

# 炭化稻殼 於極酸性茶園土壤之應用

撰文 | 茶及飲料作物改良場 江致民、蘇彥碩、劉天麟

## 前言

近年來，全球農業逐漸朝向「永續生產」與「循環農業」發展，如何兼顧作物品質、土壤健康與環境保護，已成為重要課題。臺灣茶產業面臨土壤過度酸化及肥料利用效率不佳等問題，影響茶樹生育與茶葉品質。另一方面，稻米產業每年產生大量稻殼副產物，若未妥善利用，容易造成資源浪費。

近年來，將稻殼經高溫炭化後製成炭化稻殼（Carbonized Rice Husk）之應用逐漸受到重視，將炭化稻殼應用於茶園管理，不僅能有效利用農業剩餘資材，更兼具改良土壤、改善土壤過度酸化問題、提升肥料利用率及增加碳固定等多重效益，作為促進土壤健康與降低環境負荷的重要技術之一。

## 臺灣茶園土壤酸鹼值現況

茶樹適合生長之土壤酸鹼值（下稱pH值）範圍約介於4.0至5.5，屬於嗜酸性作物，意即茶樹在強酸性土壤（pH

值介於4.5 - 5.0）環境下可生長良好，以至於茶樹容易被誤認為適合生長在越酸越好的土壤環境，但茶園土壤因施用化學肥料而導致土壤過度酸化，已逐漸成為茶園管理的重要問題。

以茶改場111年分析的75位茶農送測土壤樣本為例，其中有23件土壤pH值低於4.0（占比為30.6 %）；而112年分析的55位茶農送樣土壤樣品中，更有30件屬於pH值小於4.0之極酸性土壤（占比為54.5%），顯示茶園酸化問題有逐年增加趨勢。部分高山茶區甚至測得pH值僅2.8至3.1之超酸性土壤（Ultra acidic soil，pH值小於3.5）。

依據土壤調查報告顯示，在臺灣高山地區的茶園土壤pH值普遍接近4.0，若因種植作物長期施用化學肥料則容易產生土壤pH值低於4.0的問題土壤，形成茶樹不宜生長之所謂極酸性土壤（Extremely acid soil，pH值介於4.5-5.0），造成問題包含：養分有效性下降、鈣與鎂等鹼性陽離子流失、土壤結

構劣化、有益微生物減少，導致茶樹生長勢下降與品質受影響。

此外，極酸性土壤亦易造成農民必須提高



高山茶園普遍存在屬極酸性且硬質地的土壤。

施肥量才能維持產量，進一步增加肥料成本與非點源污染風險，形成惡性循環。因此，建立有效且環境友善之土壤改良措施，已成為茶園永續經營的重要課題。

## 炭化稻殼之應用

### 簡介及優勢

炭化稻殼是將稻殼經高溫炭化後所形成之炭化資材，具有下列特性：富含穩定碳源、pH值為鹼性、具保水與保肥能力、可作為微生物附著介質、有助農業剩餘資材循環再利用。與傳統石灰相比，炭化稻殼之酸鹼調節作用較為緩和，可避免短時間pH值劇烈變化對茶樹造成不利影響（如表1）。在茶改場以楊梅區試驗土壤的試驗顯示，當土壤pH值為3.89時，若欲調整至pH值為4.0，約需添加0.15%石灰或1.6%炭化稻殼（如表2），兩者皆具有改善酸性土壤之能力。

表1. 茶園施用炭化稻殼與石灰資材之特性比較

| 比較項目        | 炭化稻殼               | 石灰資材（苦土石灰、農業石灰等）         |
|-------------|--------------------|--------------------------|
| 主要成分        | 碳、有機質、矽、鉀、鈣、鎂      | 碳酸鈣、氧化鈣、碳酸鎂等             |
| 性質          | 弱鹼性、多孔性資材          | 強鹼性礦物資材                  |
| 提升土壤 pH 值效果 | 緩和                 | 快速                       |
| 促進土壤團粒      | 改善土壤結構與孔隙          | 效果有限                     |
| 微生物的影響      | 促進微生物多樣性           | 過量會抑制部分微生物               |
| 保肥效果        | 良好                 | 低                        |
| 碳匯效果        | 有                  | 無                        |
| 常見用途        | 提升土壤健康、改良極酸性、增加有機碳 | 快速調整土壤 pH 值、補充鈣鎂養分       |
| 對茶園適用性      | 佳，較溫和              | 中等，需精準控制施用量<br>過量易造成鹼化問題 |
| 成本          | 較高                 | 較低                       |

