

玉米穗常溫自然及通風乾燥方式之研究

Studies on the Ear Corn Drying Using Natural and Ventilated Methods

農業試驗所助理研究員

賴 建 洲

Lai, Chien-Chou

國立臺灣大學農機系教授

馮 丁 樹

Fon, Din-Sue

摘 要

本省氣候多雨潮濕，尤其在玉米收穫季節，農民為趕下一季之播種不得不在玉米水分還高時即行收穫，造成收穫機械作業之困難，且使玉米穗在採收去苞過程中遭受嚴重損傷。目前國內已自行發展成功三輪式玉米採穗機，但由於去苞速率無法配合，仍無法更進一步推廣使用。故若能在含苞採收後，先行人工乾燥，再將含苞葉之玉米直接投入脫粒機脫粒，以省去去苞作業，將使整個收穫過程更為流暢。含苞玉米穗之人工乾燥方式，國外有採用籠倉行自然乾燥者，其效果相當良好。國內雖曰氣候潮濕，但仍值得一試，以解決當前之瓶頸。

基於此種觀點，本研究之目的旨在瞭解玉米穗在含苞葉之情況下，採用籠倉方式，進行自然通風乾燥，使玉米穗及苞葉之水分降低至某一適當之程度，然後再送入脫粒機進行脫粒。如此不但可取代目前農民以日曝法所產生之不便，節省人力，而且可節省大量能源。由於此段乾燥時間可長可短，其調度之彈性較大，因而只須稍加安排，一般收購農會之乾燥中心，即可作充分的利用，延長機械之實際運轉時間，以節省運作成本。

試驗依籠箱之厚度（1公尺及0.5公尺）、苞葉狀態（有苞葉及未含苞葉）、通風狀態（自然通風及強制通風）及乾燥方法（籠箱法及傳統日曬法）等進行試驗。試驗地點並選擇臺中及臺南兩地區進行。

試驗結果顯示：以籠箱行自然通風乾燥時，其厚度以不超過 0.5公尺為佳；若行常溫通風時，則以不超過 1公尺為原則。在去苞狀況下，其水分乾減率每日約為0.35%；若以未去苞之玉米穗進行乾燥，其乾燥速率每日為0.22%。若行強制通風，則可略增至 0.31%。日曬法在未含苞葉時，其乾減率每日為0.54%，若為含苞葉乾燥，則其乾減率每日為0.36%。

ABSTRACT

Because of humid climate and early harvest for the next crops, most of the Taiwan farmers found themselves very difficult in handling the corn harvesting. Very high moisture content of ear corn during harvesting keeps dehusking machines from functioning properly and from competing in running capacity with the tricycle corn pickers, recently developed for local use. Thus, drying the corn with husks first by natural or aerated cribs to a reasonable moisture level for corn shellers might be a feasible way to solve this problem.

Purpose of this study is then to dry the harvested ear corn with or without husks using rectangular cribs for the area of southern Taiwan. In comparison with the sun drying method that farmers now are using, the crib drying is expected to save more labor and energy. Since the drying time is longer, the drying centers at Farmers' Association would find it easy to schedule their operation and lower the running cost.

Cribs are designed into two sizes, mainly in terms of 1 m and 0.5 m in thickness. Experiments are performed by using natural and forced aerations at two typical locations—Taichung and Tainan, with ear corns husked and unhusked. The results show that cribs with a size of 0.5 m in thickness are very recommended for natural drying, but a thickness of more than 1 m for aerated drying is not suggested due to mold growth. The drying rate for the husked corn was found 0.35% per day, while that of the unhusked one was as low as 0.22% per day—it reaches 0.35% a day for the forced-air drying, however. As to the sun drying, the drying rate 0.54% a day for the husked ear corn and 0.36% for the unhusked one were observed.

壹、前 言

農田轉作玉米雜糧，是政府近來致力推廣的重要政策項目之一，其成效斐然。惟在機械方面之配合，却產生相當大的問題。以往在稻作機械方面，由於日本所開發製造之相關機械，頗適合於本省之使用。故只須利用國內現有之機械製造技術，即可進行仿製或改善，使稻作機械化得以在近十年來獲得普遍的推廣。但在轉作雜糧的過程中，却遭遇不同的難題——我們無法如同往日一樣，自日本引進適合的機械，因為日本較少種植玉米，亦不開發此類型機械。

玉米屬旱作作物，在歐美地區，其收穫季節均以乾季為多。收穫時之玉米穗水分常在廿度上下。在此情況下，其機械運作正常，故障率少。國內因農民耕種習慣不同，一年收穫兩季，農作物根本無暇在田間先行乾燥，甚至有時為配合下一季之播種，還得在作物未完全成熟以前，勉強提早採收；加上臺灣之氣候潮濕多雨，使玉米收穫後之水分，高到一般機械無法正常運作的地步。機械之故障率以指數增加，其開發的難度因此也大為增高。是以近年來，雖有農民引進歐美之大型機種，但在玉米水分高的情況下，仍然難以應用。

如何克服上述高水分的問題，似乎不應該完全

依賴機械本身的功能來解決。目前由於水稻聯合收穫機一貫作業方式的成功，常給於農民、研究者、甚至高層次的決策人員有一個錯覺，咸認為任何作物之收穫過程均能藉此一貫的作業的方式，在田間立即完成。事實上，大部份之作物收穫並非能夠完全如此。以國內栽培之玉米為例，在收穫時，其水分常高達30%以上，極不利於機械採收。目前為配合國內轉作政策，各改良場已參考歐美之機型，開發適合本省之採收機械，其中包括三輪式採穗機、履帶式採穗機及去苞作業機等。但在高水分之情況下，其功能及耐久性等均無法達到滿意的結果。因此，我們這種傳統集約方式，將採穗、去苞及脫粒的過程分開進行之作法是否最適當，值得深思與檢討。

以美國之採收情形為例，利用聯合收穫機，將玉米採摘後都是即行脫粒，只有在採集種子或作為青飼料時，方使用去苞葉機作業。由於苞葉在田間已經過充分乾燥，故可不在脫苞之情況下，同時送入脫粒機中加以打碎，無形中減少去苞之過程。由此觀察，我們若能克服收穫時玉米穗高水分之問題，必亦能以脫粒機將含苞葉之玉米穗直接進行脫粒，惟一的條件是設法將玉米穗之水分適度予以降低。在此情形下，由於玉米穗在脫粒時有苞葉之保護

