

落花生乾燥方法之研究

(初步報告)

Studies on Peanut Drying in Taiwan

國立臺灣大學農機系技士

賈精石

Jing-Shyr Jea

國立臺灣大學農機系教授

張漢聖

Hang-Sun Chang

國立臺灣大學農化系教授

李敏雄

Ming-Hisung Lee

摘要

有關花生以機械乾燥之研究在本省並不多見，國外雖有參考文獻，但由地域性不同未必適用，本研究以二種不同溫度 35°C 及 45°C 以及二種風量 0.4m³/m³s 及 0.7m³/m³s 進行乾燥試驗，通風方式採用單向通風與雙向通風兩種。同時與傳統式以日晒法乾燥花生做比較。試驗後分別就含水率，能量及熱效率，乾燥時間及乾減率，均勻度以及品質等分別討論之。從試驗結果顯示，在夏季以 50 公分厚之花生層、用 45°C 之熱風溫度並用 0.4m³/m³s 之風量來乾燥花生當是一可採行之方法。若能使用雙向通風，則均勻度會更好。在乾燥後期，熱效率較差，故對所排放之廢氣採取回收循環使用，可以提高熱效率，以減低能源之消耗。

Abstract

The drying characteristics of peanut were investigated in an experimental dryer under through-flow and reversing-flow conditions at two velocities and two air temperatures. Effects of air velocity and temperature on peanut quality, drying rate, and energy consumption were evaluated. The reversing-flow drying resulted less difference in moisture content between peanuts at the top and bottom of the dryer than the through-flow drying.

前言

花生為本省重要經濟作物之一，可供食用及製油等多種用途。本省種植花生每年可收穫二次。一次是春作夏收，另一次為秋作冬收⁽¹⁾。收穫時鮮花生之含水率約在 50% 左右。需要即時作乾燥處理，使其含水率降到 10% 以下，方可長久儲存。

目前本省收穫後的花生，大都以日晒法乾燥至安全含水率。在連續晴天狀況下，只要日晒 2 至 3 日即可乾燥至安全含水率。但如花生收穫期適逢雨季，若天雨不停則乾燥作業無法進行。

箱式乾燥機是目前本省農家普遍擁有的稻穀烘

乾設備，其構造簡單，使用方便。但使用箱式乾燥機來乾燥花生並不普及。其主要原因乃是所用的乾燥作業條件尚未有詳細的資料，農民嘗試使用時，常不得要領而導致失敗⁽²⁾。

花生乾燥的研究在美國有關報告甚多^(7,8,9,10,11,12)，但是美國收穫花生的作業方法與本省差異甚大。在美國通常以花生機械將欲採收的花生連蔓拔起，不脫莢，翻轉散置於田間。日晒 2 到 3 日俟其含水率降至 20—25% 後。以機械脫莢，再放入乾燥機以熱風乾燥⁽⁷⁾。此種方法固然節省不少燃料消耗，但基於天候條件的差異，此方法並不適用於本省。乾燥作業中熱風溫度的研究有 Woodroof 氏⁽¹⁰⁾

與Dicken's 氏與 Pattee 氏⁽⁶⁾之報告，適當的風量則有 Troeger 氏^(8,9) 及Young 氏⁽¹¹⁾等人的研究。但由於收穫作業與天候條件的不同，這些研究結果是否適用於本省的花生乾燥仍須做試驗比較才能決定。

帶筴花生的外殼粗糙不規則，不耐擠壓且流動性差，因此若使用循環式乾燥機則可能發生一些問題，在這些問題尚未解決以前仍以用靜置式的箱型乾燥機來乾燥花生為宜。但箱型乾燥機可能會發生上下層乾燥不均勻的缺點，若以翻動混合或可解決此缺點，然所需的勞力及造成花生的破裂損壞乃至花生被污染所生的問題，基於以上的考慮並參考其他農作物的乾燥方法，我們認為更妥善的方式莫過於双向通風也就是將乾燥用的熱風方向用機械方法定時加以換向。此種方法曾經成功的用於玉米及水稻之乾燥^(3,4)，依馮氏之研究此方法可使上下層乾燥均勻，並使上下層有均化的機會以提高乾燥效率，並可增加作業之彈性。目前有些農民家中所購置的靜置式乾燥機即已為雙向通風式。如果是單向通風之箱式乾燥機，欲改變其通風方式為雙向並不難，只需再加上一風向轉換器及帆布覆蓋^(3,4)其修改簡單而價廉。

