

# 稻谷胴裂與碾米損失

## Rice Fissuring and Milling Losses

國立臺灣大學農工系副教授

陳 貽 倫

### Summary

Two varieties of rough rice with two moisture levels were conditioned under eight temperature-humidity combinations for four days. Samples then were inspected for fissuring. Number of fissured grains of each sample and number of fissuring on each grain were observed and recorded. The percentage points of the unfissured grains in each sample were compared with the head yields of the samples of the same treatments. The followings were concluded:

1. More grains fissured under higher moisture conditions.
2. Less grains fissured under higher temperatures.
3. In less fissured samples, the number of fissurings on one grain were mostly one, at most two; while in more fissured samples, the fissures on one grain can be five.
4. For the long grain, possibly 10 % of unfissured rough rice was broken through the entire hulling and milling processes in this experiment. But, for the medium grain, the broken portion of rice in a rice sample was likely formed solely from what was already fissured.

### 一、前 言

據臺灣農業年報，臺灣省每公頃水稻產量在民國 58 年時為 2952 公噸糙米；67 年時為 3249 公噸。九年內增產約 10 %。這 10 % 之增乃集合所有農業從事人員之研究、推廣、耕耘的成果。在另一方面，據國際稻米研究所 (IRRI) 之估計，在開發中國家，水稻自收穫後至碾米之漫長過程中，其損失約在 10 % ~ 37 % 之間，其中

收割之損失 1 ~ 3 %

搬運之損失	2 ~ 7 %
脫粒之損失	2 ~ 6 %
烘乾之損失	1 ~ 5 %
貯藏之損失	2 ~ 6 %
碾米之損失	2 ~ 10 %

對照之下，可知減少收穫後之損失，其貢獻與增產是同樣重要。上述分析中，碾米損失竟達 2 ~ 10 %，頗值得注意。

下表為 1978 年美國南部三個主要產米州稻米之碾米率統計：

	長 粒 品 種		中 粒 品 種	
	* 碾 率 %	** 整 粒 率 %	* 碾 率 %	** 整 粒 率 %
Arkansas	62.7	53.6	67.1	54.7
Louisiana	67.7	55.1	68.6	58.1
Texas	66.8	55.8	69.0	60.2
平 均***	63.5	54.0	67.8	56.3

據以上，一百公斤長粒乾淨谷，若碾成糙米約可得 80 公斤；若碾成白米，可得 63.5 公斤；這白米中，只有 54 公斤是完整粒的白米，其餘碾成了碎米。稻谷碾成碎米之原因，不外乎兩個：一是碾米機將整粒稻谷碾碎；另一是稻谷在未碾之前已有胴裂，或稻谷中雜有未成熟米。前者為外在的因素，後者在於稻谷本身。欲減少碾米之損失，第一需研究稻谷胴裂之成因，設法阻止之；第二需研究碾米理論，設計優良之碾米機械，令機械損失達到最少程度；第三需探討胴裂與碾率之關係，準確地了解：究竟有若干碎米是由碾米機造成，若干碎米是由稻谷本身缺陷所致。

已乾稻谷在潮濕空氣裏會吸取空氣中之水分，因而造成谷粒之胴裂。其胴裂之程度因空氣之濕度及稻谷本身最初含水率而異，(Kondo and Okamura, 1930; Stahel, 1935; Kunze and Hall, 1965)。貯存空間之空氣溫度也具有影響，即溫度高，將減少其胴裂傾向，(Kato and Yamashita, 1979)。

三輪 精博等 (1980) 將 20.7 % w. b. 之濕谷以熱風 (50.6°C, 32.5 % r. h.) 烘乾至 13.6 % w. b. 然後令其暴露於兩種不同濕度環境中：11.3 % 及 80.3 % r. h.。在較乾環境中，稻谷雖繼續減少水分，但結果仍有 29 % 之胴裂率，在較濕之環境中 (80.3 % r. h.)，胴裂率增至 93 %，胴裂痕均與谷粒長軸成直交，且一粒上有數裂痕者。

有實驗已證實烘乾並非稻谷胴裂的直接因素，稻谷胴裂之發生均在烘乾過程之後 (Ban, 1971; Kunze, 1979)，其直接原因可能是由於烘乾後谷粒內部水份之再分佈所引起的應變力所造成。

