

國立宜蘭大學農業推廣委員會 農業推廣(季刊)
通訊總號第092號 中華民國110年09月出刊

發行人/陳威戎 主編/賴裕順、張資正

地址：260 宜蘭市神農路1段1號 電話：03-9317612

E-Mail: fywu@niu.edu.tw

中華民國86年3月創刊
行政院農業委員會補助編印

編輯/伍芳儀

傳真：03-9354152

淺談植物剩餘資材做為天然染料的可行性

張資正^{1,*}、呂光曜¹、楊旻璇¹、胡庭維¹

¹國立宜蘭大學森林暨自然資源學系

*副教授及通訊作者, Email: tcchang@ems.niu.edu.tw

一、前言

隨著時代與技術的演進，「快時尚」使人類社會新穎的理念得以快速商品化，引領潮流。但是不斷推陳出新的創意商品，卻也造成更多產品的汰除，致使資源快速消耗、汙染加劇，徒增地球環境負擔。再者，為能展現創新概念、吸引消費者青睞，現在的人們多藉由人工染料染製絢麗多彩的產品，但也因人工染料過於安定而難以分解，加上大量染料的運用及後續廢水的處理，已然造成莫大的汙染問題，徒增環境風險。故此，開發染色效率高、毒性低、環境風險小之染料便成為現今科學家努力的方向之一。然而長久以來，人們便已知利用天然色素進行染色（Siva, 2007；Gulrajani, 2001；1999；Gulrajani and Gupta, 1992），像是以檳榔（*Areca catechu*）種仁或薯榔（*Dioscorea matsudai*）色素所染製之褐色布匹、山黃梔（*Gardenia jasminoides*）果實所染製之鵝黃色布匹、甚至是以馬藍（*Strobilanthes cusia*）所染製之藍色布匹（何振隆等，2017；王寶琪，1999）等。利用天然色素進行染色，除了能滿足低毒性、生物易分解、環境風險小之優點外，以植物可再生部位獲得之色素更具有自然永續、環境友善之特點，此亦符合全球環境永續發展目標，實值得重新審視與利用。

二、人工染料之利弊

由於豐富色彩、著色力度（Color strength）強、顏色堅牢度（Color fastness）佳，人工偶氮類染料已成為全球染料市場中佔比最高的有機染料（Bafana *et al.*, 2011；Hameed and El-Khaiary, 2008），並廣泛應用在紡織、醫藥、化妝品、食品、造紙、皮革、塗裝及光電產業中（Dhamodharan *et al.*, 2017；Yang *et al.*, 2017；Mahmood *et al.*, 2015；Zhang *et al.*, 2014；Ben Mansour *et al.*, 2007；Chung and Cerniglia, 1992）。但因偶氮染料之抗生物分解能力優異，會長時間留存於環境中，而部分偶氮染料甚至會經過還原反應而釋出造成危害人體的芳香胺類化合物（Aromatic amine），導致過敏、癌症及突變等健康風險，因而遭許多國家禁止使用（Masek, 2015；Mansour, 2013；Shahid-ul-Islam *et al.*, 2013；Hameed and El-Khaiary, 2008；Ahlström *et al.*, 2005；Pinheiro *et al.*, 2004；Singh, 2002；Chung and Cerniglia, 1992）。此外，偶氮類染料亦因無法完全被固著於被染物中，而約有 20-50% 的染料殘留於廢水中，而造成高環境風險。

三、取自於天然的植物染料

天然染料一般可分為礦物性染料（硃砂、石黃）、動物性染料（如紫膠，牛血）及植物性染料（馬藍、薯榔），其中植物性染料的利用最為普遍（陳景林、馬毓秀，2007；陳千惠，2006）。然而，因許多

植物色素容易分解、消失，故並非取自於大自然中的植物色素皆能成為染料，只有能耐久不易被氧化的植物色素才適合作為染料使用。植物染料為源自於植物根、莖、葉、花或果實中的色素，最早是從草藥煎煮過程中發現。由於煎煮時，布料沾染到汁液而產生顏色，從而發現某些植物可作為染料使用，於是就有了利用各色花草、有色根莖、樹皮等作為染液使用，這些經驗即是植物染色最早的起源。而在英國化學家柏金（W. H. Perkin）於 1856 年發明化學合成染料前，人類均使用天然植物色素作為染料。

然而，除了利用馬藍或木藍（*Indigofera tinctoria*）加工製染之藍染工藝，傳統常見作為染料之植物色素多屬於水溶性，易水洗流失。因此，常需以金屬離子進行螯合，增加被染物顏色的固著，此方法即稱為媒染（Mordant）（Samanta and Agarwal, 2009）。此外，根據晶場理論（Crystal field theory），因配位共價鍵的形成致使 d 軌域產生能級分裂，過渡金屬與配位體的螯合反應常伴隨著有色錯合物的生成，因此可利用媒染方式，加入不同過渡金屬，使其形成與原植物色素不同顏色之錯合物，達到不同染色效果（Black, 2005）。

