

# 生質柴油潛在樹木—水黃皮

文/圖 應紹舜 ■ 國立台灣大學森林環境暨資源學系名譽教授

## 一、前言

生質柴油(Biodiesel)是指植物性油脂或動物脂肪的柴油燃料組成的長鏈烷基(Alkyl)(甲基(Methyl)、丙基(Propyl)或乙基(Ethyl)、酯(Esters)。生質柴油只能應用於標準的柴油引擎內，生物柴油可以單獨使用，也可以與石化柴油(Petrodiesel)混合使用。美國國家生質柴油委員會(National Biodiesel Board)做出一個技術性的定義，認為生質柴油是一個單烷基酯(Mono-Alkyl Ester)。而其品質的標記以含生質柴油量為準，如B100顯示含有100%的生質柴油，B20則為含20%的生質柴油和80%石化柴油混合而成，而B2則內僅含有2%的生質柴油。

生質柴油是一種很好的替代能源，廣泛使用可以減少對產油國家的依賴；由於含硫及鉛量甚少，為一種能再生的潔淨能源；而且它不含苯類、芳香族烴類，因而沒有致癌的危機；生質柴油十六烷值(Cetane Number)較高，可改

善降低黑煙、碳氫化物、微粒及二氧化碳的排放，有利於環保及健康。因此在石油原油每桶接近美金100元，原油儲存量日見枯竭，世界各國莫不拼全力發展生質能源之際，台灣於2004年底由工研院能資所在嘉義民雄工業區成立「生質柴油示範工廠」，提供高雄市和嘉義市部分垃圾車和公車使用。環保署於2005年2月起推動「生質柴油道路試用計畫」，鼓勵各縣市



愛國東路水黃皮行道樹

使用生質能源，現有13個以上的縣市其垃圾車使用B20生質柴油。生質柴油廣泛被注意之際，在這裡特別介紹一種非常具有發展潛力，而較少為人們注意的台灣鄉土樹木—水黃皮。

## 二、水黃皮的學名及中名

[學名]: *Pongamia pinnata* (Linn.) Pierre ex Merr.。

[異名]: *Cytisus pinnatus* Linn.。

*Pongamia glabra* Vent.。

[中名及別稱]: 水黃皮、九重吹、水流豆。



台大校園水黃皮大樹



在台大一號館門前水黃皮大樹

## 三、形態特徵及分布

半落葉中喬木，樹皮灰褐色，上常有瘤狀突起；小樹枝初有毛茸，後逐漸光滑無毛。葉互生，奇數羽狀複葉，長18–28公分；小葉5–7枚，長橢圓形或卵形，長6–9公分，先端銳尖，基部圓鈍，革質，表面呈有光澤綠色，背面顏色較淡，全緣或略呈波狀緣；葉柄長5–7公分，基部略膨大，光滑無毛茸。

花多數，粉紅色至紫紅色，呈腋生的總狀花序排列；花序長6–27公分，直立或斜上升；花梗長7–15公厘，有細毛茸；花萼長4–5公厘，有細柔毛；旗瓣長11–18公厘，白色或淡紫色，下半部有一綠色中生的斑塊，背面有柔細密生的毛茸；龍骨瓣鈍。

果實為莢果，長4–8公分，寬2–2.5公分，略呈鐮刀形，先端具有突尖，成熟時不開裂，內藏種子一枚。

分布於印度、馬來西亞、澳洲、中國南部及琉球。台灣，則生長於蘭嶼、恆春、基隆及宜蘭一帶海岸地帶。

## 四、用途

(一)在台灣用得最多的為當景觀樹木，由於開花時繁花片片，極為美觀，通常種植於庭園、校園及公園以供觀賞；而其樹冠茂密，遮蔭效果極佳，有時也種植為行道樹(如愛國東路的部分路段)，台灣以此用途使用最多。

(二)海岸地區多用作為防風樹種，此乃由於其本性就適合於海岸地區生長，台灣地區沿海地帶亦常栽植。

(三)木材：具有中及粗的木理，其耐久性較



大安森林公園水黃皮結實情形

差，主要是易受昆蟲侵襲，鋸之則易撕裂；一般多不認為是一種良材。在印度多用於櫥櫃的製造，車輪(手拉車或馬車)，支柱，農用器具，木梳及工具的把手；在印度最常用作為燃料。

(四)飼料：使用水黃皮做飼料的意見不一；Troup(1983)曾認為其葉片可供牛羊食用，但在許多地區是不常做為家畜的飼料；根據Singh(1982)的研究，其葉片含43%的乾物質，18%粗蛋白質，62%中性洗滌纖維(Neutral Detergent Fiber)，40%酸性洗滌纖維(Acid Detergent Fiber)；從實驗中得知乾物質消化能力可達50%；種子榨油後，豆渣製成的豆餅也可做為家畜的飼料。

(五)樹皮：在菲律賓樹皮常用來做繩子；樹皮割破後會分泌出黑色樹脂(Gum)，可用以治療外部傷口。

(六)種子：種子可供榨油，長久以來，在印度及其他的原產地，將種子用機械壓榨法榨油約可取得25%的油量；而用粗放的壓榨法則僅能取得20%的油量；水黃皮油為一種略苦而帶有些微不愉快味道的不乾性油，不可供食用；在印度用來點燈或烹調的燃料油；也常用來做潤滑油，水性塗料膠合劑(Water-Paint Binder)、殺菌劑、製造肥皂及單寧工業上皆可使用。



