



# 農林剩餘資材多元化利用

## 循循善用 |

撰文—林業試驗所  
何振隆、徐健國、徐光平

全球資源日益緊張、氣候變遷問題日益嚴峻的當下，資源的永續發展已成為世界各國共同關注的焦點。過去，產業發展常伴隨大量廢棄物產生，不僅造成資源浪費，更可能對環境帶來嚴重衝擊。然而，隨著循環經濟理念的興起，我們開始重新審視「廢棄物」的定義—許多被視為無用的副產品，其實都蘊藏著可被再利用的可能。

在農林業領域，這樣的「被忽略資源」更是比比皆是。從森林撫育過程中的修枝與疏伐、木竹材加工產生的刨花、鋸屑、樹皮與邊皮材，到農業生產中鳳梨葉、稻稈等作物殘體，這些傳統上多以堆肥、掩埋甚至焚燒等方式處理的剩餘資材，長期以來未被充分發揮其潛力。事實上，這些農林剩餘資材大多富含纖維素、半纖維素與木質素等天然高分子成分，若能加以妥善回收與處理，不僅可作為製紙、建材、生質燃料等原料，還能透過化學萃取與生物精煉等技術，衍生出精油、乳酸、木醣醇、香草精等高附加價值產品。更令人驚豔的是，這些資材甚至可跨域應用於藝術與文化創作，如：手工紙、浮水印設計與文創商品等。

於臺灣農林業生產活動頻繁，每年產生的農林剩餘資材數量可觀。如何循循善用、化腐朽為神奇，正是當前推動綠色轉型與地方創生的重要課題。本文綜整林業試驗所

1. 林地中的剩餘資材－疏伐修枝材。
2. 木材加工後的剩餘資材－刨花、鋸屑。
3. 木材加工後的剩餘資材－樹皮。
4. 木材加工後的剩餘資材－邊皮材。
5. 農業剩餘資材－鳳梨葉。
6. 農業剩餘資材－稻稈。

近年在農林剩餘資材多元化利用方面的研究與實作成果，從資材的成分與分類談起，深入探討其在化學、纖維與物理加工等領域的應用實例，同時延伸至藝術、文創、教育與國際合作的發展潛力。讓我們一同見證這場從「廢棄物」到「綠色黃金」的華麗轉身—不只是材料的轉化，更是價值觀的進化。

## 化廢為金的基礎：木質纖維材料的奧秘

農林剩餘資材之所以具備再利用的潛力，關鍵在於其內部所蘊含的「木質纖維成分」。木質纖維主要來自於植物細胞壁的結構，其核心由三大天然高分子所構成：纖維素、半纖維素與木質素。

除了三大主成分外，農林資材中也含有萜類、樹脂、果膠質、脂肪酸、蠟類與配糖體等抽出成分，這些小分子有時具備抗菌、抗氧化或芳香功能，透過適當的萃取與分析，也可成為天然精油、清潔用品或植物保健製劑的原料。

透過現代生質精煉技術，這些天然成分可以被分離純化，依據特性發展出不同用途。從材料到化工，從日用品到食品添加物，木質纖維與其衍生物正逐步展現出跨產業應用的潛力，重新定義我們對於「剩餘物」的認知與想像。

### 三大天然高分子

#### 纖維素 1

是植物體中含量最豐富的有機高分子化合物，具有良好的可再生性、可降解性與機械強度，是造紙、紡織、塑料及食品工業中廣泛應用的基礎原料。纖維素結構穩定且純度高，加工彈性大，是多項高值材料（如：奈米纖維素、纖維素醚、纖維素酯等）的來源。

