

起爐基料之選擇及高濕玉米穗軸對燃燒爐性能之影響

Selection of Ignition Mediums to Burn High-moisture Corncobs in a Biomass Burner

國立台灣大學農機系教授

馮 丁 樹
Din-Sue Fon

國立台灣大學農機研究所碩士

王 岱 淇
Day-Chyi Wang

摘 要

在臺灣高濕氣候、高土地利用條件下，玉米常在高含水份的情況下收穫，而為適應乾燥設備的使用，其脫粒作業常在乾燥中心附近進行，高濕的穗軸因而大量堆積，對環境造成嚴重污染。為此農委會於民國七十五年自美國引進一套Sukup 378 Mcal/Hr之穗軸燃燒爐一座，置於種苗繁殖改良場，其每小時能量約可焚化120公斤乾穗軸。其後並裝配玉米穗軸貯存倉與進爐輸送設備及熱能回收裝置，以利用其餘熱導入乾燥倉中進行乾燥。其後亦利用相同原理仿製一台，設在義竹鄉農會進行實地操作。但隨後發現因脫粒後之玉米穗軸相當潮濕，初期以生質燃燒爐作焚化處理時，有點火不易及影響燃燒效率之現象。

本文之目的在利用種苗場之穗軸燃燒爐，針對高濕穗軸，以不同水分含量之玉米穗軸作為燃料進行燃燒，探討點火基料型式之設計對燃燒爐起爐的影響，以解決點火起爐不易的現象，並分析其對燃燒爐之燃燒情形所造成之影響。利用此一試驗，同時設法克服現存穗軸水分含量過高的問題，以期這種型式之燃燒爐能適用於國內其它農業廢棄物處理。

實驗發現，以16公斤的乾穗軸為點火基料，進料量為每分鐘1公斤時，爐體對穗軸含水率可承受至38%。若以30公斤的乾穗軸為點火基料，進料量為每分鐘1公斤時，爐體對穗軸含水率可承受至52%。以溫度而言，爐內溫度以600℃以上時，在高濕燃料送入過程，較能確保起爐的順利。研究中亦發現，欲以稻殼混合高濕穗軸以降低總含水率，並解決點火不易的問題，是不可行的。

關鍵詞：燃燒爐，玉米穗軸，含水率，點火基料。

ABSTRACT

The handling of agricultural biomass products is a serious topic we have to face nowadays, namely the rice hulls and corn cobs that are continuously collected at some farmers' associations through the receiving of either wet ear corns from farmers for drying or the dry paddy for future milling. These farm by-products can be used as animal

feeds or the growing mediums for flower growers, but with a limited quantity. However, through proper burning, the biomass products can be handled safely in a large scale with the recovering heat for grain drying.

In 1985, the Seed Service imported from the States a Sukup biomass burner, specially designed for burning the biomass such as corn cobs, stalks and rice hulls with a heat recovery rate of 378 Mcal/hr. and a burning capacity of 120 Kg of cobs every hour. The captured heat was conducted back to the stationary dryers for ear corn drying. Financed by COA, two biomass burners of the same type were then installed at the Seed Service and Yii-Chu farmers' association for further study. However, it was difficult to operate smoothly due to the high moisture of the corn cob supplied right after shelling. The moisture content affects the burner efficiency considerably.

Objectives of this research are to examine the burning efficiency of the present biomass burner located at the Seed Service under different moisture conditions of corn cobs in the burning process. Assisted burning material with rice hulls was also studied to find a possible solution that can be helpful for starting the wet cob burning.

Results shows that the wet corn cobs with a moisture content up to 38% can be burned successfully at a rate of 1 Kg per minute accompanied by 16 Kg of dry cobs for its ignition medium. The moisture content of the cobs up to 52% can be burned smoothly with 30 Kg of dry cobs as the ignition medium. Inside the burner, however, the air temperature should be maintained more than 600°C, to facilitate a good starting. In this study, it revealed a fact that the rice hulls were not a good medium to assist the ignition process, for they were only burned under a very slow condition.

Keywords : Biomass burner, Corn cobs, Moisture content, Ignition mediums.

壹、前 言

農業廢棄物之處理是一項相當重要的工作，目前由於交通網路緊密，城市與鄉村之距離大為縮短，故傳統的農事作業，亦逐漸在環保意識增強的情況下，必須改弦易轍。從前農民在稻田收穫後，殘餘的稻草即在田間燃燒的作法，造成甚大的煙霧，污染空氣；緊鄰於高速公路旁者，則屢聞有因而發生車禍事故，種種情況已逐漸引起有關單位重視。而碾米過程中產生的大量稻殼，因有效利用的方法不多，且無法大量處理，在無處掩埋情況下，稻殼遂成為廢棄物，造成環保的問題。另外，多處農會設置玉米收購中心，脫粒後所產生之玉米穗軸心，亟待解決或尋求置放的場所。目前雖循各種利

用途徑，但仍無法獲得大量處理且實用之答案，而以焚化爐加以焚化，並回收其熱能作為乾燥機之熱源，則較能大量處理且簡易可行。

玉米穗軸濕度高（剛脫粒時為20~40%），燃燒不易，若能搭配稻殼（因稻殼含水率僅為10~12%）混合進料，將可因降低燃料之總含水率後，使其較易燃燒，因而可以縮短玉米穗軸處理時間，毋須等待風乾後再燃燒，或另以部分熱能乾燥之（以此處理法會因控溫不當，造成儲存筒內著火燃燒），增加處理手續及複雜性。由於國內環保意識高漲，農產品廢棄物以焚化方式處理應可加以解決。但焚化後所產生之廢氣仍必須進行測試，以進一步瞭解各種碳化物之含量及對環境所造成之影響。

本文之目的乃在利用現有置於種苗繁殖改良場之硬體設備，以不同水分含量之玉米穗軸作為燃料進行燃燒，並分析其對燃燒爐之燃燒情形所造成之影響。利用此一試驗，同時設法克服現存水分含量過高的問題。以期這種型式之燃燒能適用於國內農產品之廢棄物處理。