研究目的

使用箱型乾燥機來乾燥花生應為一簡單而可行之方法。一則增加了乾燥機的使用率，再則解決了花生乾燥的問題。以往農民或使用箱型乾燥機來乾燥花生，往往因為使用不當而導致失敗。花生乾燥後其品質之良窳取決於熱風溫度，乾燥時間，乾減率以及均勻度等，此外對能源方面，如所需能量及熱效率等亦應妥加考慮。事實上以上諸因子乃互為因果或相互牽制。本研究目的在於以基本試驗探討適合本省收穫習慣與環境條件的乾燥方法並與傳統日晒法做比較，並改良其缺失，提供給農民一種安全，經濟的操作指導，並促進花生機械化的推展。

材料與方法

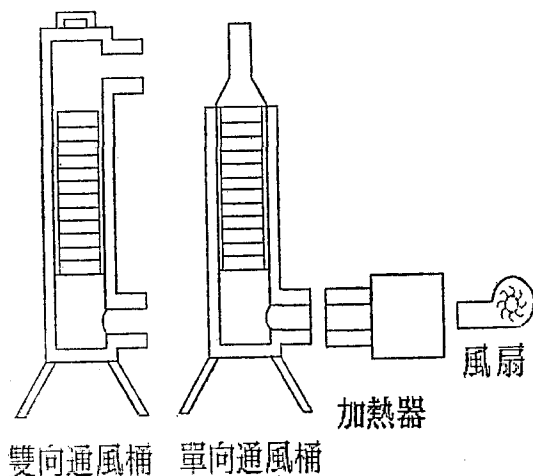
本研究包括日晒與熱風乾燥試驗兩部份，所使用的花生品種為臺南選9號，直接取自雲嘉地區農家。花生在乾燥試驗之前，經過沖洗去泥，以排除殼上黏附土壤所造成之試驗誤差。

(一)日晒試驗：

日晒試驗於75年6月29日至7月1日在臺灣大學農機館頂樓水泥平台進行，三日內日間最高氣溫為38°C 最低氣溫31°C 最大水平日射量為820W/m²。花生平鋪在水泥平台，堆積厚度約為二層，上下層各選兩個花生筴插入熱電偶溫度計於花生仁之中心，用以測定日晒乾燥過程中花生仁內溫度變化。

(二)熱風乾燥試驗裝置：

試驗裝置如圖一所示，包含鼓風機、加熱器及乾燥筒三部份，此外尚有一控制器。鼓風機為離



圖一 乾燥花生試驗裝置圖

心送風機，由調節電源之電壓而改變鼓風機轉速，從而調節鼓風機之風量。加熱器是由電熱絲組成，由控制器控制其電源之通路與斷路，從而控制熱風溫度。乾燥筒內可放十個乾燥盤，每個乾燥盤直徑20公分高5公分，盤底為多孔網。

熱風溫度之記錄是以 Data Logger (3020T Thermocouple 美國 Electronic Controls-Design Co) 自動記錄之。乾燥筒內之風量則是在上端排氣口用 Rotating Vane Anemometer (Edra Five, 英國 Airflow Developments Limited) 直接讀出。

(三)乾燥試驗方法：

經過清潔處理的花生裝滿於乾燥盤內，每盤花生淨重約600公克。將十個乾燥盤直立緊密重疊靜置乾燥筒內，進行熱風乾燥試驗。乾燥試驗分單向通風乾燥與雙向兩種，前者熱風入口在下，後者初期熱風入口在下，換向後改由上方送風。熱風溫度分為35°C及45°C兩種，風量則採0.4m³/m³s

表一 各組樣品熱風乾燥試驗之條件及結果

代 號	A-1	A-2	B-1	B-2	C-1	C-2	D-1	D-2	B-3	C-3	D-3
花生堆積厚度(cm)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
通風方式	單向	單向	單向	單向	單向	單向	單向	單向	雙向	雙向	雙向
日期(月/日)	6/16-6/20	6/16-6/19	6/20-6/22	6/20-6/22	6/25-6/30	6/25-6/28	6/30-7/4	6/30-7/2	6/20/6-23	6/25-6/30	6/30-7/2
大氣溫度(°C)	27-31	27-31	27-31	27-31	27-32	27-32	27-33	27-33	27-31	27-32	27-33
大氣濕度(%)	64-77	64-70	70-77	70-77	67-81	67-80	65-78	65-78	70-77	67-81	65-78
熱風溫度(C°)	35	35	45	45	35	45	35	45	45	35	45
熱風風量(m³/m³s)	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4	0.4	0.6	0.6	0.4	0.4	0.6
乾燥前花生含水率(%)	53.7	53.7	48	48	51	51	45.5	45.5	48	51	45.5
乾燥後花生含水率(%)	11	11	11	11	11	12	11	11	10	10	6
乾燥時間(hr)	81	62	51	48	106	66	79	33	64	114	39
乾燥速率(%/h)	0.52	0.69	0.72	0.77	0.37	0.61	0.44	1.04	0.59	0.36	1
耗能量(kw-hr)	2.9	3.1	4.3	6.2	3.5	7	4	5	6	16.5	8.2
平均熱效率(%)	69	68	57	49	74	53	61	56	68	93	59
均勻度(%)	11	11	11	11	10	12	7	10	10	7	3
(含水率最大差異)											

