

新一代稻草再利用與處理技術之初探

—給稻草另一種生命

文圖 | 洪秀良·蘇宗振 農糧署糧食生產科

在台灣露天燃燒稻草的事件日趨嚴重，農糧署因而積極進行稻草再利用與處理技術可行性評估，希望找出稻草再利用的途徑，除善用資源外，也可增加農戶收入，同時為環保盡一份心力。

一. 前言

水稻 (*Oryza sativa* L.) 是國人主食亦是栽培面積及產量最大的作物，而水稻收割後殘留在田間，除了稻樁 (約 15%) 外，其他莖稈和葉之稻蒿 (俗稱稻稈或稻草)，約占 85%。在台灣露天燃燒稻草的事件日趨嚴重，雖然政府三令五申，卻屢見不鮮，其產生的煙霧已成為空氣污染及影響交通安全的原因。

以往稻草在資源匱乏的時代，為一珍貴的替代資源，包括作為燃料、肥料、飼料及建築用料等，是農村重要的農業資材來源。但近年已逐漸被天然氣、化學肥料、進口芻料及新建材等產品替代，故其重要性也已被取代，甚至被排除在農業生產的循環體

系之外。

另一方面，農民反應，將稻草直接切碎掩埋，其發酵時間較長，對於國內第 2 期作收穫後至隔年第 1 期作插秧前，採用切碎掩埋稻草，作為有機質供應來源，農民尚可接受；但每年第 1 期作水稻收穫後至第 2 期作插秧期間短，稻草沒有充足時間腐爛，不但沒有增加農地有機質，反而影響秧苗的發育及造成排水口堵塞問題。故就地燃燒就變成一種農民所選擇具省事又不影響農時的方法。

行政院農業委員會農糧署積極進行稻草再利用與處理技術可行性評估，希望找出稻草再利用的途徑，除善用資源外，也可增加農戶收入，同時為環保盡一份心力。基此，提供目前稻草利用方式及介紹未來相關產品的開發與利用，也希望能集思廣益，廣納意見，為稻草提供更有效的再利用方法。

二. 我國稻草傳統再利用方式

稻草的生產比例與水稻所收穫之稻穀為 1:1，也就是說，生產多少量的稻穀就有相同重量的稻草。以 97 年



為例，台灣地區 1 年 2 期作生產 145 萬公噸稻穀，也就產生 145 萬公噸的稻草（表 1）。經統計全國各縣市稻草處理方式，依序為（一）就地翻耕掩埋（73.99%）；（二）作物栽培覆蓋（11.47%）；（三）焚燒（7.76%）；（四）其他處理—工藝製品（2.92%）；（五）堆肥（2.54%）；（六）育苗栽培介質（0.78%）；（七）倉庫墊料（0.53%）。分項說明如下：

（一）就地翻耕掩埋

稻草的生產量大約與稻穀的產量等量，1 公頃大約有 5 - 6 公噸，是國內最大量的作物殘體，是一種廢棄物也是一種資源。

稻草含有有機質成分約為 90%，碳氮比值高，含有大量纖維質及氮、磷、鉀等植物營養成分；每公頃稻草大約可以提供氮素 28 公斤，磷酐 10 公斤，氧化鉀 63 公斤，連續掩埋稻草可增加土壤有機質及氮、磷、鉀、鈣、鐵的含量，而土壤中矽含量則可大幅增加，將有助於防止水稻倒伏及減輕病蟲害的為害。因此，在水稻收穫時可藉由聯合收穫機將稻草切碎，就地均勻撒布於田面，曝曬 3 - 5 天後，在田區乾燥的環境下進行第一次整地時將稻草翻埋土中分解。

（二）作物栽培覆蓋

豆類及果菜栽培初期可利用稻草

為覆蓋材料，覆蓋後的稻草會自然腐化成土壤養分，不但無塑膠布會造成環境污染問題的缺點，而且有助於田地透氣及灌溉作用，例如宜蘭縣的青蔥種植皆利用稻草來做覆蓋材料。

（三）焚燒

由於翻耕掩埋需要一段時間的自然腐爛，農民為求省工迅速，往往利用焚燒來處理稻草，也會產生空氣污染及消防安全的顧慮。尤其靠近道路邊焚燒所產生的濃煙密佈，妨礙行車視線容易造成