貳、文獻探討

一、玉米穗軸之處理

玉米穗軸之處理問題自稻田六年轉作之政策實施後，即開始浮現。當時係考慮以設置玉米乾燥中心解決產生回流之弊端，穗軸變成需集中處理。由於玉米穗軸集中後，體積大，濕度高，造成環保問題。多處農會設置玉米收購中心，如義竹、斗南及六腳等地，脫粒後的玉米穗軸在台灣高濕、多雨的環境下，極易腐壞，穗軸在腐化的過程，容易產生黃麴毒素，對環境衛生造成污染，亟待解決。目前雖循各種利用途徑，但仍無法獲得實用之答案，而以焚化爐加以焚化，並回收其熱能作為乾燥之熱源，則較簡易可行。

民國七十五年馮丁樹氏經由農委會之協助，並與種苗繁殖改良場合作，利用農建計畫自美國引進一套 Sukup 378Mcal/hr 之燃燒爐一座，置於種苗場，進行試驗。其能量每小時可焚化120公斤乾穗軸，為使其燃燒之熱能可回收利用，該焚化爐具有乾燥用空氣之熱交換裝置，並裝配玉米穗軸貯存倉與進爐輸送設備及熱能回收輸送管道裝置，利用其餘熱導入乾燥倉中進行乾操作業。經多次試驗結果，當燃燒溫度設定在538~650°C條件下，其轉換之熱能所產生的熱空氣溫度可達100°C，經適當混合空氣後，可供兩倉，或56平方公尺，堆積50公分厚靜置式玉米或高粱15,000公斤子實之全部乾燥作業熱源，獲得相當良好的成果。

其後亦利用相同原理建造兩台，一台設於種苗場，作為乾燥玉米與高粱種子試驗之用；另一台設在義竹農會以處理當地所累積的玉米穗軸。但隨後發現因脫粒後之玉米穗軸相當潮濕，在低溫起爐時，非常不易燃燒，且排氣中具有濃煙，對燃燒爐之效能影響亦相當大。因此，針對高濕穗軸對於燃燒爐影響的探討，將有助於其它高含水率農產品廢棄物之處理。

在國外方面，柳氏 (Loewer, 1982) 等人利用田間收穫時所產生之玉米穗軸及苞葉等進行氣化燃燒，並以其餘熱乾燥玉米，在整個作業過程中進行經濟潛能的分析，證實其可行性。Richey (1982, 1985) 等人及 Morey (1984) 則針對玉米穗軸的焚化處理，設計一具遂道式氣化爐，直接將穗軸燃燒之排氣用以乾燥玉米。並整合成一個以穗軸為燃料之乾燥系統，從收集、處理、運送、處理、乾燥、乾燥穗軸等加以評估指出，一個二階下引式之燃燒爐可產生400至800KW之熱輸出。

隨著環保意識的普遍，國民對於燃燒爐排氣標準的要求，也日益嚴格。巴雷特氏 (Barrett, 1983, 1989) 等人設計一套以玉米穗軸為燃料之燃燒爐，並針對其排氣品質作深入的探討，測試其燃燒速率對氧化氮系 (Nox)、塵粒等有害氣體的關係，據試驗指出：爐體在低溫時會燃燒不完全，並使排氣中含有大量的有害氣體。

二、稻殼利用

本省每年約40萬公噸稻殼成為廢棄物，因稻殼質硬粗糙、纖維短、營養份不高、不易腐化、密度小、灰分多等特性，使它在各種利用上不易處理。稻殼用途雖然很多，但需量均不高，無法作大量的使用，故其利用率除燃燒為熱源外，均普遍偏低。據 Beagles (1978) 對全世界之分布調查，每年生產的六千萬噸稻殼其利用率不及50%。

有關稻殼利用的研究，多在以稻米為主要糧食的亞洲國家。日本的山下律也 (Yamas hita, 1978) 等設計一套利用稻殼為燃料之燃燒爐，包含暫存筒、旋風分離筒、熱交換器等設施，用以乾燥穀物。

另一種燃燒方式——逆流燃燒，亦有學者加以探討，吳 (1980) 針對稻殼進行小桶燃燒，探討逆流燃燒之可行性。陳貽倫 (1982) 則以此理論進行逆流式稻殼燃燒爐之設計，並進行試驗，以分析風量對燃燒時間、溫度及效率之影響。蔡慶隆和陳貽倫 (1984) 則利用旋風式燃燒爐增加空氣與燃料的混合程度，加大氧化層以促進完全燃燒，並加上熱能利用裝置及噴水式除塵設備，以增加利用及防治污染能力。

參、理論分析

剛採收之濕玉米穗軸之水分含量均比玉米粒為高，一般言之，玉米粒水分含量在30%時，軸心之含水率高達50%。即使玉米粒水分降至20%，軸心之水分亦在30%左右（圖一）。因此玉米穗在收穫期間，其脫粒後所私底下之穗軸軸心水分仍然相當高，極易產生酸化發霉現象。這種高水分之玉米心焚化時，其起爐過程相當不容易，所產生之熱量亦低。為使焚化爐能正常運作，通常採取兩種方式：

其一，在濕玉米穗軸心進入焚化爐之前，加裝預熱設備，以去除其中之部份水份。這種預熱設備所需之熱源可直接得自焚化爐。目前在義竹鄉農會所採用之焚化爐即屬此種類型。

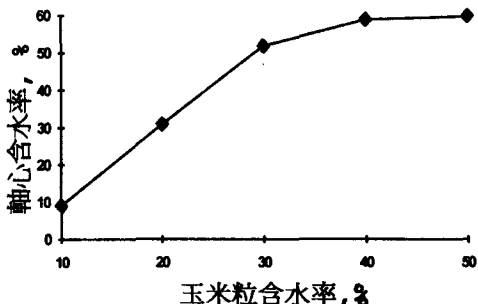
其二是利用易燃之基料，先行燃燒，使爐體達到其燃燒的溫度再置入濕穗軸，以維持繼續燃燒。至於使用何種基料則為本試驗擬探討的主題。原則上，基料之取得應容易，且不會造成其他問題為原則。目前考慮使用之基料包括乾穗軸及稻殼，兩者均能符合上述條件，且能同時解決農產品廢棄物的處理問題。