已胴裂之稻谷經過碾米後，多成為碎米是一項

極明顯之事實。快速烘乾或乾後再受潮均對稻谷之碾米率造成重大損失，碾米率與胴裂率有絕對之關係 (Blakeney and Chesterfield, 1976; Kunze, 1977; Swamy and Bhattacharya, 1980; Chen, 1980)。

碾米後，碎米之多寡取決於稻谷之品種、成熟度、生長期之天候土壤條件、貯藏環境、烘乾條件，碾米機之優劣，碾白之程度等因素。

在碾米機中，長粒米較中粒米易碎 (Louvier and Calderwood, 1972; Matthews and Spadaro, (1975))。

## 二、研究目的

1. 比較在不同貯藏環境中，稻谷胴裂之程度。
2. 觀察紀錄多種不同胴裂程度稻谷之胴裂模式 (Patterns)
3. 研究稻谷胴裂與碾米損失之關係。

## 三、實驗材料與方法

本實驗所用之稻谷為 1978 年美國德州生產之長粒米 (Labelle) 及中粒米 (Brazos)。

二品種各選 10 公斤左右，風選後，一半留在實驗室內扁篩中，攤平，任其均化三週。實驗室溫度約 23°C，濕度平均 52 % r. h.，最後稻谷含水率為 11.9 % d. b.。另一半稻谷送入溫濕度控制室，三週後稻谷含水率為 9.35 % d. b.。將此兩種不同含水率之稻谷分別置於八種不同溫濕之環境控制室。四天後取出，置上述之實驗室三週，陰乾。每樣品取出 100 粒作胴裂檢查，其餘各別以實驗室用 Satake 磨谷機脫殼，再以 McGill no. 2 碾米機碾白，最後以 Hart Uni-Flow Cylinder Tester 選出整粒米及碎米。碾米、選別程序請閱

\* Total Yield: 定量之稻谷碾成白米之重量百分比，包括碎米。

\*\* Head Yield: 定量之稻谷碾成白米之重量百分比，不包括碎米。

\*\*\* 被測定樣品之平均，非三州平均數之平均。

參考文獻 (5)。

每種樣品重約 125 克，八種溫濕度處理各為：

20°C, 64 % r. h.; 30°C, 64 % r. h.

20°C, 72 % r. h.; 30°C, 72 % r. h.

20°C, 82 % r. h.; 30°C, 82 % r. h.

20°C, 92 % r. h.; 30°C, 92 % r. h.

以留在實驗室未加處理之樣品為對照，每處理重複兩次。

胴裂之觀察乃是將每粒稻谷之壳剝去，在暗中置于玻璃板上，以筆形電筒在玻璃板下，向上照射，以顯出米粒上之裂痕，隨看隨將裂痕之數目及模式記下。

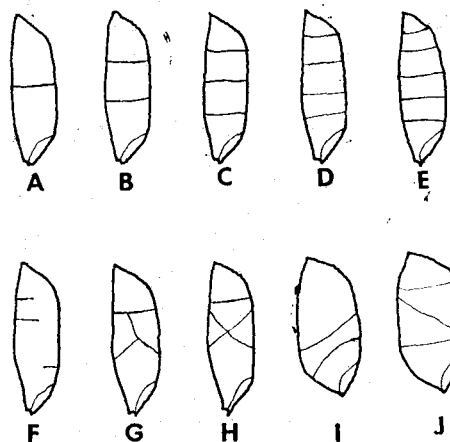
#### 四、結果與討論

本試驗，其觀察長粒米 1700 顆，其中完整粒 1296 顆，有各型胴裂者 404 顆；中粒米 1660 顆，其中完整米 936 顆，有各型胴裂者 724 顆，無論長粒或中粒，其完整粒數與胴裂粒數之比例，均因處理不同而改變，即高濕度環境中，其胴裂數增加。

胴裂之模式 (Pattern)，絕大多數，99 % 以上，是沿米粒短軸方向，非常整齊地貫穿切斷整顆米粒，與長軸成直交，僅少數例外。在此類胴裂米中，每粒上之裂痕數目不等，有一條裂痕者、有兩

條裂痕者，等等，至多有五條裂痕者，其裂痕彼此成平行而與米粒長軸直交 (圖一，A—E)。

除上述有規則之橫貫型外，另有不到胴裂總數 1 % 不規則之裂痕：包括不貫穿全粒之裂痕 (圖一 F)，人字型裂痕 (圖一 G)，交叉裂痕 (圖一 H) 及斜型裂痕 (圖一 I, J) 等。