，其損傷程度亦較為緩和。

基於此種觀點，本研究之目的旨在瞭解玉米穗在含苞葉之情況下，如何先將玉米穗及苞葉之水分降低至某一適當之程度，然後再送入脫粒機進行脫粒。目前南部農民之作法係在採摘時先用手行去苞，然後收集回家，舖在曬場或馬路上由太陽直接曝曬。在曝曬期間，若遇雨時，須行覆蓋或收攏，耗費人力甚鉅。若以一般靜置乾燥機械進行乾燥，則因玉米穗體積龐大，且因乾燥速度緩慢，流動性不高，亦相當不便。故若能採用籠倉方式，利用自然風進行乾燥，則不但可節省能源，且可節省照顧的勞工。由於此段乾燥時間可長可短，其調度之彈性較大，因而只須稍加安排，一般收購農會之乾燥中心，即可作充分的利用，延長機械之實際運轉時間，以節省運作成本。

貳、研究目的

1. 探討自然及送風乾燥時，玉米穗及玉米粒含水率之變化情形。
2. 探討適當乾燥箱籠之大小，以期能配合一般農家使用。
3. 比較通風乾燥與箱籠式自然乾燥及地面曝曬等三種作業之結果。
4. 比較去苞葉與不去苞葉之狀態下對乾燥之影響。
5. 比較不同地區對此種乾燥方式之適應性及其對乾燥速率之影響。

參、文獻探討

本省早期之玉米採穗機之發展均以小型者為主（梁榮良，1982）。其後有臺南改場（呂俊堅等，1982，1984；梁連勝等，1985）及種苗場（施名南等，1984）陸續進行玉米採收機之研究。其中種苗場所研製之三輪式玉米收穫機最早出現，並經由農委會委託工研院機械研究所進行商品化設計，再移轉大地菱及金合成等兩家農機公司分別製造。三輪式玉米穗採收機係以採摘螺桿摘取玉米穗，其去苞能力甚小，故苞葉仍然保留在穗軸上。此種方式係由美國的機型改良而得（馮丁樹，1985），此類機型在歐美地區主要用於種子田之玉米穗採收作業，以減輕玉米遭受損傷之程度。一般農家則使用供作養牛之青飼料。

三輪式採收機之田間採收作業須分段式進行，玉米穗經採集並置於車後，其次再以另一臺由曳引

機拖帶之去苞葉機進行去苞作業。此時由於玉米穗及苞葉之水分含量甚高，去苞葉機之功能無法充分發揮，其作業速率亦甚為緩慢，甚難與採收機之速率相互配合。故必須先行乾燥，俟玉米粒水分降低至18%左右，再行脫粒（馮丁樹，1985）。

以玉米穗進行乾燥之方式很多，然由於整穗玉米之流動性不高，且其體積龐大，一般均採用靜置式乾燥機。在美國地區，由於氣候乾燥，故一般養牛之農家，常採用所謂之籠倉（Corn crib）作為乾燥之場所（馮丁樹，1985；Aerovent公司，1985）。其外形有圓筒型或方型百葉式者；地面舖以水泥，其外圍前者以鐵絲網或雪籬等圍繞而成，屬臨時性設備；後者以橫木板作成百葉窗狀，以利通風，並避風雨，為固定之裝置。籠倉內大部份均行自然通風者，其乾燥速率緩慢，由25%之含水率降低至15%約須60餘日。籠倉中亦有採用強制送風者，以增加乾燥速率，但所用之空氣以不加熱為原則。

百葉窗型者以長型或方型居多，但其所用之穀層寬度為5呎至8呎，較寬之穀層必須另採通風機送風，使穀層能獲均勻乾燥。杜非（Duffee，1937）針對玉米種子之乾燥亦提出一套雙向通風乾燥玉米穗之構想，此種方式後來在美國Iowa州玉米種子顧問公司（Corn State International）廣被採用（馮丁樹，1985）。後來亦引進國內，在臺中改良場內建造一座。

肆、試驗材料設計與方法

一、籠箱之構造：

乾燥玉米穗用之籠箱係以鐵絲網及角鐵等銲接而成，外觀為一長方體，如圖一所示，其下設有滑輪，可以作移動之用。籠箱不用時，亦可拆卸，以利收藏。籠箱之尺寸分兩種進行規劃，其正斷面均為2×2公尺，深度一為0.5公尺；一為1公尺。前者每一籠箱之容量約可裝填1,000公斤之濕玉米穗；後者則可裝填2,000公斤之量。

籠箱之鐵絲網孔目為3.5公分，一般正常之玉米穗，在乾燥時不會自網目中漏出。其頂部則不覆鐵絲網，以利進料作業。進料時可用人工或輸送帶直接自頂部投入，出料時，則可自籠箱之底部外側打開出料窗進行出料，操作以簡便為原則。整個籠箱可置於遮雨棚下或置於室外通風良好且有陽光照射之場所。遇雨時，再移入室內或以塑膠布蓋覆，

圖二所示。

二、試驗方法：

試驗之處理依籠箱之厚度（1公尺及0.5公尺）、苞葉狀態（有苞葉及未含苞葉）、通風狀態（自然通風及強制通風）及乾燥方法（籠箱法及傳統日曬法）等進行對照。並選擇臺中及臺南兩地區為代表。臺中區則分別在農業試驗所內及種苗場進行；臺南則在臺南農業改良場內進行。茲分別說明如下：

- 1.第一組：以二個 $2 \times 0.5 \times 2$ 公尺（高×深×寬，以下同）箱籠各裝 1,000斤之玉米穗，其中一個為去苞葉者，另一個則為含苞葉者。行自然乾燥。
- 2.第二組：以二個 $2 \times 1 \times 2$ 箱籠各裝 2,000斤之玉米穗，其中一個去苞葉，另一個則為含苞葉者。行自然乾燥。
- 3.第三組：以一個 $2 \times 1 \times 2$ 之箱籠，內裝去苞葉之玉米穗 2,000斤，且進行通風。其風量率為 30 立方公尺/分/ m^2 ，總風量每秒為 2 立方公尺；另一個為 $2 \times 0.5 \times 2$ 之箱籠，內裝含苞葉之玉米穗 1,000斤，且加以通風。其總通風量每秒為 1 立方公尺，風量率為 15 立方公尺/分/ m^2 。
- 4.第四組：以各 1000斤之玉米穗（含苞葉與去苞葉），模擬傳統地面曝曬方式，進行露地乾燥。

三、數據之測定：

在每組試驗中，均以熱偶線插入玉米穗層中，

配合溫度記錄器，記錄在乾燥期間之溫度變化。以每二小時為間隔記錄一次，並觀察箱籠中有否高溫區或熱點出現。其水分變化則依每日隨機取樣，以烤箱分別測定玉米軸及玉米粒之含水率值。