及 $0.7\text{m}^3/\text{m}^3\text{s}$ 兩種。各組試驗時的控制條件、大氣狀況及結果詳列於表一。

(四)花生含水率及品質之測定法：

花生在乾燥前之初值含水率測定法是依照美國農業工程師學會「花生含水率測定法」^(5,12)測定之。其測定方法是用花生莢果之樣品將其殼剝開，把仁取出，使得殼之重量在 200g 以上時再把殼及仁分別同時放入烤箱中用 $130 \pm 3^\circ\text{C}$ 之溫度烘乾 6 小時後。由烘乾前後重量差可據以算出其含水率。至於乾燥過程之含水率變化，則由重量差異計算而得。

品質之分析則是測定其油內脂肪酸之過氧化值 (POV)，以 60°C 之溫度儲存 0—18 天，測定脂肪酸過氧化值之變化情形，同時測定開始及終了時之碘價 (IV)，將過氧化值與碘價做平行對照即可看出品質優劣之趨勢。

(五)熱效率之計算

$$Q_0 = \dot{m}C_p(T_0 - T_a)$$

$$Q_e = \dot{m}C_p(T_0 - T_e)$$

$$\eta = \frac{Q_e}{Q_0} \times 100\%$$

上式中： Q_0 ：進入乾燥箱之熱能，w

Q_e ：用以乾燥花生所耗之熱能，w

$\dot{m}$ ：空氣之流量，kg/s

C_p ：空氣之定壓比熱，J/kg $^\circ\text{C}$

T_0 ：進入乾燥筒熱風溫度， $^\circ\text{C}$

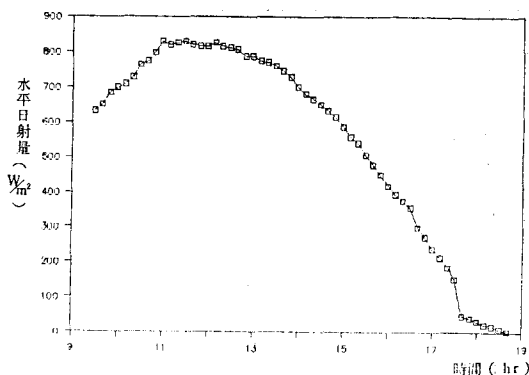
T_a ：大氣溫度， $^\circ\text{C}$

T_e ：乾燥筒出口風溫， $^\circ\text{C}$

結果與討論

(一)日晒乾燥試驗：

花生由初期含水率 41.4% 以日晒乾燥至 10.6



圖二 七十五年六月卅日水平日射量

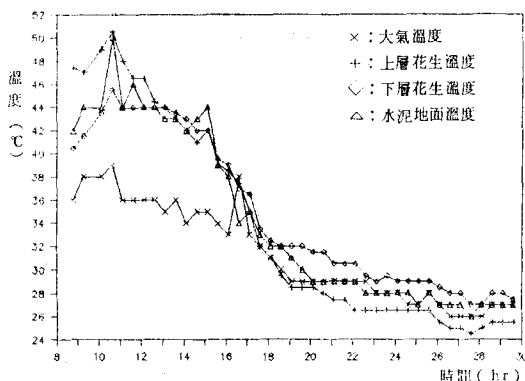
%共需費時三日。乾燥過程中大氣溫度與水平日射量的變化，以及其對於水泥地面與上下兩層花生仁中心溫度的影響，可以圖二，三為例。堆積的花生層經日晒而昇溫，下層花生的溫度約與水泥地面溫度相同，兩者皆較大氣溫度約高 10°C 。圖二顯示，上午的水平日射量較下午為高，在高的水平日射量時，由圖三可見上層花生的溫度高達 49°C 。在本省中南部日晒花生之溫度可能更高，由此可知，在強烈陽光直接照射下晒花生雖可節省能源但對品質可能有不良影響。