道路交通事故，同時焚燒所產生的二氧化碳及其他有毒氣體亦會增加地球溫室效應及吸入廢氣者身體之不適。

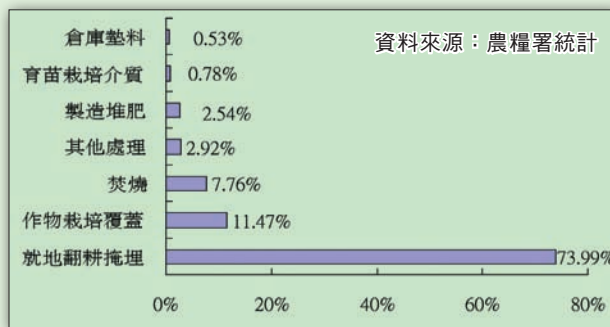
環保署公告實施的「空氣污染防治法」規定露天燃燒稻草造成空氣污染，將處新台幣 5 仟元以上 10 萬元以下之罰鍰，倘若因露天燃燒稻草產生濃煙影響用路人之行車視線造成車禍及人員傷亡還需負擔刑事責任。

（四）紙漿原料及工藝製品

台灣早年使用的黃色粗紙即是利用稻草製作，如能改進製程或開發多元利用，也能增加稻草利用率。此外，稻草亦能製作草繩、草袋、草蓆、鋪蓋屋頂及包裝材料、童玩等。

（五）堆肥

利用稻草以堆肥方式製成有機肥料之方式目前有 3 種形式，分別為簡易



堆肥箱、簡易通風堆肥舍及自動化堆肥製造設施等 3 種，所產製之有機堆肥，可補充或增加土壤有機質、增進土壤構造、涵蓋水分能力，及土壤肥力等功效。

(六) 育苗栽培介質

利用稻草加上纖維素分解菌堆積或以稻草堆肥（20% 雞糞與 80% 稻草）可以當作洋菇及雞腿菇之栽培介質，另培育水稻秧苗亦可利用部分稻草作為介質。

(七) 倉庫墊料

乾淨的稻草可當作倉庫及畜禽舍之墊料，亦有養鴨場利用稻草作為育雛墊料，以防止地面潮濕使雛鴨弄濕羽毛等功效。

三. 新一代再利用及處理技術

(一) 壓製成塑合板

利用稻草取代傳統使用的原木粒片原料，尚必須就稻草之理化性，進行各種塑合變數的選取與原料配比調整試驗，以探尋最佳產製條件，並確定所開發試製再生稻草粒片板產品的性能與可用性。農糧署近年來與工業

技術研究院合作開發多款稻草產製品，如「稻草粒片板」及「電子相框」等以應用於包裝材料或相關產品研發及利用，並以「一種稻草整序鋪裝的熱壓塑合方法」申請專利（圖 1），未來技轉廠商共同開發市場。

(二) 稻草固態衍生燃料 (RDF)

固態衍生燃料 (RDF) 技術是一種將可燃性廢棄物製造成燃料的技術，是經由破碎、分選、乾燥及造粒等程序，將廢棄物中的可燃分製成性質均勻的固態衍生燃料，亦稱再生燃料 (Densified Refuse Derived Fuel, d-RDF 或 RDF-5)。經此程序所製成的固態衍生燃料，其性質已與原廢棄物大不相同，是一種具有高熱值、可儲存、易輸送、性質均勻、燃燒穩定及低污染等諸多優點的燃料，可分散製造並集中應用（圖 2）。

(三) 生質燃料 (Biofuel)

近年國內嘗試推動利用能源作物產製生質燃料，即以油料作物、澱粉或糖質作物之油脂、澱粉或糖質作為原料（第一代生質燃料），經轉酯化或水解醱酵等生物化學轉換技術，分別產製生



圖 1. 以稻草為原料所製成的電子相框、鏡框及地磚等



圖 2. 稻草固態衍生燃料
(照片提供 / 中央大學蕭述三教授)

質柴油或生質酒精，惟經評估結果，國內產製成本太高，能源投入產出率低，不符經濟效益。為此，國內專家學者業已加強研發第二代生質燃料，即利用農業廢棄物（稻草）、非糧食作物之纖維作物等，供產製生質能源之技術（圖 3）。目前行政院原能會核研所正積極研究利用稻草纖維產製生質酒精技術，且已有初步成果，倘能進入量產階段，即可去化大量的稻草及減少稻草焚燒問題。