四、品質觀察：

玉米穗在乾燥期間，定期以肉眼進行品質觀察，其項目包括霉菌、象鼻蟲、及外觀之損傷情形，同時並比較各組含水率之變化以及品質之變化。

五、各測試地點之分佈：

將與第一組同樣條件之試驗物，分置於新社種苗改良場及臺南改良場，作分區試驗比較。

六、數據分析及繪圖。

伍、執行結果與討論

一、一般討論：

剛採收之玉米穗，其水分常在30%以上。此時由於玉米粒體積膨脹的關係，其水分亦不易逸出，故乾燥速率甚緩。在有苞葉之情況下，其乾燥速度會更為緩慢。

二、含苞葉與否以及通風對玉米穗軸及玉米粒含水率之影響。

$2 \times 0.5 \times 2$ 箱籠乾燥試驗結果：

根據文獻記載，玉米穗乾燥期間，其上之玉米粒與玉米軸心之水分含量有一定之比例關係。通常在高水分區段內(15%wb 以上)軸心之水分遠比玉米粒為高，有時差值達20%以上；而在低水分區段，則比玉米粒之水分略低。其關係式可用下式表示：

$$M_c = \begin{cases} -64.8691427 - 15.3158906 \times M_k + 1.3827638 M_k^2 - 0.0484529384 \times M_k^3 + 7.69228407 \times 10^{-4} \times M_k^4 - 4.63070455 \times 10^{-6} \times M_k^5 & \text{當 } 10 < M_k < 50\% \\ -60\% & \text{當 } M_k > 50\% \\ -0.8763 \times M_k & \text{當 } M_k < 10\% \end{cases}$$

式中， M_k 及 M_c 分別為玉米粒及玉米軸之水分含量，以濕基表示。

圖三至圖八分別在籠箱厚度 0.5米下進行乾燥之水分變化情形。圖三與圖四為玉米穗在含苞葉與不含苞葉兩種情況下，以自然乾燥且不強制通風之條件下進行乾燥時，玉米粒水分之變化情形。圖五則為通風量在 15 CMM/ m^3 之情況下，玉米粒水分之變化情形。圖六至圖七則為上述圖三至圖五之乾燥條件下，其穗心部份水分之變化情形。

由所得之迴歸方程式及其附近水分點之分佈情

形可得知，玉米粒水分之變化標準差約在 $\pm 3\%$ 以內；而穗心部份之水分分佈範圍則在 $\pm 5\%$ 以內，兩者相差甚大。圖九與圖十則分別就上述條件所得之迴歸方程式加以綜合比較。圖九為玉米粒水分在乾燥時之變化情形；圖十則為穗心部份之水分變化。在相同之乾燥時間及相同的處理中，其水分含量相差幾達20%以上。表一為將殼層厚度為 0.5公尺之玉米穗內穗心及玉米粒間之含水率之差異情形。

表一 不同乾燥時間下，穗心與玉米粒乾基含水率之差異。(箱籠穀層厚度 0.5公尺)

水分含量及 乾燥時間 (日)	去 苞 葉		含 苞 葉			
	玉 米 粒	穗 心	自 然 乾 燥		強 制 通 風	
			玉 米 粒	穗 心	玉 米 粒	穗 心
0	27.80	51.83	30.66	55.66	29.82	51.42
10	24.31	42.66	28.42	50.62	26.74	43.80
20	20.82	33.50	26.17	45.58	23.65	31.18
30	17.33	24.33	23.93	40.54	20.56	28.56
40	13.84	15.16	21.69	35.50	17.47	20.94

玉米粒水分愈高者，其初始之穗心含水率也相對增高，而玉米粒水分降至安全水準之後，此項差距方逐漸縮小。

圖二所示為不同處理狀態下之乾燥速率。由於穗心之含水率平均比玉米粒本身高出甚多，故其乾減率也較玉米粒部份為快。在去苞葉狀況下，平均每日之乾減率為0.92%；而玉米粒則僅0.35%相差幾達三倍。在含苞葉情況下乾燥時，其乾燥速率無論玉米粒或穗心均比去苞葉者約低三分之一以上。若在含苞葉之情況下採用強制通風，則所獲得之乾減速率約在自然通風方式下比未去苞者略高，但比去苞狀況略低，故採用通風仍有其效果。但為降低設備之投資成本，採用自然通風仍不失為良好之對策。

表二 各種處理狀況下之乾燥速率比較
(箱籠穀層厚度 0.5公尺)

乾燥速率 %/日	去 苞 葉	含 苞 葉	
		自然通風	強制通風*
玉米穗心	0.92	0.50	0.76
玉米粒	0.35	0.22	0.31

* 風量為 15CMM/m²。

上述之水分乾減率之變化中，穗心部份之乾減速率均比玉米粒為大。以玉米粒之構造而言，胚芽部份為其水分之集散地。在脫粒之前，其胚芽部位正與穗心連結，其水分之擴散必須經由穗心部份方能有效去除其水分。這也是脫粒後玉米粒之水分容易去除之原因。因此若以整穗進行乾燥，則大部份

之熱能可能消耗在去除穗心部份大量水分之無謂工作上。自然乾燥法沒有特意的能源供應，完全由太陽自然產生，故在乾燥玉米穗之作業上，應為最適合且效率最高的乾燥方式。

三、2 × 1 × 2 箱籠之乾燥試驗：

由於本省天候較為潮濕，故採用一公尺穀層厚度之箱籠嫌太厚，若不加通風時，則含苞葉者約在10天後即行長霉，去苞葉者約15天也開始發霉，因此本組試驗皆施行通風，其風量率分別為15CMM/m²及30CMM/m²。

圖十一至圖十六分別箱籠厚度1米下進行乾燥之水分變化情形。圖十一與圖十二為玉米穗在含苞葉與不含苞葉兩種情況下，以強制通風進行乾燥時，玉米粒水分之變化情形，其通風量均為15CMM/m²；圖十三則為通風率在30CMM/m²下玉米粒水分之變化情形。圖十四至圖十六則為上述圖十一至圖十三之乾燥條件下，其穗心部份水分之變化情形。

在此厚度下，乾燥迴歸方程式及其附近水分點之分佈之標準差，玉米粒亦約在±3%以內；而穗心部份之水分分佈範圍則在±4%以內，兩者相差尚在合理範圍。圖十七與圖十八則分別就上述條件所得之迴歸方程式加以綜合比較。前者為玉米粒水分在乾燥之變化情形；後者則為穗心部位之水分變化。

在相同之乾燥時間及相同的處理，其乾減速率比較則如表三所示。在此種厚度下，穗心之乾燥速率約為玉米粒之兩倍；與表二所示在0.5公尺厚度下相差達2.5倍之情況不同。由此顯示：通風可使玉米粒部份之水分降低較穗心部份為速。惟在去苞

葉之處理中，有強制通風者之穗心乾減率比未行通風者為低，可能屬於不同地點之氣候狀態所然。但在含苞葉乾燥之場合，風量較高者，其乾燥速率也顯然較速，並且與去苞葉者之乾燥速率大略相等。