(二)單向熱風乾燥試驗：

雖然 Woodroof 氏⁽¹⁰⁾指出花生乾燥時熱風溫度不宜超過 35°C ，以免傷及品質與風味。但是衡量天氣狀況，在六、七月間本省中南部花生產地日間氣溫多已接近 35°C ，且相對濕度亦高達 80%。若遇天雨則相對濕度更接近 100%，而此時正是需要乾燥機以進行乾燥作業。若將熱風溫度限制在 35°C 以下，則乾燥能力必將有限乾燥時間過長。Troeger^(8,9)與 Young⁽¹⁰⁾兩氏研究報告指出花生乾燥適當的風量為 $0.3\text{—}0.4\text{m}^3/\text{m}^3\text{s}$ 。此風量約合 62CMM，與目前農家普遍使用裝置有一馬力鼓風機的箱型乾燥機所產生的風量相近。本研究依據上述基本資料，以二種風溫及兩種風量以檢討其對乾燥作業之影響，其結果摘錄於表一。

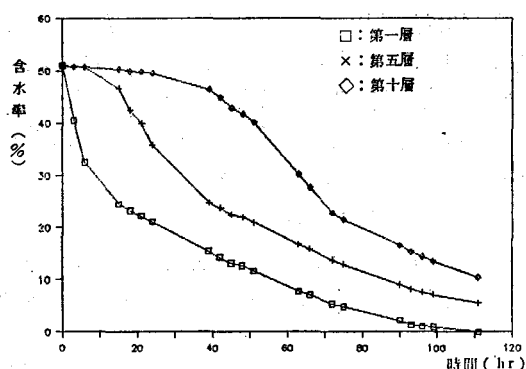
(1)含水率的變化

花生安全儲藏的含水率為 10%，因此乾燥作業之完成是以最濕層（對於單向向上通風乾燥而言通常為最上層）達到安全含水率為準。以「變異數分析法」分析最上層花生平均含水率變化的影響因素，其結果如表二所示。最重要的影響因素為溫度。而風量其與溫度交互作用兩因素的影響並不顯

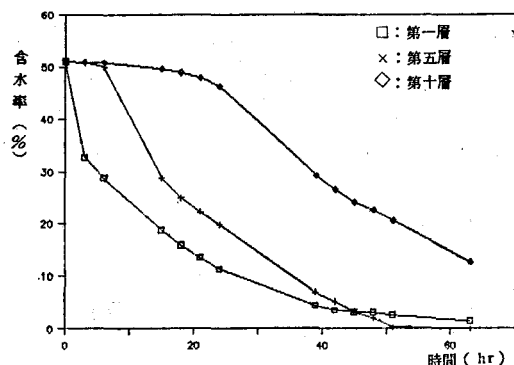


圖三 日晒法乾燥花生溫度變化 七十五年六月卅日

著。以下再以各試驗數據詳加討論，圖四與圖五分別顯示在 35°C 與 45°C 下，以相同風量 (0.4m³/



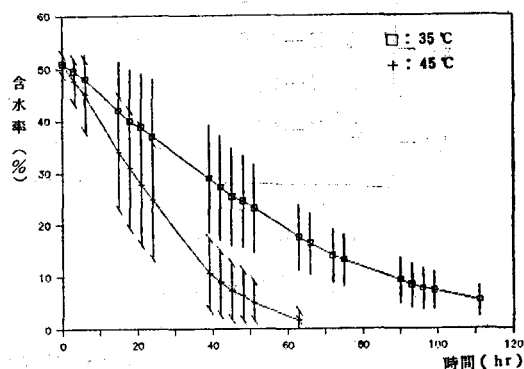
圖四 熱風乾燥試驗代號C—1第
1, 5, 10層含水率之率變化



圖五 乾燥試驗代號C—2第1,
5, 10層含水率之變化

m³s) 乾燥時第1、5、10三層花生含水率之變化曲線，以 35°C 熱風乾燥所需的時間約為以 45°C 熱風乾燥的兩倍。以最上層而言，乾燥至含水率為

11%，使用 35°C 的熱風需時 106 小時，而使用 45°C 的熱風僅需66小時。一般而言在晴天以日晒乾燥花生需3日可達安全含水率，若使用乾燥機費時若超過七、八十小時，恐較不易為農民所接受。如能以 45°C 之熱風溫度來乾燥之，此溫度較之大氣高約 10°C 左右，此與 Dickens與 Patte二氏⁽⁶⁾之研究相符，彼二人認為以熱風乾燥花生其熱風溫度不超過大氣溫度 10°C 當是可行的。此外，以日晒花生試驗數據(圖三)中下層花生仁的溫度亦接近此值，故我們認為在農民實際乾燥花生時其熱風溫度不妨以 45°C 為上限應是一個良好指標。而各層乾燥率不均勻是箱型乾燥機主要的缺點。使用