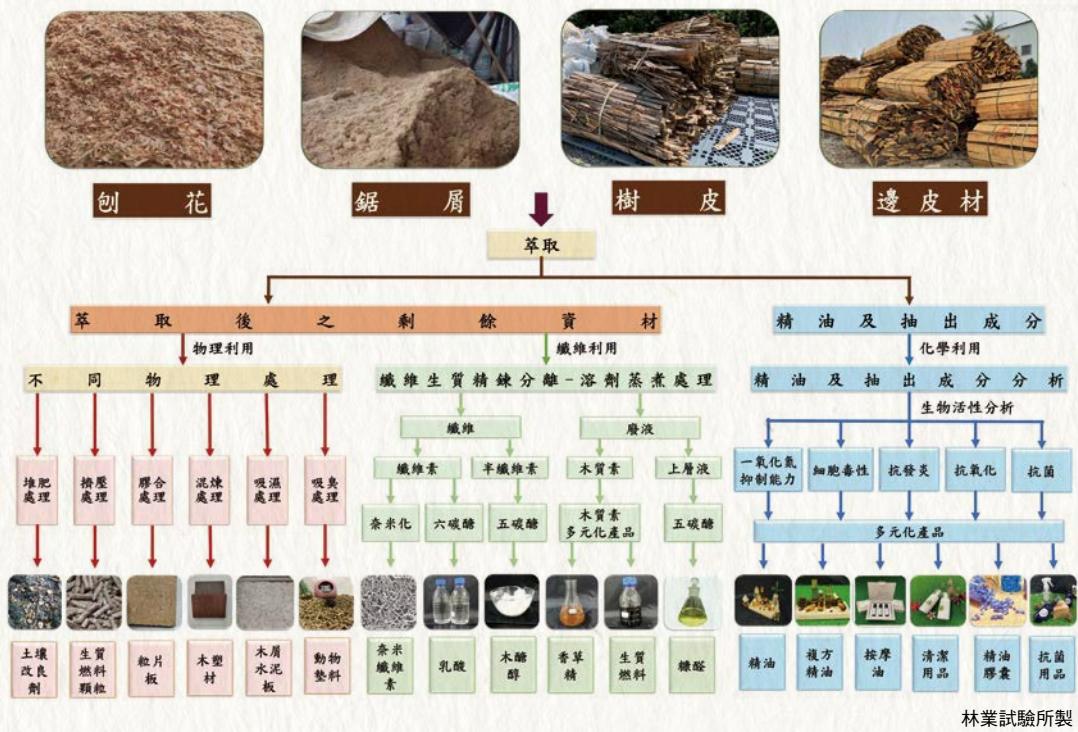
#### 半纖維素 2

是另一類異質性多醣化合物，存在於植物細胞壁中，與纖維素結合形成支撐結構。儘管其熱穩定性與機械強度不及纖維素，但其水解後所產生的五碳糖（如木糖）與六碳糖（如葡萄糖），可進一步轉化為生質化學品，如：木醣醇等產品。

#### 木質素 3

是具芳香環結構的高分子化合物，在植物體中負責加強細胞壁與抗微生物侵襲。過去常被視為造紙過程中的副產物，但近年研究顯示，木質素可透過熱解、氧化與化學改質，轉化為香草精等具高經濟價值的天然香料及化學原料。

## 臺灣國產材剩餘資材多元化利用



林業試驗所製

## 轉廢為寶的策略：多元化利用途徑

農林剩餘資材的多元化利用，關鍵在於材料特性的辨識與應用端的精準對接。依據剩餘資材的來源與性質，可分為以下3類再利用模式：化學利用、纖維利用與物理利用。不同方式對應不同處理技術與應用領域，下面逐一說明。

### 一、化學利用：從香氣到功能性添加物

化學利用是透過萃取與反應技術，從剩餘資材中提取精油與抽出成分，以生產高附加價值的產品。其應用產品包括：

- 香氣產品：**將萃取的精油置入擴香瓶、香氛蠟燭、線香、精油皂或香氛吊飾，提供天然香氣。
- 清潔用品：**以多種精油調製而成的產品，提供天然的香氣、抗菌、殺菌及去除異味等功能。
- 精油膠囊：**利用香氣精油膠囊技術，使香味釋放速率減緩，並使精油芳香氣味保持許久。