水黃皮花開時



水黃皮未成熟莢果

(七)民俗療法上，水黃皮油也用於治療風濕病(Rheumatism)及人類或動物的皮膚上的疾病；當皮膚因白斑(Leucoderma)或結疤(Scabies)影響皮膚時，擦水黃皮油有助於增加色素的附著。

## 五、生質柴油的潛力

由於石油資源日見枯竭，價格也日益高漲，以及使用石油能源所帶來對環境污染衝擊。凡此種種，使得尋找適當的替代能源用於柴油引擎上，變得很急迫而需要去做的事情。由於有這種需要，植物性油脂應用於柴油引擎上就成為新的焦點。最近這幾年來，有一些研究者應用植物油脂及其生成的脂(Esters)或生質柴油(Biodiesels)應用於柴油機(Compression-Ignition Engine, CI Engine)的報告也越來越多。

對柴油機(CI Engine)而言，植物性油



(Vegetable Oil)是一種未來的燃料，因為它是可更新的(Renewable)，對環境友善的，在鄉下地區容易生產的。而使用不能食用的植物性油來做替代能源，則更具有意義，尤其是對發展中的國家而言；因為食用性植物油通常因人們大量需求，其價格自然是比較昂貴。水黃皮種子油及麻瘋樹(*Jatropha curcas* Linn.) 種子油就具有這樣的特質。

根據印度的研究(Mahanta, P., S.C Mishra & Y.S. Kushwah, 2006)水黃皮柴油曾製備，並相當廣泛地用來試驗對引擎的負荷(Engine Load)。結果顯示，15%–20%的水黃皮油甲基脂–柴油混合(Pongamia Methyl ester-Diesel Blend)(B15及B20)，在燃料的效率及動能發展上是一種較好的燃料。進一步研究發現，這種混合油可應用於任何存在的柴油機(CI Engine)上而不需預熱(Preheating)及其他的處理。水黃皮油利用鹼性觸媒轉脂化過程(Base Catalysed Transsesterification Process)在批式轉脂化反應爐(A Batch Type Transesterification Reactor)中而加以轉脂化，水黃皮油經轉脂化後顯示改善了其做燃料油的性質。結果顯示B15及B20混合油在制動熱效率(Brake Thermal Efficiency)及減少制動特殊燃料的消耗(Reduction in Brake Specific Fuel Consumption)，特別是較高的熱負載上，都獲得改善。排放廢氣試驗結果也顯示，使用B15及B20混合油不但可有意義地減少一氧化碳(CO)及碳化氫(HC)的排出的百分率，而且也能得到中及較高的能量輸出。

## 六、水黃皮的造林經驗

在台灣，水黃皮是一種景觀樹木，除了園

藝業者有些繁殖做為庭園樹，景觀樹木或行道樹外，並無專業性的造林或栽植。這裡引用一些印度造林的經驗，談談一些造林上的優點及應注意事項。不過，台灣地狹人稠，土地使用的面積有限，人工昂貴，是否能大面積造林還有待商榷。然而台灣有許多生質能源廠商有鑑於此，早已將生質能源植物，如麻瘋樹等，移地栽植於印尼或其他的地區，這倒是一項很好的選擇。這裡將印度對水黃皮造林的經驗簡敘如下，供讀者參考。▲

- 1.水黃皮係以種子繁殖，到目前為止尚未聽說有組織培養或生物技術苗木的使用但印度已經有人做這方面的研究，每一豆莢僅含種子一枚；100粒種子重約186.80克，而豆莢則重403.94克。
- 2.人工建造水黃皮林約在5年後便能開花結果實，種植10年後種子便能作商業性產出；生長良好的水黃皮樹種每年每株樹木約可產出100公斤或更多的新鮮種子，一直可維持到60–70年之久。
- 3.水黃可長成大樹，其主根長可達10公尺，因此可創造出永續性的碳匯(Carbon Sink)。
- 4.水黃皮生質燃料(Biofuel)造林地能較其生產一般燃料造林地固定更多的碳，是一種真正具有實質減碳的方法。
- 5.水黃皮能抵抗廣範圍嚴苛的氣候狀態，包括乾旱、輕度的霜害、洪水(Water Logging)、水分應力(Moisture Stress)及鹽分等。
- 6.水黃皮栽植可在特殊貧瘠的土壤進行，由於其主根系生長極為健全，可深入土壤層達10公尺，可吸收亞土壤層(Subsoil)的水分及養分；它又是豆科樹木，可固定空中氮素及碳素做為肥料；其固氮性質也在造林木的碳信用額(Carbon Credits)上是較好的。
- 7.水黃皮造林地的種子產油量較油椰子及麻瘋樹為高；種子的產量常隨樹齡增加而增加，這種情形一直可延續達15年之久。
- 8.水黃皮樹木壽命可達100年，而其商業性生產種子的年齡也可達60年。
- 9.林地對排水需求不高，由於是豆科植物不施肥或僅施少量的肥料。
- 10.水黃皮適合生長的氣溫約在攝氏0–50度之間。