

乾燥技術對稻米胴裂率及食味品質之影響¹

何榮祥 許愛娜 林國照

臺中區農業改良場

摘 要

利用75年第2期及76年第1期作收穫之稻穀——臺中189號為材料，探討不同的乾燥方法與不同乾燥過程的稻穀含水率對稻米胴裂率及食味品質之影響，結果如下：

- 1.不同乾燥處理與不同乾燥程度的稻穀含水率對稻米胴裂率均有顯著差異影響存在，而二者又以不同乾燥處理對稻米胴裂影響為大。
- 2.稻米胴裂率有隨乾燥溫度增加而增加的現象，但乾燥初期採用高溫乾燥，配合稻穀含水率下降至20%以後予以適當降低乾燥溫度之變溫乾燥方式，有助於降低胴裂率，並兼顧乾燥機之作業效率。
- 3.稻穀水份含量過低，亦會造成胴裂率之增加。
- 4.不同乾燥處理與不同的乾燥程度對稻米食味品質之影響不明顯。

前 言

稻米一向被稱為國人的主食，其生產主要是為滿足國內的需求。近年來由於經濟發展和國民所得的提高，食米的消費量由1975年每人每年130公斤降低為1986年每人每年85公斤，對稻米的消費型態已由量的需求轉為質的需求，提升稻米品質是今後稻米生產之趨勢。

本省地處亞熱帶，高溫多雨，常年溫度亦高，稻穀收穫後必需立即進行乾燥，以避免產生霉變，造成損失。傳統日曬法受天候影響甚鉅，品質難以控制，使用乾燥機則可免天候影響，適當的操作更可維持一定的品質水準，目前本省稻穀乾燥機雖已廣泛的為農民採用，但農民採用快速烘乾法，易導致稻穀之胴裂，影響碾米品質，同時亦有可能因稻穀水份急速下降或烘乾至稻穀含水率過低，影響米質之食味⁽⁴⁾。目前國內對乾燥方面研究多偏重於能源效率方面，少數對稻米胴裂、品質等研究則以實驗室中用少量稻穀進行，雖然高溫乾燥以及過度的乾燥，均會造成稻穀大量胴裂，為一般所肯定，但在實際乾燥機所造成之影響則未有詳細的調查、研究與估算，在目前重質不重量的消費型態下，實有必要研究防止稻米胴裂及維持稻米高品質之烘乾技術，並配合稻米品質分級制之建立與推廣，以提高農民之收益。

材料與方法

(一)試驗材料：採用目前推薦之良質米契作栽培品種臺中189號。

(二)試驗方法：

- 1.提高稻米品質之機械烘乾技術之探討。（採用三久牌SJC-36A循環式稻穀乾燥機）

¹ 臺區農業改良場研究報告第 0167 號。

(1)處理：

A.65°C 定溫乾燥。

B.45°C 定溫乾燥。

C.55°C 乾燥至稻穀含水量為20%，改以50°C 乾燥至16%，再以47°C 乾燥之三段式處理。

D.50°C 乾至稻穀含水量為18%，停機8小時，再改以45°C 乾燥之二段式處理。

E.一般日曬法為對照(CK)。

2.稻穀含水率對稻米品質及食味之影響：

稻穀水份含水量定為15%、14%、13%及12%四種，以上述試驗之a至d種處理烘乾之進行中取樣，每種處理取樣各3公斤，並取三重複。（日曬除外）

3.調查項目：

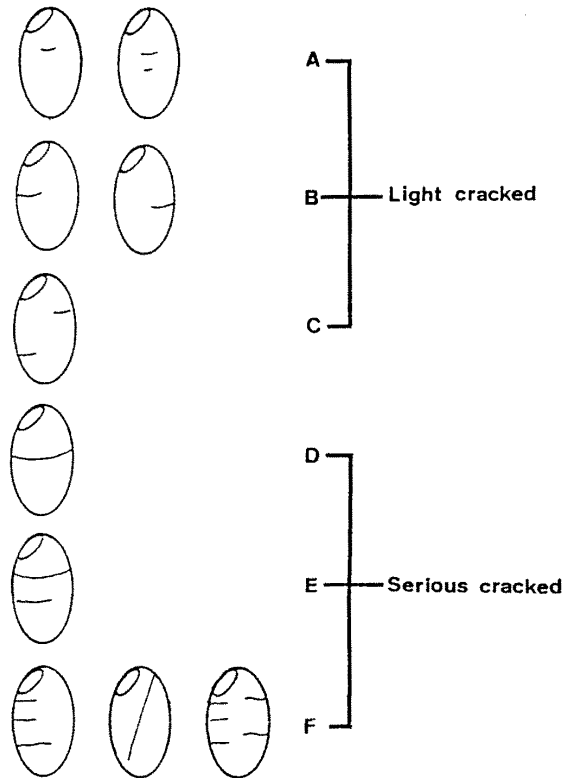
(1)糙米胴裂率（胴裂判定標準如圖一）

(2)研米品質(milling quality)

