

碾米與銷售環境對小包裝米 害蟲發生之影響

姚美吉^{1*} 羅幹成¹ 萬一怒²

1. 台中縣霧峰鄉 農委會農業試驗所應用動物組
2. 台中市 中興大學生物產業機電工程系

(接受日期：中華民國91年4月20日)

摘 要

姚美吉*、羅幹成、萬一怒 2003 碾米與銷售環境對小包裝米害蟲發生之影響
植保會刊 45：101—116

調查出廠小包裝米放置於室溫經三個月儲藏後，害蟲之發生情形發現糙米內發生米象 (*Sitophilus oryzae* (L.)) 的蟲數遠高於白米。為探討米象發生原因，以小型碾米機碾製經 10 對米象產卵一週的稻穀成為糙米或白米，經儲藏一個月後，糙米中米象的發生數為 116 隻，與稻穀中米象數差異不顯著，經三個月儲藏，糙米中之米象數為 780 隻，則遠高於稻穀中米象數 (155 隻)。碾米後的白米，經儲藏一個月無米象發生，經三個月儲藏後米象發生數為 0.3 隻，與糙米中米象數有明顯差異。以大型碾米機碾製儲藏五個月的稻穀，結果亦相似，糙米之米象發生數遠高於白米。顯示稻穀碾製為糙米時，僅除去穎殼無法除去米象卵或幼蟲，因此米象密度未減少。糙米再碾製為白米時，因碾除大部分糊粉層僅剩胚乳部分，對米象卵或幼蟲有明顯破壞使蟲數劇減。以大型碾米機碾製後糙米、白米、水洗白米之害蟲相，除主要害蟲米象外，尚有稻穀中發生之粉翅螟蛾 (*Cadra cautella* (Walker)) 及外米綴蛾 (*Corcyra cephalonica* (Stainton))，顯示小包裝米害蟲除包含從稻穀所帶來的蟲源外，碾米環境的污染所增加的害蟲也是小包裝米害蟲發生的另一來源。小包裝米碾米後儲藏於 10°C 環境，不論糙米或白米害蟲的發生均接近於零，與室溫環境儲藏有明顯差異，因此利用低溫環境儲藏將能有效降低小包裝米的害蟲發生。

(關鍵詞：碾米環境、儲藏溫度、稻穀、糙米、白米、米象)

* 通訊作者。E-mail: yaomc@wufeng.tari.gov.tw

緒 言

小包裝米因蟲害問題被退貨率在估計約占 5% 以上，造成經濟上極大的損失。調查其退貨米之害蟲相，主要為米象 (*Sitophilus oryzae* (L.)) 為害所造成。古以日本有許多報告均指出米象不易為害完整的稻穀^(6, 17)，且稻穀中米象的發生密度亦甚低^(2, 3)。而碾米階段有許多磨穀機，其機器底部常有許多死角不容易清除殘米，成為許多害蟲的滋生源，因此推論小包裝米的害蟲發生極大部分出於碾米階段所造成的污染。卻有米商反應古其新建碾米廠使用初期，生產的小包裝米害蟲發生並未明顯降低，因此主要害蟲發生原因值得進一步探討。

稻穀中害蟲之發生，主要以穀蠹 (*Rhyzopertha dominica* Fabricius) 數量最多^(2, 3)，碾製後的糙米則以米象為最多數^(5, 7)。近年來調查米商的儲穀環境，發現米象數量有增加趨勢，逐漸成為稻穀中發生害蟲的優勢種⁽⁵⁾。且推測碾製後的糙米中米象發生，可能源自於儲藏稻穀時侵入之米象蟲源。

為了解小包裝米中害蟲發生主要原因，是從稻穀階段侵入所帶來，或是碾米階段被害蟲源污染所造成，本實驗從兩方面進行探討，先以小型碾米機碾製糙米象繁殖過的稻穀為糙米及白米，再每月調查米象發生數的變化。針對米商之碾米環境，除實際調查米商之儲穀害蟲變化，亦調查經大型碾米機碾米後糙米、白米、水洗白米害蟲發生數變化。為進一步了解污染程度，同時取米商儲穀，帶回農試所大型碾米機進行碾米作為對照組，並調查碾製後糙米、白米、水洗白米害蟲發生數之變化。除了解碾米環境對害蟲密度影響外，更釐清小包裝米中害蟲主要發生原因。