圖六 乾燥試驗平均含水率及其變異
數範圍

高溫熱風乾燥時，此缺點尤為顯着。但由圖六指出分別以 35°C 及 45°C 熱風乾燥的花生其平均含水率之變化，圖中並顯示各平均值之變異數大小。圖上可以看出，雖然高溫熱風乾燥會產生不均勻，但其程度與低溫熱風乾燥時之差別甚小。

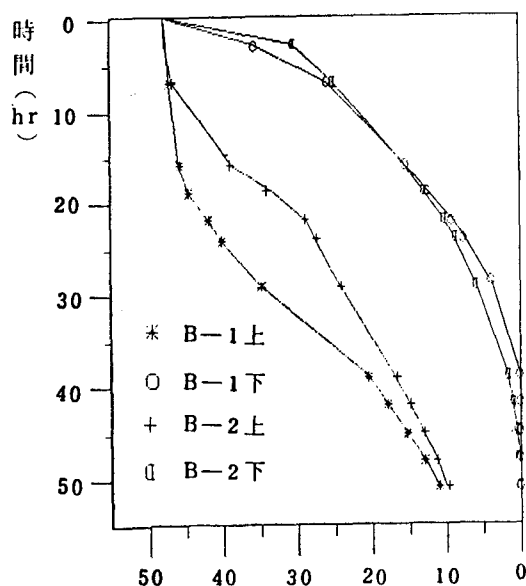
由「變異數分析法」(表二)上得知，乾燥時熱風量之大小，並不是增加乾減率重要的變因。由

表二：影響熱效率的變異數分析表

Source of Variation	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	Fo
Air Flow	48.51	1	48.51	2.87
Temperature	410.41	1	410.41	24.30**
Interaction	9.46	1	9.46	0.56
Error	67.55	4	16.89	
Total	535.92	7		

** : Fo > F 0.05, 1, 4

圖七所示為以 45°C 熱風乾燥時，分別使用 0.4m³/m³s 與 0.7m³/m³s 之通風量。通風量的增加並



圖七 不同風量下含水量之變化

不能明顯地減少所需的乾燥時間。以大風量乾燥時，雖然可使上層花生在乾燥前期較迅速地乾燥，但對於後期並無顯著影響。再由表一得知以 0.7m³/m³s 的風量乾燥所需能量為以 0.4m³/m³s 乾燥所需能量的 1.6 倍，採用較大風量並不能提高乾燥效果，而又耗費較多能量，是故在熱風溫度為 45°C 可參考採用不超過 0.4m³/m³s 的風量用來乾燥花生將是適當的作業條件。

(2) 輸入熱量與熱效率

表三、四為以「變異數分析法」分析風量、溫度兩變因對於乾燥所需的熱量與熱效率的影響。提高乾燥熱風的溫度，必需增加能量的消耗這是必然的，但權衡前面所述，提高熱風溫度所產生的效益，雖增加能量亦是值得的。

如何降低能量是熱風乾燥時一個值得探討的問題。假若乾燥機所排放的廢氣溫度尚高且濕度較低，可將此廢氣的一部份混入進氣中，以節省熱能的利用⁽¹¹⁾。這種方法是否可行可以從乾燥熱效率上去分析，若乾燥熱效率低即表示大部份能量並未被乾燥作業所利用，此時排出的廢氣應考慮循環使用

表三：影響輸入熱量的變異數分析表

Source of Variation	Sum of Squares	Degress of Freedom	Mean Square	Fo
Air Flow	0.0288	1	0.0288	0.023
Temperature	9.9905	1	9.9905	8.092**
Interaction	0.0685	1	0.0685	0.055
Error	4.9385	4	1.2346	
Total	15.0262	7		