A.糙米率(percentage of brown rice)

B.白米率(percentage of milled rice)

C.完整米率(percentage of head rice)



圖一 稻米胴裂等級判定標準

Fig. 1. Examples of cracked kernel graded

(3)白米化學性質(chemical properties of milled rice)：

- A.膠體軟硬度(gel consistency)：利用膠體展流長度以決定澱粉膠體性質。
 B.直鏈性澱粉含量(amylose content)：採用method of simplification of amylose assay測定。
 C.粗蛋白質含量(crude protein content)：採用semimicro Kjeldahl method測定。
 D.鹼性擴散程度：採用alkali digestibility test測定。

(4)食味檢定(panel test)

利用四人份日製虎牌電子鍋四個，其中一個為蒸煮對照樣品，其餘三個蒸煮測試樣品。每樣品秤取白米300公克，以強勁水流稍微用力攪拌後排了，重複2次，再裝滿水攪拌後排水，一次即可，不要緩緩地搓洗。加水量405公克（米量之1.35倍），放入電子鍋內靜置一小時，始按下開關。待開關跳起後，先觀察米飯外觀及將飯攪鬆，再燜20分鐘後即食用。試食時分別就米飯之外觀(appearance)、香味(aroma)、口味(flavor)、粘性(cohesion)、硬性(hardness)與總評(overall evaluation)等六項分別與對照品種（正新田中廠生產之臺中189號小包裝良質米）比較，並在評分表（表一）上打分數。

表一 米飯試食評分表

Table 1. Taste panel test score for rice grading

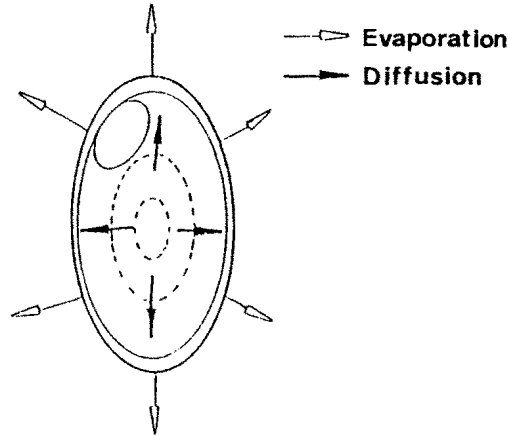
Item	Scale						
	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3
Appearance	excellent	better	good	as check	poor	poorer	Very poor
Aroma	excellent	better	good	as check	poor	poorer	Very poor
Flavor	excellent	better	good	as check	poor	poorer	Very poor
Cohesion	excellent	better	good	as check	poor	poorer	Very poor
Hardness	excellent	better	good	as check	poor	poorer	Very poor
Overall evaluation	excellent	better	good	as check	poor	poorer	Very poor

結果與討論

一、乾燥原理

乾燥的目的在於均勻除去穀粒內水分，由於穀粒質地密實，所以水分難以液態型式傳遞，一般先要氣化後再由乾燥空氣帶走。在乾燥過程中穀粒表面水分首先被蒸發，致使穀粒表面水分含量降低，但穀粒中心部份水分仍高，於是水分逐漸向外擴散（圖二）。穀粒表面水分蒸發與內部水分擴散不同，前者受外界空氣條件所控制，後者則因稻穀本身性質不同而異。假設稻穀表面水蒸汽壓為 P_s ，外界水蒸汽壓為 P_a ，若 $P_s > P_a$ ，則穀粒表面水分汽化，並由外界空氣帶走，此為乾燥作用。反之 $P_s < P_a$ ，則水分自外界向穀粒內移動，穀粒產生回潮現象，若 $P_s = P_a$ ，則水分傳遞中止，為平衡狀態。為使乾燥速率增加，一般採用加熱過風方式以減小 P_a 值，即降低空氣之相對溫度，並同時加大 P_s 值， P_s 值雖可因溫度增加而增加，但仍以該溫度飽合蒸汽壓為極限，一般乾燥若能維持此飽和蒸汽壓之狀態，稱為『恆率乾燥期』，此時熱量僅供穀粒表面水分汽化之用，隨著乾燥繼續進行，穀粒內部水分擴散至表面之速率不足