小包裝米蟲害防治一直是個難題，為安全起見較少使用化學防治，防治上偏向於物理防治^(4, 15, 28, 29)。因米象對溫溼度變

化敏感且低溫環境會延長其生長期，在溫控超市環境，米象發生數能明顯降低，卻無法完全抑制米象發生⁽⁵⁾。針對碾製後小包裝糙米或白米，本實驗將其放置於室溫及 10°C 低溫冰箱中，以比較其害蟲之發生數，並評估低溫儲藏環境對阻絕害蟲發生效果，開發最佳防蟲之道。

材料與方法

供試材料

供試米象係以糙米飼育，放置於直筒玻璃瓶 (口徑 8cm、高 16.5cm) 中，再於恆溫箱中飼育，飼育環境為 30±2°C，相對溼度為 75±10% RH，無光照。所有試驗的稻穀、糙米、白米、水洗白米均由彰化縣花壇鄉五墩米實業公司 (簡稱 A 廠) 及苗栗縣苑裡鎮山水米實業股份有限公司 (簡稱 B 廠) 提供。稻穀期別為 89 年二期作，稻穀儲藏時間約五個月，五墩米提供稻穀為秈稻，山水米提供稻穀為秈稻。

以小型碾米機碾米對糙米及白米中米象發生之影響

米商提供稻穀後先分裝為 3kg 裝，放置於冰箱，溫度設定為零下 15°C，冷凍一星期後再回溫，並以篩網篩除殘留的死蟲，作為接蟲用稻穀。取 9 包無蟲稻穀，每包 500g，每包接入 10 對羽化 3 天的米象成蟲，任其繁殖 7 天，7 天後將成蟲全部移除。3 包稻穀維持現狀為對照組，3 包用小型磨穀機 (Stake testing husker) 脫殼成糙米，並以天平紀錄其重量，換算碾糙率 (碾糙率 = 碾後糙米重 / 原稻穀重)。另 3 包繼續用小型精米機 (McGill No.2 miller) 碾成白米，同樣秤其重量並換算碾白率 (碾白率 = 碾後白米重 / 原稻穀重)。稻穀及處理後糙米及白米放置於恆溫箱中 (30±2°C, 75±10% RH)。碾米後每月調查一次米象活蟲及死蟲數，活蟲再放回，死蟲

移除，連續調查三個月。調查所得米象平均蟲數，其差異以變方分析 (ANOVA) 進行檢定，若 F 值達到顯著 ($P < 0.05$)，再以 Duncan's 多變域測驗分析進行多重比較其顯著性⁽²⁵⁾，以了解小型碾米機對米象卵及初齡幼蟲的影響。相同方法，在 7 天繁殖後移除成蟲，不立即碾米，再放置到 14 天時，才將處理的稻穀碾製為糙米及白米。同樣調查並分析米象蟲數變化，以了解小型碾米機對米象幼蟲影響。

以大型碾米機碾米對小包裝米中害蟲發生之影響

稻穀在儲藏倉庫之天空包進行隨機取樣，各取稻穀 6 包，每包 1kg，取樣時及 1、3 個月後檢查稻穀中所有發見害蟲種類及總蟲數 (包含活蟲及死蟲)。再以相同稻穀來源，利用其廠區之大型碾米機進行碾米為糙米或白米，再分別由其糙米槽輸出口隨機取樣糙米，由精米機末端隨機取樣白米，白米經水洗機後之生產線末端隨機取樣水洗白米，每次各 1kg，以米商的商品化塑膠袋裝填成小包裝米，每處理均 6 重複。所有樣品在取樣後，均帶回農試所放置於室溫儲藏室 (溫度範圍約 25–32 °C) 儲藏，在處理後 1、3 個月後檢查糙米、白米及水洗白米中所有發見害蟲之種類及總蟲數。調查所得的蟲數，再以 Duncan's 多變域測驗分析所有害蟲發生的顯著性，顯著水準為 5%。取樣日期分別 2001/4/26 及 2001/5/3。

以米商試驗相同稻穀來源帶回 300kg 在農試所農塾組所屬碾米廠進行碾米，將農試所大型碾米機所處理之樣品作為對照組。所有流程與米商碾米廠完全相同，再處理後 1、3 個月後檢查糙米、白米及水洗白米中所有發見害蟲之種類及總蟲數，並進行各害蟲發見之統計分析。針對稻穀在不同碾米環境下，所生產之糙米、白米及水洗白米，分別比較經米商大型碾米機與農試所大型碾米機碾米後，儲藏於室溫下米