四、多酚類化合物—植物中的調色盤

多酚類化合物（Polyphenolics）主要是植物為了對抗逆境，產生具有吸收紫外光、抗氧化、抵禦生物危害之次要代謝產物（Secondary metabolites）。由於多酚類化合物富含發色團（Chromophore）及助色團（Auxophore），能吸收可見光區域的光線進而產生顏色。多酚類化合物亦是參與木材心材化之重要成分，此亦是賦予木材多樣色彩之主要成分。此外，在特定的酸性或鹼性環境中，部分的多酚類化合物亦能變化出不同的顏色（Wong, 2017）。而藉由媒染劑的螯合作用，植物多酚類化合物亦能因為 d 軌域的引入而呈現更加多元且豐富的色彩（Wong, 2017；Malešev and Kuntić, 2007）。因此，從古至今，人們便曉得利用植物中的多酚類化合物搭配不同的工法來染製各種色彩。

許多研究亦證實，由於多酚類化合物具吸收紫外光、抗氧化、螯合金屬離子、清除自由基、淬滅單態氧、淬滅激發態物質等功效，因此亦能減緩材料照光劣化或受熱氧化的程度，延長材料的使用壽命（Hsiao *et al.*, 2016；Bridson *et al.*, 2015；Masek, 2015；Pollastri and Tattini, 2011；Nichols and Katiyar, 2010；Burchard *et al.*, 2000）。作者及其研究團隊亦曾利用金屬鹽類中的 FeCl_2 及 CuCl_2 固著太平洋鐵木（*Intsia* spp.）中具有顏色的水溶性縮合單寧（Condensed tannins）（Hsiao *et al.*, 2021；2017；2016），發現此即能有效地固著水溶性縮合單寧，使木材顏色不會因戶外淋洗褪色；另外，試驗結果亦發現此方法可讓木材產生不同色相，並且還能提升處理木材的尺寸安定性，延長木材的生命週期。因此，若能妥善利用植物多酚類化合物作為染料來源，以金屬鹽類作為媒染劑，研發不同顏色的天然媒染型染料，除可取代部分人工染料，降低對人體或環境的危害，亦能增強染材之韌性與耐久性，實值得加以探討與開發。

五、植物剩餘資材染色之應用實例

全株是寶的相思樹

相思樹（*A. confusa*）原產於菲律賓及台灣恆春，在中國、日本沖繩及九州亦有分布，為豆科（Fabaceae）相思樹屬（*Acacia*）喬木。相思樹為臺灣主要造林樹種之一，其耐風力強可作為防風林，其根系發達且抗旱、適應貧瘠地、亦可保護水土（陳正和，2002）。相思樹木材材質堅硬，除可供作建材、家具用材，過去也作為車輪、槳櫓及坑木等用途。而由相思樹木材製作而成的木炭也是臺灣早期重要的薪炭材來源。此外，由於相思樹各部位富含各式各樣之多酚類化合物，亦具有優異的抗氧化及抗發炎能力，具開發成保健相關產品之潛力（Lin *et al.*, 2018）。

由第 4 次全國森林資源調查成果概要（邱立文等，2015）得知，相思樹目前遍植於全臺的低海拔地區，分布面積達 10,748 ha。其各部位萃取物皆含有縮合單寧，尤以樹皮之縮合單寧含量最為豐富（Wei *et al.*, 2010）。王學新（2017）研究指出富含縮合單寧之相思樹樹皮亦曾於日治時期作為栲膠之替代品，成為製革業中用於鞣皮製作的重要資材。相思樹樹皮之縮合單寧與薯榔色素相似，亦可作為染色之用。然而，因縮合單寧對植物纖維之親和力較弱，易因水洗移除而褪色，因此，需與金屬離子進行媒染反應，形成穩定的錯合物。

由於目前相思樹仍為工藝品、太空包、木炭的主要來源，樹皮及加工後之心材刨屑常作為廢棄物而丟棄，實為可惜。因此，筆者曾經探討相思樹樹皮縮合單寧作為媒染材料之可行性（呂光曜、張資正，2020）。研究發現，其與 FeCl_2 媒染後棉布之顏色為黑灰色、與 CuCl_2 媒染之棉布顏色較接近抽出物的原

