

乾燥溫度與輸送設備對省產 玉米破碎率之關係

The Relation of Drying Temperature and Handling Equipment Versus Breakage of Domestically Produced Corn

國立台灣大學農業機械工程學系教授兼主任

前財團法人農業機械化研究發展中心助理

蕭 介 宗

李 世 宗

Jai-tzung Shaw

Shih-tzung Li

摘 要

省產含水率 34% 之玉米穗人工採收後，將其以高溫 (70—80°C) 和低溫 (40°—50°C) 兩種溫度乾燥至 20~24% 之含水率後脫粒，再將玉米粒乾燥至 12.8~13.2% 的含水率。試驗兩種不同乾燥溫度對玉米粒破碎的影響。並以五種輸送機—3.65 公尺長的螺旋輸送機，3.65 公尺長的鏈條輸送機，9 公尺長的皮帶輸送機，7.2 公尺高的斗昇機和管長 6.5 公尺的氣動輸送機輸送；每種輸送機約 60 公斤重的玉米粒做 15 次之重覆輸送，以試驗輸送速度和距離對玉米粒破碎率之影響。

含水率 34% 的玉米穗分別以 70~80°C 的高溫及 40~50°C 的低溫進行乾燥至含水率為 24% 及 20% 後，以脫粒機脫粒，此時玉米粒的破碎率分別為 3.6% 或 3.2%。以統計分析，乾燥溫度 (40~80°C) 對 34% 含水率之人工採收玉米穗乾燥至玉米粒含水率 (20~24%) 之間，對玉米粒之破碎率無顯著之影響。

含水率 24% 的玉米粒以 70~80°C 的高溫乾燥至含水率 12.8% 後，玉米粒的破碎率約增加 0.2%。而含水率 20% 的玉米粒以 40~50°C 的低溫乾燥至含水率 13.2% 後，玉米粒的破碎率約增加 0.4%。以統計分析，此兩種試驗，對玉米粒的破碎率並無顯著的影響。

高溫 (70~80°C) 乾燥，含水率 11.9% 及 12.5% 的玉米粒分別以 51.2 公尺/分及 25.6 公尺/分的螺旋輸送機輸送 54.75 公尺後，玉米粒的破碎率分別增加 1.4% 或 0.9%。玉米粒的破碎率都隨螺旋輸送距離的增加及輸送速度之增快有顯著的增加。

低溫 (40~50°C) 乾燥的玉米粒含水率 12.8%，以 25.6 公尺/分的螺旋輸送機輸送 54.75 公尺後，玉米粒的破碎率約增加 1% 且隨著輸送距離的增加有明顯增加之趨勢。

高溫 (70~80°C) 乾燥，含水率 12.8% 及 13.3% 的玉米粒分別以 17.2 公尺/分及 8.6 公尺/分的鏈條輸送機輸送 54.75 公尺後，玉米粒的破碎率分別各增加 1.7% 及 1%。玉米粒的破碎率隨著輸送距離的增加有明顯增加的趨勢。

低溫 (40~50°C) 乾燥，含水率 13.7% 及 13.6% 的玉米粒分別以 17.2 公尺/分及 8.6 公尺/分的鏈條輸送機輸送 54.75 公尺後，玉米粒的破碎率分別各增加 0.9% 及 1.2%。玉米粒的破碎率隨著輸送距離的增加有明顯增加的趨勢。

高溫 (70~80°C) 乾燥到含水率 12.9% 及 12.6% 及低溫 (40~50°C) 乾燥到含水

率13%的玉米粒分別以55公尺/分及27.5公尺/分的皮帶輸送機輸送135公尺後，玉米粒的破碎率並無明顯變化的趨向。

高溫(70~80°C)乾燥到含水率12.3%及13%的玉米粒分別以51.5公尺/分及25.8公尺/分的斗昇機輸送108公尺後，玉米粒的破碎率約增加0.4~0.7%。

低溫(40~50°C)乾燥，含水率13%及13.3%的玉米粒分別以51.5公尺/分及25.8公尺/分的斗昇機輸送108公尺後，玉米粒的破碎率約增加0.7%。

高溫(70~80°C)乾燥，含水率13%的玉米粒分別以4350公尺/分及2950公尺/分的氣動輸送機輸送97.5公尺後，玉米粒的破碎率分別增加8.6%和8.5%。玉米破碎率隨著輸送距離、速度和乾燥溫度的增加有明顯增加的趨勢。

低溫(40~50°C)乾燥而含水率13.2%及12.9%的玉米粒分別以4350公尺/分及2950公尺/分的氣動輸送機輸送97.5公尺後，玉米粒的破碎率分別增加7.2%和7.1%；玉米破碎率隨著輸送距離、速度和乾燥溫度的增加有明顯增加的趨勢。

Abstract

Domestically produced ear corn at kernel moisture content of 34% was harvested by hand, dried with 70 to 80°C air until the kernel moisture content was reduced to 20 to 24%, threshed by a portable thresher, and then put back to dry the kernel moisture content to 12.8% to 13.2%. Tests were performed to investigate the effect of drying temperature, conveying speed and distance on the broken corn and foreign material (BCFM) by a 3.65m screw conveyor, a 3.65m chain conveyor, a 9m belt conveyor, a 7.2m bucket elevator, and a 6m pneumatic conveyor by handling 60kg samples for 15 times for each type of equipment.

As ear corn at kernel moisture content of 34% was dried with 70 to 80°C or 40 to 50°C air to kernel moisture content of 24% or 20% respectively, the BCFM of threshed corn was 3.6% or 3.2% respectively. From the statistical analysis, drying temperature between 40 and 80°C has no significant effect on the BCFM of corn at moisture content of 20% to 24% which was dried from ear corn at kernel moisture content of 34% and harvested by hand.

If corn at moisture content of 24% was dried with 70 to 80°C air until the kernel moisture content of 12.8%, the BCFM increased 0.2%. However, the BCFM increased 0.4% if corn at moisture content of 20% was dried with 40 to 50°C air until the kernel moisture content of 13.2%. From the statistical analysis, the two above tests had no significant effect on the BCFM.

If corn was dried with 70 to 80°C air down to moisture content of 11.9% and 12.5% and conveyed with screw speed of 51.2 m/min and 25.6 m/min, the BCFM increased 1.4% and 0.9% respectively after 54.75m conveying. Also the BCFM significantly increased with conveying distance and speed of screw conveyor.

If corn was dried with 40 to 50°C air down to moisture content of 12.8%, the BCFM increased 1% under the screw conveyor speed of 25.6m/min and 54.75m conveying. The BCFM also significantly increased with conveying distance.

If corn was dried with 70 to 80°C air down to moisture content of 12.8% and 13.3%, and conveyed with chain speed of 17.2 m/min and 8.6m/min, the BCFM increased 1.7% and 1% respectively after 54.75m conveying. Also the BCFM significantly increased with conveying distance.

If corn was dried with 40 to 50°C air down to moisture content of 13.7% and 13.6%, and conveyed with chain speed of 17.2m/min and 8.6m/

min, the BCFM increased 0.9 and 1.2% respectively after 54.75m conveying. The BCFM significantly increased with conveying distance.

If corn was dried with 70 to 80°C air down to moisture content of 12.9% and 12.6% or dried with 40 to 50°C air down to moisture content of 13%, and conveyed with belt speed of 55 m/min and 27.5 m/min, the BCFM did not increased significantly after 135m conveying.

If corn was dried with 70 to 80°C air down to moisture content of 12.3% and 13% and conveyed with bucket elevator speed of 51.5 m/min and 25.8 m/min, the BCFM increased 0.4% to 0.7% after 108m conveying.

If corn was dried with 40 to 50°C air down to moisture content of 13% and 13.3% and conveyed with bucket elevator speed of 51.5m/min and 25.8m/min, the BCFM increased 0.7% after 108m conveying.

If corn was dried with 70 to 80°C air down to moisture content of 13% and conveyed with air velocities of 4350 m/min and 2950 m/min, the BCFM increased 8.6% or 8.5% respectively after 97.5m conveying. Also the BCFM significantly increased with conveying distance and speed, and drying temperature.

If corn was dried with 40 to 50°C air down to moisture content of 13.2% and 12.9% and conveyed with air velocities of 4350 m/min and 2950 m/min, the BCFM increased 7.2% and 7.1% respectively after 97.5m conveying distance. The BCFM significantly increased with conveying distance and speed, and drying temperature.

一、引言

穀物破碎率受到品種、生長環境、收穫情形、乾燥溫度與穀倉輸送機的種類和輸送速度等的影響。破碎的穀物影響它的品質，降低它的商品價值，縮短它的貯藏期並產生穀倉塵爆構成要件一粉塵。

因省產玉米是目前稻田轉作之重點，而省產玉米之品種，生長環境和收穫情形與進口玉米不同，本文從工程的觀點探討省產玉米破碎的各項因素一乾燥溫度熱應力損傷、脫粒機損傷和各種輸送機械的損傷導致玉米破碎的關係，以提供業者選擇及改善穀食設備，控制穀物破碎和玉米品質分級之參考。本計畫之工作項目包括下列幾項：

1. 將人工採收含高水份的玉米穗分置於鐵質圓筒乾燥倉內利用高低兩種不同乾燥溫度將玉米穗乾到含水率百分之二十到二十四之間。
2. 將含水率百分之二十到二十四之玉米穗利用脫粒機脫粒後，記錄脫粒後玉米粒之破碎率。
3. 脫粒後的玉米粒放回同一鐵質圓筒乾燥倉內利用高低兩種不同乾燥溫度乾到含水率約百分之十三左右，並記錄乾燥前後玉米粒破碎率的變化。
4. 乾燥後之玉米粒經過 7.2公尺斗升機做連續運轉，並記錄累積破碎率在不同速率下增加的情形。
5. 乾燥後之玉米粒經過3.65公尺長的鏈條輸送機做連續運轉，並記錄累積破碎率在不同速度下增加的情形。

6. 乾燥後之玉米粒經過3.65公尺長的螺旋輸送機做連續運轉，並記錄累積破碎率在不同速度下增加的情形。

7. 玉米粒經過 6.5公尺長的氣動輸送機做連續運轉，並記錄累積破碎率在不同速度下增加的情形。

8. 玉米粒經過9公尺長的皮帶輸送機做連續運轉，並記錄累積破碎率在不同速度下增加的情形。

二、文獻探討

Pierce 和 Hanna (1985) 報導美國農場含水率19%與24% (濕基) 玉米從田間玉米聯合收穫機，搬運車，乾燥前、乾燥後和輸送到儲藏倉庫之各種輸送過程中，破裂感受度及破碎率和夾雜物增加之情形如表一所示。破碎率和夾雜物的含量是以通過 4.76mm 直徑孔篩的重量與 500g 的樣品重量百分比；破裂感受度是以100g 樣品通過 Steir 破裂試驗 2分鐘及能通過6.35mm直徑孔篩之重量百分比。可見破碎率和夾雜物增加主要來自乾燥後玉米的輸送佔73%或62%各在19%或24%含水率。玉米破裂感受度約40%由於收穫時，約40%由於乾燥過程和約10%由於輸送階段。