對玉米軸心含水率降低速度而言，去苞葉者(0.71)為含苞葉者(0.56)之1.3倍。玉米粒方面，去苞葉者(0.36)亦為含苞葉者(0.28)之1.3倍。易言之，無論玉米粒或穗心部份，其水分乾燥去苞葉之處理均約比含苞葉者快約30%。但含苞葉者若加以通風二倍之風量(30 CMM/m²)時，(如圖十七及圖十八)，則含苞葉者含水率之乾減率變為0.72(玉米穗軸)及0.35(玉米粒)，約與去苞葉之處理方式相等。

表三 強制通風乾燥過程之乾燥速率比較
(箱籠穀層厚度1公尺)

乾燥速率 (%/日)	含苞葉		
	去苞葉 15CMM/ m ²	15CMM/ m ²	30CMM/ m ²
玉米穗心	0.71	0.56	0.72
玉米粒	0.36	0.28	0.35

四、不同地區試驗比較：

本試驗之場地分臺中及臺南兩地，但主要試驗則在臺中地區進行。臺中地區除農試所外，尚以種苗繁殖改良場之新社為試驗比較地點。新社種苗場及臺南改良場主要作0.5公尺厚度之玉米穗自然乾燥分區試驗。由於種苗場位於山區，濕度過高，且在試驗過程中無遮雨裝置，故有發霉現象。但在臺南改良場之試驗則由於有遮雨裝置，且氣候較為乾燥，故效果良好。圖十九至圖廿分別為在臺南改良場進行試驗時，就含苞葉玉米穗在籠箱厚度0.5公尺，且不強制通風之乾燥狀態下，其玉米粒及穗心部位水分之變化情形。兩者之乾燥速率分別為0.15%及0.66%。在不通風之情況下，其乾燥速率仍然遲緩。

圖廿一所示則為不含苞葉玉米穗在籠箱厚度0.5公尺，以不行通風之乾燥方式，分別在臺南改良場與臺中農試所分組試驗時，其玉米粒水分乾減情形比較。雖然兩地所用之玉米穗其初期含水率略為不同，但其乾燥之速率頗為相近，其值每日約乾減0.35%。顯示自然乾燥法亦適用於中、南部地區，但不適合於較潮濕之新社地區。故此類地區須可

加設強制通風設備，進行常溫通風乾燥。

五、籠箱自然乾燥法與日曬法比較：

在目前中南部玉米產區之玉米穗乾燥，仍以日曬法為主。將玉米穗鋪於自家曬場或直接鋪於大馬路之兩側，進行太陽能乾燥。圖廿二所示為已去苞葉玉米穗分別在地面曝曬與箱籠式自然乾燥作一比較之結果。在乾燥速率上，日曬法每日約為0.54%；籠箱法每日約為0.35%，其相差約為五成。故若自30%濕基含水率之玉米穗乾至18%以下可供脫粒機正常脫粒之水分時，利用日曬法約需22天；而籠箱法約為34天。若以含苞玉米穗進行比較，則在相同之水分範圍下，籠箱法約需55天；日曬法需時33天。但若籠箱法設法予以強制通風(30CMM/m²)，則籠箱法在33天內亦可乾燥完成，與日曬法約略相等。表四及表五分別為去苞及含苞玉米穗在籠箱法及日曬法下，乾燥至不同含水率時所需之天數。

對含苞葉而言，籠箱厚度0.5公尺者其含水率遞減率為每天約為0.22%，若行強制通風則含水率遞減率可提高至0.35% (厚度為1公尺，風量為30 CMM/m²時)；而同樣含苞葉之玉米穗置於地面行日曬時，其水分遞減率為每日0.36%。因此在乾燥速度上，若籠箱方式不加以強制通風時，則傳統地面乾燥表現較佳；但加以通風，則乾燥速率大約相若。表六所示為各種處理與日曬法之乾燥速率比較。

表四、籠箱式與日曬法乾燥去苞玉米穗所需之日數

初期含水率 (MCWB %)	籠箱法*		日曬法			
	(終了含水率, MCWB %)					
	24%	22%	18%	24%	22%	18%
36	34	40	51	22	26	33
34	29	34	46	19	22	30
32	23	29	40	15	19	26
30	17	23	34	11	15	22
28	11	17	29	7	11	19
26	6	11	23	4	7	15
24	0	6	17	0	4	11

* 自然通風乾燥，厚度0.5公尺。

表五、籠箱式與日曬法乾燥含苞玉米穗所需之日數

初期含水率 (MCWB %)	籠箱法*			日曬法		
	(終了含水率, MCWB %)					
	24%	22%	18%	24%	22%	18%
36	55	64	82	33	39	50
34	46	55	73	28	33	44
32	36	46	64	22	28	39
30	27	36	55	17	22	33
28	18	27	46	11	17	28
26	9	18	36	6	11	22
24	0	9	27	0	6	17

* 厚度為 1 公尺通風量 30CMM/m²。

表六、籠箱法與日曬法之乾燥速率比較

乾燥方式	穀層厚度 (m)	玉米穗狀態	乾燥速率, %/日
籠箱法自然通風	0.5	去苞	0.35% *
籠箱法自然通風	0.5	含苞	0.22%
籠箱法 1m/s	1.0	去苞	0.36%
籠箱法 1m/s	1.0	含苞	0.28%
籠箱法 2m/s	1.0	含苞	0.35%
日曬法	—	去苞	0.54%
日曬法	—	含苞	0.36%

* 以濕基含水率計算

日曬法之乾燥速率較籠箱式為速，主要原因在於玉米穗平鋪於地面，屬薄層乾燥，且因受太陽直射，曝曬之地面溫度甚高（最高有時達60°C）。故就乾燥速度而言，地面曝曬似乎較好，但若考慮連續下雨時，因必須覆蓋，會造成另一種高溫且濕氣大之發芽環境，影響其乾燥後之品質。此外，由於地面曝曬所需之面積甚大，以及每日覆蓋帆布之鋪蓋及捲取所需之人工等因素加以考慮時，則籠箱式自然乾燥法仍值得推廣。

六、乾燥期間品質之變化情形：

在 2 × 0.5 × 2 之箱籠中，由於厚度薄，故自然風之風速（依據農試所氣象臺所提供二月至六月

份資料為 3—5 M/S）就足以將之乾燥，不至有發霉腐壞之現象。但當厚度達 1 M 時，收穫 10~15 天即有發霉現霉，（參見圖廿三所示）。故必需採用強制通風。當然，決定是否通風亦與玉米穗之初期含水率高低有關。初期含水率愈高愈容易發霉發熱，導致品質降低。換言之，採收時之含水率愈低，利用自然乾燥法愈不易造成農產品之腐壞。但農民為了次一作物之種植。往往急於採收，其含水率（濕基）常達 35%~45% 之範圍。在此高含水率下，以機械採收玉米穗之過程，苞葉極難去除，而進入去苞葉機去除苞葉時，則極容易造成嚴重損失。