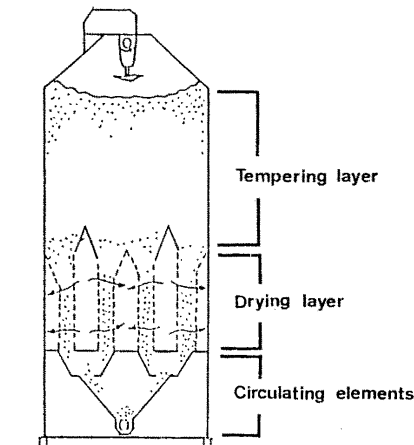
以維持其表面之蒸發速率時， P_s 值即開始降低，即進入所謂『減率乾燥期』，穀粒內部水分梯度逐漸形成，並隨著乾燥之進行而擴大。穀粒內部水分梯度形成後，短時間內外層產生拉力，中心產生壓力，待乾燥終止後，穀粒中心水分逐漸向外擴散，致使外層水分增加而生應變壓力，中心部分則造成應變拉力，導致胴裂^(1,6,7)。



圖二 穀粒水分之轉移情形

Fig. 2. Diagram of single grain moisture transportation

為延緩水分梯度之形成與擴大，循環式乾燥機採用『間歇性的加測溫』與『長時間均化』互相交替而成，其構造原理如圖三。稻穀在『乾燥層』受適當溫度的熱風加溫，使穀粒表面水分蒸發，再由排風機排出機外，經一定時間加溫後，稻穀由斗昇機送至上方之『均化層』，利用穀粒內層與外層水分含量差異，以較長時間讓水分由內層向外層擴散，促使水分均化，如此反覆至乾燥至所要求之含水率為止。本試驗採用三久牌SJC-36A循環式乾燥機容量3,600公斤，稻穀完成一次乾燥循環需時約88分鐘，其中乾燥層之作用時間約20分鐘其餘為稻穀之均化時間。



圖三 循環式乾燥機構造示意圖

Fig. 3. Diagram of circulating dryer

表二 75 年二期不同乾燥處理及稻穀含水率之胴裂率與稻米品質理化性之變方分析

Table 2. Analysis of variance for physical and chemical properties of milled rice for drying method and rice moisture content ('86/2)

Source of variation	df	Light carked	Sperious carked	Total carked	Milling yield	Head yield	Alkali sprading value	Amylous content	Crude protein content
Block	2	1.007	0.150	0.385	0.081	0.087	0.009	0.010	0.046
T	3	0.069**	277.179**	318.994**	0.374*	0.537*	1.381**	3.612**	0.667**
E1	6	0.324	0.513	0.321	0.058	0.054	0.019	0.022	0.012
M	3	0.651*	23.169**	23.345**	2.364*	3.804**	0.028	0.048	0.082*
T*M	9	0.093**	5.120	6.071**	0.180*	0.216	0.016	0.154*	0.010
E2	24	0.267	0.617	0.490	0.056	0.108	0.026	0.048	0.018

*, **, Significant at 5% and 1% levels, respectively.

T: Drying method.

M: Rice moisture content

表三 76 年一期不同乾燥處理及稻穀含水率之胴裂率與稻米品質理化性之變方分析

Table 3. Analysis of variance for physical and chemical properties of milled rice for drying method and rice moisture content ('87/1)

Source of variation	df	Light carked	Sperious carked	Total carked	Milling yield	Head yield	Alkali sprading value	Amylous content	Crude protein content	Gel consistency
Block	2	2.077	2.071	4.584	0.154	0.842	0.007	0.048	0.006	15.042
T	3	15.996	94.630**	73.052**	0.590	47.159**	0.001	0.051	0.23*	62.315*
E1	6	5.460	7.859	4.616	0.194	1.294	0.008	0.014	0.003	9.079
M	4	52.366**	2,031.712**	1,682.171**	8.532**	296.093**	0.004	1.106**	0.166**	121.233*
T*M	12	6.604**	157.442**	113.895**	0.717**	40.607**	0.004	0.216**	0.007	41.226**
E2	32	2.462	8.156	2.906	0.188	1.219	0.005	0.035	0.04	6.986

M: Drying method.