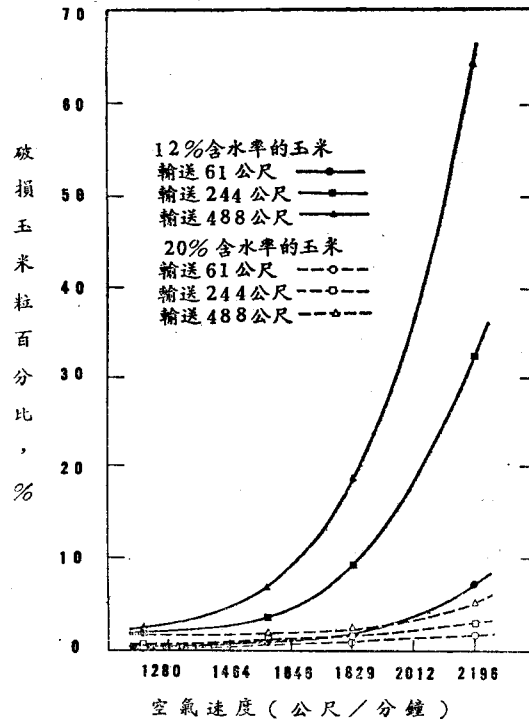
根據 Foster 和 Holman (1973)，斗升機在不同測試情形下，玉米破碎率變化的情形，輸送速度每分介於198到287公尺時的影響極微，半滿載時會比滿載時增加 0.2% 的破碎率，上升給料會比下

降給料時增加0.2%之破碎率，和兩個不同型斗對破碎率之影響極微。

根據 Chung 等 (1973) 氣動輸送機在四種空氣速度、三種輸送距離和12%及20%含水率下，玉米破碎的情形如圖一所示。12%含水率之玉米在輸送速度高於每分1646公尺時，破碎率增加得很快。一般而言，玉米愈乾燥，輸送速度愈快，輸送距離愈長，則玉米破碎隨著增加，而 Magee 等 (1983) 報導氣動輸送機之進料量對玉米損傷之影響甚微。

根據 McKenzie (1985) 引用 Converse (1985) 之報導，比較平底與圓底鏈條輸送機在每小時50.8噸之輸送量，22公尺的輸送距離和輸送速度每分300.8公尺（平底輸送機）或每分52.7公尺（圓底輸送機）下，低溫自然乾燥之玉米損傷率增加之情形介於0.08到0.17%之間；而商業用高溫乾燥玉米破碎率增加0.46到0.74%之間，可見乾燥方式對後續玉米輸送損傷率增加之影響甚大。

根據 McKenzie (1985) 引用 Hall (1974) 之報導，玉米經過45.7公尺的不同螺旋輸送機在不同傾斜角、轉速、含水率、乾燥溫度、滿載度和輸送量下，對破碎率影響之情形。同一傾斜角，和含水



圖一 12%和20%含水率的玉米在四種空氣速度和三種氣動輸送距離下玉米粒破碎的情形

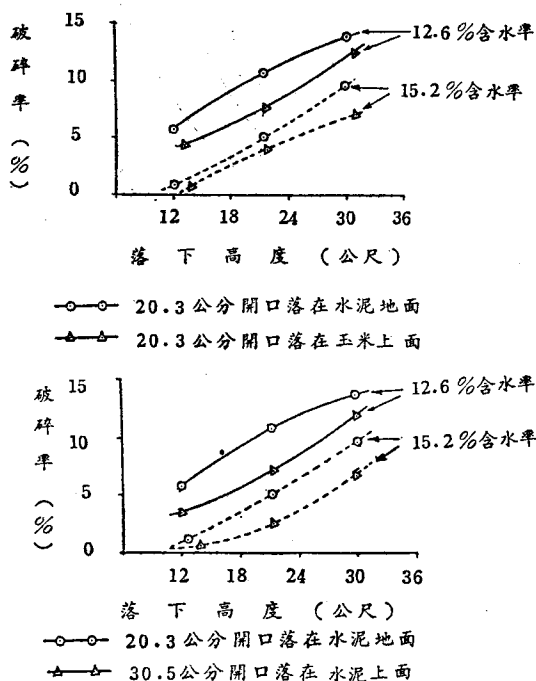
表一 美國農場玉米從田間收穫到儲藏過程破裂感受度及破碎率和夾雜物增加之情形

取 樣 位 置	含 水 率 (19%)		含 水 率 (24%)	
	破 碎 率 和 夾 雜 物 (%)	破 裂 感 受 度 (%)	破 碎 率 和 夾 雜 物 (%)	破 裂 感 受 度 (%)
* ①手收穫樣品	0.13	5.5	0.14	5.4
* ②聯合收穫機穀筒	0.27	14.8	0.4	20.8
* ③搬運車	0.25	13.9	0.22	16.1
* ④乾燥前	0.26	15.3	0.56	20.2
* ⑤乾燥後	0.28	22.4	0.64	39.8
* ⑥從乾燥機出機後	1.20	23.1	1.22	38.8
* ⑦輸送到儲藏倉	1.11	24.8	1.24	40.9

- * 註：①將12—16穗之玉米粒以手脫粒。
- ②迴轉式聯合收穫機。
- ③油壓起重式搬運車。
- ④含水率24%或19%；乾燥溫度77°C。
- ⑤含水率14%。
- ⑥用 2.25m 垂直螺旋輸送機裝載或卸貨乾燥之玉米粒。
- ⑦用 3.04m 螺旋輸送機輸送。

率之玉米，破碎率隨轉速，不滿意度和乾燥溫度之增加而增加。

根據 Mckenzie (1985)，由輸送管和自由落體掉下衝擊而導致玉米之破碎，可由圖二表示之。在高度12.2公尺是一分界高度，超過此高度玉米由於撞傷有顯著的增加。同時在同一落高，含水率和開口下，落在水泥面上之破碎率比落在玉米面上高；在同一高度，開口和碰擊面下，含水率12.6%之玉米破碎率高出含水率15.2%之玉米甚多；在同一落高，含水率和碰擊在水泥面上，開口20.3公分之破碎率比開口30.5公分之破碎率高出甚多。



圖二 玉米的破碎率在不同含水率、開口和高度下衝擊之變化情形

三、試驗設備與步驟

(一) 乾燥倉和乾燥過程

將從田間採收玉米粒含水率34%之玉米穗(台農351號)約四千公斤分成二批，一批做高溫乾燥(70~80°C)，一批做低溫乾燥(40~50°C)。乾燥設備如圖三，為一鋼皮圓型乾燥倉。乾燥方式採用兩段式，即先將玉米穗熱風乾燥至其水分含量達20~24%後，關掉火爐，取出玉米穗，利用脫粒機(榮原CN-260，如圖四)脫粒，待全部脫粒完後，將玉米粒再放回乾燥倉內，以相同的溫度乾燥，玉米的水分含量下降至約13

%為止。

(二) 試驗用輸送機之主要規格

試驗所使用的輸送機共有螺旋輸送機、鏈條輸送機、皮帶輸送機、斗昇機和氣動輸送機等五種。各種輸送機的主要規格如下：

(1) 螺旋輸送機(如圖三)

長度：3.65公尺
直徑：13.5公分
馬力：1馬力
最高輸送速度：51.3公尺/分

(2) 鏈條輸送機(如圖三)

長度：3.65公尺
馬力：1馬力
最高輸送速度：17.2公尺/分

(3) 皮帶輸送機(如圖三)

長度：9公尺
馬力：2馬力
最高輸送速度：55公尺/分

(4) 斗昇機(圖三)

高度：7.2公尺
馬力：2馬力
最高輸送速度：51.5公尺/分

(5) 氣動輸送機(圖四)

輸送管長：6.5公尺
管徑：160公厘
馬力：10馬力
最高輸送速度：4350公尺/分

(三) 破碎率之試驗步驟

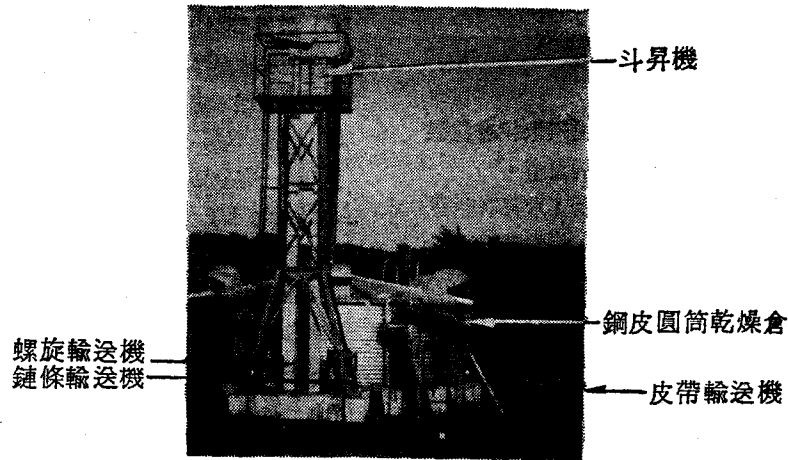
(1) 每種輸送機做下列四種破碎試驗

- ① 高溫乾燥後的玉米粒經過高速度運送。
- ② 高溫乾燥後的玉米粒經過低速度運送。
- ③ 低溫乾燥後的玉米粒經過高速度運送。
- ④ 低溫乾燥後的玉米粒經過低速度運送。

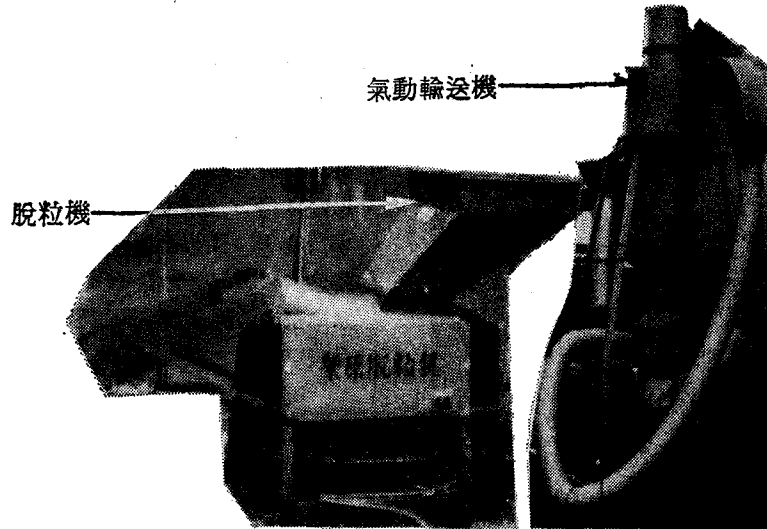
(2) 每次試驗取約60公斤的玉米粒做重覆15次運送，故實際的輸送距離為各輸送機長度的15倍。