表2. 試驗土壤添加不同資材調整至目標pH值所需施用量

| 試驗區 / 初始 pH | 資材種類 | 調整後 pH 值 |       |
|-------------|------|----------|-------|
|             |      | 4        | 4.5   |
| 楊梅 /3.89    | 炭化稻殼 | 1.60%    | 16%   |
|             | 苦土石灰 | 0.15%    | 0.37% |

表3. 利用炭化稻殼改良茶園土壤之優勢

| 優勢      | 說明                                                                 |
|---------|--------------------------------------------------------------------|
| 中和土壤酸性  | 提升土壤 pH 值                                                          |
| 增加土壤保肥力 | 炭化稻殼具高陽離子交換能力，能在強淋洗的茶園環境中保留養分，提高土壤中有效性鉀（K）、鈣（Ca）、鎂（Mg）的含量，供給茶樹生長所需 |
| 改善土壤結構  | 提高有機質含量，有助於土壤團粒化，改善通氣性，為茶樹根圈提供良好環境                                 |
| 促進微生物活性 | 土壤微生物菌屬豐富度增加，提高微生物多樣性，促進有機質養分之利用率                                  |
| 實踐循環農業  | 農業剩餘物質加值化利用，將農業剩餘稻殼轉化為高價值土壤改良資材，實現「零廢棄」的友善耕作理念                     |

然而，由於茶樹為嫌鈣作物，短時間施用過多的苦土石灰雖然可使土壤 pH 快速上升，其施用的鈣含量過多易導致抑制茶樹吸收鐵、錳養分並影響茶湯風味，若採取炭化稻殼的改良方式則較溫和且多用途。整體而言，炭化稻殼施用於茶園土壤具有以下應用優勢：

中和土壤酸性、增加土壤保肥力、改善土壤結構、促進微生物活性、實踐循環農業（如表3）。

### 炭化稻殼施用於茶園之實例介紹

茶改場於114年度進行極酸性土壤施用炭化稻殼之土壤培育試驗（incubation experiment），並於北部分場進行田間試驗，評估其對極酸性茶園土壤之影響。

#### 1. 土壤添加不同量炭化稻殼之測試

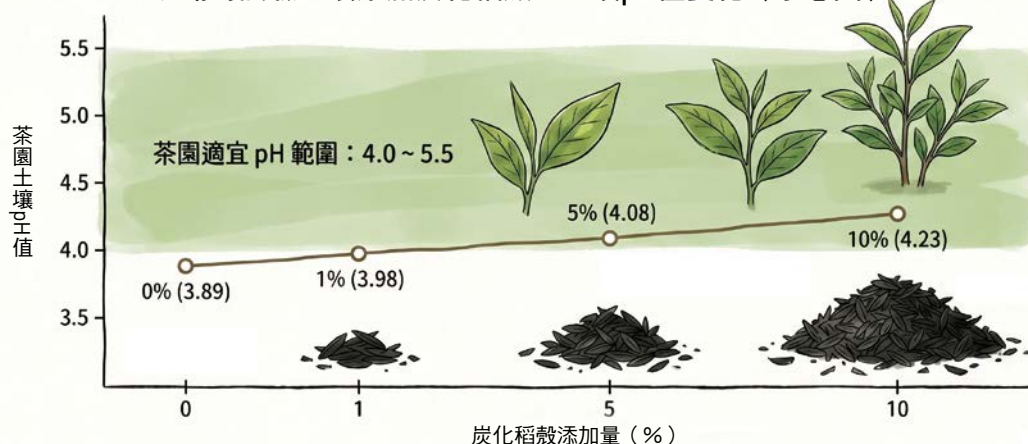
為了解炭化稻殼添加量與極酸性土壤 pH 值變化之相關性，進行本項實驗室內之培育試驗，試驗土壤取自茶改場總場試驗茶園（桃園市楊梅區），其土

壤原始 pH 值為 0.89，分別添加不同比例的炭化稻殼進行乾溼交替之培育試驗，添加量為 0、1、5 及 10%，分別在培育 1 個月及 2 個月後測量土壤的 pH 值、EC（電導度）。研究顯示，添加炭化稻殼後 1 個月內，土壤 pH 值有明顯上升現象，且添加量越高，pH 值提升越明顯。此外，施用炭化稻殼後土壤電導度亦有增加趨勢，顯示土壤中養分離子含量提高。然而，觀察至 2 個月後 pH 值有下降趨勢，推論與土壤的 pH 緩衝能力有關，故無法長期維持較高的 pH 值。