T: Rice moisture content.

二、不同乾燥處理與稻穀含水率對稻米理化性質之影響

75年第2期作及76年第1期作稻穀收穫後，分別以不同的乾燥方法乾燥至不同的含水率後，測定其理化性質，其結果（表二、三、四）經變方分析，顯示不論是胴裂率或稻米理化品質，均以乾燥處理之影響較稻穀含水率之影響為大，但兩者間亦多有顯著之交感作用。不同乾燥處理與稻穀含水率對稻米重胴裂與胴裂總計有極顯著之影響。其中高溫乾燥會造成大量胴裂，此外乾燥後稻穀含水率愈低，胴裂率亦有上升之趨勢，而稻米之胴裂率中又以重胴裂為主（圖四）。因此不當的乾燥方式與過份的乾燥均會導致胴裂率之增加，而胴裂的稻穀將會造成日後碾米的重大損失^(2,5)。

表四 76年一期不同乾燥處理及稻穀含水率之米質理化性質

Table 4. Physical and chemical properties of milled rice as affected by different drying methods and moisture content.

	Milling yield (%)	Head yield (%)	Alkalis preading value	Amylose content (%)	Crude protein content (%)	Gel consistency (m/m)
A	70.77 ^b	51.99 ^a	5.84 ^a	15.48 ^a	5.85 ^d	96.8 ^a
B	70.14 ^c	57.83 ^c	5.88 ^a	14.59 ^d	6.02 ^b	93.9 ^b
C	72.11 ^a	64.94 ^a	5.87 ^a	15.21 ^b	6.14 ^a	91.5 ^c
D	70.59 ^b	59.10 ^b	5.86 ^a	15.14 ^b	6.12 ^a	97.0 ^a
CK	69.60 ^c	52.93 ^d	5.88 ^a	14.86 ^c	5.93 ^c	89.3 ^d
12%	70.76 ^a	54.69 ^c	5.87 ^a	15.07 ^a	6.07 ^a	91.0 ^c
13%	70.57 ^a	56.02 ^b	5.87 ^a	15.07 ^a	6.05 ^{ab}	92.5 ^{bc}
14%	70.74 ^a	58.02 ^a	5.85 ^a	14.98 ^a	6.01 ^{bc}	95.1 ^a
15%	70.37 ^a	57.76 ^a	5.86 ^a	15.10 ^a	5.99 ^c	94.4 ^{ab}

A: 65°C

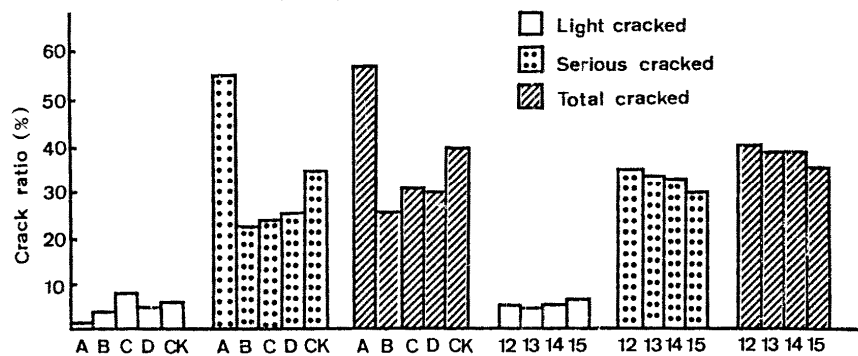
B: 45°C

C: 55°C, 50°C, 47°C three steps treatment.

D: 50°C, 45°C two steps treatment.

CK: Sun-drying.

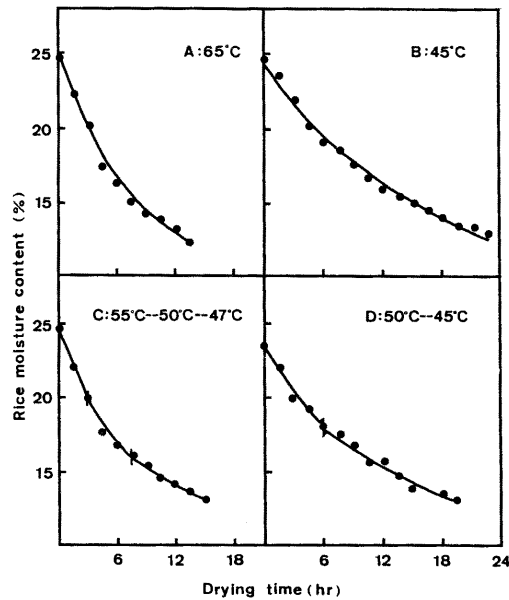
12, 13, 14, 15: Rice moisture content 12%, 13%, 14% 15% individual.