圖一 稻米胴裂模式

A~H 長粒米

I, J 中粒米

表一、二為分別在各種不同溫濕環境處理下長粒米或中粒米之胴裂觀察結果：

表一 長粒乾谷在不同溫濕度處理後之胴裂觀察結果

處 理	完整谷粒數	胴裂米總數	一條裂痕	二條裂痕	三條裂痕	四條裂痕	五條裂痕	不規則裂痕
* Lo-20-65	92	8	6	2	0	0	0	0
Lo-20-72	86	14	12	2	0	0	0	0
Lo-20-82	33	67	20	28	9	8	0	2
Lo-20-92	15	85	11	21	33	16	4	0
Lo-30-65	89	11	9	2	0	0	0	0
Lo-30-72	86	14	11	3	0	0	0	0
Lo-30-82	48	52	31	10	8	0	0	3
Lo-30-92	17	83	20	25	29	9	0	0
Hi-20-65	97	3	3	0	0	0	0	0
Hi-20-72	93	7	5	2	0	0	0	0
Hi-20-82	88	12	11	1	0	0	0	0
Hi-20-92	87	13	12	1	0	0	0	0
Hi-30-65	93	7	7	0	0	0	0	0
Hi-30-72	91	9	8	1	0	0	0	0
Hi-30-82	93	7	6	1	0	0	0	0
Hi-30-92	95	5	3	2	0	0	0	0
對 照	93	7	7	0	0	0	0	0

\*第一個字代表稻谷初期含水率：Lo 為 9.35 % d. b.; Hi 為 11.9 % d. b.。第二個數字代表攝氏溫度，第三個數字代表相對濕度百分數。以後圖表均同。

表二 中粒乾谷在不同溫濕度處理後之胴裂觀察結果

處 理	完整谷粒數	胴裂米總數	一條裂痕	二條裂痕	三條裂痕	四條裂痕	五條裂痕	不規則裂痕
Lo-20-65	71	29	25	3	1	0	0	0
Lo-20-72	47	53	31	20	2	0	0	0
Lo-20-82	25	75	32	23	7	5	4	4
Lo-20-92	11	89	20	30	23	11	0	0
Lo-30-65	61	39	30	9	0	0	0	0
Lo-30-72	57	43	36	7	0	0	0	0
Lo-30-82	26	74	42	21	10	1	0	0
Lo-30-92	5	95	26	36	25	8	0	0
Hi-20-65	72	28	24	4	0	0	0	0
Hi-20-72	71	29	23	6	0	0	0	0
Hi-20-82	77	23	16	6	1	0	0	0
Hi-20-92	65	35	24	10	1	0	0	0
Hi-30-65	73	27	21	6	0	0	0	0
Hi-30-72	77	23	17	6	0	0	0	0
Hi-30-82	76	24	18	6	0	0	0	0
Hi-30-92	67	33	25	6	2	0	0	0
對 照	72	28	24	3	0	0	0	1

1. 溫度對胴裂之影響

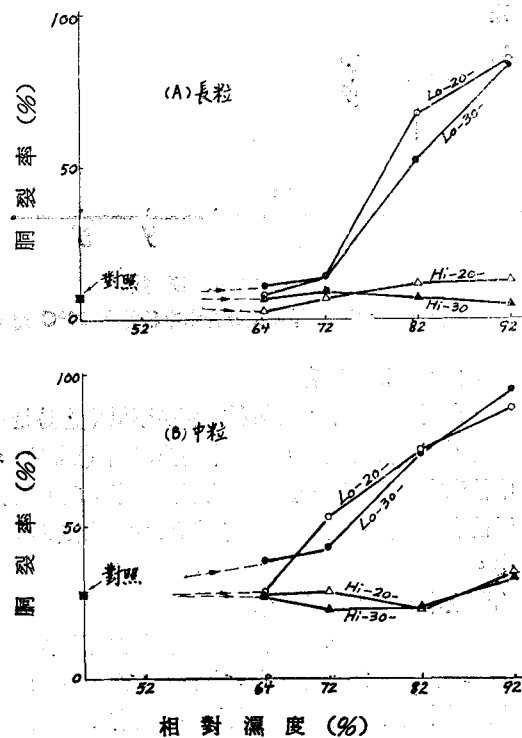
對長粒米而言，在高濕度處理時，較低溫度時有較高之胴裂。72%濕度以下處理時，其差別不彰。對中粒米而言，溫度因素之影響不顯明。

