖維組·何振隆 (chenlung@tfri.gov.tw)、徐健國、徐光平

◎林業試驗所副所長室·邱祈榮

前言

大自然為一傑出的魔術師，植物中的花、葉、果實及樹皮等部位，會依四季的不同，而呈現出各種各樣的顏色，此與植物本身內部的天然色素有關。植物體內的天然色素在陽光的照射下，吸收了一定頻率的有色光後，發生分子內電子激發躍遷現象。然而，因為植物各部位色素電子排列與分布不同，因此電子激發躍遷時所需的能量亦不同，造成不同部位的色素表現出不同的顏色，使大自然呈現出萬紫千紅的美麗景色。

於中國天然植物染料遠在夏代《夏小正》中就已經有了關於藍草的記載「五月，啟灌蓼藍」，因此，當時人們就有使用藍草染色，且掌握了藍草的生長規律而有人工種植和收穫。周朝設有管理染色的官職「染草之官」，又稱「染人」。在秦朝設有「染色司」、唐宋設有「染院」以及明清設有「藍靛所」等機構。十九世紀前於紡織印染的大部份原料為來自於植物，自從1856年英國人威廉·珀金(William Henry Perkin)發明了第一種合成有機色素苯胺紫(Mauveine)，其後共有上千種染料被發明出來，又因化學合成染料價格較天然植物染料低，故使天然植物染料逐漸淡出歷史的舞臺。

然而，化學合成染料價廉物美，不過卻具有毒性與污染的問題。現今人們生活水準提高，天然植物染料正引起越來越多人關注，此乃因天然植物染料可從天然植物原料中經過較

少化學加工取得，具有自然、健康、柔和及典雅的獨特色彩，並帶有植物芬芳且具有綠色環保的特點，這是合成染料所無法辦到的，因此天然植物染料已成為現今新型色素染料開發的重點。利用自然界之花、草、樹木、莖、葉、果實以及種子等進行植物染色相關的研究與創作，在今日事事講求環保，回歸自然的聲浪中，有逐漸受到重視之趨勢。因此本篇文章即為闡述天然植物染料的化學結構分類、萃取方法、染色方法、現今面臨問題及解決方法等，以供大眾瞭解天然植物染料的化學。

天然植物染料的化學結構分類

植物中天然色素的種類按化學結構的不同，可以分為四大類：

- (1) 四吡咯(pyrrole)衍生物類色素：此類型天然色素為廣泛存在於綠色植物的葉綠體中，葉綠素是最主要代表(圖1a)。其化學結構與血紅素類似，但以鎂離子為中心離子。當葉子行光合作用時，葉綠素是吸取光能的主要發色團，可分為葉綠素a、b、c、d四種。較常見為葉綠素a及b，葉綠素a呈藍綠色，葉綠素b呈黃綠色，它們的比例為3:1。而葉綠素c與d則存在於藻類中。
- (2) 異戊二烯類衍生物色素：此為由異戊二烯為單元組成之色素，為脂溶性色素，主要存在於綠色植物果實中，如：蕃茄紅素(圖1b)、胡蘿蔔素(圖1c~e)及葉黃素等(圖1f)。