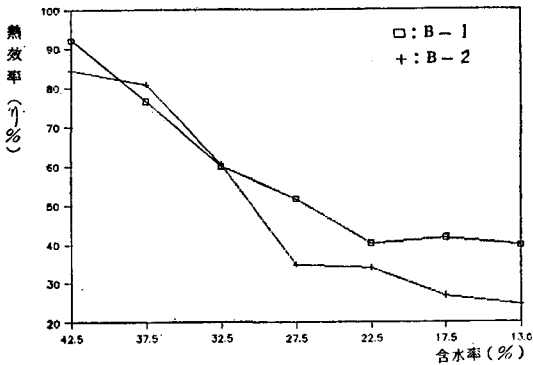
** : Fo > F 0.05, 1, 4

表四：影響平均乾減率的變異數分析表

Source of Variation	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	Fo
Air Flow	0.0648	1	0.0648	3.05
Temperature	0.1568	1	0.1568	7.38**
Interaction	0.0072	1	0.0072	0.34
Error	0.0850	4	0.02125	
Total	0.3138	7		

** : Fo < F 0.05, 1, 4

，將之混入進氣氣流中。圖八表示以 45°C 的熱風，風量分別為 0.4m³/m³s與0.7m³/m³s 乾燥過程



圖八 乾燥過程中熱效率的變化

中，在不同含水率時之熱效率。其熱效率隨含水率的減小而下降。當含水率低於28%時其熱效率低於50%，因此有近一半的熱量未被利用，故此時欲改善熱效率使之提高，則可考慮廢氣回收循環使用。同時在圖中可知以風量為0.6m³/m³s來乾燥，其效率較之以 0.4m³/m³s 風量乾燥之熱效率要低，尤

其乾燥後期更嚴重。此現象正可以支持本文前述高風量並不能有效地增加乾燥速率，徒然增加能量消耗而巳的論點。

(3)乾燥時間及乾減率：

由表一中可以看出熱風溫度高及熱風風量大皆會使得乾燥時間縮短，也即使得乾減率變大。但是乾減率愈大則其品質會愈差，若用低溫小風量來作乾燥，其乾燥時間會變長乃必然的結果，例如以風溫為 35°C 風量用 0.4m³/m³s 來乾燥，需時 90小時，並且乾燥初期頂層花生樣品含水率變化極慢，在乾燥四十小時後，頂層含水率由51%僅降到46%，如此長時期的高濕情況下使得上面花生產生霉變情形。乾減率的高低據 Dickens 等氏⁽⁶⁾的研究應在 0.5%/hr 左右較佳，不過這是指美國地區對花生分兩段式乾燥的後半段（此時花生含水率已在28%以下）而言，其前段乾燥（花生含水率50%附近到28%）時之乾減率應大於此值。以目前本省花生採摘後若全部以機械乾燥，則其乾減率自應大於 0.5%/hr，以免花生長霉致影響其品質。

(4)乾燥均勻度：

表五 花生品質分析表

代號／儲藏天數	60°C 下不同儲藏天數後脂肪酸過氧化值 (POV)					碘價值 (IV)		
	0 天	6 天	10天	14天	18天	開始前	結束後	註
B-1 上層	0.76	8.19	11.9	24.6	43.5	94.5	93.1	
B-1 下層	1.97	11.46	22.14	48.1	66	94.4	93.9	
B-2 上層	1.34	35	93.7	614	451	93.8	64.7	X
B-2 下層	0.88	9.01	32.7	64.8	97.5	94	93.4	
C-1 上層	1.83	12.2	32.6	63.7	121	92.8	85.6	
C-1 下層	1.77	29.5	71.9	105	437	92.4	72	X
C-2 上層	1.01	42.3	96.7	183	721	92.1	71.1	X
C-2 下層	1.13	16.2	43.4	87	146	92.6	88.4	
D-1 上層	1.7	9.18	12.6	14.6	13.6	93.2	92.7	
D-1 下層	0.99	15.6	40.1	68.4	121	92	85.5	
D-2 上層	2.39	7.81	11.98	14.3	15.7	93.4	92.1	
D-2 下層	0.88	16.49	41.8	61.2	101.4	92.6	91	
B-3 中層	2.18	23.2	63.7	199	742	94.4	71.2	X
C-3 中層	1.6	14.7	39.7	62.5	88.9	92	90.6	
D-3 上層	2.56	10.6	14.56	18	25.7	93.3	91.3	
D-3 下層	0.6	23.7	62.7	93.2	282	92.2	73.8	X

註：X表品質較差

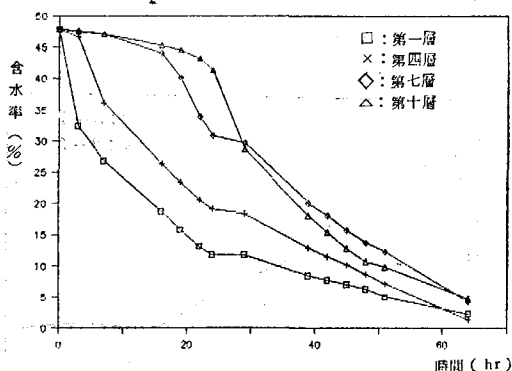
根據前人研究，花生乾燥均勻度最好能使得上下層差異在 3 % 以下，在此次試驗中上下層差異均大，一般而言，以較大風量較能使上下層均勻度差異變小，而更好的方式應為雙向通風。