(3) 取樣次序為未經輸送前取樣一次，第一次運送後，第三次運送後，第六次運送後，第九次運送後，第十二次運送後，第十五次運送後，再各取樣一次。

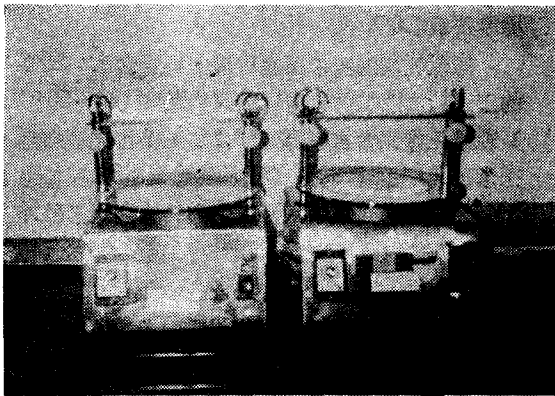
(4) 每次取樣時，隨機取10個樣本。再將100g的玉米樣品放入振動篩選機(如圖五)，篩網使用4號(12/64²=4.76mm)，設定振動時間為10分鐘，待振動停止後，量測通過篩網的



圖三 斗昇機、乾燥倉、皮帶輸送機、螺旋輸送機和鏈條輸送機之外貌



圖四 脫粒機及氣動輸送機之外貌



圖五 破碎玉米之振動篩選機

碎玉米與玉米夾雜物的重量。如果加上留在篩網的玉米夾雜物的重量對 100g 樣品重之比率則為破碎與夾雜物(Broken Corn & Foreign Material, 簡稱 BCFM) 之比率。

四) 水分含量的測定

使用美國分析化學家學會 (AOAC) 的方法, 將緊密接合的不銹鋼水分定量盤預熱至 $130 \pm 3^\circ\text{C}$ 後移至乾燥箱中, 待其冷卻至室溫秤重 (W_1) 後速放回乾燥箱中。將樣品打碎用 20 號篩網篩過。秤大約 2 克的樣品放入樣品盤中, 全重為 W_2 , 不蓋蓋子的盤馬上移入維持 $130 \pm 3^\circ\text{C}$ 之烤箱內烘烤一個小時後取出, 馬上加上蓋子移入乾燥箱中, 待冷卻至室溫秤重為 W_3 。

$$\text{則含水率濕基} = \frac{W_2 - W_3}{W_4 - W_1} \times 100\%$$

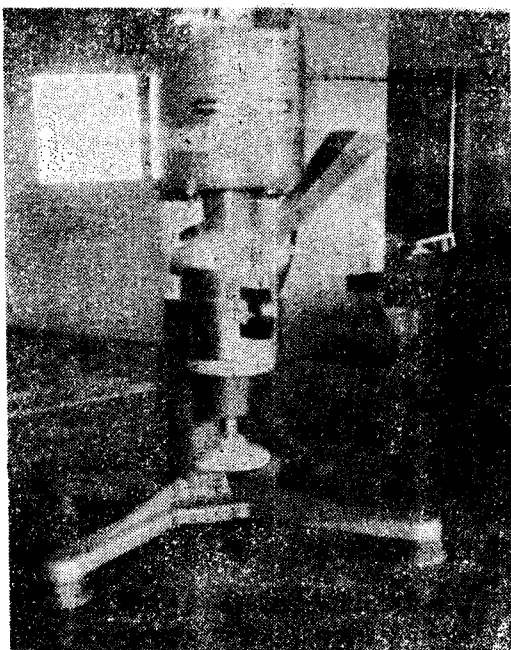
(a) 胴裂率及破損率之測定

取三個 100 公克之玉米樣品，目視玉米粒有龜裂者之重量與樣品重量比率，稱為胴裂率。

取三個 100 公克之玉米樣品，目視玉米粒有斷裂或缺失者之重量與樣品重量比率，稱為破損率。

(b) 破裂感受度之測定

移去夾雜物之玉米粒，先用 4 號篩網 (12/64" = 0.476cm) 篩濾後，稱取 100 克重的樣品，將樣品放入 CK2-M Stein 玉米破碎測試機內 (如圖六)，測試時間為 2 分鐘，測試完後，再將玉米樣品倒入 4 號篩網，通過 4 號篩網的玉米粒和玉米屑之重量與 100g 樣品之比率。



圖六 破裂感受度測試機

四、結果與討論

(一) 脫粒機對玉米粒破碎的影響

如表二，榮原 GN-260 脫粒機的性能測定結果 (1984，台大性能測定報告第 101 號)，在 20% 含水率下，脫粒完後二次平均值玉米碎屑子實為 1.0%，夾雜物為 1.3%，和損傷子實為 3.7%。

(二) 乾燥溫度對破碎率之影響

玉米粒含水率 34% 之玉米穗經高溫 (70~80

°C) 乾燥到 24% 含水率與低溫 (40~50°C) 乾燥至含水率為 20% 後，取出予以脫粒，脫粒後隨機取 20 個樣本之玉米粒，各樣本破碎率如下表三：

以一方分類之變異數分析 (One-Way Analysis Of Variance) 探討表三，高溫與低溫兩種乾燥溫度對含水率介 20~34% 之玉米粒破碎有無顯著之影響。因高溫與低溫乾燥，不含夾雜物之樣品以一方分類之變異數分析，得 f 值為 2.57；在樣品中之自由度為 1，所有的自由度為 39，5% 顯著水準 (Significance level) 之下，查 F 值表中 F 值為 4.12 (Guenther, 1964)，2.57 小於 4.12。所以高溫 (70~80°C) 乾燥玉米粒到含水率 24% 與低溫 (40~50°C) 乾燥含水率 34% 的玉米粒到含水率 20%，對不含夾雜物玉米樣品之破碎率沒有顯著之影響。

同樣地，含夾雜物的樣品以一方分類之變異數分析，得 f 值為 2.11，在樣品自由度為 1，所有的自由度為 39，5% 顯著水準 (Significance level) 下，查 F 值表中 F 值為 4.12，因為 2.11 小於 4.12。所以高溫 (70~80°C) 乾燥玉米粒到含水率 24% 與低溫 (40~50°C) 乾燥 34% 含水率玉米粒到含水率 20% 對含夾雜物之玉米粒樣品沒有顯著之差異。

高溫乾燥的玉米穗脫粒後，再將 24% 含水率的玉米粒再放回乾燥倉內以相同的溫度 (70~80°C) 繼續乾燥到含水率降至 12.8% 時不含夾雜物之玉米破碎率由 3.27% (標準差為 0.76) 增加為 3.59% (標準差為 0.63)。含夾雜物之玉米破碎率由 3.6% (標準差為 0.83) 增加至 3.75% (標準差為 0.68)。

低溫乾燥的玉米穗脫粒後，再將含水率 20% 的玉米粒放回乾燥倉內以相同的溫度 (40~50°C) 繼續乾燥到含水率降至 13.2%，不含夾雜物之玉米破碎率由 2.92% (標準差為 0.57) 增加至 3.44% (標準差為 0.57)，含夾雜物之玉米破碎率由 3.23% (標準差為 0.72) 增加至 3.65% (標準差為 0.65)。

將高溫乾燥至 12.8% 的 80 個玉米樣品與低溫乾燥至 13.2% 的 80 個玉米樣品以一方分類變異數分析法分析，不含夾雜物之 F 值為 2.73，含夾雜物之 F 值為 0.78，在樣品中之自由度為 1，所有的自由度為 159，5% 顯著水準之下，查 F 值表

表二 榮原GN-260 脫粒機之性能

預定測試子實含水率		20%	
次	數	第一 次	第二 次
測 定	日 期	73年7月29日	73年7月29日
測 定	地 點	台中縣神岡鄉	台中縣神岡鄉
測 試 材 料 條 件	品 種	台農 351	台農 351
	穗 形 狀		
	長 度 (mm)	169.3	161.0
	直 徑 最 大 部 (mm)	47.5	49.1
	直 徑 中 央 部 (mm)	46.9	47.4
	子 實 形 狀		
	長×寬×厚 (mm)	11.6×8.0×4.2	11.8×8.5×3.9
	容 積 重 g/l	696.8	623.2
	實 際 測 試 子 實 含 水 率 (%)	19.8	19.2
	千 粒 重 (g)	284.8	288.5
機 械 運 轉 條 件	脫 粒 前		
	損 傷 子 實 (%)	0	0
	胴 裂 子 實 (%)	4.8	1.2
機 械 運 轉 條 件	脫 谷 筒 轉 速		
	無 負 荷 時 (rpm)	914	914
	負 荷 時 (rpm)	853	879
	噪 音		
	無 負 荷 時 (dB)	83	83
	負 荷 時 (dB)	106	104
機 械 運 轉 條 件	電 流 負 荷		
	無 負 荷 時 (V×A)	220×8.4	220×8.3
	負 荷 時 (V×A)	212×18	210×16
作 業 能 力	測 試 材 料 重 (kg)	86.7	90.8
	作 業 時 間 (min)	3.02	3.37
	作 業 總 能 力 (kg/h)	1,722	1,614.5
作 業 精 度	子 實 重 (kg)	70.3	74.3
	穗 軸 重 (kg)	16.3	16.4
	未 脫 粒 重 (g)	82.8	108.4
	飛 散 粒 重 (g)	164.1	158.2
作 業 精 度	脫 粒 後		
	碎 屑 子 實 (%)	1.1	0.9
	損 傷 子 實 (%)	4.7	2.7
	夾 雜 物 (%)	1.1	1.4
胴 裂 子 實 (%)	5.7	7.2	

表三 高溫乾燥到24%含水率與低溫乾燥到20%含水率對玉米粒破碎率之影響

乾燥溫度	破碎率	破 碎 率 (%)										平均 (%)	標準偏差 (%)
		不夾雜物	含雜物	不夾雜物	含雜物	不夾雜物	含雜物	不夾雜物	含雜物	不夾雜物	含雜物		
高 溫 (70~80°C)	不夾雜物	2.7	2.43	3.76	4.01	3.74	4.72	4.24	2.58	3.98	3.77	3.27	0.76
		2.68	2.44	2.37	2.57	3.65	2.47	3.44	2.34	4.11	3.30		
	含雜物	3.14	2.71	3.76	4.07	4.00	5.68	4.86	2.53	4.05	3.91	3.6	0.83
		2.73	3.38	2.73	3.21	4.10	2.76	4.06	2.57	4.15	3.49		
低 溫 (40~50°C)	不夾雜物	2.80	3.71	3.36	3.78	2.34	2.99	4.15	2.27	2.35	2.56	2.92	0.57
		2.11	3.78	2.86	2.46	2.81	2.32	2.61	3.04	2.85	3.26		
	含雜物	2.93	3.96	4.33	4.58	3.99	3.03	4.18	2.31	2.52	2.73	3.23	0.72
		2.45	4.52	2.90	2.55	2.93	2.53	2.93	3.12	2.93	3.26		

F 值為3.9，所以高溫 (70~80°C) 乾燥玉米粒到含水率12.8%與低溫 (40~50°C) 乾燥玉米粒到含水率13.2%，對含夾雜物樣品之破碎率都沒有顯著之影響