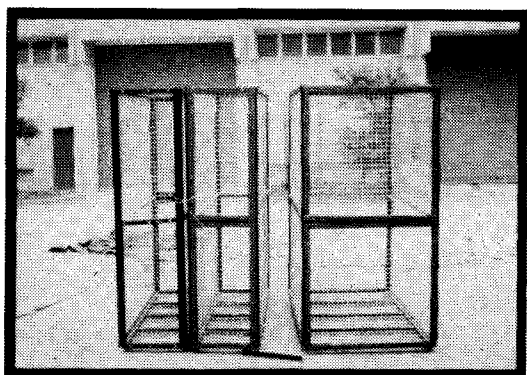
然而，依前述試驗結果，吾人知去苞葉時之乾燥效果最佳；而在未去苞之情形下則以通風乾燥方式為較佳。因此在未去苞葉及氣候潮濕的情況下，應採用常溫強制通風乾燥為原則。此外，由於在未去苞葉時，0.5M 及 1 M 厚度之乾燥籠箱之含水率遞減情形幾乎相等。而且在風量為 2M/S 時，其含水率降低速度與 0.5M 厚度之乾燥籠箱（去苞葉，未通風）相等。因此在進行含苞葉之乾燥時，必需加以通風，風量至少為 2M/S，所採用之厚度則依通風方式而不同。直接吹至（垂直）長寬面者可採用 1 M 厚度，但若從側邊吹過（通風方向平行）長寬面者，為保險起見，最好採用 0.5M 厚度之箱籠。

將去苞葉，1 M 厚度，且已發霉之乾燥籠頂端撥開，吾人發現距外圍 22 公分內之已去苞葉玉米穗並未發霉，而從距邊 22 公分至中心點（距邊 50 公分）區間內有發霉現象，所以不通風乾燥之箱籠厚度以 50 公分為最佳，（參見圖廿四）。

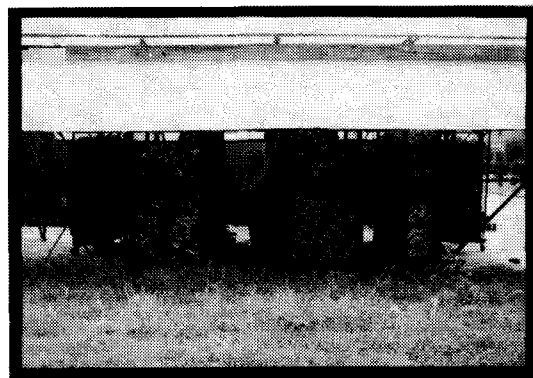
陸、結 論

依上所述及分析，吾人可將其結果列述如下：

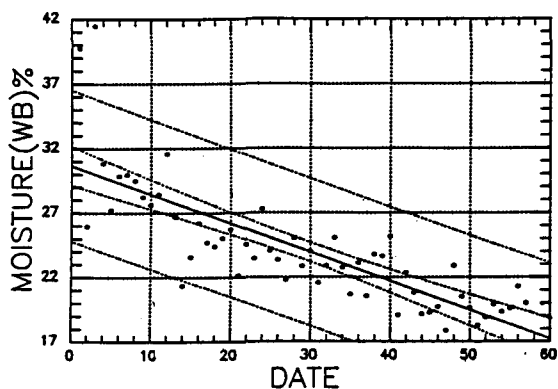
- 一、箱籠式自然乾燥在不強制通風之條件下，最佳乾燥厚度為 0.5M。此時米粒含水率遞減率平均每日為 0.35%。
- 二、傳統地面曝曬方式，由於地表面吸熱，形成一天然烤爐，故乾燥速度為箱籠式自然乾燥之 1.5 倍，但若考慮下雨，曝曬所暫面積及人工等因素，則仍以箱籠式自然乾燥（或通風乾燥）為佳。
- 三、經過地區試驗，可知箱籠式自然乾燥適用於中南部地區，而不適用於山區。
- 四、箱籠式乾燥厚度為 1 M 時，通風量至少需要 2M/S。



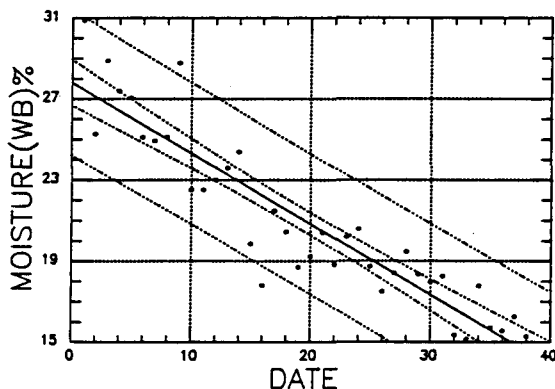
圖一、玉米穗行自然通風所用之乾燥籠箱結構。左邊兩座為 $2 \times 0.5 \times 2$ 公尺（其厚度為 0.5 公尺）；右一座為 $2 \times 1 \times 2$ 公尺（其厚度為 1 公尺）。



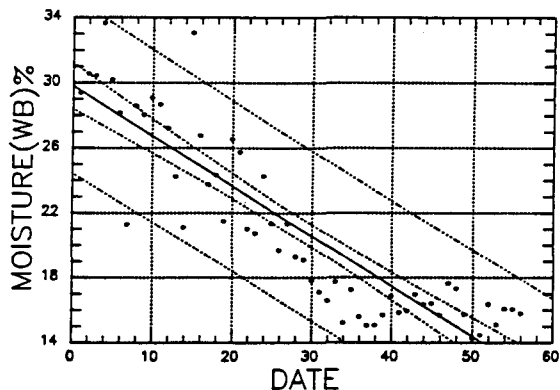
圖二、玉米穗進行自然乾燥時之情形，其上為遮雨裝置，兩側可行自然通風。



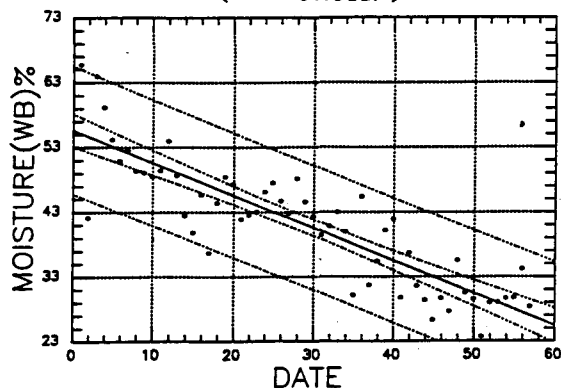
圖三、含苞葉玉米穗在籠箱厚度 0.5 公尺，且不強制通風之乾燥狀態下，其玉米粒水分之變化情形。
迴歸式 $y = 30.6568 - 0.224214x$ ，
($r = -0.79876$)。