一、基料點燃之模式

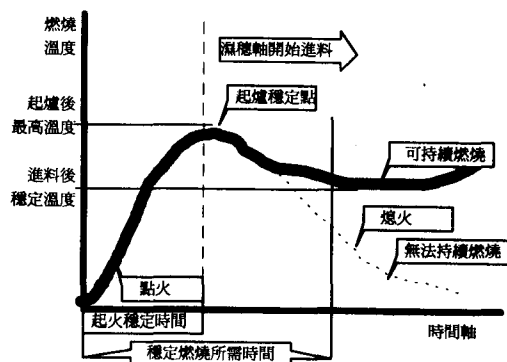
基料燃燒之方式雖是輔助點燃高濕穗軸的性質，但亦可採用混合的方式獲得燃燒過程之改善。本文所討論之情況則以輔燃之目的為主，以尋找最適當之助燃基料，使濕穗軸之燃燒情形能維持相當長的時間。在使用點火基料時，其爐心溫度之變化如圖二所示。較佳的安排是在基料燃燒溫度達到最高點時，適時加入濕穗軸。基料由點燃至爐溫達最高點期間稱為起爐穩定時間，此時間之長短視基料量及其易燃程度而定。稻殼通常需時較長，乾玉米穗軸則需時較短。

基料燃燒至穩定狀態後，加入正常之濕玉米穗軸（或稱為續料），此時會產生兩種情況。由圖二所示可知，當續料可持續燃燒時即為期望之情況，基料與續料之搭配是為成功的組合；若此時爐體溫度因續料之加入而繼續下降，終無法持續燃燒時，即為熄火，是為起爐失敗的狀況。一般言，續料加入後會使爐溫稍微降低，因為初期續料的水分蒸發會吸收熱量，其後因續料乾燥後積存的固定碳增加，溫度又穩定上升。由基料至續料穩定燃燒所經歷之時間稱為穩定燃燒所需時間，約在十分鐘至一小時不等，視續料含水率的高低及基料量的多寡。

若溫度持續降低導致爐內熄火，則此設計不適用於該含水率之穗軸點火起爐。



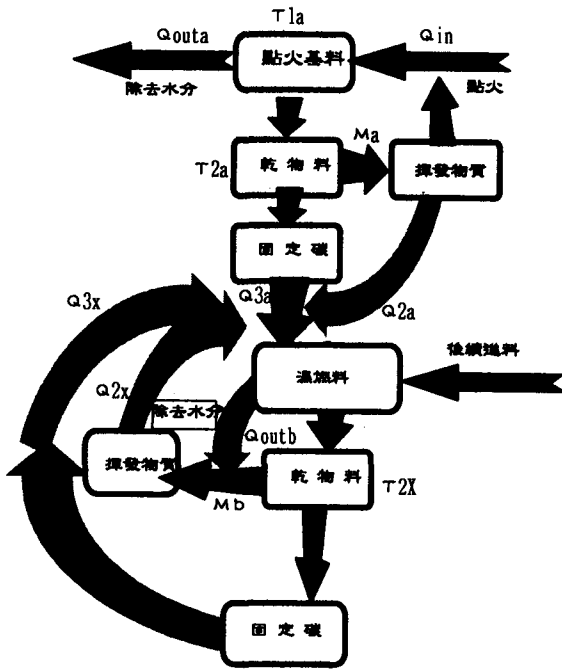
圖一、玉米穗中，粒、穗軸心之水分分布情形



圖二、高濕玉米穗軸點火試驗溫度變化示意圖。

二、點火基料變化流程

起爐過程熱量變化的過程如圖三。自基料點燃後，揮發物逸出燃燒達到至最高溫。在此溫度下，剩餘的固定碳亦會開始燃燒，並由燃燒之固定碳提供熱量，以除去後續進入之高濕燃料中之水分，因續料中水分之蒸發而產生降溫作用。經過降溫後，若逸出揮發物之燃燒速率及爐內積存之固定碳之燃燒等（含後續乾燥後加入之碳燃燒）所產生熱量，大於蒸發後續燃料中水份所需之蒸發熱時，爐溫即不再降低，則此基料量設計對於此含水率的續料起爐即為可行，並可持續燃燒狀態；否則，因無足夠固定碳燃燒，無法產生足夠的熱量，以除去後續進入燃料中水份後，維持後續燃燒之溫度，爐溫乃逐漸降低，在低爐溫下，燃燒速率則下降，產生的熱量亦降低，惡性循環反應下，終致爐溫太低而熄火。



圖三、起爐過程熱量變化流程圖。

T1a：起爐初期所提供的爐溫。

T2x：爐內燃燒溫度（自進濕料起，T2a等於T2x）。

Mb：在T2x時，揮發物質所能逸出之速率。

Q3x：固定碳在T2x下所能放出的熱量。

Q2x：揮發物質在T2x下所能放出的熱量。

Qout：將常溫下的水，加熱至T2x之蒸汽所需之熱。

三、點火基料熱能之傳遞過程

就熱量之平衡而言，圖四可說明基料對起爐過程所需熱量之變化與影響。當基料經點燃後，其所逸出揮發物質Ma產生燃燒之熱量為Q2a，而Q3a為點火基料固定碳所產生之熱量。在燃燒之過程中，揮發物質會先逸出並燃燒以產生熱量，其次為固定碳燃燒部份。在開始點燃期間，基料所能提供之熱量為Q2a與Q3a。但由於基料本身仍有水分存在，必須扣除蒸發熱量Qouta部份後，其餘方可對爐心或續料加熱，使爐內之燃燒溫度增加。此時之爐內燃燒溫度T2x應具有如下之關係：

