

生物炭在循環農業的應用、製作處理與注意事項

作物改良科 助理研究員 葉永銘 分機 225

前言

您是否曾為農場裡的剩餘資材感到困擾？這些看似無用的剩餘物，其實蘊藏著巨大的再生價值。近年來，偶有聽過「農業黑金」的物質——生物炭，正逐漸受到全球農業界的關注。生物炭不僅能有效處理農業剩餘物，更能改善土壤、提升作物產量，甚至為農場帶來額外的經濟效益。本篇將介紹生物炭的製作重點、應用方式，以及在使用時需要注意的事項，希望能善

用這項技術，邁向未來的永續循環農業。

生物炭：農業的「黑金」

生物炭 (Biochar) 是將農場裡多餘的生物質 (如稻殼、稻草、果樹枝條等)，在無氣或限氧的環境下，經高溫加熱炭化後，所產生的一種黑色、多孔固態物質。它主要用於改善土壤、幫助作物生長，並能將碳固定在土壤中，減少空氣中的二氧化碳，對環境非常友善，因此，被稱為農業的「黑金」。



▲圖 1. 生物炭綠色商品及果園枝條生物炭成品。

生物炭的製作方式

熱化學轉換有相當繁雜的要求及方法，但是炭化技術可以簡化成簡單易學方式，對於農民朋友來說，最實用且容易操作的是「上方點火向上通氣爐（TLUD；Top-Lit Up-Draft）」技術。這種爐具構造簡單、操作方便，優點是自起火點由上而下可以分成氣化、燃燒、熱裂解、烘乾及新鮮原料分層，氣化燃燒及炭化過程將最下層原料進行裂解並停止熱化學反應，能有效將農業剩餘物質轉化為生物炭。以下是製作生物炭的幾個關鍵步驟和注意事項：

原料選擇與前處理

可以製作生物炭的原料廣泛，主要以農場裡的生物質剩餘物，但是事前處理甚為重要，剛修剪樹枝或受潮之油茶殼無法直接製作成生物炭，因為一來水分含量過高(通常在30%以上)，二來可能有雜草或落葉參雜，皆會影響生物炭製備過程煙灰及水氣產生，故建議料源適當分類後，經過裁切及集運堆置，當水分含量低於20%，再來進行生物炭燒製，可以降低大量煙塵產生，並且因為利用物質本身具有熱值燃燒能力，燒製成生物炭程度也較能掌握。

前處理重點：

1. 靜置乾燥：如像枝條或木材原料可以存放於戶外，與地面隔離保持通風，即使下雨也僅止於表面潮濕，原料內部需要充分乾燥（水分含量低於15%更佳），過濕過潮皆會影響炭化效果，煙塵水氣變多容易造成空氣污染。

2. 分類與剔除雜質：儘量使用單一來源原料，並剔除雜物，像是水梨枝條、翻刀枝條，上頭有塑膠帶必須要逐一移除，以確保生物炭品質和生物安全性。
3. 適當裁切：將原料裁切成適合爐具大小的尺寸，確保裝料均勻，有利於空氣流通和炭化。



▲ 圖 2. 不同農場農業剩餘物質展示及靜置乾燥。

製炭原料如以油茶殼、稻殼、或綠竹粉碎物，相對枝條處理來源較為單純且均一，乾燥後熱值穩定，最易做為初學者燒製練習材料；若以油茶枝條、柑橘枝條及水梨枝條等做為料源，若枝條大小不一，則建議先以用途分類，如枝條直徑 20公分以上建議做為木板或木作原料，7-20公分可做為木作角料或薪材原料，3-7公分建議做為生物炭原料，0.5-3公分可做為生物炭原料或引火材，其餘則粉碎去化或木屑利用(如表1)。

表 1. 油茶及柑橘等枝建議用途分類

直徑 (公分)	建議用途分類
20 公分以上	木板木作原料
11 至 20 公分	木作角料 / 薪材原料
7 至 10 公分	薪材 / 生物炭原料
3 至 7 公分	生物炭燒製原料
0.5 至 3 公分	乾燥後引火材 / 生物炭原料 / 粉碎
0.5 公分以下	粉碎去化 / 木屑

製炭TLUD爐操作流程

上方點火向上通氣(TLUD) 爐原理是從上方點火，讓火焰向下燃燒，在缺氧環境下將生物質炭化。過程會產生可燃氣體，並在爐體上方進行二次燃燒，有效減少煙霧和焦油產生，達到環保效果。簡要操作步驟如下，並請搭配QR掃描影片解說：(條列式)