色、與 $KAl(SO_4)_2$ 媒染後棉布之顏色為米色、與 $SnCl_4$ 媒染的棉布之顏色則為褐色，而且經過媒染後皆具有不錯水洗顏色堅牢度。此外，筆者亦曾評估富含黃酮類化合物 (Flavonoids) 與縮合單寧之相思樹心材抽出物作為木材染料的可行性 (潘瑩穎等, 2020)，結果發現其能與 $CuCl_2$ 及 $FeCl_2$ 產生螯合反應，使木材呈現紅棕色及深棕色，並具有不錯之受熱顏色堅牢度及水洗顏色堅牢度。而筆者先前之研究亦發現 (Chang and Chang, 2019, 2018)，這些多酚類化合物亦具吸收紫外光與清除自由基之能力，因此，利用相思樹之多酚類化合物不僅可提升媒染材之顏色堅牢度，延長媒染材之染色效果，亦能減緩媒染材之劣化。

滿地紅葉的欖仁樹

欖仁樹 (*Terminalia catappa* Linn) 為使君子科 (Combretaceae) 欖仁屬 (*Terminalia*) 的植物。原產於臺灣及中國的廣東 (徐聞至海南島)、雲南 (東南部)，於馬來西亞、越南、印度、大洋洲、南美洲等熱帶地區海岸也很常見，多栽培作行道樹。欖仁樹為臺灣都市常見的行道樹及海岸造林植物。秋、冬季時，其葉子於落葉前會轉變為黃色或紫紅色，極為美麗。其種子可以入藥，曬乾的葉子，亦可用以治療肝疾 (Fan et al., 2014; Lin et al., 2000; 鄭武燦, 2000; 邱年永、張光雄, 1983)。

欖仁樹常做為行道樹與觀賞植物的首選，在冬季時期葉部由綠轉紅，有著與楓葉一樣的紅葉之美，但賞葉完後，隨之而來的是大量的落葉，形成了一種廢棄物。而其葉子抽出物中亦富含多酚類化合物，因此筆者便嘗試利用其落葉中的色素開發成天然的木材染色劑。由試驗結果發現，利用鐵離子、銅離子與鋁離子的媒染反應，欖仁樹落葉抽出物在木材染色上可呈現黑色、鐵灰色、棕色、淡黃色等多種顏色變化。

枝繁葉茂的菲島福木

菲島福木 (*Garcinia subelliptica*) 為藤黃科 (Clusiaceae) 福木屬 (*Garcinia*) 植物，廣泛栽植於臺灣全島低海拔地區。其葉子及果實等可再生部位含有豐富山酮類化合物 (Xanthonoids)、黃酮類化合物二聚體 (Biflavonoids) 及多酮類化合物 (Polyketides) 等多酚類化合物，具有抗氧化、抗發炎及抗菌等功效 (Inoue et al., 2017; Ito et al., 2013; Zhang et al., 2010; Wu et al., 2008, 2005; Weng et al., 2003)。亦由於菲島福木中豐富的多酚類化合物，使其汁液呈現鵝黃色，早期人們便利用其作為黃色染料使用。此外，因為菲島福木生長快且枝葉繁密，可作為不錯之防風樹種，因此於臺灣鄉村、海邊及一些園林皆常見其蹤跡。由於菲島福木在臺灣生長良好且快速，並具有一定之群落，若以社區林業或循環經濟角度思考，利用其可再生之枝葉甚或果實中的多酚類化合物作為染料，亦為一可行之方向。因此，筆者便先嘗試利用葉子抽出物進行媒染反應，發現其可呈現軍綠色、金黃色、卡其色等多樣色彩。

六、結語

自 1856 年，人類利用人工染料不過短短一百多年，便衍生出許多健康與環境問題，亟待尋求改善方案。然而，早在西元前 2600 年，人們便已會利用具有各種色彩的天然染料，輔以不同的染色工藝來滿足各式需求。而相較於人工染料，天然染料之生物可分解性佳，對地球環境的危害亦小，值得重新審視並加以利用。回歸自然並從自然中重新思索解決方案，開發可替代的綠色資源，是如今吾人可努力的方向。而由前述之介紹不難發現，在諸多植物中的可再生部位，亦或林木的加工餘料中，皆富含色彩豐富的多酚類化合物，並具有開發成天然染料之潛力。而若以循環經濟之角度思考，妥善地再度利用這些廢棄資材，在最終丟棄之前將其中的色素提取並加以運用，便可將其轉變成具有經濟效益之「天然特用化學品」，此亦能達到增值化利用之目標，並延長其生命週期。若再與社區結合，建立各種特色植物染坊，並結合各式生態體驗活動，將環境教育與體驗經濟合而為一，亦不失為另一種值得發展的綠金產業。

(參考文獻請逕自洽詢作者)