$$T2_x = f(Q2a + Q3a - Qouta) \quad (1)$$

由於基料之數量有限的關係，其產生之熱量會因原有之揮發物及固定碳量減少而漸漸降低，故必

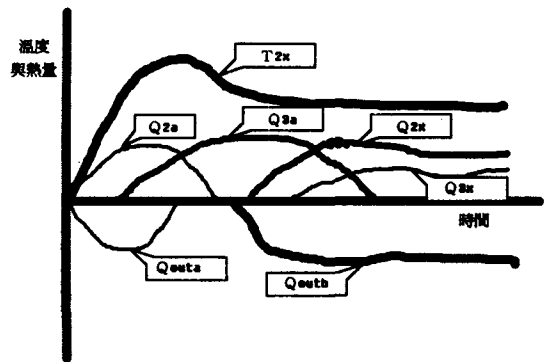
須選擇適當的時機送入濕續料，使爐體之熱量獲得補充，爐內溫度得以延續。

續料進入初期，由於水分含量高，整個爐體會因水份蒸發吸走大量熱，使T2x漸漸下降，此時所積存的Q和M值也隨之減少。後續進料燃燒時其揮發物質及固定碳所提供之熱量分別為Q2x與Q3x，這些值會漸漸增加，當總熱量QT等於蒸發熱Qoutb時，亦即：

$$Q_T = Q2a + Q3a + Q2x + Q3x = Qoutb \quad (2)$$

此時所顯示之爐體溫度T2x即停止下降，點火起爐的動作即會順利進行，並維持穩定燃燒。

在圖四中，熱量與溫度曲線位置及長度，隨點火基料與後續燃料的量及含水率不同而移動。當點火基料量增大時，Q2a、Q3a曲線位置及長度均會往右延長，使熱量累積總和QT加大，若開始進料後某一時間其總合均大於Qoutb的總合，則爐溫開始停止下降，點火起爐則可順利進行。由此可知，在起爐過程的暫態時間，Q3a扮演一個非常重要的角色，亦即，點火基料量的設計，對於點火起爐的成功與否，影響非常大。



圖四、起爐過程熱量變化示意圖。

T2x：爐內燃燒溫度。

Q3a：點火基料產生的固定碳所放出的熱量。

Q3x：後續進料產生的固定碳所放出的熱量。

Q2a：點火基料逸出的揮發物質所放出的熱量。

Q2x：後續進料逸出的揮發物質所放出的熱量。

Qouta：將點火基料所含的水份，加熱至T2x之蒸汽所需之熱量。

Qoutb：將後續進料所含的水份，加熱至T2x之蒸汽所需之熱量。

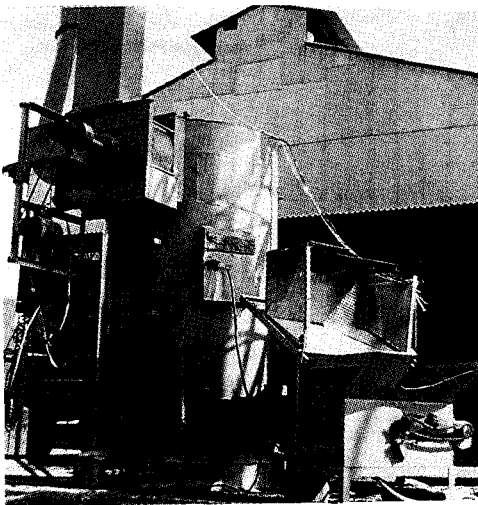
肆、實驗設備與方法

一、實驗設備

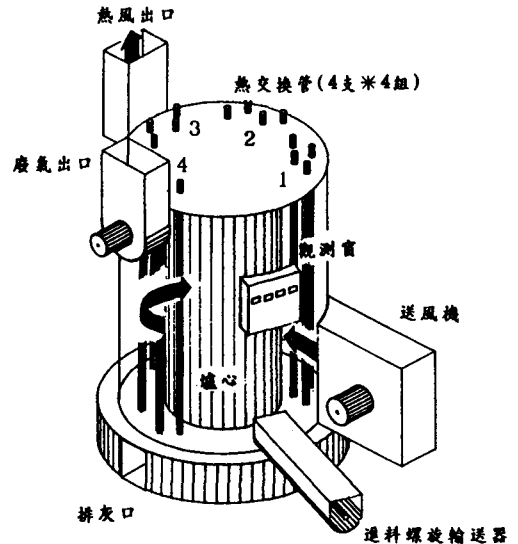
試驗用主要設備為美國SUKUP公司出品之穗軸焚化爐，其外觀如圖五，內部示意圖如圖六。此種焚化爐以玉米穗軸及苞葉等為主要燃料。整個爐體呈圓筒型，內含有爐心、熱交換器、送風機及廢氣抽送機等部份。廢氣係利用抽送機自爐心將燃燒之氣體以負壓方式抽送經過上下兩回合之熱交換管。由於此時自然熱虹吸作用已不足以驅動廢氣自動排出，故耐高溫之抽送風機變為主要負壓來源。雖然這種安排所需馬力甚大，但點火卻相當容易，只要將燃燒之報紙置於爐心下的清灰口處即可點著基料。

玉米穗軸由進料螺旋輸送器直接送入爐心，殘灰渣則經由爐篦落入清灰口。燃燒後所排出的廢氣熱，自爐心上方進入爐心外壁與爐體外殼間的熱交換管，經第一、二、三、四組熱交換管後，由誘引式抽風機（IDF）抽出。廢氣在第一組熱交換管內流動方向為由上往下，第二組為由下往上，第三組為由上往下，第四組為由下往上，然後自煙道排出體外。