(5) 乾燥條件與品質的關係：

將乾燥過之花生樣品，再在 60°C 溫度下分別儲藏，0、6、10、14 及 18 天並測其脂肪酸之過氧化值 (POV)，並在儲藏前後亦分別測定其碘價值 (IV) 如表五所示。其中過氧化值上升愈快速者則表示其品質愈差。而過氧化值上升較慢的樣品，還要再與碘價值作平行比較，碘價值如果下降的話則該花生品質仍不是好的。準此，再參看表五可以看出，在單向通風試驗中以熱風溫度為 45°C，風量為 0.4m³/m³s 之花生品質最佳，風溫為 35°C，風量為 0.7m³/m³s 之花生品質亦佳，唯由以前之討論，此種乾燥條件較耗能源。而風溫為 45°C 風量 0.7m³/m³s 以及風溫 35°C 風量 0.4m³/m³s 二者之花生品質皆較差。

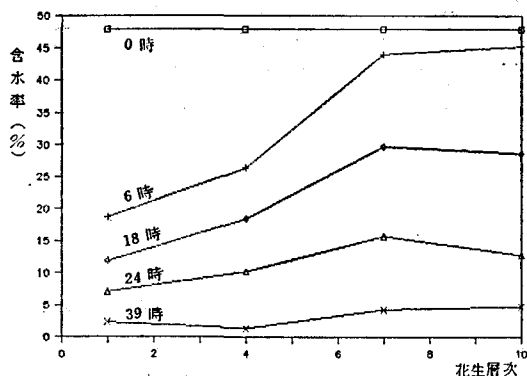
(三) 換向熱風乾乾試驗

除有定型之雙向送風之箱式乾燥機，我們亦可將一般單向送風箱型乾燥機加上風向變換裝置即可做風向變換乾燥作業。圖九、十、分別表風量為 0.4m³/m³s 時換送風熱風乾燥所得含水率變化曲線，及含水率與位置的關係。圖九為一、四、七、十等四層含水率與時間的關係。風向以每廿四小時換向一次，初期熱風由底層花生吹向頂層後排出，換向後，熱風則先通過頂層花生再吹向底層。當熱風由下向上送風時，底層花生乾燥速率較快；頂層則較慢，待乾燥過一適當時間後，將熱風方向改由從

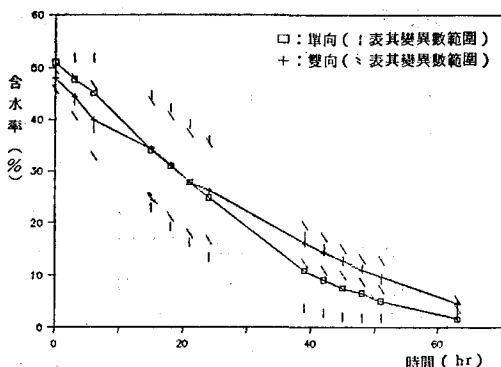


圖十 雙向通風代號 B—3 含水率之變化

上往下吹，如此一來可迅速的降低頂層花生之含水率，而底層花生含水率降低較趨緩和而達均化的目的。但在換向通風方式中須考慮一時間因素。若變換時間不當會產生回潮現象，此時空氣中之水分子會侵入較乾花生體內。然而增加換向頻度，對乾燥過程並無助益，徒增管理上之困難⁽⁴⁾。對花生而言以每 24 小時換向一次並未產生回潮現象，且均勻度較之單向風者為佳(參閱圖十，十一)，以 45°C 之熱風溫度及 0.7m³/m³s 之風量，並且每 24 小時換向一次，其各層含水率之差異在 3 % 以內。此是一個非常令人滿意的結果。使用風量為 0.4m³/m³s 的單向乾燥，最濕層(即頂層)之平均乾減率為 0.72 %/h，同風量的換向乾燥最濕層，其平均乾減率為 0.6/h %，此較低之乾減率亦有助於花生品質之提高。