以剩餘資材萃製之精油產品。



以剩餘資材萃製之精油產品。



精油擴香瓶（精油類產品開發）。



茶樹抗菌噴霧（精油類產品開發）。



迷霧森林 - 香氛噴霧（精油類產品開發）。



複方精油防蚊噴霧（精油類產品開發）。



香氛精油微膠囊（精油類產品開發）。



香氛手工紙材料包（精油微膠囊類產品開發）。



香氛筆記本（精油微膠囊類產品開發）。



香氛滑鼠墊（精油微膠囊類產品開發）。

研究顯示，臺灣肖楠修枝後的枝葉，其精油富含多種活性成分。枝條精油的抗菌、抗氧化和抑制酪氨酸酶活性顯著優於葉部精油，主要歸因於其富含Ferruginol化合物。

- **抗菌用品**：以具有抗菌、抗氧化、抗發炎等特性之精油或抽出成分調製而成的產品，可保持身體、環境及物品的衛生和清潔。
- **藥品與保健品**：某些精油和抽出成分具有藥用價值，可用於開發相關藥品或保健食品。
- **食品添加劑**：具備天然防腐或增香作用之化合物，可開發為食品添加劑。

研究顯示，臺灣肖楠修枝後的枝葉，其精油富含多種活性成分。枝條精油的抗菌、抗氧化和抑制酪氨酸酶活性顯著優於葉部精油，主要歸因於其富含Ferruginol化合物。這顯示出臺灣肖楠枝葉精油在功能性產品開發上具有巨大應用潛力。

## 二、纖維利用：從紙漿到奈米纖維素

以木質纖維為主體的剩餘資材，最具代表性的再利用模式便是纖維轉化技術。過去傳統用途為造紙原料，現今已擴展至先進材料開發。

### ① 製漿造紙

於製漿造紙方面，早期多用於傳統紙漿原料，如：構樹、木片等，如今在技術演進下，已擴展至包括刨花、鋸屑、竹材、鳳梨葉、稻草等農林剩餘資材，發展出多元化的紙製品與文創應用。林業試驗所多年來致力於研發農林剩餘資材之再利用，已成功開發一系列使用上述資材製成的包裝紙盒、手工紙、紀念品與紙文具，不僅降低傳統紙漿原料成本，更展現臺灣在地森林資源循環的潛力與創意。

在眾多可利用之纖維原料中，鳳梨葉纖維因其獨特的物理與化學性質，逐漸受到本所重視與深入研究。林業試驗所近年積極推動農業剩餘資材的再生利用，發現鳳梨葉纖維具備低木質素、高纖維素含量、纖維細緻、蒸煮條件溫和等多項優勢，不僅有利於製漿程序的簡化，更能有效降低製程能耗，顯示其作為「綠色造紙新星」的潛力。

本所團隊進一步開發出以鳳梨葉纖維為基礎的手工紙張，並將其應用於藝術書畫、浮水印設計、禮品包裝等多個文

化創作領域。特別是在與藝術家及文創設計師的跨域合作中，鳳梨葉手工紙展現出獨特的質感與墨韻層次，深受使用者與創作者好評。

這項研究成果不僅提升了農業副產物的附加價值，也為臺灣在地素材的文化再造與環境永續發展創造新典範。未來本所將持續優化纖維處理技術，推廣地方化應用模式，並探索更多具備特色的農林剩餘資材，拓展其在教育、文創與產業鏈整合上的應用可能，實現資源循環與產業創新雙軌並進的願景。