(二)各種輸送機對玉米粒破碎之影響

A. 螺旋輸送機

高溫乾燥的玉米粒 (含水率11.9%) 經過高速 (51.2公尺/分) 螺旋輸送時，對玉米粒

破碎率之影響如表四所示，

將表四進行統計分析，可知高溫乾燥 (70~80°C) 之玉米粒，在高速 (51.2 公尺/分) 下，螺旋輸送機之輸送距離對含夾雜物玉米破碎率有顯著之影響。

高溫乾燥的玉米粒 (含水率12.5%) 經過低速 (25.6公尺/分) 螺旋輸送時，距離對玉米粒破碎率之影響如表五。

表四 高溫乾燥 (70~80°C) 之含水率11.9%玉米在高速 (51.2公尺/分) 螺旋輸送時對含夾雜物玉米破碎率與輸送距離之關係

輸送距離 (公尺)	破 碎 率 (%)										平均 (%)	標準差 (%)
0	4.89	4.05	4.10	3.29	3.28	3.52	2.87	3.63	4.15	3.41	3.72	0.55
3.65	4.31	2.98	4.74	4.15	3.48	4.12	4.72	3.84	4.44	3.41	4.02	0.55
10.95	4.25	4.18	5.73	4.33	4.83	4.80	5.01	4.89	4.05	4.55	4.66	0.48
21.9	5.25	4.95	6.14	7.67	4.87	3.48	3.50	3.28	4.26	3.94	4.93	1.22
32.85	5.89	6.11	5.12	4.78	5.36	3.94	3.88	4.40	4.92	5.12	4.95	0.70
43.8	8.93	4.45	6.71	4.09	6.09	5.45	4.69	5.23	4.41	4.84	5.49	1.38
54.75	7.33	3.95	5.71	4.41	4.52	6.01	4.49	5.16	4.57	4.20	5.11	0.95

表五 高溫乾燥 (70~80°C) 低速 (25.6公尺/分) 螺旋輸送對含夾雜物含水率
12.5%玉米破碎率與輸送距離之關係

輸送距離 (公尺)	破 碎 率 (%)										平均 (%)	標準差 (%)
0	3.55	3.65	4.07	3.06	4.03	3.48	2.80	3.72	3.07	3.91	3.53	0.41
3.65	3.39	4.06	5.25	3.80	4.62	3.77	2.62	2.98	3.64	2.89	3.70	0.76
10.95	3.61	4.20	5.35	3.59	3.18	4.04	4.33	4.21	3.86	3.36	3.97	0.59
21.9	4.46	4.91	4.31	3.29	3.95	3.49	4.52	4.80	4.77	3.77	4.13	0.76
32.85	3.48	4.57	3.37	3.82	4.30	4.99	4.35	4.17	4.08	4.39	4.15	0.47
43.8	4.79	4.78	4.08	3.76	3.50	5.96	5.55	3.48	4.12	3.76	4.38	0.82
54.75	4.59	4.08	4.66	3.10	4.53	3.83	5.23	4.51	4.51	4.89	4.39	0.57

表六 低溫乾燥 (40~50°C) 低速輸送 (25.6公尺/分) 含水率12.8%
之玉米螺旋輸送距離與含夾雜物之玉米破碎率之關係

輸送距離 (公尺)	破 碎 率 (%)										平均 (%)	標準差 (%)
0	3.42	3.18	3.06	3.94	4.51	4.18	2.89	3.46	2.85	4.57	3.61	0.62
3.65	4.96	4.36	4.18	4.48	3.61	3.50	4.55	3.55	4.38	3.78	4.14	0.47
10.95	3.97	4.00	4.16	3.84	4.65	4.10	4.43	4.43	4.07	4.12	4.18	0.24
21.9	4.51	4.74	3.10	4.29	3.61	3.64	3.56	4.76	4.15	3.37	3.97	0.56
32.85	4.09	4.12	4.19	4.36	2.35	4.95	5.75	4.23	5.41	4.52	4.40	0.87
43.8	3.80	6.32	4.36	4.49	3.49	5.99	4.16	4.24	4.96	4.71	4.65	0.85
54.75	4.18	5.17	4.10	3.59	3.90	4.29	4.79	6.04	3.84	6.37	4.63	0.90

將表五之資料進行統計分析，含夾雜物高溫乾燥 (70~80°C) 之玉米粒，在低速 (25.6公尺/分) 之螺旋輸送機運轉下，距離對破碎率有顯著之影響。

將表四與表五之資料以二方分類變異數分析法分析結果為：

- ① 高溫乾燥下，螺旋輸送機之輸送距離增加對破碎率有顯著之影響。
- ② 高溫乾燥下，螺旋輸送機之不同輸送速度對破碎率有顯著之影響。此點與 Hall (1974) 之研究結果相近。
- ③ 高溫乾燥下，螺旋輸送機之輸送距離與輸送速度對破碎率並無相互間顯著之影響。

低溫 (40~50°C) 乾燥含水率 12.8% 之玉米粒經過低速 (25.6公尺/分) 之螺旋輸送

後，輸送距離與玉米粒破碎率之間的關係如表六所示。

將表六之資料代入電腦統計程式，含夾雜物低溫乾燥 (40~50°C) 之玉米粒，在低速 (25.6公尺/分) 之螺旋輸送機運轉下，距離對破碎率有顯著之影響。

將表五與表六之資料以二方分類變異數分析法分析結果為：

- (1) 螺旋輸送機低速輸送下之輸送距離增加對破碎率有顯著之影響。
- (2) 螺旋輸送機低速輸送下之不同乾燥溫度對破碎率沒有顯著之影響。
- (3) 螺旋輸送機低速輸送下之乾燥溫度與輸送距離對破碎率並無相互間的顯著影響。

B. 鏈條輸送機

表七 高溫乾燥 (70~80°C) 高速 (17.2 公尺/分) 鏈條輸送距離
對含夾雜物含水率12.8%玉米破碎率之影響

輸送距離 (公尺)	破 碎 率 (%)										平均 (%)	標準差 (%)
0	3.46	4.99	3.03	3.04	3.17	4.23	3.54	4.04	4.2	3.38	3.71	0.61
3.65	3.32	4.07	4.55	3.51	3.37	3.87	4.05	4.20	3.38	3.26	3.76	0.43
10.95	3.23	3.91	3.20	3.72	3.66	4.05	3.43	3.20	4.05	3.25	3.57	0.34
21.9	4.74	4.12	4.18	4.04	3.95	4.60	4.25	4.08	3.76	5.21	4.29	0.41
32.85	4.6	4.47	4.01	4.18	4.49	4.18	4.94	4.66	4.62	4.8	4.48	0.27
43.8	5.25	5.83	5.53	3.42	5.68	5.89	4.42	5.00	4.96	4.20	5.02	0.76
54.75	5.12	5.46	5.57	4.06	4.66	5.76	7.26	6.28	4.32	5.30	5.38	0.89

表八 高溫乾燥 (70~80°C) 低速 (8.6 公尺/分) 鏈條輸送距離
與含夾雜物含水率13.3%玉米破碎率之關係

輸送距離 (公尺)	破 碎 率 (%)										平均 (%)	標準差 (%)
0	4.14	3.64	3.99	3.68	5.74	2.89	3.73	2.97	4.07	3.55	3.84	0.75
3.65	2.82	4.09	3.53	3.95	3.15	4.44	3.93	4.98	3.91	3.44	3.82	0.59
10.95	3.28	3.98	4.34	5.21	3.34	5.03	3.36	4.02	3.56	4.05	4.02	0.65
21.9	4.64	3.23	4.10	4.72	5.44	2.93	4.10	3.45	3.69	3.43	3.97	0.74
32.85	4.72	3.29	5.35	3.57	3.75	3.75	4.16	4.13	4.36	5.12	4.22	0.64
43.8	5.72	3.51	4.03	4.19	3.71	4.39	3.29	7.48	5.80	3.60	4.52	1.32
54.75	4.74	4.43	5.36	4.89	4.07	5.13	3.77	5.58	5.88	4.86	4.87	0.62

高溫乾燥 (70~80°C) 的玉米粒 (含水率12.8%) 經過高速 (17.2公尺/分) 鏈條輸送時，對玉米粒破碎率之影響如表七。

將表七之資料代入電腦統計程式，含夾雜物高溫乾燥 (70~80°C) 之玉米粒，在高速 (17.2公尺/分) 之鏈條輸送機運轉下，距離對破碎率有顯著之影響。

高溫乾燥 (70~80°C) 的玉米粒在含水率 (13.3%) 經過低速 (8.6 公尺/分) 鏈條輸送時，對玉米粒破碎率之影響如表八。

將表八之資料代入電腦統計程式，含夾雜物低溫乾燥 (40~50°C) 之玉米粒，在低速 (8.6 公尺/分) 之鏈條輸送機運轉下，距離對破碎率有顯著之影響。

將表七與表八之資料以二方分類變異數分析法分析，結果如下：

- ① 高溫乾燥下鏈條輸送機之輸送距離之增加對破碎率有顯著的影響。
- ② 高溫乾燥下鏈條輸送機之輸送速度的不同對破碎率沒有顯著的影響。
- ③ 高溫乾燥下鏈條輸送機之輸送距離與輸送速度對破碎率並無相互間的作用。

低溫乾燥 (40~50°C) 玉米粒在含水率 (13.7%) 經過高速 (17.2公尺/分) 鏈條輸送時，對玉米粒破碎率之影響如表九，可見低溫乾燥之玉米粒在高速度 (17.2公尺/分) 之鏈條輸送下，破碎率隨輸送距離之增加而增加之趨勢。

表九 低溫乾燥 (40~50°C) 高速輸送 (17.2 公尺/分) 含水率 13.7%之玉米，鏈條輸送距離與含夾雜物之米粒破碎率之關係

輸送距離 (公尺)	破 碎 率 (%)										平均 (%)	標準差 (%)
0	3.60	3.46	4.33	3.49	3.97	3.02	3.30	2.98	3.67	3.49	3.53	0.39
3.65	5.86	3.27	3.74	3.99	4.76	3.24	4.04	4.40	3.92	3.99	4.12	0.72
10.95	3.90	3.79	4.24	2.08	3.31	2.74	4.07	4.42	3.28	4.20	3.60	0.71
21.9	4.66	4.20	4.25	3.80	5.01	4.45	3.44	4.33	3.34	3.82	4.13	0.50
32.85	4.75	3.93	3.70	2.87	3.87	3.50	3.46	3.98	6.11	6.56	4.27	1.13
43.8	4.82	5.50	5.94	6.96	4.25	2.79	4.10	3.92	5.95	4.16	4.84	1.17
54.75	3.90	6.74	6.03	4.55	5.00	3.87	5.18	5.73	5.65	5.09	5.17	0.86

表十 低溫乾燥 (40~50°C) 低速 (8.6公尺/分) 鏈條輸送時對含夾雜物含水率13.6%玉米破碎率之影響

輸送距離 (公尺)	破 碎 率 (%)										平均 (%)	標準差 (%)
0	3.17	3.23	3.68	3.21	4.69	4.20	3.59	4.38	3.88	4.40	3.84	0.53
3.65	3.90	4.51	4.12	3.35	2.82	3.09	3.64	3.94	5.66	3.49	3.85	0.77
10.95	3.62	3.67	4.89	4.70	4.28	3.39	2.37	3.23	5.15	3.41	3.87	0.82
21.9	5.44	3.18	4.12	4.56	4.90	4.61	3.75	4.00	4.91	4.84	4.43	0.63
32.85	3.79	4.05	3.34	4.31	5.13	5.68	6.22	4.24	3.25	5.02	4.50	0.94
43.8	5.14	5.65	5.34	6.49	4.34	3.52	4.36	4.11	4.70	2.63	4.63	1.05
54.75	5.67	5.08	4.45	6.20	4.76	5.14	5.49	4.17	5.56	4.03	5.05	0.67