2. 濕度及初期含水率對胴裂之影響

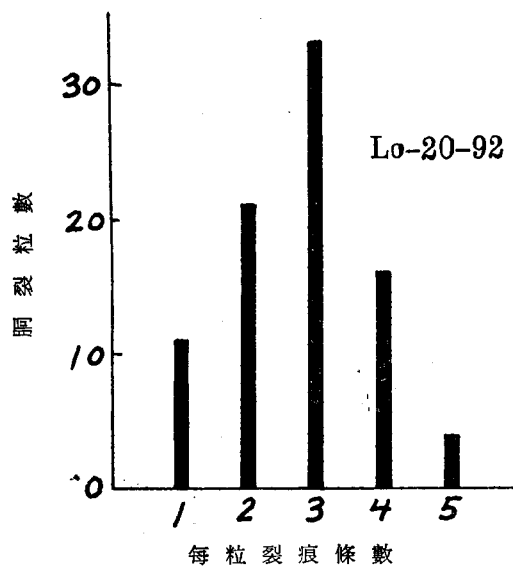
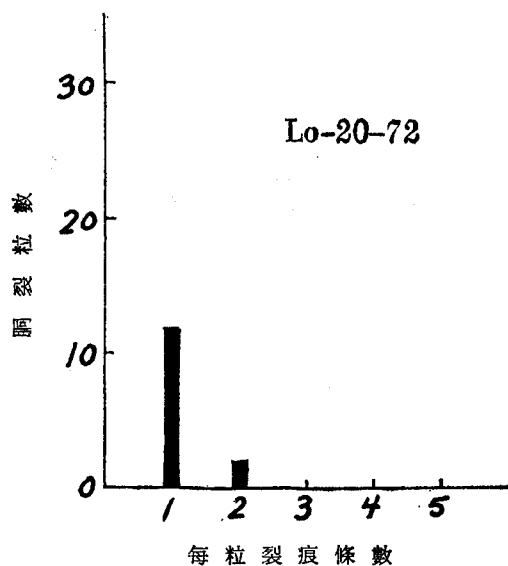
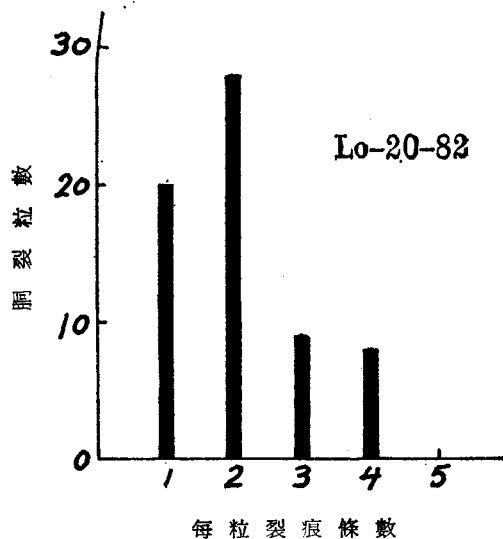
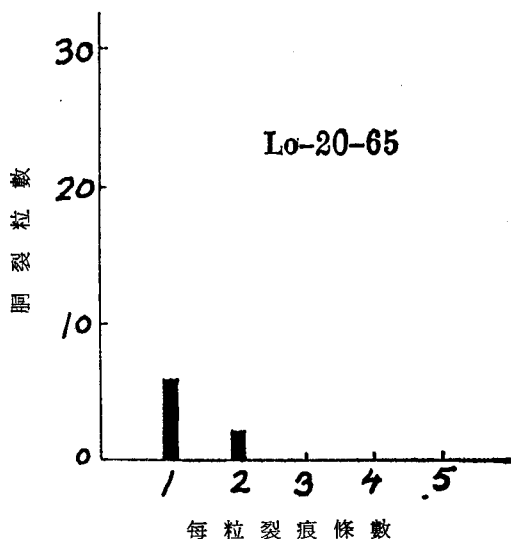
濕度對較低含水率稻谷胴裂之影響是確定的。例如，長粒米之對照胴裂率是7%，而在20°C，65%、72%、82%及92% r. h. 處理其胴裂率分別為8%、14%、67%及85%。中粒米之情況也類同（圖二）。