圖四 不同乾燥處理含水率對稻穀之胴裂率變化（76年一期作）

Fig. 4. Variations of crack ratio as affected by different moisture content after drying.

圖五為76年第1期作稻穀在不同乾燥方法之下，其稻穀含水率之變化，處理A.B.C.D.之平均乾減率為1.05、0.4、0.89、0.49%/hr，而胴裂率為A>C>D>B（圖四），其中C.D.B.三個處理胴裂率較低且差異不太大，但“C”處理平均乾減率為0.8%HR，較“D”及“B”兩處理之高出甚多，此乃“C”處理在乾燥初期以較高（55℃）之溫度予以快速乾燥，待稻穀水分降至20%及16%以後再分別將溫度降低為50℃及47℃。“C”處理，稻穀在乾燥初期含水量甚高，其含水量之變化呈一直線下降趨勢，稻穀在每一乾燥循環中，其表層被熱風所除去之水分，可在均化層中，藉著擴散作用由內層獲得補充，以抑制水分梯度的形成，進而避免造成高胴裂率，並能兼具高乾燥效率。“D”處理的結果與“C”處理類似，稻穀含水率在18%以前含水率變化亦呈直線下降，但因初期使用之乾燥溫度“C”為低，故平均乾減率較低，且原設計中擬藉停機8小時來強化稻穀之均化效果，以減少胴裂之發生，結果顯示效果不佳，且需多佔用乾燥機八小時，此舉亦會降低乾燥機之使用頻率，增加使用成本。“A”處理所使用之乾燥溫度最高，但在乾燥初期（含水率18%）以前，其乾燥率與“C”處理不相上下，因此以65℃之高溫進行乾燥除了會導致高胴裂率外，尚有浪費燃料的缺點。



圖五 不同乾燥處理稻穀含水率變化圖（76年一期作）

Fig. 5. Variation in rice moisture content during the process of drying.

在有關化學性質的影響方面，根據表二、三顯示不同的乾燥處理對稻米直鏈性澱粉、粗蛋白質含量與膠體軟硬度，在統計上均有顯著之影響，但比較其各因之數字則差異不太大（表四），各處理間均在同一分類等級之內⁽³⁾，另外本試驗所採用之材料每次3,600公斤，在試驗中總栽培面積為7.5公頃，因此究竟是試驗材料本身即有差異存在，或是由不同之試驗處理所造成之結果，目前尚不能確定。

三、不同乾燥處理與稻穀含水率對稻米食味品質之影響

本省稻米分級制度尚在起步階段，有關食味品質方面，尚未如同日本一般建立明確之標準。目前僅根據本場米質實驗室所訂米飯試食評分標準（表一），經75年2期作與76年1期作，

試食結果（表五），同一期作各處理間食味總評差異不大。

表五 不同乾燥處理及稻穀含水率之稻米食味總評

Table 5. Effects of different drying methods and moisture content of grains on the eating quality of rice

		12	13	14	15	Mean
'86/2	A	-0.792	-0.167	-0.583	-0.583	-0.531
	B	-0.208	-0.167	-0.625	-0.208	-0.302
	C	-0.250	-0.750	-0.208	-0.500	-0.427
	CK	-0.417	-0.208	-0.458	-0.667	-0.438
	Mean	-0.417	-0.323	-0.469	-0.490	-0.425
'87/1	A	-0.063	-0.063	-0.000	-0.063	-0.047
	B	-0.084	-0.155	-0.310	0.012	-0.134
	C	-0.215	-0.072	-0.215	0.000	-0.125
	D	-0.358	-0.358	-0.358	-0.143	-0.304
	CK	-0.131	-0.155	0.000	-0.084	-0.093
	Mean	-0.170	-0.160	-0.199	-0.086	-0.154

'86/2: A: 50°C

B: 45°C, 40°C two steps treatment.

C: 40°C. CK: Sun drying.

'87/1: A: 65°C

B: 45°C.

C: 55°C, 50°C, 47°C three steps treatment.