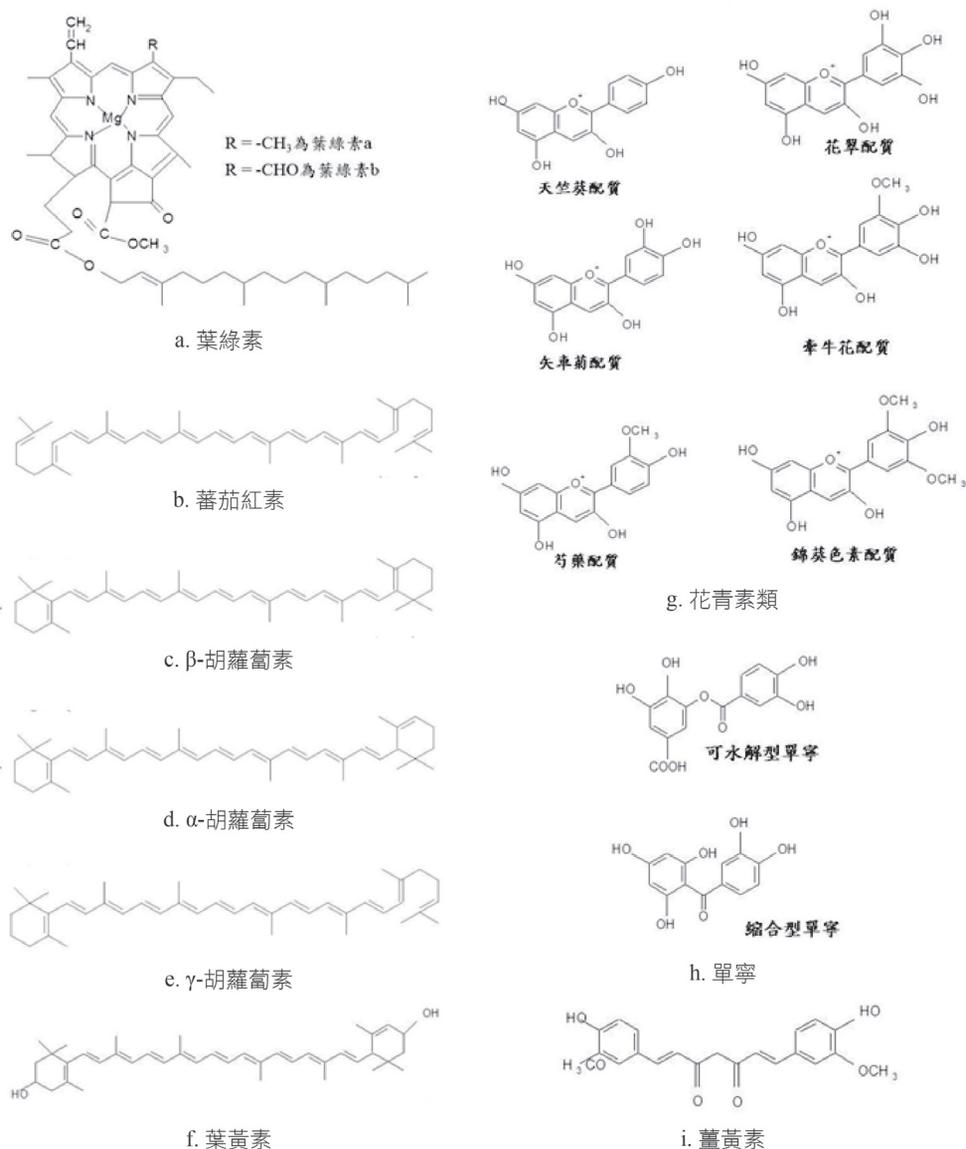


圖1 天然植物染料的化學結構圖。

(3)多酚類衍生物色素：屬於水溶性或脂溶性色素，如：花青素類(圖1g)、花黃素類和單寧(圖1h)等。

(4)酮類或醌類衍生物色素：種類較少，如：薑黃素(圖1i)、茜草素等。

天然植物染料的製備

天然植物染料常用的萃取方法可分為水煮法(圖2)、乙醇浸漬法(圖3)及超音波法。水

煮法僅適用於水溶性色素，利用植物的葉、花、枝幹、樹皮和根莖等作為原料，進行水煮，所得液體，即為所需染液。水煮法是為傳統萃取方法，簡單易行，對設備要求較低，為適用範圍較廣之方法。乙醇浸漬法適用於脂溶性色素，將植物原料先行碎裂，再放入乙醇中浸漬，將浸漬液進行過濾，所得濾液即為染液。超音波法先將粉碎後的植物原料與水混合，利用超音波器處理，冷卻後，再行過

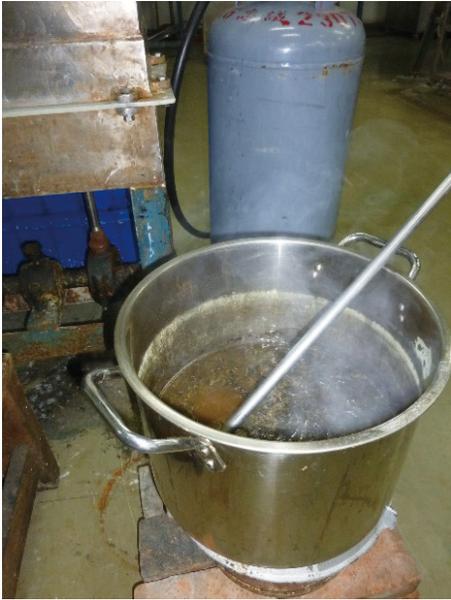


圖2 天然植物染料的萃取法~水煮法。(徐健國 攝)



圖3 天然植物染料的萃取法~乙醇浸漬法。(徐健國 攝)