將表九之資料代入電腦統計程式，含夾雜物低溫乾燥 (40~50°C) 之玉米粒，在高速 (17.2公尺/分) 之鏈條輸送機運轉下，距離對破碎率有顯著之影響。

將表七與表九之資料以二方分類變異數分析法分析，結果為：

- ①鏈條輸送機高速輸送下之輸送距離之增加對破碎率有顯著之影響。
- ②鏈條輸送機高速輸送下之不同乾燥溫度對破碎率沒有顯著之影響。此結果與 Mckenize (1985)之報導相異，可能由於熱風乾燥與自然乾燥有很大差異，加上所用之速度為3到6倍大於試驗鏈條輸送速度。
- ③鏈條輸送機高速輸送下，乾燥溫度與輸送距

離對破碎率無相互顯著的影響。

低溫乾燥 (40~50°C) 的玉米粒 (含水率 13.6%) 經過低速 (8.6公尺/分) 鏈條輸送時，對玉米破碎率之影響如表十。

將表十之資料代入電腦統計程式，低溫乾燥 (40~50°C) 之玉米粒，在低速度 (8.6公尺/分) 之鏈條輸送機運轉下，距離對含夾雜物破碎率有顯著之影響。

將表九與表十之資料以二方分類變異數分析法分析，結果為：

- ①低溫乾燥下鏈條輸送機之輸送距離增加對破碎率有顯著之影響。
- ②低溫乾燥下鏈條輸送機之不同輸送速度對破碎率沒有顯著的影響。

③低溫乾燥下鏈條輸送機之輸送距離與輸送速度對破碎率並無相互的顯著影響。

將表八與表十之資料以二方分類變異數分析法分析，結果為：

①低速鏈條輸送下，輸送距離增加對玉米破碎率有顯著之影響。

②低速鏈條輸送下，不同乾燥溫度對玉米破碎率沒有顯著之影響。

③低速鏈條輸送下，乾燥溫度與輸送距離並無相互間對玉米破碎率顯著影響。

C. 皮帶輸送機

高溫乾燥的玉米粒(含水率12.9%)經過高速(55公尺/分)皮帶輸送時，對玉米破碎

率之影響如表十一

將表十一資料代入電腦統計程式，含夾雜物高溫乾燥(70~80°C)之玉米粒，在高速(55公尺/分)之皮帶輸送機運轉下，在135公尺之輸送距離內對破碎率沒有顯著之影響。

高溫乾燥的玉米粒(含水率12.6%)經過低速(27.5公尺/分)皮帶輸送時，對玉米破碎率之影響如表十二。

將表十二之資料代入電腦統計程式，含夾雜物高溫乾燥(70~80°C)之玉米粒，在低速(27.5公尺/分)之皮帶輸送機運轉下，在135公尺之輸送距離對破碎率沒有顯著之影響。

表十一 高溫乾燥(70-80°C) 高速(55公尺/分)皮帶輸送時對含夾雜物含水率12.9%玉米破碎率之影響

輸送距離 (公尺)	破 碎 率 (%)										平 均 (%)	標 準 差 (%)
	3.75	3.86	2.41	3.76	4.11	3.43	3.25	3.88	3.64	2.74		
0	3.75	3.86	2.41	3.76	4.11	3.43	3.25	3.88	3.64	2.74	3.48	0.51
27	3.23	5.97	2.81	3.58	4.57	3.03	3.61	2.36	2.01	3.44	3.46	1.07
54	3.93	3.84	3.12	4.21	3.59	2.90	2.84	2.13	2.43	3.80	3.28	0.66
81	2.53	3.11	3.67	2.77	3.08	3.07	3.99	3.44	4.59	2.33	3.26	0.65
108	3.55	5.45	4.14	3.79	3.97	3.95	2.86	3.89	2.55	2.94	3.72	0.77
135	3.47	3.98	3.96	3.58	3.70	3.12	3.98	2.63	4.71	3.88	3.70	0.53

表十二 高溫乾燥(70-80°C) 低速(27.5公尺/分)皮帶輸送時對含夾雜物含水率12.6%玉米破碎率之影響

輸送距離 (公尺)	破 碎 率 (%)										平 均 (%)	標 準 差 (%)
	4.55	3.73	3.78	3.50	3.53	3.31	2.68	2.89	3.18	3.36		
0	4.55	3.73	3.78	3.50	3.53	3.31	2.68	2.89	3.18	3.36	3.45	0.49
27	4.39	4.28	3.00	4.00	3.54	2.95	2.94	3.54	4.23	3.16	3.60	0.55
54	5.50	2.90	2.60	3.46	2.29	2.51	4.02	3.65	3.37	5.14	3.54	1.03
81	3.94	3.86	3.05	4.17	3.79	3.32	3.42	3.53	2.96	2.57	3.46	0.50
108	3.00	3.76	3.38	3.28	3.27	3.83	3.81	4.53	3.60	3.52	3.60	0.40
135	4.84	4.14	5.22	3.88	4.97	2.44	3.20	1.97	3.05	2.65	3.64	1.08

將表十一與表十二之資料以二方分類變異數分析法，在顯著水準採用5%，分析結果為：

①高溫乾燥下，皮帶輸送機之輸送距離增加對玉米破碎率沒有顯著之影響。

②高溫乾燥下，皮帶輸送機之不同輸送速度對

玉米破碎率沒有顯著之影響。

③高溫乾燥下，皮帶輸送機輸送距離與輸送速度相互間對玉米破碎率沒有顯著之影響。

低溫乾燥的玉米粒（含水率13%）經過高速（55公尺/分）皮帶輸送時，對玉米破碎率之影響如表十三。

將表十三之資料代入電腦統計程式，含夾雜物低溫乾燥（40~50°C）之玉米粒，在高速（55公尺/分）之皮帶輸送機運轉下，在135公尺的輸送距離對玉米破碎率沒有顯著之影響。

對表十一與表十三之資料以二方分類變異

表十三 低溫乾燥（40-50°C）高速（55公尺/分）皮帶輸送時對含夾雜物含水率13%玉米破碎率之影響

輸送距離 (公尺)	破 碎 率 (%)										平 均 (%)	標 準 差 (%)
	3.74	3.74	3.31	3.65	3.45	3.87	3.74	3.33	3.34	3.13		
0	3.74	3.74	3.31	3.65	3.45	3.87	3.74	3.33	3.34	3.13	3.53	0.24
27	2.59	3.28	3.23	3.33	3.3	4.42	4.25	2.4	2.48	3.09	3.24	0.65
54	2.91	2.76	3.46	3.21	3.74	3.07	3.64	4.12	4.45	4.02	3.54	0.87
81	3.7	2.92	4.44	3.96	3.22	3.82	3.52	2.79	3.88	4.04	3.63	0.49
108	3.28	3.67	3.8	2.81	2.83	3.23	4.13	4.22	4.42	4.46	3.69	0.52
135	4.44	3.22	2.85	3.57	4.19	4.11	4.79	3.42	3.29	2.84	3.67	0.64

表十四 低溫乾燥（40-50°C）低速（27.5公尺/分）皮帶輸送時對含夾雜物含水率13%玉米碎率之影響

輸送距離 (公尺)	破 碎 率 (%)										平 均 (%)	標 準 差 (%)
	4.24	3.8	3.28	3.37	3.18	5.93	2.53	2.8	3.59	3.39		
0	4.24	3.8	3.28	3.37	3.18	5.93	2.53	2.8	3.59	3.39	3.61	0.90
27	4.22	2.91	3.32	3.98	3.27	4.31	4.7	4.47	2.5	2.8	3.65	0.77
54	4.0	3.82	2.71	4.21	3.88	2.98	3.24	3.26	2.95	3.08	3.41	0.49
81	3.07	3.21	3.89	2.9	4.42	4.71	3.58	3.63	4.12	2.83	3.64	0.61
108	3.96	3.49	3.37	4.06	3.19	3.91	2.96	4.40	2.73	3.3	3.54	0.50
135	3.79	2.63	3.12	3.53	2.52	4.11	4.39	3.82	4.19	4.56	3.67	0.67

將表十四之資料代入電腦統計程式，含夾雜物低溫乾燥（40~50°C）之含水率13%玉米粒，在低速度（27.5公尺/分）之皮帶輸送機運轉下，在135公尺內之輸送距離對破碎率沒有顯著之影響。

數分析法，在顯著水準採用5%，分析結果為：

①皮帶輸送機高速輸送下之輸送距離增加對破碎率沒有顯著之影響。

②皮帶輸送機高速輸送下，不同的乾燥溫度對破碎率沒有顯著之影響。

③皮帶輸送機高速輸送下，不同的乾燥溫度與輸送距離對破碎率並無相互顯著之影響。

低溫乾燥的玉米含水率（13%）經過低速（27.5公尺/分）皮帶輸送時，對玉米破碎率之影響如表十四。

將表十三與表十四之資料以二方分類變異數分析法，在顯著水準採用5%，分析結果為：

①低溫乾燥下，皮帶輸送機之輸送距離增加對玉米破碎率沒有顯著之影響。

②低溫乾燥下，皮帶輸送機不同的輸送速度對玉米破碎率沒有顯著之影響。

③低溫乾燥下，皮帶輸送機輸送速度與輸送距離相互間對玉米破碎率沒有顯著的影響。

將表十二與表十四之資料以二方分類變異數分析法，在顯著水準採用5%，分析結果為：

①低速皮帶輸送下輸送距離增加對玉米破碎率沒有顯著之影響。

②低速皮帶輸送下，不同的乾燥溫度對玉米破

碎率沒有顯著之影響。

③皮帶輸送機低速輸送下之輸送距離與乾燥溫度對玉米破碎率沒有相互顯著之影響。

D 斗昇機

高溫乾燥 (70—80°C) 的玉米 (含水率 12.3%) 經過高速 (51.5公尺/分) 斗昇機輸送時，對玉米破碎率之影響如表十五。

高溫乾燥的玉米 (含水率13%) 經過低速 (25.8公尺/分) 斗昇機輸送時，對玉米破碎率之影響如表十六。

表十五 高溫乾燥 (70-80°C) 高速 (51.5公尺/分) 斗昇機輸送時對含夾雜物含水率12.3%玉米率之破碎影響

輸送距離 (公尺)	破 碎 率 (%)										平均 (%)	標準差 (%)
0	3.48	3.55	3.64	4.28	4.76	3.23	3.17	3.71	3.67	3.35	3.68	0.46
21.6	3.51	4.02	3.50	2.87	4.35	2.66	2.36	4.49	3.40	3.87	3.50	0.67
43.2	3.55	3.37	3.64	3.52	4.15	4.97	3.97	4.53	4.60	3.61	3.99	0.52
64.8	4.52	5.49	4.92	3.04	3.69	3.85	4.41	5.29	3.05	3.25	4.15	0.86
86.4	3.36	4.25	4.62	3.71	3.91	4.76	3.63	2.92	4.31	3.58	3.91	0.55
108	4.51	3.94	5.19	3.93	3.84	3.99	3.77	3.70	4.22	3.41	4.05	0.47