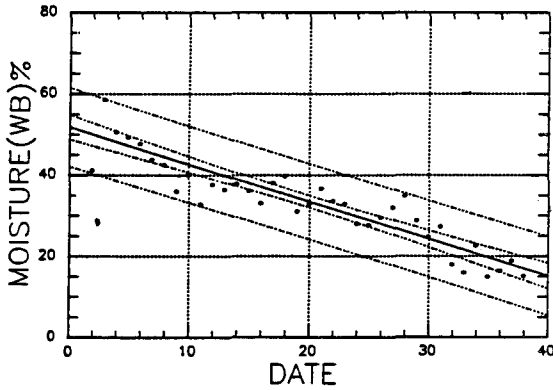
圖四、不含苞葉玉米穗在籠箱厚度 0.5 公尺，且不強制通風之乾燥狀態下，其玉米粒水分之變化情形。
迴歸式 $y = 27.7958 - 0.348764x$ ，
($r = -0.919251$)。



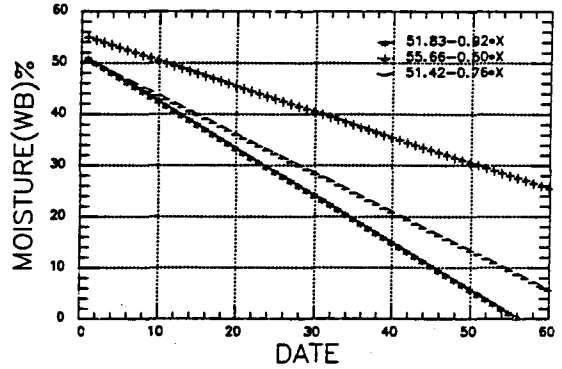
圖五、含苞葉玉米穗在籠箱厚度 0.5 公尺，通風量 $15 \text{ CMM}/\text{m}^2$ 之乾燥狀態下，其玉米粒水分之變化情形。
迴歸式 $y = 29.8239 - 0.308877x$ ，
($r = -0.89137$)。



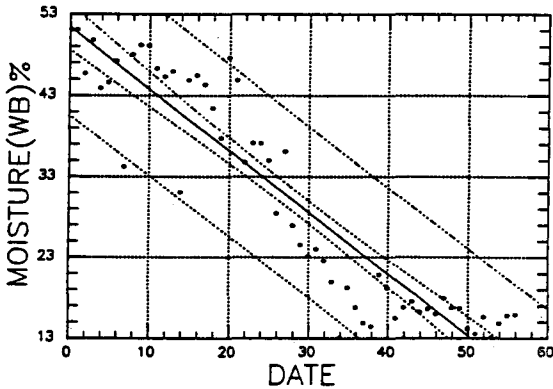
圖六、含苞葉玉米穗在籠箱厚度 0.5 公尺，且不強制通風之乾燥狀態下，其穗心部份水分之變化情形。
迴歸式 $y = 55.6577 - 0.504028x$ ，
($r = -0.871836$)。



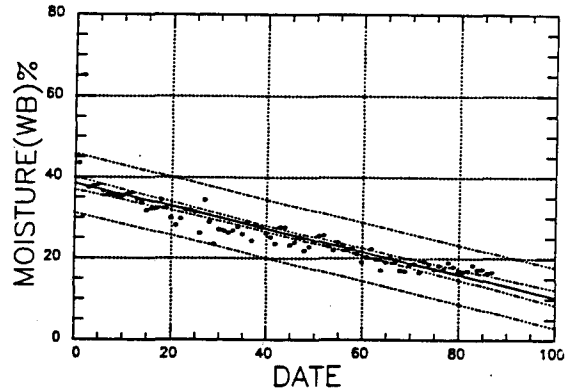
圖七、不含苞葉玉米穗在籠箱厚度0.5公尺，且不強制通風之乾燥狀態下，其穗心部份水分之變化情形。
迴歸式 $y = 51.8331 - 0.916904x$ ，
($r = -0.915544$)。



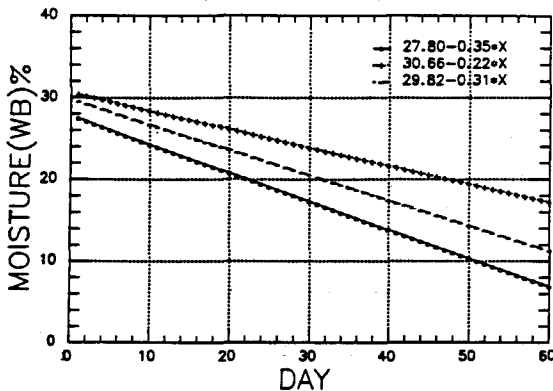
圖十、在籠箱厚度0.5公尺之情況下進行乾燥時，含苞葉、通風量為 $15 \text{ CMM}/\text{m}^2$ 及不含苞葉等(由上而下)三組乾燥狀態下，其穗心部份水分變化之迴歸方程式比較。



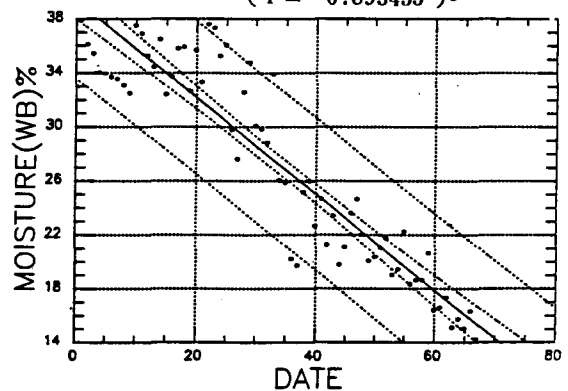
圖八、含苞葉玉米穗在籠箱厚度0.5公尺，通風量 $15 \text{ CMM}/\text{m}^2$ 之乾燥狀態下，其穗心部份水分之變化情形。
迴歸式 $y = 51.4166 - 0.761851x$
($r = -0.923221$)。



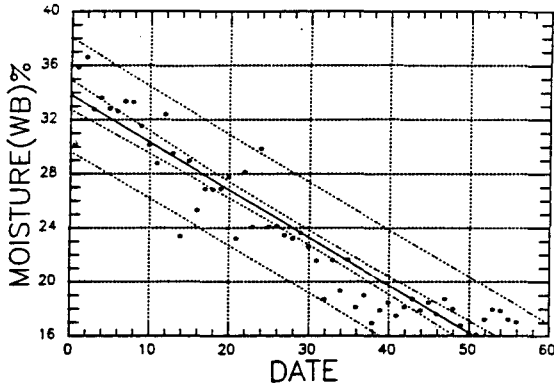
圖十一、含苞葉玉米穗在籠箱厚度1公尺，通風量 $15 \text{ CMM}/\text{m}^2$ 之乾燥狀態下，其玉米粒水分之變化情形。
迴歸式 $y = 38.504 - 0.281533x$ ，
($r = -0.893455$)。