濾，將濾液進行濃縮乾燥，製備所需染液。利用超音波法所製備之植物染液純度比普通方法高，且染液滲透力強，染色後對紡織物之堅牢度高，缺點在於設備昂貴。

天然植物染料的染色法

水溶性植物染料使用『直接染色法』，依據不同的植物染料，設計不同的製程及條件，將布或紙纖維直接浸泡至染液中，使製備的染液成分直接吸附到布或紙纖維上(圖4)。

某些植物染料對水溶解度佳，纖維雖可直接吸附染液，但染色後染色織物色堅牢度較差，因此，為了提高染色之堅牢度，可用『媒染法』進行(圖5)。媒染法之原理是使用媒染劑和色素結合的藥物溶液去處理，形成能在纖維上吸附的金屬離子配鍵而固著在纖維上，因而造成色素沉澱從而提高染色織



圖4 (a)未經染色的絹 (b)利用直接染色法染色後的絹。(徐健國 攝)

物的堅牢度。媒染劑的使用可以三種方式處理，即同媒染(將媒染劑混合在色素液來染色)、前媒染(先以媒染劑進行染色前處理，然後用色素液染色)及後媒染(為先將色素液染色，後用媒染劑)。

植物染料的染色法還有一種稱為『還原法』，植物中存在多種天然色素化合物，而在染色過程中最終成為不溶於水的還原型染料，從而使染料更好的固著在織物上。

天然植物染料現今面臨問題及解決方法

天然植物染料是生物性材料，因此會有許多無法避免的個體間差異存在，根據許多文獻顯示，同一種植物，由於植栽地、氣候條件及採集時間等條件的不同，而會影響植物染料色素的組成、純度及色澤穩定度，使得染料的染色重複性及再現性差，造成品質無法維持。因此，建立人工規模化種植染色植物，使料原供應充足，進而掌控品質。

另外因植物染料色素不易保存，大多植物染料必須萃取後立即使用，再者，由於植物染料之化學成分非常複雜，若萃取條件稍有不同，天然植物染料的有效化合物成分就會有所差異，呈現之色澤特性，就無法一致，因此，於現今不可再採取傳統的馬上萃取馬上使用方式，應要將植物染料萃取方式專一化，若可將其加工為成品染料，可直接染色使用。

多數植物天然染料普遍存在染色堅牢度差的問題，尤其是經過日曬及水洗後之色堅牢度。於染色步驟中，如：染色溫度、染色時間、染色pH值、媒染劑的種類和用量、媒染方式等均與色堅牢度有關。然而，現今天然植物染料大多加入媒染劑以改善染色堅牢度，但因媒染劑多含重金屬離子，其中有許多已被列入禁用名單，因此在解決染色堅牢度差的問題，需進行染料的工業化生產、簡化染色步驟、精選媒染劑，提高染料與纖維的接合，以促使色堅牢度提升。

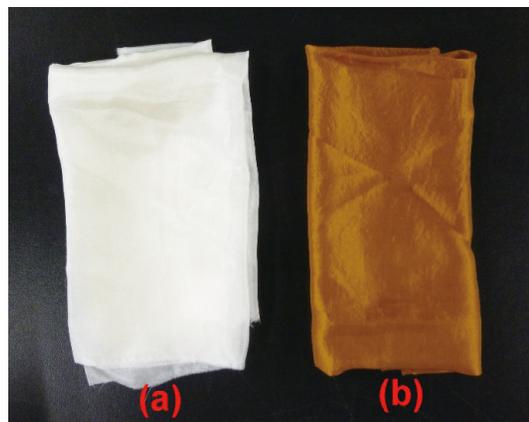


圖5 (a)未經染色的絹 (b)利用媒染法染色後的絹。(徐健國 攝)

根據上述所言，現今天然植物染料因需很多原料種植、收購較難、不易儲存及染色工序繁雜，故使生產成本居高不下，使得天然植物染料價格較合成染料貴多倍以上。再者，植物染料於國內方面，如：產品製程、染色技術以及媒染劑等相關研究均少，且於料原種植、收購及市場開發等均未到位。因此，建立完整的產業鏈是目前刻不容緩的議題。

結語

天然植物染料是生物性材料，因為對生態環境相容性好，所以極具重要意義，但傳統植物染色效率較低、染色效果不及合成染料且成本相對較高，故要商業化並代替合成染料，尚需運用現代科學技術研究以提升傳統植物染料色澤穩定性、染色堅牢度及其染色效果，改進其染色工序，以降低生產成本，建立完整產業鏈，實現產業化生產。並且應用現今生物科技技術，充分利用天然植物染料開發高附加價值多功能的紡織品，如：藥用保健功能等，具廣闊發展前景。⊗