乾燥熱風由送風機抽入，在爐心外壁與爐體外殼間，以逆時鐘方向（自爐體上方俯視）與熱交換管進行熱交換，經一圈半的加溫後，自熱風出口排出送至乾燥倉。



圖五、美國SUKUP公司型式焚化爐之外觀圖。



圖六、美國SUKUP公司型式焚化爐之示意圖。

二、試驗方法

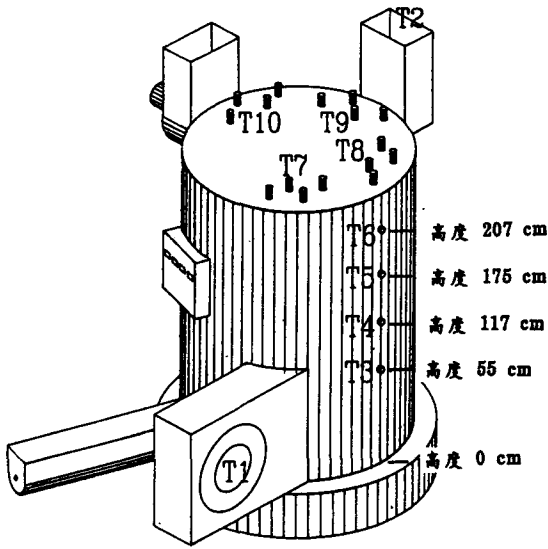
基本試驗分以純稻殼或純玉米穗軸為基料，先送入爐體點燃，直接進行燃燒之試驗。續料則採不同含水率之高濕穗軸，及採用混合續料之燃燒方式進行，採固定進料量，以人工送料的方式，均勻送入爐心。有關試驗步驟說明如下：

(1)起爐程序

1. 試驗時先以不同量之乾穗軸（或稻殼）送入爐床，作為點火基料。
2. 以三張報紙沾滿柴油，放入爐床下清灰口點燃。
3. 五分鐘後，（確定爐內基料燃燒穩定，即溫度升至穩定溫度）按一定進料量送入爐中。高濕穗軸含水率之調製方法為，將乾穗軸裝袋，實驗兩天澆水濕透後，放在陰涼處以麻布袋覆蓋。
4. 進料量的控制方法為，先秤好每袋重量，依所設計之進料量，將每袋在一定時間內平均抓取送入進料槽。
5. 每分鐘由DATA LOGGER讀取各點溫度，並且同步記錄火焰，排煙之情況。

(2)溫度測量

在爐體上取十組溫度測量點，（如圖七）以熱電偶棒測得各點溫度，由DATA LOGGER記錄之。T1為大氣溫T2為乾燥熱風溫度T3~T6為爐內溫度（由低至高）T7~T10為四組熱交換器上方溫度（依廢氣流向之順序）。



圖七、熱電偶配置示意圖。

(3)基本數據

風速的測量，依據"焚化爐性能測定" (George, 1969) 風速測量規範進行，其餘項目如下：

1. 煙囪出口之平均風量：0.658 立方米每秒。
2. 過量空氣：800%。
3. 熱交換風量：2.937 立方米每秒。
4. 試驗批次：八次。
5. 平均進料量：1 公斤每分鐘。

伍、結果與討論

在所進行之八批實驗中，其相關數據如表一所示。每批之基料量分別以10公斤、15公斤及30公斤等三種進行試驗。續料均為濕穗軸，其水分含量在33%~54%不等。作為基料之乾稻殼及乾玉米穗軸，其含水量均在12%以下。

表一中有起爐前爐內現存溫度一項。此溫度係指上次試驗結束後爐內壁所留存之保溫。此項溫度在冷爐開機時影響較大，在一般連續之試驗中，其所殘留之餘溫仍在合理之範圍。除第二次在七次之試驗中，以稻殼為基料之該批次無法點火。

一、試驗分析與討論

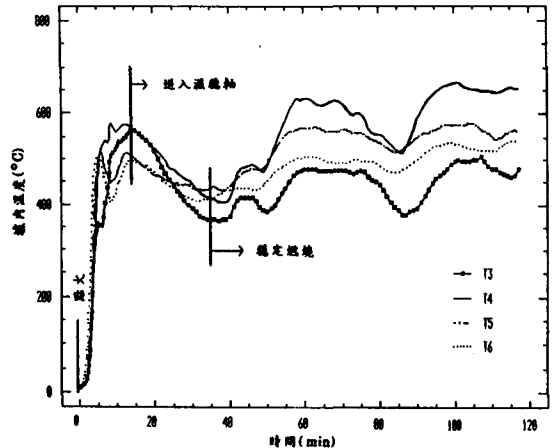
在不同的點火基料設計及不同含水率的高濕穗軸，進行點火起爐試驗時，其爐體溫度的變化趨勢應如圖四所示。在送入濕穗軸後爐溫度應漸漸降低，若溫度降低至一穩定溫度後，可維持穩定燃

燒，且爐溫不再下降，則此一試驗設計可持續燃燒。若溫度持續降低導致爐內熄火，則此設計不適用於含水率之穗軸點火起爐。

(A)以乾穗軸為點火基料之燃燒情形

1. 在第1批實驗中，以30公斤乾穗軸為點火基料之起爐方式，點火約13分鐘後，在平均爐溫升至約540°C的狀況下，開始以每分鐘一公斤的進料量送入平均含水率為43%的濕穗軸進行燃燒，並於進料後約11分鐘後，爐溫因乾燥高濕燃料而降至約400°C左右後穩定，且不再降低，之後因爐內所積存的固定碳，表示在此點火基料量的設計下，可承受含水率為43%，進料量為每分鐘1公斤的穗軸燃燒方式（如圖八）。

在點火初期，因為是乾穗軸燃燒，燃燒迅速，且排氣中無明顯可見的排煙情形，但於送入溼料後，排氣呈濃濃白煙，此乃燃料中大量的水份蒸發後，經過熱交換管的降溫，水汽逐漸冷凝，而以液態水蒸汽排出現象。