▲圖 3. 炭爐及集煙操作影音 QR 掃描

1. 設備準備：檢查爐體完整無損，準備耐熱手套、測溫棒和滅火用水源。
2. 裝料：將乾燥原料均勻裝入爐體約九分滿，確保空氣流通。
3. 點火：在爐體上方放置乾燥引火材料，點燃後蓋上爐蓋並安裝煙囪。
4. 燃燒監控：觀察爐體底部圓孔，當圓孔呈現火紅色或測溫棒顯示溫度達到目標時，準備熄火。
5. 熄火處理：取下煙囪，立即對爐內澆水

滅火，確保無殘留火源。此步驟關鍵在於快速降溫，保留生物炭碳結構，避免其繼續燃燒成為灰燼。

6. 成品處理：將冷卻後的生物炭倒出，晾曬約3天，確保完全冷卻和乾燥，之後可篩選去除未完全炭化部分或雜質。



▲圖 4. 剩餘資源油茶殼製作成油茶殼生物炭簡易流程。

製炭安全注意事項

製作生物炭時，安全永遠是第一位，注意事項：

- (一) 個人防護：全程佩戴耐熱手套、口罩和適當防護裝備，避免燙傷和吸入煙塵。
- (二) 通風環境：操作區域必須保持通風良好，避免在密閉空間內操作。
- (三) 防火措施：準備滅火設備，並遠離易燃物品。避免在強風或高溫乾燥天氣操作，降低火災風險。
- (四) 煙氣處理：必須建議在通風空曠處操作，並確保煙氣排放符合環保要求，避免有鄰里投訴紛爭。

生物炭的好處: 環境與經濟雙贏

將農業剩餘物轉化為生物炭並埋入土

壤具有環境減碳效益，主要是因為植物自空氣擷取二氧化碳形成枝幹等生物質，這些生物質經由風化分解或焚燒，會把二氧化碳回歸到大氣中，吸收及排放相抵為零碳循環，將枝幹等生物質製成生物炭，則將生物質一部分的碳固定在生物炭中，生物炭的碳則長期穩定保存在土壤中，每10年還能維持8成不崩壞，相對於生物質分解或焚燒，二氧化碳不會逸散回歸大氣，降低二氧化碳排放，可以直接對抗溫室效應，減緩氣候變遷。

生物炭憑藉其獨特的多孔結構，可以提高土壤肥力、保水及保肥能力，減少化肥與灌溉用水的需求，幫助農民有效降低生產成本。同時，肥沃健康的土壤讓作物生長更強健，不僅提高產量，還能提升品質，進一步增加收益。更值得一提的是，那些原本需要花錢處理的農業廢棄物，搖身一變成為有價值的生物炭，既節省處理費用，也創造額外收入。隨著碳交易市場的蓬勃發展，生物炭的碳固存效益更是讓農民有機會將固定下來的碳轉成減碳績效，成為全新的經濟來源。

生物炭應用方式與注意事項

- (一) 直接施用於土壤：將生物炭均勻撒佈在農田表面，透過翻耕或淺層混入土壤中，確保與土壤充分接觸。建議在作物種植前或休耕期間施用。
- (二) 與堆肥或有機肥混合：將生物炭與禽畜糞便、作物秸稈等一同進行堆肥發酵。生物炭多孔結構能為微生物提供良好棲息地，加速堆肥腐熟，並吸附氨氣，減少養分損失和異味。這種生物炭複合肥能同時提供養分和改善土

壤結構。

- (三) 作為育苗介質：將生物炭按一定比例（例如5%）混合到育苗介質中，改善介質透氣性和保水性，促進種子發芽和幼苗生長。
- (四) 施用生物炭的注意事項：

雖然生物炭好處多多，即使大部分栽培研究都是正面效果，但在使用時仍有幾點需要特別留意，才能確保安全有效。來源要可靠，確保生物炭原料來源清潔無污染，避免有害物質摻入。注意土壤酸鹼值，因為生物炭通常偏鹼性，施用前瞭解土壤pH值，適量施用，避免過量導致土壤pH值過高。建議施用量通常是土壤重量的2%以內（重量比），過量也可能影響土壤養分平衡。可從小範圍試驗開始。生物炭必須與土壤充分混合，特別是作物根系分布區域，確保均勻分布。生物炭對於土壤改善是長期過程，效果不會立竿見影，建議持續觀察施用後土壤和作物變化，並根據實際情況調整施用策略。

結語

生物炭作為循環農業中的重要技術，提供將農業剩餘物質轉化為寶貴資源的機會。它能改善土壤健康、提升作物產量，並為環境保護和農場經濟帶來雙重效益。雖然生物炭應用有注意事項，但只要掌握正確製作方法、選擇合格原料、安全的操作流程及合理施用，將農業剩餘物質油茶果殼、油茶枝條、水梨枝條或柑橘枝條善加利用提升附加價值，解決農業剩餘物質未能有效利用及任意燃燒農業廢棄物問題，可以走向更永續、更豐饒的農業未來，讓農業廢棄物不再是負擔，而是創造價值的「黑金」！