表十六 高溫 (70-80°C) 低速 (25.8 公尺/分) 斗昇機輸送時對含夾雜物含水率13%玉米破碎率之影響

輸送距離 (公尺)	破 碎 率 (%)										平均 (%)	標準差 (%)
0	3.51	4.89	3.89	4.06	3.07	2.77	2.95	3.83	3.73	3.52	3.62	0.59
21.6	3.63	4.18	2.84	4.25	3.41	3.56	2.98	3.93	2.96	4.56	3.63	0.57
43.2	3.55	5.06	3.22	2.47	4.43	2.96	3.19	3.26	3.30	3.43	3.49	0.70
64.8	3.54	3.36	2.52	3.03	3.36	3.05	4.20	3.58	3.30	5.28	3.52	0.72
86.4	3.59	5.82	4.29	4.98	3.30	3.66	3.83	4.25	4.61	4.93	4.33	0.74
108	3.80	4.68	4.32	4.64	5.49	5.02	4.47	3.37	4.69	3.05	4.35	0.71

將表十六之資料代入電腦統計程式，含夾雜物高溫乾燥 (70~80°C) 之玉米，在低速 (25.8公尺/分) 之斗昇機運轉下，距離對破碎率有顯著之影響。

將表十五與表十六之資料以二方分類變異數分析法，在顯著水準採用5%，分析結果為：

①在高溫乾燥下，斗昇機之輸送距離之增加對玉米粒破碎率有顯著之影響。

②在高溫乾燥下，斗昇機在不同的輸送速度對玉米粒破碎率沒有顯著之影響。此研究與 Foster 和 Holman (1973) 輸送速度介於每分198到287公尺時，速度對破碎率之影響甚微相吻合。

③在高溫乾燥下，斗昇機輸送距離與輸送速度對玉米粒破碎率沒有顯著相互之影響。

低溫乾燥（40—50°C）的玉米（含水率13%）經過高速（51.5公尺/分）斗昇機輸送時，對玉米破碎率之影響如表十七。

將表十七之資料代入電腦統計程式，含夾雜物低溫乾燥（40~50°C）之玉米，在高速（51.5公尺/分）之斗昇機運轉下，距離對破碎率有顯著之影響。

表十七 低溫乾燥（40-50°C）高速（51.5 公尺/分）斗昇機輸送時對含夾雜物含水率13%玉米破碎率之影響

輸送距離 (公尺)	破 碎 率 (%)										平 均 (%)	標 準 差 (%)
	3.72	4.21	2.53	3.55	2.97	3.15	3.11	2.88	3.07	3.12		
0	3.72	4.21	2.53	3.55	2.97	3.15	3.11	2.88	3.07	3.12	3.23	0.45
21.6	4.18	3.21	3.21	3.67	4.23	3.17	3.59	3.51	3.49	5.28	3.75	0.62
43.2	3.80	3.95	4.11	5.16	4.59	3.55	3.58	3.97	3.98	4.50	4.12	0.47
64.8	4.12	4.30	4.16	3.43	2.95	4.05	3.28	4.02	4.28	3.53	3.81	0.45
86.4	3.21	2.89	3.80	3.10	4.10	3.96	3.11	3.64	4.54	4.26	3.66	0.53
108	4.03	3.94	4.44	3.78	3.39	4.33	2.79	4.47	3.06	4.83	3.91	0.62

表十八 低溫乾燥（40-50°C）低速（25.8 公尺/分）斗昇機輸送時對含夾雜物含水率13.3%玉米破碎率之影響

輸送距離 (公尺)	破 碎 率 (%)										平 均 (%)	標 準 差 (%)
	2.90	4.22	4.22	3.62	4.88	3.99	3.55	2.81	3.83	3.80		
0	2.90	4.22	4.22	3.62	4.88	3.99	3.55	2.81	3.83	3.80	3.78	0.59
21.6	4.23	4.54	3.37	4.62	2.64	4.04	2.84	3.08	3.14	3.87	3.64	0.68
43.2	3.73	3.65	3.37	2.32	4.05	5.18	3.52	3.76	3.36	3.69	3.66	0.67
64.8	3.43	3.74	4.08	2.98	3.65	3.96	3.44	2.81	4.00	3.86	3.60	0.41
86.4	4.00	3.27	5.46	3.24	4.73	3.28	4.29	3.93	3.71	3.13	3.90	0.72
108	4.87	5.97	3.16	3.99	3.67	4.37	3.73	4.95	3.92	5.66	4.43	0.87

低溫乾燥（40—50°C）的玉米（含水率13.3%）經過低速（25.8公尺/分）斗昇機輸送時，對玉米破碎率之影響如表十八。

將表十八之資料代入電腦統計程式，含夾雜物低溫乾燥（40~50°C）之玉米，在低速（25.8公尺/分）之斗昇機運轉下，距離對破碎率沒有顯著之影響。

將表十七與表十八之資料之二方分類變異

將表十五與表十七之資料以二方分類變異數分析法，在顯著水準採用5%，分析結果為：

- ①斗昇機高速輸送下之輸送距離增加對玉米破碎率有顯著之影響。
- ②斗昇機高速輸送下，不同乾燥溫度對玉米破碎率沒有顯著之影響。
- ③斗昇機高速輸送下，輸送距離與乾燥溫度對破碎率並無顯著相互間之影響。

數分析法，在顯著水準採用5%，分析結果為：

- ①低溫乾燥下，斗昇機之輸送距離增加對玉米破碎有顯著之影響。
- ②低溫乾燥下，斗昇機之不同輸送速度對玉米破碎率沒有顯著之影響。
- ③低溫乾燥下，斗昇機之輸送速度與輸送距離對破碎率增加沒有相互顯著之影響。

將表十六與表十八之資料以二方分類變異數分析法，在顯著水準採用5%，分析結果為：

- ①低速斗昇機輸送下，斗昇機之輸送距離增加對破碎率有顯著之影響。
- ②低速斗昇機輸送下，不同之乾燥溫度對玉米破碎沒有顯著之影響。
- ③低速斗昇機輸送下，斗昇機輸送距離與乾燥溫度之不同對玉米破碎率沒有顯著相互之影響。

響。

E. 氣動輸送機

高溫乾燥的玉米(含水率13%)經過高速(4350公尺/分)氣動輸送機輸送時，對玉米破碎率之影響如表十九。

將表十九之資料代入電腦統計程式，含夾雜物高溫乾燥(70~80°C)之玉米，在高速(4350公尺/分)之氣動輸送機輸送下，距離對破碎率有顯著之影響。

表十九 高溫乾燥(70-80°C)高速(4350公尺/分)氣動輸送機輸送時對含夾雜物含水率13%玉米破碎率之影響

輸送距離 (公尺)	破 碎 率 (%)										平 均 (%)	標 準 差 (%)
	3.90	4.04	4.71	4.40	3.84	5.08	5.48	5.50	4.06	5.46		
0	3.90	4.04	4.71	4.40	3.84	5.08	5.48	5.50	4.06	5.46	4.65	1.15
6.5	6.38	4.73	7.32	6.09	4.45	4.33	3.71	4.30	6.23	6.57	5.41	1.17
19.5	6.96	5.46	5.37	5.33	6.91	6.30	6.87	6.43	7.80	6.81	6.42	0.78
39	9.52	7.52	9.19	8.20	7.30	8.62	8.76	8.89	9.25	9.26	8.65	0.72
58.5	10.12	10.54	9.86	8.16	9.63	9.18	8.17	9.03	9.06	9.72	9.35	0.74
78	10.22	11.15	10.50	9.19	11.04	7.28	10.78	10.17	11.24	8.78	10.04	1.2
97.5	13.90	12.66	14.86	11.88	13.07	12.16	13.49	12.73	14.62	13.09	13.25	0.89

表二十 高溫乾燥(70-80°C)低速(2950公尺/分)氣動輸送機輸送時對含夾雜物含水率13%玉米破碎率之影響

輸送距離 (公尺)	破 碎 率 (%)										平 均 (%)	標 準 差 (%)
	3.51	4.24	4.31	4.73	3.45	2.77	3.64	3.46	4.02	2.37		
0	3.51	4.24	4.31	4.73	3.45	2.77	3.64	3.46	4.02	2.37	3.65	0.68
6.5	5.11	5.05	4.18	4.31	4.34	5.47	4.02	4.35	4.84	4.32	4.60	0.46
19.5	4.75	4.92	5.76	4.40	4.08	5.54	5.38	5.73	4.98	5.18	5.07	0.53
39	6.17	8.35	5.77	6.39	6.60	5.47	7.27	5.33	5.61	5.56	6.25	0.90
58.5	6.40	5.05	6.51	7.06	7.37	7.23	8.40	6.18	7.32	9.30	7.08	1.12
78	7.75	8.99	9.16	6.57	9.60	10.42	9.09	7.75	8.25	7.22	8.48	1.12
97.5	12.50	15.46	10.99	12.58	12.70	12.20	11.92	10.04	12.64	10.78	12.17	1.40

高溫乾燥的玉米(含水率13%)經過低速(2950公尺/分)氣動輸送機輸送時，對玉米破碎率之影響如表二十。

將表二十之資料代入電腦統計程式，含夾雜物高溫乾燥(70~80°C)之玉米，在低速

(2950公尺/分)之氣動輸送機輸送下，距離對破碎率有顯著之影響。

將表十九與表二十之資料以二方分類變異數分析法，在顯著水準採用5%，分析結果為：

①高溫乾燥下，氣動輸送機之輸送距離增加對玉米破碎率有顯著之影響。

②高溫乾燥下，氣動輸送機之不同輸送速度對玉米破碎率有顯著之影響。此結果與 Chung 等 (1973) 之研究報告相同。

③高溫乾燥下氣動輸送機之輸送距離與輸送速度對破碎率沒有顯著相互之影響。

低溫乾燥 (40—50°C) 的玉米 (含水率 13.2%) 經過高速 (4350 公尺/分) 氣動輸送機輸送時，對玉米破碎率之影響如表二十一。

將表二十一之資料代入電腦統計程式，含夾雜物低溫乾燥 (40~50°C) 之玉米，在高速 (4350 公尺/分) 之氣動輸送機輸送下，距離對破碎率有顯著之影響。

將表十九與二十一之資料二分變異數分析法，在顯著水準採用 5%，分析結果為：

①氣動輸送機高速輸送下之輸送距離增加對玉米破碎率有顯著之影響。

②氣動輸送機高速輸送下，不同之乾燥溫度對破碎率有顯著之影響。

③氣動輸送機高速輸送下，乾燥溫度與輸送距離對破碎率有顯著相互間之影響。

低溫乾燥 (40~50°C) 的玉米 (含水率 12.9%) 經過低速 (2950 公尺/分) 氣動輸送機輸送時，對玉米破碎率之影響如表二十二。

將表二十二之資料代入電腦統計程式，含夾雜物低溫乾燥 (40~50°C) 之玉米，在低速 (2950 公尺/分) 之氣動輸送下，輸送距離

表二十一 低溫乾燥 (40-50°C) 高速 (4350 公尺/分) 氣動輸送機輸送時對含夾雜物含水率 13.2% 玉米破碎率之影響

輸送距離 (公尺)	破 碎 率 (%)										平均 (%)	標準差 (%)
0	3.54	5.50	5.19	3.07	3.90	4.63	3.19	3.82	4.66	3.46	4.10	0.81
6.5	4.46	5.03	3.60	3.67	5.17	4.32	2.83	3.44	3.99	2.51	3.90	0.83
19.5	6.06	5.47	5.45	4.66	5.50	4.95	4.48	6.12	6.42	5.64	5.48	0.60
39	6.44	7.23	7.98	7.26	7.21	6.29	6.20	7.25	7.52	5.55	6.89	0.70
58.5	6.25	8.49	7.15	8.84	8.53	7.69	8.43	7.73	8.75	8.78	8.06	0.81
78	9.39	8.68	9.59	9.44	9.11	9.28	10.78	11.17	10.96	9.83	9.82	0.80
97.5	9.51	9.95	11.90	13.32	9.93	12.04	9.50	9.80	8.50	9.24	10.37	1.44