象之發生，兩環境之米象數以 t-test 進行分析，顯著水準為 5%。

小包裝米儲藏於 10°C 低溫冰箱對糙米及白米害蟲發生之影響

所有試驗流程與第二部分大型碾米機之處理流程大致相同，僅有的差別為樣品在取樣後，均帶回農試所放置於 $10 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 低溫冰箱中儲藏，同樣在處理後 1、3 個月後檢查糙米、白米及水洗白米中所有發見害蟲種類及總蟲數。調查所得的蟲數再進行統計分析。相同碾米環境，比較低溫儲藏環境對米象發生之影響，兩者之米象發生數以 t-test 進行分析，顯著水準為 5%。

結 果

以小型碾米機碾米對糙米及白米中米象發生之影響

稻穀經小型碾米機碾製後儲放三個月期間，調查米象族群數量變化，結果經 Duncan's 多變域測驗分析後列於表 1。第一批試驗，在米象移除當天即進行碾製為糙米及白米。稻穀中米象數量變化，第 1、2、3 個月分別為 83.7、110、155 隻，糙米中米象數量則分別為 116、126、780 隻，白米中米象數量分別為 0、0.3、0.3 隻。在第一個月份糙米中米象數量與稻穀中所發見數量彼此間差異不顯著，但白米中米象數量則與稻穀及糙米成差異顯著。第二個月分析結果與第一個月相同，第三個月則呈現糙米中米象數量遠高於稻穀、白米，米象發見成顯著差異。稻穀碾為糙米的碾率為 79.7%，白米的碾白率為 63.9%。稻穀經米象釋放繁殖 7 日，米象若有首卵在稻穀中應為卵或初齡幼蟲，由碾製後之結果顯示糙米中米象卵或初齡幼蟲並未因碾穀而被破壞，而白米則因再經過精米機碾除糊粉層中而使米象卵或初齡幼蟲受到明顯傷害，使米象發見顯著減少。

頭、小型碾米機對稻穀、糙米及白米內米象發生之影響

Table 1. The occurrence of *Sitophilus oryzae* in rough rice, brown rice, and milled rice processed with small rice-husking machine

Treatment	No. of insects ¹⁾		
	After 1 month	After 2 months	After 3 months
7 days after releasing ²⁾ <i>S. oryzae</i> to husk			
Brown rice ³⁾	116 a ⁴⁾	126 a	780 a
Milled rice ⁵⁾	0 b	0.3 b	0.3 b
Rough rice	84 a	110 a	155 b
14 days after releasing <i>S. oryzae</i> to husk			
Brown rice	96 b	131 a	698 a
Milled rice	0 c	0 b	0 c
Rough rice	155 a	166 a	230 b

¹⁾ Both alive and dead pests were counted. Alive pests were released back in sample rice.

²⁾ Ten pairs of *S. oryzae* were released in rough rice, and removed after 7 days.

³⁾ Rough rice was husked to brown rice by Stake testing husker.

⁴⁾ Means for three rice samples with different letters significantly differ by Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

⁵⁾ Brown rice was husked to milled rice by McGill No.2 miller.

第二批則繼續放置 7 天（離第一批釋放 14 天）後進行碾除，隨後第 1、2、3 個月調查的米象蟲數變化，分別為稻穀中 155、166、230 隻，糙米中 96、131、698 隻，而白米中均無米象發生。稻穀碾為糙米的碾糙率為 78.7%，白米的碾白率為 64%。以碾除時間推測稻穀若被為害應以粟為米象幼蟲，由第一個月糙米的米象發生較稻穀為少，白米則無發生，稻穀、糙米、白米三者之間米象發生均有明顯差異，顯示糙米中米象幼蟲可能受碾穀影響，降低害蟲發生。白米經碾穀及精米過程，米象幼蟲所受影響則更明顯，完全無米象成蟲發生。

儲藏稻穀中積穀害蟲發生之變化

古米商直庫進行取樣稻穀，其害蟲總蟲數變化調查分析結果如表 2。A 廂為秈稻，取樣時共發現 5 種害蟲，分別為米象、穀蠹、麥蛾 (*Sitotroga cerealella* (Olivier))、