圖八、以30公斤乾穗軸為基料，含水率43%高濕穗軸之燃燒溫度變化情形。

2. 在第3批實驗中，以16公斤乾穗軸為點火基料之起爐方式，在爐內初溫為240°C的狀況下，點火約14分鐘後，在平均爐溫約620°C的狀況下，開始以每分鐘一公斤的進料量送入平均含水率為38%的濕穗軸，並於進料後約25分鐘後，爐溫因乾燥高濕燃料而降至約400°C左右後穩定，且不再降低，表示在此點火基料量的設計下，可承受含水率為43%，進料量為每分鐘1公斤的穗軸燃燒方式（如圖九）。

表一 高濕穗軸點火起爐試驗之燃燒特性彙整表

| 批 號 | 溫度計位置 | 1批 | 2.1批 | 2.2批 | 2.2批 | 4批 | 5.1批 | 5.2批 |
|----------|-------|-----------|---------------------------------|-----------|-----------|-------------------|-------|-------|
| 點火基料種類 | | 乾穗軸 | 乾稻殼 | 乾穗軸 | 乾穗軸 | 乾穗軸 | 乾穗軸 | 乾穗軸 |
| 點火基料量 | | 30kg | 10kg | 30kg | 16kg | 30kg | 15kg | 15kg |
| 爐內初溫[註1] | | 10°C | 260°C | 140°C | 240°C | 105°C | 145°C | 400°C |
| 起爐後最高度 | T3 | 563 | * | 665 | 670 | 692 | 665 | 695 |
| (取進濕料前 | T4 | 578 | * | 589 | 658 | 653 | 599 | 678 |
| 之最高溫 | T5 | 514 | * | 560 | 603 | 550 | 563 | 612 |
| | T6 | 497 | * | 504 | 536 | 553 | 534 | 578 |
| 起爐穩定時間 | | 13 | * | 16 | 14 | 30 | 14 | 27 |
| (分)[註2] | | | | | | | | |
| 進料後穩定溫度 | T3 | 365 | * | 488 | 433 | 444 | * | * |
| (取穩定燃燒所需 | T4 | 404 | * | 443 | 483 | 503 | * | * |
| 時間左右最低溫 | T5 | 433 | * | 473 | 443 | 534 | * | * |
| | T6 | 409 | * | 450 | 397 | 500 | * | * |
| 穩定燃燒所需時間 | | 11 | * | 34 | 25 | 43 | * | * |
| (分)[註3] | | | | | | | | |
| 濕穗軸平均含水率 | | 43.2 | * | 33.1 | 37.9 | 51.8 | 54.1 | 同5- |
| (%wb) | | | | | | | | 1批 |
| 標準差 | | 7.2 | * | 6.3 | 6.2 | 6.3 | 3.6 | 同上 |
| 取樣個數 | | 7 | * | 4 | 6 | 4 | 6 | 同上 |
| 備 註 | | 可持續 燃燒 | 以稻殼 為點火 基料時 ，無法 點火起 | 可持續 燃燒 | 可持續 燃燒 | 可持續 燃燒 (註4) | (註5) | (註6) |

註 1：起爐前爐內之溫度：指前批試驗結束，檢視爐內無火燄及燃燒碳，在清出灰燼後之爐體內餘溫。

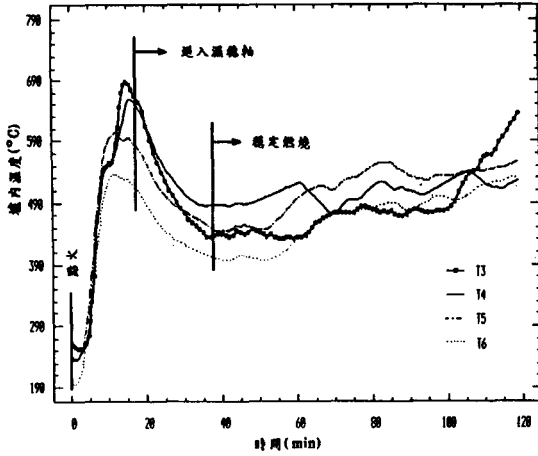
註 2：起爐穩定時間：指自乾穗軸點火起，至爐溫升至最高溫所需時間。

註 3：穩定燃燒所需時間：指自進濕穗軸後，至後續爐溫穩定時，到達最低溫所需時間。

註 4：該批試驗之點火基料設計為，先以15公斤點火，另15公斤在7分鐘後，以5分鐘時間平均進料完畢。

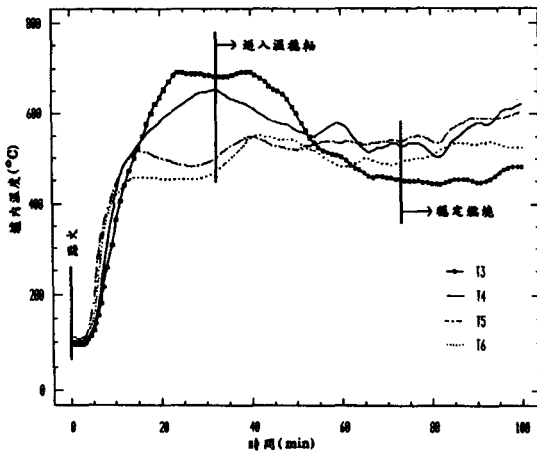
註 5：該批試驗在進濕料後15分鐘，火燄微弱。30分鐘後，完全熄火。

註 6：該批試驗，在前批所積存之燃料燃燒完畢，且經驗視無紅色燃燒碳後，直接送進乾穗軸重新點火。點火基料之設計為，15公斤基料在10分鐘內平均進完。所進濕料為5-1批穗軸，以1:1比例混合含水率13稻穀，總進料量仍為每分鐘1公斤。進濕料後30分鐘完全熄滅，並排出濃濃白煙。