表二十二 低溫乾燥 (40~50°C) 低速 (2950 公尺/分) 氣動輸送機輸送時對含夾雜物含水率 12.9% 玉米破碎率之影響

輸送距離 (公尺)	破 碎 率 (%)										平均 (%)	標準差 (%)
0	3.46	4.18	3.95	3.78	2.72	3.33	3.97	3.63	4.12	2.48	3.56	0.55
6.5	3.81	3.11	3.85	2.74	4.00	3.42	4.97	3.57	3.01	3.52	3.6	0.59
19.5	4.69	6.52	4.27	5.69	5.13	4.55	5.4	6.19	4.80	4.74	5.20	0.70
39	4.79	7.03	4.94	8.39	6.45	3.31	3.91	4.72	5.02	4.59	5.32	1.45
58.5	7.03	8.74	5.47	6.58	8.08	5.80	6.74	6.49	5.15	6.41	6.65	1.05
78	10.67	9.17	10.87	7.60	8.77	9.78	7.41	7.75	7.38	5.67	8.51	1.56
97.5	10.85	7.94	14.05	10.52	9.47	10.48	12.19	9.57	10.55	11.03	10.67	1.55

對破碎率有顯著之影響。

將表二十一與二十二之資料以二方分類變異數分析法，在顯著水準採用5%，分析結果為：

- ①氣動輸送機低溫乾燥下，之輸送距離增加對玉米破碎率有顯著之影響。
- ②氣動輸送機低溫乾燥下，之不同輸送速度對玉米破碎率有顯著之影響。
- ③氣動輸送機低溫乾燥下，之輸送速度與輸送距離對破碎率有相互之影響。

將表二十與表二十二之資料以二方分類變異數分析法，在顯著水準採用5%，分析結果為：

- ①氣動輸送機低速輸送下之輸送距離增加對玉米破碎率有顯著之影響。
- ②氣動輸送機低速輸送下，不同的乾燥溫度對玉米破碎率有顯著之影響。
- ③氣動輸送機低速輸送下，輸送距離與乾燥溫度之不同對破碎率沒有相互顯著之影響。

F. 玉米之破碎率、胴裂率、破損率和破裂感受度受到乾燥溫度、輸送速度、不同輸送機和輸送距離之影響

表二十三是經過54.75公尺之螺旋輸送，高溫(70~80°C)和低溫(40~50°C)乾燥，高速(51.2公尺/分)和低速(25.6公尺/

表二十三 溫度、速度和螺旋輸送距離對玉米粒破碎率、胴裂率、破損率和破裂感受度之影響

乾 燥 溫 度	70~80°C 高 溫 乾 燥				40~50°C 低溫乾燥	
含 水 率	11.9%		12.5%		12.8%	
輸 送 速 度	51.2公尺/分		25.6公尺/分		25.6公尺/分	
輸 送 距 離	0公尺	54.75公尺	0公尺	54.75公尺	0公尺	54.75公尺
破碎率與夾雜物 (%)	3.72	5.11	3.53	4.39	3.61	4.63
※胴 裂 率 (%)	81.68	80.49	81.53	83.6	39.64	54.76
※破 損 率 (%)	5.08	5.66	4.42	5.29	3.06	4.33
※破 裂 感 受 度 (%)	5.22	10.58	4.96	6.71	2.16	2.85

※ 取三個100公克玉米樣品，計算其重量之比率

分)下，玉米破碎率、胴裂率、破損率和破裂感受度變化之情形，高溫高速及經過54.75公尺之輸送對玉米破裂感受度由5.22%增加到10.58%約增加兩倍，破裂感受度可能比破碎率較易做為玉米潛在損傷之指標。胴裂率可能是做為乾燥溫度影響玉米損傷最好的指標。

表二十四是溫度(40~80°C)輸送速度(8.6~17.2公尺/分)和鏈條輸送距離(54.75公尺)對玉米之破碎率、胴裂率、破損率和破裂感受度之影響。破碎率及夾雜物和破裂感受度都隨輸送距離之增加而增加之趨勢，胴裂率在高溫與低溫乾燥時有明顯的不同。

表二十五是溫度(40~80°C)輸送速度(27.5~55公尺/分)和皮帶輸送距離對玉米之破碎率、胴裂率、破損率和破裂感受度之影響。破裂感受度比破碎率及夾雜物較易做為玉米輸送損傷的指標。胴裂率是高低溫乾燥時玉米損傷的指標。

表二十六是溫度(40~80°C)輸送速度(25.8~51.5公尺/分)和斗昇機輸送距離(108公尺)對玉米之破碎率、胴裂率、破損率和破裂感受度之影響。破裂感受度可能仍然是表示玉米輸送損傷之最好指標，高低溫乾燥之影響在胴裂率有明顯之差異。

表二十七是溫度(40~80°C)速度(2950

~4350公尺/分)和氣動輸送距離(97.5公尺)對玉米之破碎率、胴裂率、破損率和破裂感受度之影響。破碎率與夾雜物及破裂感受度受到輸送距離之影響而增加2倍左右。胴裂率仍是區別乾燥溫度影響的最好指標。

表二十四 溫度、速度和鏈條輸送距離對玉米粒破碎率、胴裂率、破損率和破裂感受度之影響

乾燥溫度	70~80°C 高溫乾燥				40~50°C 低溫乾燥			
	17.2公尺/分		8.6公尺/分		17.2公尺/分		8.6公尺/分	
含水量	12.8%		13.3%		13.7%		13.6%	
輸送速度	17.2公尺/分		8.6公尺/分		17.2公尺/分		8.6公尺/分	
輸送距離	0公尺	54.75公尺	0公尺	54.75公尺	0公尺	54.75公尺	0公尺	54.75公尺
破碎率與夾雜物 (%)	3.71	5.38	3.84	4.87	3.53	5.17	3.84	5.05
※胴裂率 (%)	83.54	82.96	85.46	83.18	40.8	38.05	41.3	43.48
※破損率 (%)	5.23	7.68	4.78	5.04	4.09	3.85	4.08	5.18
※破裂感受度 (%)	—	—	3.07	3.16	—	—	1.93	2.13

※ 取三個100公克玉米樣品，計算其重量之比率

表二十五 溫度、速度和皮帶輸送距離對玉米粒破碎率、胴裂率、破損率和破裂感受度之影響

乾燥溫度	70~80°C 高溫乾燥				40~50°C 低溫乾燥			
	55公尺/分		27.5公尺/分		55公尺/分		27.5公尺/分	
含水量	12.9%		12.6%		13%		13%	
輸送速度	55公尺/分		27.5公尺/分		55公尺/分		27.5公尺/分	
輸送距離	0公尺	135公尺	0公尺	135公尺	0公尺	135公尺	0公尺	135公尺
破碎率與夾雜物 (%)	3.48	3.70	3.45	3.64	3.53	3.67	3.61	3.67
※胴裂率 (%)	84.95	89.07	83.33	88.86	36.74	40.48	31.27	26.87
※破損率 (%)	3.93	3.89	4.89	4.50	3.47	4.80	3.22	4.01
※破裂感受度 (%)	5.04	6.79	5.12	6.29	2.41	2.65	2.01	2.18

※ 取三個100公克玉米樣品，計算其重量之比率

表二十六 溫度、速度和斗昇機輸送距離對玉米粒破碎率、胴碎率、破損率和破裂感受度之影響

乾 燥 溫 度	70~80°C 高 溫 乾 燥				40~50°C 低 溫 乾 燥					
	含 水 率		12.3%		13 %		13 %		13.3%	
輸 送 速 度	51.1公尺/分		25.8公尺/分		51.5公尺/分		25.8公尺/分			
輸 送 距 離	0 公 尺	108 公 尺	0 公 尺	108 公 尺	0 公 尺	108 公 尺	0 公 尺	108 公 尺	0 公 尺	108 公 尺
破碎率與夾雜物 (%)	3.68	4.05	3.62	4.35	3.23	3.91	3.78	4.43		
※胴 裂 率 (%)	84.38	85.06	85.74	89.04	48.57	51.05	52.05	48.21		
※破 損 率 (%)	5.45	5.06	2.8	4.45	3.7	3.95	3.55	3.54		
※破 裂 感 受 度 (%)	—	—	3.73	6.15	1.60	2.43	1.68	1.89		

※ 取三個100公克玉米樣品，計算其重量之比率

表二十七 溫度、速度和氣動機輸送距離對玉米粒破碎率、胴裂率、破損率和破裂感受度之影響

乾 燥 溫 度	70~80°C 高 溫 乾 燥				40~50°C 低 溫 乾 燥					
	含 水 率		13.3%		13 %		13.2%		12.9%	
輸 送 速 度	4350公尺/分		2950公尺/分		4350公尺/分		2950公尺/分			
輸 送 距 離	0 公 尺	97.5 公 尺	0 公 尺	97.5 公 尺	0 公 尺	97.5 公 尺	0 公 尺	97.5 公 尺	0 公 尺	97.5 公 尺
破碎率與夾雜物 (%)	4.65	13.25	3.65	12.17	4.1	10.37	3.56	10.67		
※胴 裂 率 (%)	77.44	72.53	79.71	79.12	35.29	33.15	27.6	30.12		
※破 損 率 (%)	5.43	10.46	5.67	9.18	5.4	10.94	4.36	12.44		
※破 裂 感 受 度 (%)	—	—	4.25	8.68	1.54	2.96	1.53	2.12		

※ 取三個100公克玉米樣品，計算其重量之比率

六、結 論

1. 省產之玉米穗(台農 351, 玉米粒含水率 34%) 經高溫 (70~80°C) 乾燥到24%含水率, 利用榮原脫粒機加以脫粒, 20個樣品之含夾雜物及不含夾雜物之破碎率各為 $3.6 \pm 0.83\%$ 或 3.27 ± 0.76