擬穀盜 (*Tribolium castaneum* (Herbst)) 及暹羅穀盜 (*Lophocateres pusillus* Klug)，每公斤稻穀中分別含有 4.3、6.8、1.0、0.5、0.3 隻，以穀蠹發生最多，佔所有害蟲數之 52.7%，數量上總分析與米象無顯著差異，與其他害蟲則有顯著差異。再經一個月儲藏，各害蟲分別為 22.5、12.0、30.3、1.0、0.3 隻，以麥蛾數量最多，佔 45.7%，米象次之，佔 33.9%，穀蠹第三，降至 18.1%。發生上麥蛾與米象差異不顯著，與其他害蟲則有顯著差異。儲藏三個月後，各害蟲分別為 212、61.5、46.3、1.0、0.8 隻，米象數量遠高於其他害蟲，佔 65.9%，與其他害蟲均呈顯著差異。

B 廂為秈稻，取樣時亦發現 5 種害蟲，分別為米象、穀蠹、麥蛾、擬穀盜及暹羅穀盜，蟲相與 A 廂相同。取樣時蟲數分別為 1.8、1.3、0.9、0.5、0.2 隻，以米象發生最多，佔 38.3%，數量上總分析與穀蠹、麥蛾無顯著差異，與其他害蟲則有顯著差異。

表 2. 稻穀取樣後於不同儲藏期間積穀害蟲發見蟲數的變化

Table 2. The occurrence fluctuations of stored-product insects in rough rice stored for various periods after sampling

Rice and species of insects	Sampling ¹⁾		after 1 month		after 3 months				
	No. of insects ²⁾	PR(%) ³⁾	No. of insects	PR(%)	No. of insects	PR(%)			
Factory A ⁴⁾									
<i>Sitophilus oryzae</i>	4.3	ab ⁵⁾	33.3	22.5	ab	33.9	212	a	65.9
<i>Rhyzopertha dominica</i>	6.8	a	52.7	12.0	bc	18.1	62	b	19.1
<i>Sitotroga cerealella</i>	1.0	bc	7.8	30.3	a	45.7	46	b	14.4
<i>Tribolium castaneum</i>	0.5	bc	3.9	1.0	c	1.5	1.0	b	0.3
<i>Lophocateres pusillus</i>	0.3	c	2.3	0.5	c	0.8	0.8	b	0.2
Factory B ⁶⁾									
<i>S. oryzae</i>	1.8	a	38.3	40.3	a	65.3	244.0	a	87.9
<i>R. dominica</i>	1.3	ab	27.7	6.9	b	11.2	18.6	b	6.7
<i>S. cerealella</i>	0.9	ab	19.1	1.8	b	2.9	5.8	b	2.1
<i>T. castaneum</i>	0.5	b	10.6	1.3	b	2.1	1.3	b	0.5
<i>L. pusillus</i>	0.2	b	4.3	0.2	b	0.3	7.8	b	2.8

1) Rice sampled had been stored for 5 months in bags.

2) No. of insects /kg, both alive and dead pests were counted. Alive pests were released back in rough rice.

3) PR, (population ratio): (number of insects of one species/total number of insects) × 100.

4) Rice sampled had been stored for 5 months in bags from Jinduen concrete bin.

5) Means for five insect species with different letters significantly differ by Duncan's multiple range test (p ≤ 0.05).

6) Rice sampled had been stored for 5 months in bags from Sunsweet concrete bin.

與。再儲藏一個月後，各害蟲為 40.3、6.9、1.8、1.3、0.2 隻，仍以米象最多，佔 65.3%，發見上與其他害蟲均有顯著差異。儲藏三個月後，各害蟲為 244、18.6、5.8、1.3、7.8 隻，米象數量遠高於其他害蟲，佔 87.9%，與其他害蟲均呈顯著差異。

以大型碾米機碾米對糙米中害蟲發生之影響

古米商所取樣之稻穀經碾製後，糙米儲藏於室溫環境經一個月及三個月後調查各種害蟲之發見種類及數量並分析其差異性，結果如表 3。A 廠籼稻碾製之糙米在室溫環境儲藏一個月後共發現 5 種積穀害蟲，分別為米象、穀蠹、麥蛾、粉斑螟蛾及外米綴蛾，前三種亦發見於稻穀