濕度對初期含水率較高之稻谷影響較不顯著。

低濕度處理之米粒胴裂少，且在有胴裂之米粒中，每粒上之裂痕數少，大多數只有一條或二條，極少在三條以上者；但在高濕度處理下，每粒上之裂痕有多至五條者；在92% r. h. 處理下，在有胴裂之米粒中，每粒具三條裂痕者佔最大多數（圖三）。在高濕度處理下，少數胴裂呈不規則狀。



圖二 乾穀在不同溫濕度環境處理後之胴裂率



圖三 長粒種低含水率稻谷在 20°C 時，經不同濕度處理後，單粒米上裂痕條數之分佈

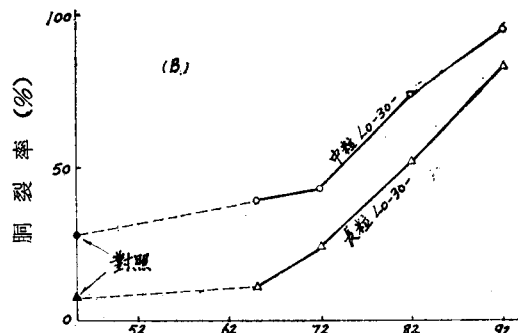
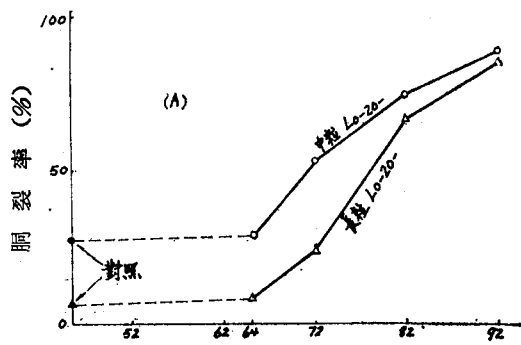
### 3. 品種對胴裂之影響

在兩種溫度下，兩品種之胴裂率變化趨勢是一樣的，即在高濕度時，胴裂率迅速增加（圖四），中粒米之胴裂在每一處理均高于長粒米，其原因在于前者在未處理前即已含有較高之胴裂米在樣本中。

### 4. 胴裂率、碾率與整粒率

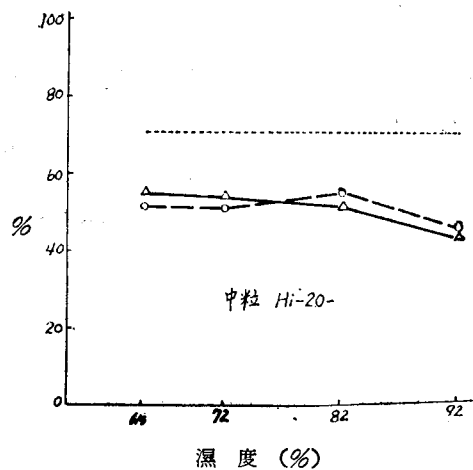
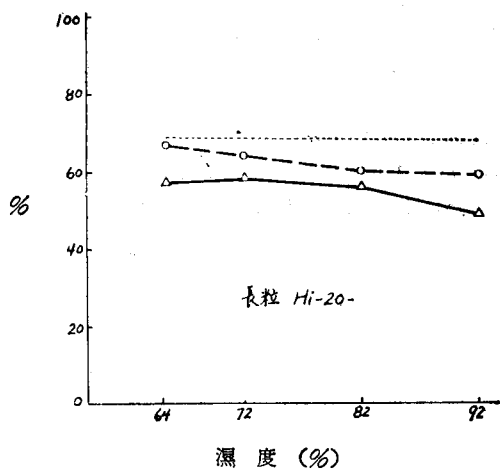
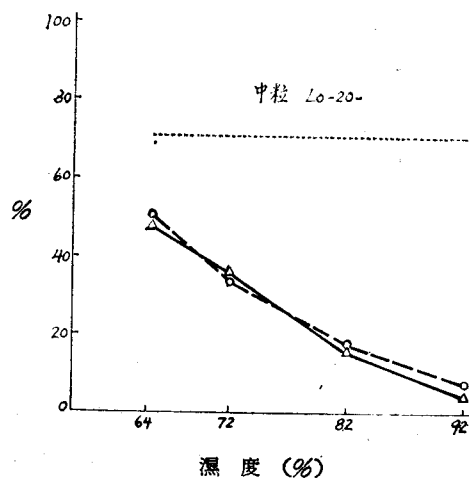
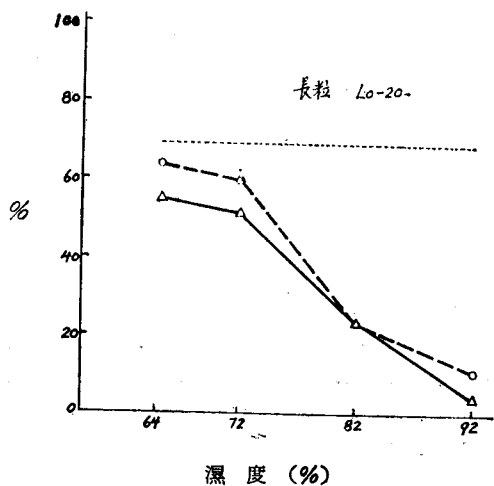
據碾米實驗，知長粒米與中粒米之碾率各為 69% 與 72%（附錄表一）。今假設：無論磨谷或碾白過程中均不碾碎未胴裂之稻谷，則有 92% 未胴裂之稻谷樣品在碾白之後應可有  $92\% \times 69 = 63.5\%$