## ② 奈米纖維素製備

透過TEMPO氧化法或高壓研磨等物理方法，可製得奈米級纖維素懸浮液，具備高強度、高透明性與優良成膜性。可應用於食品保鮮包裝紙材及複合材料強化劑等領域。

## ③ 纖維素衍生物

如：羧甲基纖維素、甲基纖維素等，可應用於食品增稠劑、藥片包衣、黏合劑與建材添加劑等。另可將纖維素進行發泡處理，以應用於清潔產品。

## ④ 香草精製備

以木質素為原料，透過鹼性氧化等化學反應，可轉化為香草醛並進一步製成香草精。此為天然香料的替代來源，廣泛用於食品、飲料與化妝品產業。



鳳梨麻與鳳梨麻抄製的紙所製作的手工紙月曆。



格拉辛紙製作的雷雕蝴蝶。



奈米纖維素製備。



纖淨 - 木漿纖維發泡材料。



左圖：乳酸。右圖：木醣醇。



生質燃料顆粒。



粒片板。



木塑複合材料。



3D 列印線材。



木製手機音箱。



剩餘資材顯影。



臺灣樹種尺。



檜箸 / 臺灣杉筷架。



木質剩餘資材文創小物。



剩餘資材再製動物墊料。

透過「循循善用」的理念，將農林剩餘資材轉化為高附加價值產品，實現「林廢成金」，不僅有助於解決資源浪費與環境負擔問題，更是推動資源永續利用與綠色經濟發展的關鍵基石。

### ⑤ 有機酸與糖醇

透過酵素水解與微生物發酵，可將纖維素轉化為乳酸，可應用於食品與醫藥。半纖維素則可轉為木糖，進一步製成木醣醇，是一種低熱量天然甜味劑。

### ⑥ 糠醛製備

來自五碳糖脫水反應所得之化合物，為製造樹脂、溶劑與化學中間體的重要原料，也具有潛力應用於可再生能源技術中。

這類利用模式已朝向精緻化與高機能化發展，成為植物性材料進軍精密工業與生醫領域的關鍵。

## 三、物理利用：從建材到綠能應用

相較於前述的化學與纖維加工，物理利用多以機械處理方式進行，適合中小企業與地方型加工場操作。

### ① 生質燃料顆粒

將木屑、竹屑等經粉碎、乾燥、擠壓處理製成燃料棒或顆粒。此類固態生質燃料具高熱值、儲運方便、排放低碳，為替代化石燃料的可再生能源選項之一。

### ② 粒片板與木塑複合材料

透過高壓成型技術，可將木屑與膠合劑、塑料或水泥混合製成建材板，用於牆面、地板、家具與隔音設備等。

### ③ 動物墊料與土壤改良劑

經高溫殺菌與吸臭處理的木屑，可用於寵物墊料；而經堆肥處理後的資材則可轉化為有機質土壤改良劑，回歸農田循環利用。

這類利用方式不僅能大幅減少廢棄物，還能強化區域能源與建材自給能力，是地方循環經濟的重要支柱。

## 展望綠色未來：循環經濟的實踐

林業循環模式的核心目標，在於實現資源的永續利用，並透

過科研創新、循環應用與再生減量等手段加以實踐。林業試驗所研究團隊長期致力於推動林業剩餘資材的高值化利用，並於各地設立實踐據點，如宜蘭蘇澳工業區之木工廠及嘉義研究中心的湧水剩餘資材活化中心等。此等循環場域不僅有效解決剩餘資材堆積與棄置問題，更透過技術研發與產業合作，將林業副產物轉化為各式高附加價值產品，如精油商品、手工紙、香氛用品與文創材料等。同時，這些場域亦結合觀光工廠與環境教育功能，成為推廣永續理念與自然教育的最佳平台，讓循環經濟理念更深入人心。

此外，為擴大綠色循環的社會影響力，本所亦積極運用社群媒體、技術短片、媒體報導與觀摩交流活動，讓更多民眾認識並參與循環經濟實踐，進一步提升全民對永續發展與資源再利用的認知與重視。

總結來說，透過「循循善用」的理念，將農林剩餘資材轉化為高附加價值產品，實現「林廢成金」，不僅有助於解決資源浪費與環境負擔問題，更是推動資源永續利用與綠色經濟發展的關鍵基石。隨著技術創新與政策推動的逐步深化，農林剩餘資材的多元化應用將持續開創更廣闊的永續未來。



研發團隊積極推廣農林循環觀念。