中，後兩種則未於稻穀中出現。米象發見遠高於其他害蟲，達每公斤 49.2 隻，佔 94.6%，數量上經分析與其他害蟲有明顯差異。經儲藏三個月後，仍以米象最多，達 247 隻，佔 74.5%，與其他害蟲發見呈顯著性差異，其次為外米綴蛾幼蟲達 50 隻，且集中於一包為害，可能為碾米環境污染造成。

相同稻穀來源，古農試所碾製糙米，儲藏一個月後僅發現米象一種，數量為 16.8 隻。儲藏三個月後，則發現 5 種害蟲，分別為米象、穀蠹、麥蛾、粉斑螟蛾及外米綴蛾，數量均較 A 廠碾米環境為少，仍以米象為計，達 68 隻，佔 73.4%。其次為麥蛾，佔 20.7%。米象的發見數與其他害蟲均呈顯著性差異。

表三、稻穀碾製為糙米後於不同儲藏期間及溫度下積穀害蟲發引蟲數

Table 3. Number of insects in brown rice stored for various periods and temperatures after sampling

Species	Room temperature				10 °C			
	after 1 month		after 3 months		after 1 month		after 3 months	
	No. of insects ¹⁾	PR(% ²⁾)	No. of insects	PR(%)	No. of insects	PR(%)	No. of insects	PR(%)
Factory A ³⁾								
husked in Factory A								
<i>Sitophilus oryzae</i>	49.2 a	94.6	247.0 a	74.5	0.3 a	100	0.5 a	100
<i>Rhyzopertha dominica</i>	1.0 b	1.9	4.2 b	1.3	0 b	0	0 b	0
<i>Sitotroga cerealella</i>	0.3 b	0.6	19.5 b	5.9	0 b	0	0 b	0
<i>Tribolium castaneum</i>	0 b	0	0.2 b	0.1	0 b	0	0 b	0
<i>Lophocateres pusillus</i>	0 b	0	0 b	0	0 b	0	0 b	0
<i>Cadra cautella</i>	0.3 b	0.6	10.5 b	3.2	0 b	0	0 b	0
<i>Corcyra cephalonica</i>	1.2 b	2.3	50.0 b	15.1	0 b	0	0 b	0
husked in TARI								
<i>S. oryzae</i>	16.8 a	100	68.0 a	73.4	0		0	
<i>R. dominica</i>	0 b	0	0.2 c	0.2	0		0	
<i>S. cerealella</i>	0 b	0	19.2 b	20.7	0		0	
<i>T. castaneum</i>	0 b	0	0 c	0	0		0	
<i>L. pusillus</i>	0 b	0	0 c	0	0		0	
<i>C. cautella</i>	0 b	0	4.8 bc	5.2	0		0	
<i>C. cephalonica</i>	0 b	0	0.5 c	0.5	0		0	
Factory B ⁴⁾								
husked in Factory B								
<i>S. oryzae</i>	19.8 a	93.0	182.0 a	87.0	0.2 a	100	0.3 a	100
<i>R. dominica</i>	1.2 b	5.6	2.0 b	1.0	0 a	0	0 b	0
<i>S. cerealella</i>	0.3 b	1.4	25.3 b	12.1	0 a	0	0 b	0
<i>T. castaneum</i>	0 b	0	0 b	0	0 a	0	0 b	0
<i>L. pusillus</i>	0 b	0	0 b	0	0 a	0	0 b	0
<i>C. cautella</i>	0 b	0	0 b	0	0 a	0	0 b	0
<i>C. cephalonica</i>	0 b	0	0 b	0	0 a	0	0 b	0
husked in TARI								
<i>S. oryzae</i>	17.0 a	90.4	139.0 a	83.3	0		0.3 a	100
<i>R. dominica</i>	0.5 b	2.7	0.5 b	0.3	0		0 b	0
<i>S. cerealella</i>	1.3 b	6.9	27.2 b	16.3	0		0 b	0
<i>T. castaneum</i>	0 b	0	0.2 b	0.1	0		0 b	0
<i>L. pusillus</i>	0 b	0	0 b	0	0		0 b	0
<i>C. cautella</i>	0 b	0	0 b	0	0		0 b	0
<i>C. cephalonica</i>	0 b	0	0 b	0	0		0 b	0

¹⁾ No. of insects /kg, both live and dead pests were counted. Alive pests were released back in brown rice. Means for seven insect species with different letters significantly differ by Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

²⁾ PR, (population ratio): (number of insects of one species/total number of insects) \times 100.