之整粒白米。同理，具有 86%、33% 和 15% 未胴裂稻谷在碾白後，理論上應各可約 59.3、22.8 和 10.4%。圖五中虛線即表示此一理論白米整粒率（Theoretical Head Yield），實線表示實際白米整粒率，比較虛線與實線，可知在長粒種，二線之差距最高達 10%，此顯示在本實驗之磨谷碾米過程中，除已胴裂稻谷碾成了碎米之外，另外可能有 10% 之完整谷粒也碾成了碎米。至于中粒米，其虛線與實線相接近，甚至相交，表示在本實驗之磨谷碾米過程中，甚少中粒稻谷被碾成碎米，被碾碎之谷粒僅限于原先已胴裂者。



相對濕度 (%)  
 相對濕度 (%)  
 圖四 兩品種之低含水率稻谷在不同溫濕度環境處理後胴裂率之比較 (A) 20°C (B) 30°C

..... 碾率 (Total Yield)  
 - - - 假設碾谷碾米機不碾碎整粒米，而僅碾碎胴裂粒所得之“理論白米整粒率”  
 ——— 整粒率 (Head Yield)



圖五 溫濕度處理後，碾率與整粒率之比較

圖五中之點線為碾率 (Total yield)，此線與虛線之間應屬「胴裂影響白米整粒率」之幅度，而虛線與實線之間為「機械影響白米整粒率」之幅度。

## 五、結 論

1. 濕度變化對已乾稻谷 (尤其對過分乾燥之稻谷) 之胴裂有絕對之影響。高濕度之環境不適乾谷之貯存。

2. 溫度高有減少乾谷胴裂之傾向。

3. 胴裂數量少時，每粒米上發生之裂痕絕大多數為一條或二條；在高濕度環境下，胴裂數直線上升，且每粒上裂痕增多，多至五條，此種胴裂稻谷，碾白後將成小粒碎米。

4. 可能有10%未胴裂之長粒種稻谷經過本實驗之碾米過程碾成碎米；但對中粒種稻谷而言，碾碎之米粒似僅限於碾前已胴裂者。

## 六、誌 謝

本文獲行政院國家科學委員會六十九學年度研究獎助；完成本文過程中，承吳枝榮、賴國興二位先生協助，觀察紀錄處理後稻谷之胴裂情形，謹一併誌謝。

## 七、參考文獻

1. 臺灣省農林廳：臺灣農業年報，68年版。
2. 三輪精博、小林一、金本正和：1980，稻谷乾燥中糙米變形及胴裂之研究，農業機械學會誌42(1):99-107。
3. Ban, T. 1971. Rice cracking in high rate drying. Japan Agr. Res. 6(2):113-116.
4. Blakeney, A. B. and R. S. Chesterfield. 1976. Effect of moisture on kernel hardness and milling quality of rice. Rice Report 1976. pp. 9-11.
5. Chen, Y. L. and O. R. Kunze. 1980. Relative humidity effect on milling quality of rice. Presented at the 1980 Summer meeting of ASAE, Texas.