%如表三所示。經低溫 (40~50°C) 乾燥到含水率20%後, 玉米脫粒後之20個樣品之含夾雜物及不含夾雜物之破碎率各為 $3.23 \pm 0.72\%$ 或 $2.92 \pm 0.57\%$ 如表三所示。以統計分析, 乾燥溫度 (40 到 80°C) 對高含水率之玉米穗乾燥到玉米粒含水率 (20到24%) 之間, 對玉米粒之破碎率無

顯著之影響。根據美國玉米分級標準破碎率及夾雜物含量超過3%小於4%均為3級玉米。

2. 含水率24%之玉米粒利用高溫(70~80°C)乾燥到12.8%，80個玉米樣品之含夾雜物及不含夾雜物之破碎率各自為 $3.75 \pm 0.68\%$ 或 $3.59 \pm 0.63\%$ 。而含水率20%之玉米粒利用低溫乾燥(40~50°C)乾燥到13.2%，其含夾雜物與不含夾雜物之玉米破碎率各為 $3.65 \pm 0.65\%$ 或 $3.44 \pm 0.57\%$ 。以統計分析乾燥溫度對含夾雜物之玉米破碎率沒有顯著之影響。根據美國玉米破碎率與夾雜物之分級，玉米仍然屬於3級玉米。胴裂率是用來表示乾燥溫度影響較好的指標。
3. 以70~80°C的高溫乾燥含水率24%的玉米粒至含水率12.8%後，平均玉米粒的胴裂比率為82.8%，破損率為4.8%，破裂感受度為4.5%；而使用40~50°C的低溫乾燥含水率20%的玉米率至含水率13.2%後，平均玉米粒的胴裂率為39.4%，破損率為3.1%，破裂感受度為1.9%。
4. 60公斤重的高溫(70~80°C)乾燥，含水率11.9%的玉米粒經過長度為3.65公尺，輸送速度為51.2公尺/分的螺旋輸送機重覆15次運送，即輸送距離54.75公尺，玉米粒的破碎率由 $3.72 \pm 0.55\%$ 增至 $5.11 \pm 0.95\%$ ，破損率由5.1%增至5.7%，破裂感受度由5.2%增至10.6%。
5. 60公斤重的高溫(70~80°C)乾燥，含水率12.5%的玉米粒經過長度為3.65公尺，輸送速度為25.6公尺/分的螺旋輸送機重覆15次運送，總距離54.75公尺，玉米粒的破碎率由 3.53 ± 0.41 增至 $4.39 \pm 0.57\%$ ，胴裂比率由81.5%增至83.6%，破損率由4.4%增至5.3%，破裂感受度由5.0%增至6.7%。
6. 60公斤重的低溫(40~50°C)乾燥，含水率12.8%的玉米粒經過長度為3.65公尺，輸送速度為25.6公尺/分的螺旋輸送機重覆15次運送，總距離54.75公尺，玉米粒的破碎率由 $3.61 \pm 0.62\%$ 增至 $4.63 \pm 0.9\%$ ，胴裂率由39.6%增至54.8%，破損率由3.1%增至4.3%，破裂感受度由2.2%增至2.9%。
7. 60公斤重的高溫(70~80°C)乾燥，含水率12.8%的玉米粒經過3.65公尺長，輸送速度為17.2公尺/分，的鏈條輸送機重覆15次輸送，總距離為54.75公尺，玉米粒的破碎率由 $3.71 \pm 0.61\%$ 增至 $5.38 \pm 0.89\%$ ，破損率由5.2%增至7.7%。
8. 60公斤重的高溫(70~80°C)乾燥，含水率13.3%的玉米粒經過3.65公尺長，輸送速度為8.6公尺/分，的鏈條輸送機重覆15次輸送，總距離為54.75公尺，玉米粒的破碎率由 $3.84 \pm 0.75\%$ 增至 $4.87 \pm 0.62\%$ ，破損率由4.8%增至5.0%，破裂感受度由3.1%增至3.2%。
9. 60公斤重的低溫(40~50°C)乾燥，含水率13.7%的玉米粒經過3.65公尺長，輸送速度為17.2公尺/分，的鏈條輸送機重覆15次輸送，總距離為54.75公尺，玉米粒的破碎率由 $3.53 \pm 0.39\%$ 增至 $5.17 \pm 0.86\%$ 。
10. 60公斤重的低溫(40~50°C)乾燥，含水率13.6%的玉米粒經過3.65公尺長，輸送速度8.6公尺/分，的鏈條輸送機重覆15次輸送，總距離54.75公尺，玉米粒的破碎率由 $3.84 \pm 0.53\%$ 增至 $5.05 \pm 0.67\%$ ，胴裂率由41.30%增至43.5%，破損率由4.08%增至5.18%，破裂感受度由1.9%增至2.1%。
11. 60公斤重的高溫(70~80°C)乾燥，含水率12.9%的玉米粒經過9公尺長，輸送速度55公尺/分，的皮帶輸送機重覆15次輸送，總距離135公尺，玉米粒的破碎率由 $3.48 \pm 0.51\%$ 變為 $3.7 \pm 0.53\%$ ，胴裂率由85.0%增至89.1%，破裂感受度由5.0%增至6.8%。
12. 60公斤重的高溫(70~80°C)乾燥，含水率12.6%的玉米粒經過9公尺長，輸送速度27.5公尺/分，的皮帶輸送機重覆15次輸送，總距離135公尺，玉米粒的破碎率由 $3.45 \pm 0.49\%$ 變為 $3.64 \pm 1.08\%$ ，胴裂率由83.3%增至88.9%，破裂感受度由5.1%增至6.3%。
13. 60公斤重的低溫(40~50°C)乾燥，含水率13%的玉米粒經過9公尺長，輸送速度55公尺/分，的皮帶輸送機重覆15次輸送，總距離135公尺，玉米粒的破碎率由 $3.53 \pm 0.24\%$ 變為 $3.67 \pm 0.64\%$ ，胴裂率由36.7%增至40.5%，破損率由3.5%增至4.8%，破裂感受度由2.4%增至2.7%。
14. 60公斤重的低溫(40~50°C)乾燥，含水率13%的玉米粒經過9公尺長，輸送速度27.5公尺/分，的皮帶輸送機重覆15次輸送，總距離135公尺，玉米粒的破碎率由 $3.61 \pm 0.90\%$ 變為 $3.67 \pm 0.6\%$ ，破損率由3.2%增至4.0%，破裂感受度

- 由2.0%增至2.2%。
15. 60公斤重的高溫(70~80°C)乾燥，含水率12.3%的玉米粒經過7.2公尺高，輸送速度51.5公尺/分，的斗昇機重覆15次輸送，總距離108公尺，玉米粒的破碎率由 $3.68 \pm 0.46\%$ 增至 $4.05 \pm 0.47\%$ ，胴裂率由84.4%增至85.1%。
16. 60公斤重的高溫(70~80°C)乾燥，含水率13%的玉米粒經過7.2公尺高，輸送速度25.8公尺/分，的斗昇機重覆15次輸送，總距離108公尺，玉米粒的破碎率由 $3.62 \pm 0.59\%$ 增至 $4.35 \pm 0.71\%$ ，胴裂率由85.7%增為89.0%，破損率由2.8%增為4.5%，破裂感受度由3.7%增至6.2%。
17. 60公斤的低溫(40~50°C)乾燥，含水率13%的玉米粒經過7.2公尺高，輸送速度51.5公尺/分的斗昇機重覆15次輸送，總距離108公尺，玉米粒的破碎率由 $3.23 \pm 0.45\%$ 增至 $3.91 \pm 0.62\%$ ，胴裂率由48.6%增為51.1%，破損率由3.7%增為4.0%，破裂感受度由1.6%增為2.4%。
18. 60公斤重的低溫(40~50°C)乾燥，含水率13.3%的玉米粒經過7.2公尺高，輸送速度25.8公尺/分的斗昇機重覆15次輸送，總距離108公尺，玉米粒的破碎率由 $3.78 \pm 0.59\%$ 增為 $4.43 \pm 0.87\%$ ，破裂感受度由1.7%增為1.9%。
19. 60公斤重的高溫(70~90°C)乾燥，含水率13%的玉米粒經過6.5公尺管長，輸送速度4350公尺/分的氣動輸送機重覆15次輸送，總距離97.5公尺，玉米粒的破碎率由 $4.65 \pm 1.15\%$ 增至 $13.25 \pm 0.89\%$ ，破損率由5.4%增為10.5%。
20. 60公斤重的高溫(70~80°C)乾燥，含水率13%的玉米粒經過6.5公尺管長，輸送速度2950公尺/分的氣動輸送機重覆15次輸送，總距離97.5公尺，玉米粒的破碎率由 $3.65 \pm 0.68\%$ 增至 $12.17 \pm 1.40\%$ ，破損率由5.7%增為9.2%，破裂感受度由4.3%增為8.7%。
21. 60公斤重的低溫(40~50°C)乾燥，含水率13.2%的玉米粒經過6.5公尺管長，輸送速度4350公尺/分的氣動輸送機重覆15次輸送，總距離97.5公尺，玉米粒的破碎率由 $4.1 \pm 0.81\%$ 增至 $10.37 \pm 1.44\%$ ，破損率由5.4%增為10.9%，破裂感受度由1.5%增為3.0%。
22. 60公斤重的低溫(40~50°C)乾燥，含水率12.9%的玉米粒經過6.5公尺管長，輸送速度2950公尺/分的氣動輸送機重覆15次輸送，總距離97.5公尺，玉米粒的破碎率由 $3.56 \pm 0.55\%$ 增至 $10.67 \pm 1.55\%$ ，胴裂率由27.6%增為30.1%，破損率由4.4%變為12.4%，破裂感受度由1.5%增為2.1%。

參 考 資 料

1. —, 1984. 榮原牌 GN-260 玉米脫粒機，新型農機具性能測定報告 101 號，國立台灣大學農業機械工程學系。
2. Chung, D. S.; C. J. Chung and H. H. Converse. 1973. Damage to corn from pneumatic conveying. ARS-NC-5, United States Department of Agriculture.
3. Converse, H.H., R. S. Johnson, D. S. Chung and C.S. Chang, 1985. Shelled corn damage using drag-type conveyors. Paper No. 85-3007. ASAE, St. Joseph, MI 49085.
4. Foster, G.H. and L. E. Holman. 1973. Grain breakage caused by commercial handling methods. Marketing Research Report No. 968, Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture.
5. Guenther, W.C. 1964. Analysis of variance. Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs, N. J.
6. Hall, G.D. 1974. Damage during handling of shelled corn and soybeans. Trans. of the ASAE. 17 (2): 335-338.
7. Magee, K. F., R. L. Ströshine, G.H. Foster, and K.D. Baker. 1983. Nature and extent of grain damage caused by pneumatic conveying systems. Paper No. 83-3508. ASAE, ST. Joseph, MI49085.
8. Mckenzie, B. A. 1985. Grain damage in handling-an overview. Paper No. 85-3510. ASAE, St. Joseph, MI49085-9659
9. Pierce, R.A. and M.A. Hanna. 1985. Corn kernel damage during on-farm handling. Trans. of the ASAE 28(1): 239-241,245.