³⁾ Rice sampled had been stored for 5 months in bags from Jinduen concrete bin.

⁴⁾ Rice sampled had been stored for 5 months in bags from Sunsweet concrete bin.

古 B 廠 稻碾製為糙米經儲藏一個月後，調查害蟲相及蟲數，共發現 3 種，分別為米象、穀蠹、麥蛾。以米象佔多數，達 19.8 隻，佔 93 %。經過三個月儲藏，害蟲相與儲藏一個月相同，共 3 種，仍以米象最多，達 182 隻，佔 87 %，與其他害蟲發生呈顯著性差異，其次為麥蛾達 25.3 隻，佔 12.1 %。與米商 B 廠相同稻穀來源，古農試所碾製之糙米經儲藏一個月後，發現 3 種害蟲，分別為米象、穀蠹、麥蛾。數量仍以米象最多，達 17 隻，佔 90.4 %。儲藏三個月後，則發現 4 種，增加擬穀盜一種，仍以米象最多，達 139 隻，佔 83.3 %，與其他害蟲發生呈顯著性差異，其次為麥蛾達 27.2 隻，佔 16.3 %。

比較米商廠區與農試所碾米廠之糙米，儲藏古室溫環境下米象之發生，發現儲藏一個月後，A 廠蟲數高於農試所，兩省進行 t-test 分析有顯著差異。儲藏三個月後，A 廠蟲數仍高於農試所，兩省卻無顯著差異。同樣對 B 廠糙米之米象發生進行 t-test 比較，發現兩廠區不論儲藏一個月或三個月後，均無顯著差異。

以大型碾米機碾米對白米中害蟲發生之影響

A 廠整穀成糙米後，再經過精米機碾白後儲藏於室溫環境，經一個月及三個月後調查各種積穀害蟲發生種類及數量並分析其差異性，結果如表四。A 廠白米古室溫環境儲藏一個月後僅發現米象一種，蟲數為 2.3 隻。經儲藏三個月後，發現 2 種害蟲，米象最多，達 11.2 隻，佔 59.3 %，數量上總分析與其他害蟲有明顯差異。另一種為粉斑螟蛾幼蟲，蟲數為 7.7 隻，佔 40.7 %。粉斑螟蛾米古稻穀中出現，亦可能為碾米環境污染造成。

相同稻穀來源，古農試所碾製白米，儲藏一個月後發現 3 種害蟲，分別為米象、擬穀盜及外米綴蛾，米象及外米綴蛾

均為 0.7 隻，各佔 43.8 %，與其他害蟲有明顯差異。儲藏三個月後，則發現 4 種害蟲，增加粉斑螟蛾一種，數量上反而以粉斑螟蛾最多，但均為幼蟲達 8.5 隻，佔 67.5 %。其次為米象，達 3.2 隻，佔 25.4 %。粉斑螟蛾及米象古數量上與其他害蟲有明顯差異。

古 B 廠碾白後之白米經儲藏一個月後，調查其害蟲僅發現米象一種，為 1.8 隻。經過三個月儲藏，發現 2 種害蟲，仍以米象最多，達 9.7 隻，佔 75.2 %，與其他害蟲發生呈顯著性差異，另一種為粉斑螟蛾，達 3.2 隻，佔 24.8 %。相同稻穀來源古農試所碾製白米經儲藏一個月後，發現 3 種害蟲，分別為米象、麥蛾及外米綴蛾。以米象最多，為 0.7 隻，佔 53.8 %。儲藏三個月後，則發現 4 種，增加粉斑螟蛾一種，仍以米象最多，為 5.0 隻，佔 79.4 %，與其他害蟲發生呈顯著性差異，其次為粉斑螟蛾達 0.7 隻，佔 11.1 %，均為幼蟲。

同樣比較米商廠區與農試所碾米廠所碾製白米，儲藏古室溫環境下米象之發生，發現儲藏一個月後，A 廠蟲數高於農試所，兩省有顯著差異。儲藏三個月後，A 廠蟲數雖高於農試所，兩省無顯著差異。同樣對 B 廠白米之米象發生進行比較，發現兩廠區不論儲藏一個月或三個月後，均無顯著差異。