圖九、以16公斤乾穗軸為基料，含水率38%高濕穗軸之燃燒溫度變化情形。

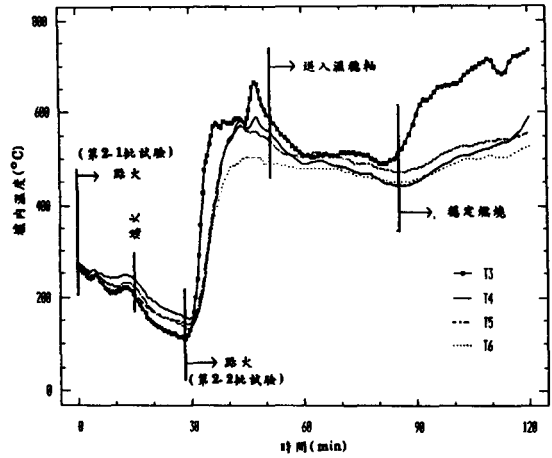
3. 在第4批實驗中，以30公斤乾穗軸為點火基料之起爐方式，在爐內初溫為105°C的狀況下，先以15公斤點火，另15公斤在7分鐘後，以5分鐘時間平均進料完畢。點火約30分鐘後，在平均爐溫約620°C的狀況下，開始以每分鐘一公斤的進料量送入平均含水率約為52%的濕穗軸，並於進料後約43分鐘後，爐溫因乾燥高濕燃料而降至約500°C左右後穩定，且不再降低，表示在此點火基料量的設計下，可承受含水率為52%，進料量為每分鐘1公斤的穗軸燃燒方式（如圖十）。



圖十、以30公斤乾穗軸為基料分配輸入，含水率52%高濕穗軸之燃燒溫度變化情形。

(B) 以稻殼為點火基料之燃燒情形

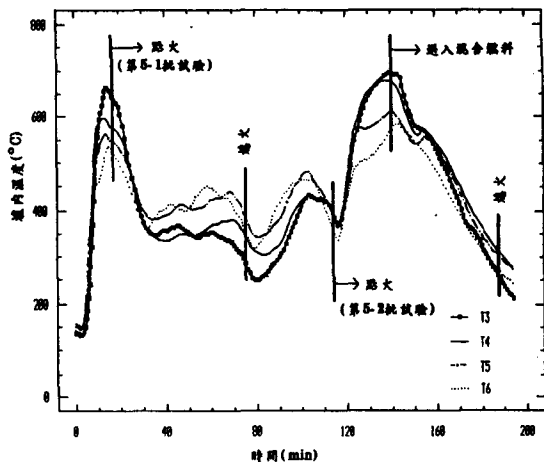
在第2.1批實驗中，將10公斤稻殼以螺旋輸送器進入爐內後，即自爐柵間隙掉下，因稻殼密度小，大量體積的稻殼堵塞住下火空氣進口（灰燼清出口）。且其堆積密集，稻殼間的空隙狹小之特性，使空氣在通過燃料縫隙時非常困難，造成下火空氣不足，即使爐內初溫高達260°C，但無充分之空氣配合下，仍無法順利點火（如圖十一）。



圖十一、以10公斤稻殼為基料，高濕穗軸之燃燒溫度變化情形。

(C) 以稻殼及濕穗軸混合燃燒之情形

在5.2批試驗中，改以15公斤的乾穗軸為點火基料，在爐內初溫約為400°C的情況下，以10分鐘時間平均進料完畢，點火27分鐘後，平均爐溫升至640°C時，開始送入混合燃料，混合燃料為稻殼與乾穗軸以重量1:1的比例均勻混合。理論上，混合後燃料總含水率可降至33%左右，應可如第三批試驗順利地持續燃燒，然而因稻殼單粒體積相對於穗軸相當小，極易滲入穗軸間稀鬆的間隙，造成堆積紮實的燃料，反而破壞了穗軸原有之通氣特質，而無法持續燃燒（如圖十二）。故影響起爐燃燒的變數除了含水率外，燃料本身的特質也是重要的影響變數。燃料堆積性質越稀鬆，越有較多空氣通過，越容易點火燃燒。



圖十二、以稻殼與33%水分之濕穗軸混合燃燒其變化情形。

(D) 點火基料設計對起爐過程變化的影響

1. 從表一中，在第3、5.1、5.2批試驗間，及第1、2.2、4批試驗間可比較出，等量的點火基料，在較高的爐內初溫時，所能達到之起爐溫度亦較高，此因較高的爐內初溫時，點火初期揮發物質逸出速率較快，所能產生的燃燒溫度因連鎖反應下亦較高。所需之起爐穩定時間，與爐內初溫無甚影響，而與點火基料進料時間長短有正比的關係，即進料時間較長，後續的基料欲完全釋出揮發物亦較晚，故所需之起爐穩定時間亦較長。
2. 從第2.2、5.1批試驗間可比較出，在相同的爐內初溫時，不等量的點火基料，所能達到之起爐溫度無甚差別，因為相等的爐內初溫下，燃燒速率一樣，多量的基料雖可提供較多的熱量，但因下層基料的熱量傳遞及熱輻射不易，在廢氣及爐壁的熱損失下，所能達到的最高溫在此兩批試驗中無甚差別；而較多量的點火基料，所需之起爐穩定時間較長，因大量堆積下的熱傳遞緩慢，燃料欲完全燃燒的時間亦較久所致，但因積存的固形碳較多，能提供後續進料時乾燥的能量較多，故所能承受燃料的含水率也較高。

高濕穗軸在點火起爐初期，常因爐體內溫度太低，點火初期產生之熱量，在蒸發後續燃料中之水份後，所剩餘之熱量不足以使揮發物質逸出，或所逸出之揮發物質在溫度不足下，無法完全燃燒。在