（四）熱化學轉化工程

為一種利用纖維素直接經指熱解（pyrolysis）技術，在無氧的情況下，以高溫（ $>200^{\circ}\text{C}$ ）產製焦炭、燃油和燃氣的過程，由於不同生物質的化學組成不同，且熱解反應過程差異，其產物需再經過適當的分離與修飾，但為目前生質燃料研究新焦點。

四. 現階段遭遇問題

稻草露天燃燒問題的出現，代表我國尚無適當的解決替代方法。因此，將稻草視為再生資源，積極研究其替代或轉化或解決集運及貯存等問題，相關重要的研究課題如下：

（一）替代或轉化方式

目前稻草再利用的方法及型式包括製作有機堆肥、草蓆鋪料、草繩、壓製成燃料棒、生質酒精、工藝品及粒片板等，由於原料集運、製作技術及產銷等問題，尚無法大量去化每年所產生的稻草。如何尋求有效率且低投入的替代或轉化方法，是未來國家

生質能源科技及產業可進一步發展且能拓展國際合作的機會。

（二）稻草集運問題

1. 收集：台灣農地經營規模面積小且分布廣，機械操作費時、費工，如以每公頃利用 4 - 5 人次捆紮需 2 - 3 天，所需費用約 3.1 萬元；以機械打包機收集則需 1 - 1.3 萬元（圖 4）。

2. 運輸：由於稻草蓬鬆，不易集中，如需運輸則需先將其打包固定，再利用貨車運輸到利用場所（圖 5）。

3. 儲放：稻草儲放需兼顧到場地面積、保持乾燥及消防安全問題。

4. 價購：目前南部（如雲林一帶）堆肥場收集稻草作為堆肥使用，一般每分地提供農民 350 元或是 1 包肥料作為補償。



圖 3. 稻草產製生質酒精—酒精蒸餾與純化系統（照片提供：核研所）



圖 4. 稻草圓形打包機

五. 因應措施

(一) 稻草有機質還田

稻草中含有氮、磷、鉀及各種微量元素，經腐解可以成為很好的有機肥料，同時，現地切碎掩埋可將稻草的收集及加工等環節減少到最低，符合「分散收集、分散利用」的原則。此外，將稻草切碎掩埋，不但可以增加土壤養分，還具有增強土壤保水力、調節土壤溫度及改善土壤理化組成等功效。因此，還是鼓勵農民採用。

(二) 改善稻草替代或轉化方法及提升效率

稻草利用問題涉及農業、能源、環境、材料及生態等領域，其利用方式必然是多途徑、且多種技術層面共同整合的結果，如以環保考量，可製造環保板材或利用於生態農牧業；如降低飼養成本，將稻草進行適當加工處理後，可改善質地粗硬、適口性差、營養價值不高且不利消化的缺點，可作為飼料添加劑，有效提高飼料營養物質的含量及消化利用率；如對土壤改良作用，可產製有機肥或天然纖維產品；如為替代能源，可作為生物質的料源產製生質燃料。隨著科技的發展與技術成熟，稻草資源的再利用與效率提升，並符合經濟性要求，相信是指日可待。

(三) 規劃稻草轉運中心之構想

為善用稻草資材提升農業效益，建構及強化稻草資材之流通體系應是當務之急，可研擬農村稻草集中處理及集運的最適模式、稻草乾燥處理方式，規劃稻草資源的主要流通方式，於收割之農田收集後，運送至農會管轄或指定之場所，可由有機業者或需求者購買；亦可經適當前處理及包裝後，運送至生產商產製特定之稻草產品，再由銷售通路販賣於使用者。

六. 結語

全球氣候暖化趨勢日漸明顯及「節能減碳」的共識，由各國採行之因應策略來看，未來農業應朝環境友善的耕作

模式，即減少化學肥料的施用，增加有機肥的利用。長遠來看，將稻草切碎掩埋是符合生態農業發展的趨勢且是必須要走的路，今後將以提高現

有利用效率為目標。

另外，隨著全球經濟的快速發展，化石燃料日趨減少，尋找新的替代能源是世界各國重視的議題。稻草作為可再生質源具有分布廣和數量足夠的優點，在我國每年約生產稻草 130 - 140 萬公噸，政府相關部門如何充分利用這龐大數量的再生資源，並持續重視及研發解決技術，相信會有越來越多的高效率技術走出實驗室，走向商業化。豐



圖 5. 稻草運輸方式