大型碾米設備對水洗白米中害蟲發生之影響

古米商廠區之白米再經水洗機後，水洗白米儲藏於室溫環境下經一個月及三個月後，調查害蟲發生種類及數量並分析其差異性，結果如表五。A 廠水洗白米古室溫環境儲藏一個月後仍僅發現米象一種，蟲數為 5.3 隻。經儲藏三個月後，發現 3 種害蟲，以米象最多為 19.8 隻，佔 93 %，數量上總分析與其他害蟲有明顯差異。

表四、糙米碾製為白米後於不同儲藏期間及溫度下積穀害蟲發蟲數

Table 4. Number of insects in milled rice stored for various periods and temperatures after sampling

Species	Room temperature				10 °C			
	after 1 month		after 3 months		after 1 month		after 3 months	
	No. of insects ¹⁾	PR(%) ²⁾	No. of insects	PR(%)	No. of insects	PR(%)	No. of insects	PR(%)
Factory A ³⁾								
husked in Factory A								
<i>Sitophilus oryzae</i>	2.3	a	100	11.2	a	59.3	0	0
<i>Rhyzopertha dominica</i>	0	b	0	0	b	0	0	0
<i>Sitotroga cerealella</i>	0	b	0	0	b	0	0	0
<i>Tribolium castaneum</i>	0	b	0	0	b	0	0	0
<i>Lophocateres pusillus</i>	0	b	0	0	b	0	0	0
<i>Cadra cautella</i>	0	b	0	7.7	b	40.7	0	0
<i>Corcyra cephalonica</i>	0	b	0	0	b	0	0	0
husked in TARI								
<i>S. oryzae</i>	0.7	a	43.8	3.2	a	25.4	0	0
<i>R. dominica</i>	0	b	0	0	b	0	0	0
<i>S. cerealella</i>	0	b	0	0	b	0	0	0
<i>T. castaneum</i>	0.2	b	12.5	0.2	b	1.6	0	0
<i>L. pusillus</i>	0	b	0	0	b	0	0	0
<i>C. cautella</i>	0	b	0	8.5	a	67.5	0	0
<i>C. cephalonica</i>	0.7	a	43.8	0.7	b	5.6	0	0
Factory B ⁴⁾								
husked in Factory B								
<i>S. oryzae</i>	1.8	a	100	9.7	a	75.2	0	0.2
<i>R. dominica</i>	0	b	0	0	b	0	0	0
<i>S. cerealella</i>	0	b	0	0	b	0	0	0
<i>T. castaneum</i>	0	b	0	0	b	0	0	0
<i>L. pusillus</i>	0	b	0	0	b	0	0	0
<i>C. cautella</i>	0	b	0	3.2	b	24.8	0	0
<i>C. cephalonica</i>	0	b	0	0	b	0	0	0
husked in TARI								
<i>S. oryzae</i>	0.7	a	53.8	5.0	a	79.4	0	0
<i>R. dominica</i>	0	b	0	0	b	0	0	0
<i>S. cerealella</i>	0.3	b	23.1	0.3	b	4.8	0	0
<i>T. castaneum</i>	0	b	0	0	b	0	0	0
<i>L. pusillus</i>	0	b	0	0	b	0	0	0
<i>C. cautella</i>	0	b	0	0.7	b	11.1	0	0
<i>C. cephalonica</i>	0.3	b	23.1	0.3	b	4.8	0	0

¹⁾ No. of insects /kg, both live and dead pests were counted. Alive pests were released back in brown rice. Means for seven insect species with different letters significantly differ by Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

²⁾ PR, (population ratio): (number of insects of one species/total number of insects) \times 100.

³⁾ Rice sampled had been stored for 5 months in bags from Jinduen concrete bin.

⁴⁾ Rice sampled had been stored for 5 months in bags from Sunsweet concrete bin.

表五、白米水洗為精白米後於不同儲藏期間及溫度下積穀害蟲發引蟲數的變化

Table 5. Number of insects in water-washed milled rice stored for various periods and temperature after sampling