6. Kato, K. and R. Yamashita. 1979. Study on method of prevention of rice crack-Effect of storage under constant warm temperature after drying. Presented at the 1979. Spring Meeting of the Society of Agricultural Machinery, Japan.
7. Kondo, M. and T. Okamura. 1980. Fissuring of rice grains due to moisture adsorption. Ber. des Ohara Inst. f. Landw. Forsch. 4:429-446. (Translation by O. R. Kunze, Texas A&M University).
8. Kunze, O. R. 1979. Fissuring of the rice grain after heated air drying. ASAE Trans. 22(5):1197-1200, 1207.
9. Kunze, O. R. 1977. Moisture adsorption influences on rice. I. Food Proc. Eng. 1(1977):167-181.
10. Kunze, O. R. and C. W. Hall. 1965. Relative humidity changes that cause brown rice to crack. ASAE Trans. 8(3):396-399, 405.
11. Louvier, E. J., Jr. and D. L. Calderwood. 1972. Breakage of processed rice due to falling impact. Cereal Sci. Today 17(4):98-101.
12. Matthews, J. and J. J. Spadaro. 1975. Breakage of long grain rice in relation to kernel thickness. Cereal Chem. 53(1):13-19.
13. Stahel, R. A. 1935. Breaking of rice in milling in relation to the condition of the paddy. Tropical Agric. 12(10):255-260.
14. Swamy, Y. M. I. and K. R. Bhattacharya. 1980. Effect of Kernel defects and grain dimension on breakage of rice during milling. Central Food Technological Research Institute, Mysore-570 013, India. Unpublished.
15. USDA: 1980, Rice Postharvest Losses in Developing Countries, ARM-W-12.

附 錄

Table 1. Milling results from different temperature and relative humidity treatments of rough rice. Each value is the average of four replications.

Treatment	Rough Rice Sample Wt. (g)	Brown Rice Sample Wt. (g)	Milling Yields %		Ratio of Brokens
			Total	Head	
Lb-Hi-20-64	121.54	96.14	68.8	58.3	0.42
Lb-Hi-20-72	123.42	98.49	69.4	58.8	0.42
Lb-Hi-20-82	122.80	96.77	68.3	57.0	0.45
Lb-Hi-20-92	128.19	101.53	68.8	54.5	0.42
Lb-Hi-30-64	127.25	100.27	68.9	58.4	0.44
Lb-Hi-30-72	122.12	96.47	69.0	58.6	0.45
Lb-Hi-30-82	127.62	101.59	69.2	58.0	0.44
Lb-Hi-30-92	124.00	97.96	68.6	54.5	0.44
Lb-Lo-20-64	128.49	101.25	68.0	55.3	0.40
Lb-Lo-20-72	125.95	99.00	68.4	50.6	0.42
Lb-Lo-20-82	121.54	92.98	66.8	23.7	0.44
Lb-Lo-20-92	129.72	101.57	68.3	3.8	0.60
Lb-Lo-30-64	130.47	103.07	68.1	56.0	0.39
Lb-Lo-30-72	124.92	98.44	68.3	52.8	0.40
Lb-Lo-30-82	128.54	101.68	68.5	32.7	0.43
Lb-Lo-30-92	125.31	98.49	68.6	7.6	0.43
Lb-Control	130.63	106.07	70.9	59.8	0.42
Br-Hi-20-64	124.60	101.42	72.4	54.5	0.06
Br-Hi-20-72	122.54	99.75	72.2	53.6	0.06
Br-Hi-20-82	121.89	98.85	71.7	52.3	0.06
Br-Hi-20-92	126.89	103.03	71.9	43.4	0.06
Br-Hi-30-64	127.13	103.36	72.1	52.3	0.05
Br-Hi-30-72	123.14	100.11	72.2	51.8	0.05
Br-Hi-30-82	125.01	101.26	71.3	51.0	0.06
Br-Hi-30-92	123.19	100.28	72.0	44.0	0.05
Br-Lo-20-64	127.31	103.25	72.0	47.7	0.05
Br-Lo-20-72	125.79	102.39	71.9	36.1	0.06
Br-Lo-20-82	132.37	107.22	71.5	16.2	0.10
Br-Lo-20-92	130.37	105.60	70.0	4.0	0.22
Br-Lo-30-64	130.38	105.87	72.1	51.0	0.06
Br-Lo-30-72	125.47	101.88	71.9	43.5	0.05
Br-Lo-30-82	128.22	104.11	71.8	25.1	0.08
Br-Lo-30-92	125.35	101.78	71.0	8.3	0.19
Br-Control	131.38	106.42	71.2	50.5	0.06