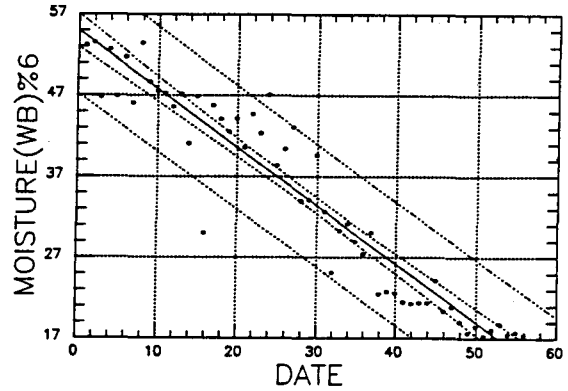
圖九、在籠箱厚度0.5公尺之情況下進行乾燥時，含苞葉、通風量為 $15 \text{ CMM}/\text{m}^2$ 及不含苞葉等(由上而下)三組乾燥狀態下，其玉米粒水分變化之迴歸方程式比較。



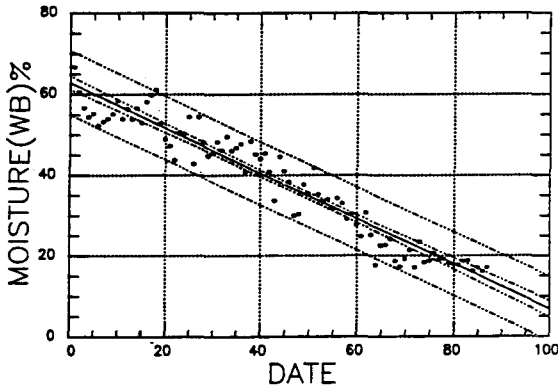
圖十二、不含苞葉玉米穗在籠箱厚度1公尺，通風量 $15 \text{ CMM}/\text{m}^2$ 之乾燥狀態下，其玉米粒水分之變化情形。
迴歸式 $y = 39.3403 - 0.357965x$ ，
($r = -0.929209$)。



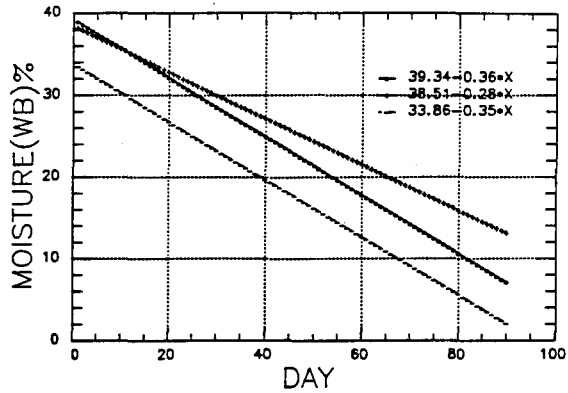
圖十三、含苞葉玉米穗在籠箱厚度 1 公尺，通風量 $30 \text{ CMM}/\text{m}^2$ 之乾燥狀態下，其玉米粒水分之變化情形。
迴歸式 $y = 33.8571 - 0.352757x$ ，
($r = -0.944482$)。



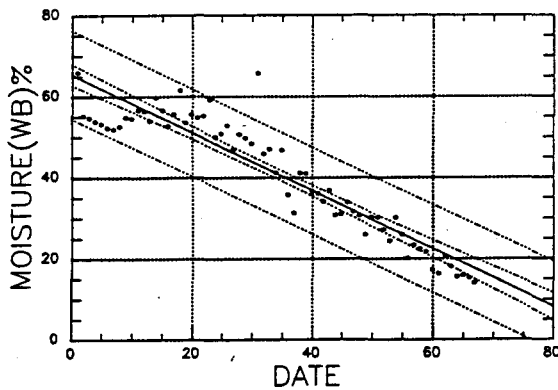
圖十六、含苞葉玉米穗在籠箱厚度 1 公尺，通風量 $30 \text{ CMM}/\text{m}^2$ 之乾燥狀態下，其穗心部份水分之變化情形。
迴歸式 $y = 54.9975 - 0.720422x$ ，
($r = 0.953561$)。



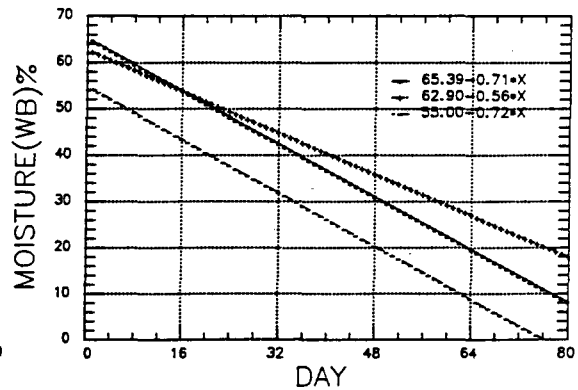
圖十四、含苞葉玉米穗在籠箱厚度 1 公尺，通風量 $15 \text{ CMM}/\text{m}^2$ 之乾燥狀態下，其穗心部份水分之變化情形。
迴歸式 $y = 62.8985 - 0.560646x$ ，
($r = -0.964555$)。



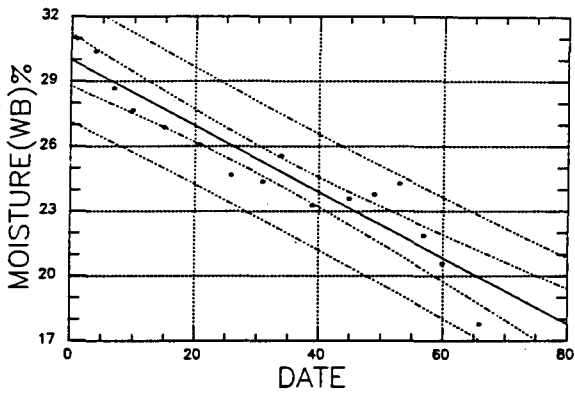
圖十七、在籠箱厚度 1 公尺之情況下進行乾燥時，含苞葉 ($15 \text{ CMM}/\text{m}^2$)、不含苞葉 ($15 \text{ CMM}/\text{m}^2$) 及含苞葉 ($30 \text{ CMM}/\text{m}^2$) 等三組 (由上而下) 乾燥狀態下，其玉米粒水分變化之迴歸方程式比較。