此情況下，爐體排出之廢氣，常因處於低溫狀況，使排氣中蒸氣凝結成水珠而排出濃濃的白煙，此部份排氣因存在水蒸氣成份，對於空氣品質尚無影響，但部份揮發物質在低溫下，無法完全燃燒亦排出黑煙，此部份排氣多為碳氫化合物與一氧化碳，影響空氣品質甚劇，甚至在持續低溫下，因燃燒不完全，產生熱量不足以穩定爐溫，惡性循環下，終使爐火熄滅，點火因而更加困難。

陸、結 論

1. 以16公斤乾穗軸為點火基料之起爐方式，可承受含水率達38%，進料量為每分鐘1公斤之穗軸燃燒。以30公斤乾穗軸為點火基料起爐方式，可承受到52%含水率，進料量為每分鐘1公斤之高濕穗軸燃燒。以溫度而言，爐內初溫以600°C較能確保起爐的順利。
2. 在此型式焚化爐而言無法以稻殼為點火基料，且欲以稻殼混合高濕穗軸，以降低進入爐內燃燒之總含水率，解決高濕穗軸點火困難的問題，是不可行的。
3. 以適當的點火基料設計來點火起爐，不僅可解決高濕穗軸點火不易的問題，並可簡化以輔助燃燒機提升爐溫的設計，及省略燃料預熱乾燥的繁瑣裝備。

柒、誌 謝

本研究承國科會NSC 82-0409-B-002-026計畫資助，謹誌謝忱。

捌、參考文獻

1. 吳柏青、張谷川和陳貽倫。1980，稻殼燃燒能源利用之研究。台灣大學農業機械工程學系。專題研究報告。
2. 陳貽倫。1982。稻殼烘乾用稻殼燃燒爐(-)。中國農業工程學報28(1)：73-79。
3. 蔡慶隆、陳貽倫。1984。稻殼燃燒熱能利用之研究(-)。農工學報，30(4)：107-113。
4. 馮丁樹。1988。台灣農業機械年鑑。財團法人農業機械化研究發展中心。p394。
5. Barrett, J.R., R.B. Jacko and H.R. Sumner, 1983. Corn residue furnace emissions. TRANSAC-

- TIONS of the ASAE 26(2):363-371.
- 6.Barrett, J.R., R. S. Williams and W. E. Field, 1989. Impact of corn cob fueled biomass furnace exhaust on air quality. TRANSACTION of the ASAE 32(3):963-9 67.
- 7.Beagle, E.C. 1978. Rice Husk Conversion to Energy, FAO Agril Services Bulletin No. 31.
- 8.George, R. E. and J. E. Williamson. 1969. Testing incinerator performance. In "Principles and practices of incineration", ed. R. C. Corey, P.2 54-289. New York:John Wiley & Sons, Inc.
- 9.Loewer, O.J., R. J. Black, R. C. Brook, I. J. Ross and F.A. Payne. 1982. Economic potential of on-farm biomass gasification for corn drying. TRANSACTIONS of the ASAE 25(3):779-784.
- 10.Morey, R., P. T. David, J. P. Lang and D. J. Hansen. 1984. A corncob-fueled drying system. TRANSACTIONS of the the ASAE 27(2):556-560.
- 11.Richey, C.B., J. R. Barrett and G. H. Foster. 1982. Biomass channel-gasification furnace. TRANSACTIONS of the ASAE 25(1):2-6.
- 12.Richey, C. B., J. R. Barrett and R. B. Jacko. 1985. Downdraft channel gasification furnace for biomass fuels. TRANSACTION of the ASAE 28 (2):592-598.
- 13.Yamashita, R. and Nguyen Hao. Autumn 1978. Utilization and Energy Conversion Furnaces of Rice Husk, Agricultural Mechanization in Asia:6 7-72.

收稿日期：82年10月27日
 修正日期：82年11月30日
 接受日期：82年12月6日

(上接第54頁)

- and Implementation of a High-Performance Field-Oriented Induction Motor Drive, IEE Proceedings-B, 140(4):241-248.
11. Merritt, H. E. ,1967, Hydraulic Control System, USA: John Wiley& Sons, Inc.
12. Morari, M. and E. Zafirious , 1989 ,Robust Process Control,USA:Prentice Hall.
13. Nakagawa, K.,K. Horibe, H. Kosaka, K. Kondo and I. Murakami,1979, Automatic Position Control of Cutter Bar for Tea-Plucking Machine by Means of Electro-Hydraulic Control (Part 1), Journal of the Society of Agricultural Machinery, 41(2):257-261.
14. Nakagawa, K.,H. Kosaka and K. Kondo ,1979, Automatic Position Control of Cutter Bar for Tea-Plucking Machine by Means of Electro-Hydraulic Control (Part 2), Journal of the Society of Agricultural Machinery, 4 1(3):429-433.
15. Nakagawa, K., H. Konaka and h. Kosaka , 1980, Automatic Position Control of Cutter Bar for Tea-Plucking Machine by Means of Electro-Hydraulic Control (Part 3), Journal of the Society of Agricultural Machinery, 41(4):581-585.
16. Nakagawa, K., F. Nakano, K. Horibe, S. Oshita and Kondo ,1980, Automatic Position Control of Cutter Bar for Tea-Plucking Machine by Means of Electro-Hydraulic Control (Part 4), Journal of the Society of Agricultural Machinery, 42(1):85-89.
17. Ouyang, M., C. M. Liaw and C. T. Pan, 1987, Model Reduction by Power Decomposition and Frequency Response Matching, IEEE Transactions Automatic Control, 32(1):59-62.
18. Pask, G. S., J. N. Wilson and G. C. Zoerb, 1974, Automatic-Height Control for Windrowers, Transactions of the ASAE,17(4):597-602.
19. Yun, J. S. and H. S. Cho, 1988, Adaptive Model Following Control of Electro Hydraulic Velocity Control Systems Subjected to Unkown Disturbances, IEE Proceeding, Pt. D.,135(2):149-156.

收稿日期：82年12月15日
 修正日期：83年1月12日
 接受日期：83年1月17日