圖九 雙向通風代號 B—3 各層含水率之變化



圖十一 45°C, 0.4m³/m³s 單向及雙向通風之平均含水率變化曲線

五、結論與建議

依據本研究初步結果，在所設定範圍的熱風溫度及風量中，熱風溫度為主要影響乾燥速率的因素。昇高熱風溫度可以提高乾燥速率，而風量之大小的影響較為不顯著。

考慮乾燥速率、乾燥時間、輸入熱量與熱效率及品質等因素之後，我們認為花生可以用箱型乾燥機來乾燥，在夏季其合適的操作條件是：堆積厚度不超過 50cm，熱風溫度可用 45°C，風量在 0.3—0.4m³/m²s 範圍，以目前本省農民所購置之箱型乾燥機，配以一馬力之鼓風機，當不難達成上面條件。

對於改變乾燥熱風方向的實驗中可知雙向通風較之單向通風其均勻度可提高，也即相對地提高花生品質。

在整個花生乾燥試驗中，乾燥後期熱效率之降低，對能源是一種浪費，此時如能將廢氣回收再循環使用，可以提高能量之利用，進而降低乾燥成本。

目前箱型乾燥機已普遍推廣至農家，教導農民正確的乾燥方式用以乾燥花生，一方面可以減少花生因天雨變質，霉壞的損失，一方面亦提高了箱型乾燥機的使用率降低農民生產成本，可謂一舉兩得。

六、誌謝

本研究計畫為臺大農機系張漢聖教授及農化系李敏雄教授所主持，其計畫名稱編號為：「落花生乾燥方法之研究」，75 — 農建 — 7-1 — 糧 — 90 (5) b。經費來源承農委會支助。研究期間臺大農機系楊炳南、林國基、賴威宏等同學以及助理李昱林先生共同協助試驗，製作圖表，此外農機系李允中博士在我們撰寫報告時給予許多寶貴意見，在此深致謝意。

(文接第23頁)

2. 賴耿陽, 1981. 真空技術實務。復漢出版社印行。
3. 小泉武紀、小野田、明彥, 1982. 真空冷却設施之調查研究。農業機械化研究所。日本埼玉縣。
4. 石橋貞人、小島孝之、御木英昌, 1969. 真空冷却裝置に關する研究。農業機械學會誌第31卷第1號。
5. 淺尾莊一郎, 1967. 真空技術用構成材料。真空技術講座全集，日刊工業新聞社。
6. 1981. ASHRAE Handbook, 1981 Fundamentals. Chapter 31, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers, Inc. Atlanta, GA 30329, USA.

七、參考資料

1. 黃明得 1980年 花生 豐年30 (22) : 36
2. 梁連勝 陳萬福 1977 落花生機械烘乾之研究。
3. 馮丁樹 1979 靜置式小型稻穀乾燥機之改良研究。中國農業工程學報 25:131
4. 馮丁樹 1980 靜置式稻穀乾燥機應用雙向送風乾燥之研究。中國農業工程學報 26:89
5. Anon. 1983 Moisture Measurement-Peanuts, ASAE Standard: ASAE S 410.1; Agri. Eng. Year Book of Standards.
6. Dickens, J.W. and Pattee, H.E. 1973 Peanut Curing and Post-harvest Physiology in "Peanuts-Culture and Uses" American Peanut Research and Education Association Inc.
7. Mills, W.T. and Samples, L.E. 1973 Harvesting Practices in "Peanut-Culture and Uses". American Peanut Research and Education Association Inc.
8. Troeger, J.M. 1982 Design of a solar Peanut Drying System Trans. ASAE 25:763.
9. Troeger, J.M. 1983 Design of a Peanut Drying System Using Solar Heated Water. Trans. ASAE 26:902.
10. Woodroof, J.G. 1983 Peanuts: Production, Processing Products. AVI
11. Young, J.H. 1984. Energy Conservation by Partial Recirculation of Peanut Drying Air Trans. ASAE 27:928
12. Young, J.H. Whitaker T.B., Blankenship, P.D., Brusewitz, G.H., Troeger, J.M., Steele, J.L., Person, N. K. Jr. 1982 Effect of Oven Drying Time on Peanut Moisture Determination Trans. ASAE 25: 491

7. Barger, W. R. 1961. Factors Affecting Temperature Reduction and Weight Loss In Vacuum Cooled Lettuce. U. S. Dept. Agr., Mktg. Res. Rpt. 469.
8. Wang, J. K. and H. M. Gitlin. 1964. Vacuum Cooler: Principles and Design Criteria. Univ. of Hawaii, Coop. Ext. Ser. Bull 69.
9. Wylen, G. J. and R. E. Sonntag. 1972. Fundamentals of Classical Thermodynamics. John Wiley & Sons Inc. Second Edition.