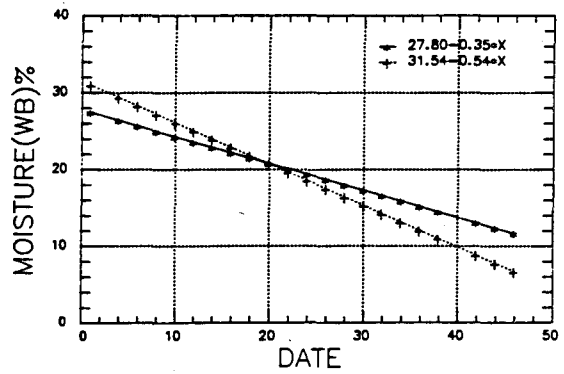
圖十五、不含苞葉玉米穗在籠箱厚度 1 公尺，通風量 $15 \text{ CMM}/\text{m}^2$ 之乾燥狀態下，其穗心部份水分之變化情形。
迴歸式 $y = 65.3889 - 0.714992x$ ，
($r = -0.935214$)。



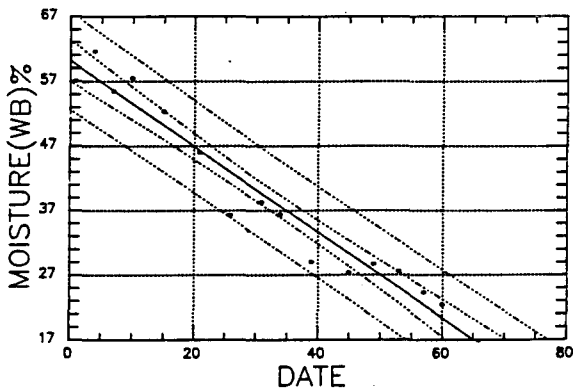
圖十八、在籠箱厚度 1 公尺之情況下進行乾燥時，含苞葉 ($15 \text{ CMM}/\text{m}^2$)、不含苞葉 ($15 \text{ CMM}/\text{m}^2$) 及含苞葉 ($30 \text{ CMM}/\text{m}^2$) 等三組 (由上而下) 乾燥狀態下，其穗心部位水分變化之迴歸方程式比較。



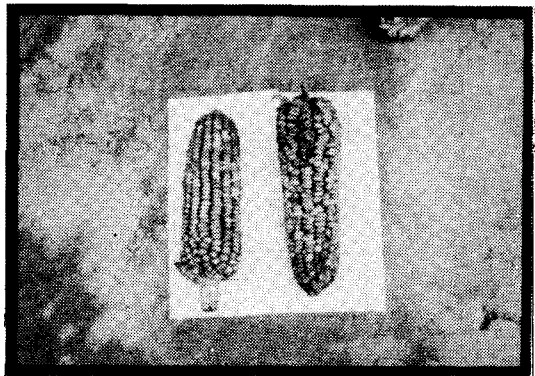
圖十九、含苞葉玉米穗在籠箱厚度 0.5 公尺，且不強制通風之乾燥狀態下，其玉米粒水分之變化情形。(測試地點：台南場)
迴歸式 $y = 29.9943 - 0.1527x$ ，
($r = -0.941538$)。



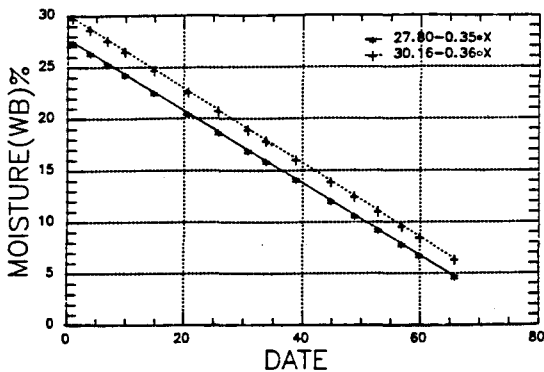
圖廿二、利用籠箱式自然乾燥法與傳統式地面日曬法乾燥玉米穗之比較。(地點：台中農試所)。



圖廿四、含苞葉玉米穗在籠箱厚度 0.5 公尺，且不強制通風之乾燥狀態下，其玉米穗心部份水分之變化情形。(測試地點：台南場)
迴歸式 $y = 60.172 - 0.663614x$ ，
($r = -0.977095$)。



圖廿三、在厚度 1 公尺之籠箱試驗中，含苞葉玉米穗行自然通風組之腐壞情形。



圖廿一、不含苞葉玉米穗在籠箱厚度 0.5 公尺，且不強制通風之乾燥狀態下，在台南(上)與台中(下)分組試驗時，其玉米粒水分之變化情形比較。



圖廿四、在厚度 1 公尺之籠箱試驗中，含苞葉玉米穗行自然通風後完好(側邊)與腐壞(中間)之分界情形。

柒、誌 謝

本報告係執行農委會七十七年加速農建 -7.1 一糧-25c 計畫之成果，在此對農委會提供研究經費，謹誌謝意。執行期間承蒙種苗場、臺南場等農機人員之大力協助，謹此誌謝。

捌、參考資料

1. 梁榮良，1982，小型玉米收穫機改良試驗，農機研究發展與示範推廣報告，p43~45。
2. 呂俊堅、梁連勝，1984，玉米採收機之研製，農機研究發展與示範推廣報告，p72~80。
3. 陳萬福、呂俊堅，1982，玉米聯合收穫機之試驗研究，農機研究發展與示範推廣報告，p54~55。
4. 梁連勝、呂俊堅，1985，履帶式玉米收穫機研製改良，農機研究發展與示範推廣報告，p55~57。
5. 施名南、黃宗森，1984，三輪式雙行玉米收穫機研製改良，農機研究發展與示範推廣報告，p65~71。
6. 陳加忠，1984，玉米收穫機之開發研究，農工學報30(2)。
7. 馮丁樹，1985，飼料玉米乾燥特性之研究，農工學報 31(1)：37~55。
8. 馮丁樹、郭來標，1987，換向式通風乾燥玉米穗之研究，臺大農學院報告 27(1)：55~65。
9. 馮丁樹，1985，美國之玉米採收機械及種子處理設備，農情週訊第25期。
10. 方焯、馮丁樹，1985，靜置式厚層玉米粒乾燥過程中最適風量率及最佳操作條件之探討。農工學報 31(4)：71~77。
11. Aerovent Fan Equipment, Inc. 1958. Aerovent crop drying systems.
12. Duffee, F. W., 1937. Drying seedcorn with electricity Agricultural Engineering 18(4):149-151.

專營土木、水利、建築等工程

大禾營造有限公司

地址：高雄縣杉林鄉司馬路58巷11號

電話：(07)6771268

專營土木、水利、建築等工程

徐國榮營造有限公司

地址：臺南市大同路2段53號

電話：(07)6621931