D: 50°C, 45°C two steps treatment.

CK: Sun drying.

12, 13, 14, 15: Rice moisture content at 12%, 13%, 14% and 15% respectively

參考文獻

1. 伴敏三 1971 人工乾燥 米 胴割 關 實驗研究 農業機械化研究所研究報告 第8號 日本、東京。
2. 李黃武 1984 水稻乾燥與碾米率及稻米品之關係 中國農業工程學報 30(2): 83-89。
3. 宋勳 1986 稻米品質分級與改良 40年來臺灣地區稻作生產改進專輯 黃正華先生農學獎學金基金會出版 pp. 109-124。
4. 林永泰 1979 稻米的乾燥貯存對米飯品質之影響 食品工業第9卷第3期。
5. 陳貽倫 1981 稻穀胴裂與碾米損失 中國農業工程學報 27(1): 40-47。
6. 陳貽倫 1983 稻穀之吸溫、胴裂與碎米 中國農業工程學報 29(2): 24-35。
7. 陳貽倫、馮丁樹 1975 稻穀乾燥理論之探討與高溫間歇通風乾燥之研究，中國農業工程學報 21(2): 1-12。

討 論

郭益全問：

乾燥方式之不同對胴裂、完整率有影響是合乎邏輯，但乾燥方式之不同對米粒化學成分亦有顯著之差異存在，請問你們對這個差異有沒有進一步之解釋？

何榮祥答：

試驗中乾燥方法對米粒化學成分在統計數字上有顯著差異，但在分級上各處理均在同一等級之內，且所使用的稻穀每次為3,600公斤，即可能稻穀在田間已有差異存在。

鄧耀宗問：

最近由於農村勞力普遍缺乏，機械乾燥使用程度有逐漸提高的趨勢，但是使用機械乾燥的結果，常使或稻米品質受到不良的影響，包括胴裂米及稻米的理化特性。根據剛才的報告調溫處理C，及斷續處理D較好，其中以C處理比較實用，請問C處理與對照間的差異如何。

何榮祥答：

1.C處理與日曬法(C.K.)之胴裂差在10%以上。

2.目前稻穀乾燥已經可以使微電腦程序控制，但需增加購置費用，以三久牌3.6噸稻穀乾燥機為例，目前市價142,000元加裝控制器為172,000元。

王士杰問：

根據專家研究報告指出稻穀含水量在13.5~14%之情況下，最適宜稻穀碾製加工，在品質方面也表現最佳。本人感覺，全省農會為驗收政府公糧水分限於13%以下，感覺非常困擾，在此糧食局各位官員都在場，是不是在以後稻穀驗收水分方面能放寬至13.5%~14%，如此不但能減少農會與農民間之困擾，而且能提高稻米品質，更有利於碾製工作。

陳進山答：

經收公糧稻穀之含有水率，規定在13%之原因為：「倉存稻穀在含水率13%及相對濕度75%左右，為控制病蟲害繁衍為害之臨界點」，尤其是公糧保管期間通常超過一年以上（近期仍有3年期稻穀），而碾製後供應軍公糧及外銷食米，為維護良好食米品質，仍須依現有規定處理。至於含水率13%以上之稻穀，容易增加病蟲害之為害，在食品研究所及有關學術機構均有研究文獻。

呂明書補充：

西螺鎮農會總幹事詢問公糧稻穀水分驗收標準規定13%以下之原因及可否比照一般市購之水分含量14%辦理經收。實際上公糧經收後，因需以大容量散裝長期儲存，依據過去儲存經驗，水分超過13%時，因空氣流通不良，容易發燒變質，故規定以含水率13%以下為驗收標準，以確保公糧品質，惟目前大多以袋裝儲存，可否改以14%驗收，值得研究。

Effects of Drying Conditions on Cracking Ratio and Eating Quality of Rice

H. S. Ho, A. N. Hsu and K. C. Lin

Taichung District Agricultural Improvement Station

ABSTRACT

There were significant differences of both drying conditions and moisture content on the effects of cracking ratio of paddy rice, and the drying conditions is the most important factor. The cracking ratio increases with the increase of drying temperature. Using high temperature to reduce the moisture content of rice to 20% or lower at the beginning of drying stage, then decrease the drying temperature. This method will reduce the cracking ratio and increase dryer operation efficiency.

Low moisture content will increase the cracking ratio. Drying conditions and moisture content had little effects on the eating quality of cooked rice.