#### 2. 田間施用情況

田間試驗為 114 年 8 月 18 日開始在茶改場北部分場（臺北市坪林區）進行，規劃進行至少 2 年的田間試驗，本試驗使用的炭化稻殼及大豆粕皆為市售資材，於茶園進行 4 種處理，分別是不施肥、施用炭化稻殼 45 公噸/公頃（添加 2% RHB）、施用炭化稻殼 22.5 公噸/公頃（添加 1% RHB）與大豆粕 40 公斤/公頃、施用大豆粕 80 公斤/公頃。在 114

以楊梅試驗土壤添加炭化稻殼之土壤pH值變化（示意圖）



年9月16日（秋茶時期）採取表土及底土，測量土壤的pH、EC、有機質及營養元素。炭化稻殼田間施用方式為均勻撒布後進行表土約20公分的翻耕，使其根圈土壤充分混合並避免資材流失。

結果顯示，施用炭化稻殼之田間土壤pH值並無明顯增加，顯示田間茶園土壤環境較複雜，導致田間土壤採樣後不易檢測到明顯地pH值變化，相較之下，培育試驗在精準控制條件下，可觀察到施用炭化稻殼對土壤pH提升之效果。炭化稻殼處理之茶園，其百芽重與小區產量皆較對照組增加，且與有機肥處理組無顯著差異。在茶芽性狀調查中，炭化稻殼處理亦具有良好茶芽密度與茶稍生長表現，試驗初期製作秋茶之茶湯感官品評與有機肥處理無差異。另有研究指出，施用炭化資材可提升茶葉品質相關成分，如茶多酚與胺基酸含量，並增加土壤中有益微生物活性。因

此，炭化稻殼除了改善土壤性質外，也具有提升茶樹生長與茶葉品質之潛力。



炭化稻殼密度低，施用後建議進行翻土，避免因降雨而流失。（試驗地點為茶改場北部分場）

## 結語

面對臺灣茶園日益嚴重的土壤酸化問題，炭化稻殼的應用可望成為茶產業邁向永續發展的關鍵措施。相較於傳統使用石灰資材可能因土壤pH 值快速變動而影響茶樹對微量元素的吸收，炭化稻殼提供了一種更為溫和且多功能的改良途徑。在實際的田間應用中，施用炭化稻殼可改善土壤環境，亦可促進茶樹生長，其產量可維持與施肥區相近。

在土壤健康管理方面，炭化稻殼於茶園之應用具有多項優點，並呼應美國農業部（USDA）提出之土壤健康（Soil Health）4大核心原則：

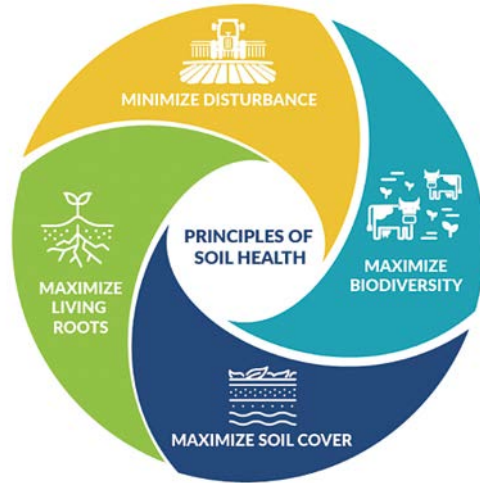
### 1. 最大化活性根系存在 （Maximize Living Roots）

改善根圈土壤環境條件，在極酸性茶園中，炭化稻殼之鹼性特性可以中和過低的土壤pH值，降低植物根尖對鋁毒害的傷害，提高茶樹根系活性。

### 2. 減少土壤干擾 （Minimize Soil Disturbance）

炭化稻殼屬於相對穩定的碳資材，其碳結構不容易快速分解，有助於土壤團粒的形成以維持土壤物理性質，農民不需要頻繁施用大量改良資材，減少對土壤的干擾。

## 美國農業部（USDA） 針對土壤健康提出的4大核心原則



網址：[www.nrcs.usda.gov/conservation-basics/soil/soil-health](http://www.nrcs.usda.gov/conservation-basics/soil/soil-health)

### 3. 增加土壤覆蓋 （Maximize Soil Cover）

炭化稻殼的保水特性可避免裸露地的水分散失，在大雨時，又可降低土壤沖刷與侵蝕，形成良好的土壤覆蓋。

### 4. 提升生物多樣性 （Maximize Biodiversity）

炭化稻殼具多孔結構，施用此類炭化資材後，土壤中的微生物菌相會增加，並增進微生物活性及促進養分循環。

整體而言，施用炭化資材的核心價值在於落實「土壤健康」與「循環農業」的結合，透過將農業剩餘的稻殼轉化為高價值的炭化資材，不僅能改善茶園土壤極酸性的問題、提升微生物活性及提高養分利用率，進一步導向農業淨零排放與永續發展目標。🌱