Species	Room temperature				10 °C			
	after 1 month		after 3 months		after 1 month		after 3 months	
	No. of insects ¹⁾	PR(%) ²⁾	No. of insects	PR(%)	No. of insects	PR(%)	No. of insects	PR(%)
Factory A ³⁾								
husked in Factory A								
<i>Sitophilus oryzae</i>	5.3 a	100	19.8 a	93.0	0.2 a	100	0.2 a	100
<i>Rhyzopertha dominica</i>	0 b	0	0 b	0	0 a	0	0 a	0
<i>Sitotroga cerealella</i>	0 b	0	0.2 b	0.9	0 a	0	0 a	0
<i>Tribolium castaneum</i>	0 b	0	0 b	0	0 a	0	0 a	0
<i>Lophocateres pusillus</i>	0 b	0	0 b	0	0 a	0	0 a	0
<i>Cadra cautella</i>	0 b	0	1.3 b	6.1	0 a	0	0 a	0
<i>Corcyra cephalonica</i>	0 b	0	0 b	0	0 a	0	0 a	0
husked in TARI								
<i>S. oryzae</i>	0.7 a	58.3	2.7 a	51.9	0		0.2 a	100
<i>R. dominica</i>	0 b	0	0 b	0	0		0 a	0
<i>S. cerealella</i>	0 b	0	0 b	0	0		0 a	0
<i>T. castaneum</i>	0.2 b	16.7	0.2 b	3.8	0		0 a	0
<i>L. pusillus</i>	0 b	0	0 b	0	0		0 a	0
<i>C. cautella</i>	0 b	0	2.0 b	38.5	0		0 a	0
<i>C. cephalonica</i>	0.3 ab	25.0	0.3 b	5.8	0		0 a	0
Factory B ⁴⁾								
husked in Factory B								
<i>S. oryzae</i>	0.5 a	100	9.5 a	84.8	0		0.3 a	100
<i>R. dominica</i>	0 b	0	0 b	0	0		0 a	0
<i>S. cerealella</i>	0 b	0	0 b	0	0		0 a	0
<i>T. castaneum</i>	0 b	0	0 b	0	0		0 a	0
<i>L. pusillus</i>	0 b	0	0 b	0	0		0 a	0
<i>C. cautella</i>	0 b	0	1.7 b	15.2	0		0 a	0
<i>C. cephalonica</i>	0 b	0	0 b	0	0		0 a	0
husked in TARI								
<i>S. oryzae</i>	1.5 a	100	8.7 a	92.6	0		0.2 a	100
<i>R. dominica</i>	0 b	0	0 b	0	0		0 a	0
<i>S. cerealella</i>	0 b	0	0 b	0	0		0 a	0
<i>T. castaneum</i>	0 b	0	0 b	0	0		0 a	0
<i>L. pusillus</i>	0 b	0	0 b	0	0		0 a	0
<i>C. cautella</i>	0 b	0	0.7 b	7.4	0		0 a	0
<i>C. cephalonica</i>	0 b	0	0 b	0	0		0 a	0

¹⁾ No. of insects /kg, both live and dead pests were counted. Alive pests were released back in brown rice. Means for seven insect species with different letters significantly differ by Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

²⁾ PR, (population ratio): (number of insects of one species/total number of insects) × 100.

³⁾ Rice sampled had been stored for 5 months in bags from Jinduen concrete bin.

⁴⁾ Rice sampled had been stored for 5 months in bags from Sunsweet concrete bin.

異。另兩種分別為麥蛾及粉斑螟蛾，粉斑螟蛾在古稻穀中出現，其幼蟲數為 1.3 隻，佔 6.1%。相同稻穀來源，古農試所碾製之水洗白米，儲藏一個月後發現 3 種害蟲，分別為米象、擬穀盜及外米綴蛾，以米象最多達 0.7 隻，佔 58.3%，與其他害蟲有明顯差異。儲藏三個月後，則發現 4 種害蟲，增加粉斑螟蛾一種，以米象最多達 2.7 隻，佔 51.9%，與其他害蟲有明顯差異。其次為粉斑螟蛾幼蟲達 2.0 隻，佔 38.5%。

古 B 廠白米經水洗機後之水洗白米經儲藏一個月後，調查其害蟲僅發現米象一種，為 0.5 隻。經過三個月儲藏，發現 2 種害蟲，仍以米象最多，達 9.5 隻，佔 84.8%，與其他害蟲發生呈顯著性差異，另一種為粉斑螟蛾，達 1.7 隻，佔 15.2%。相同稻穀來源古農試所碾製之水洗白米經儲藏一個月後，僅發現米象一種，為 1.5 隻。經過三個月儲藏，發現 2 種害蟲，仍以米象最多，達 8.7 隻，佔 92.6%，與其他害蟲發生呈顯著性差異，另一種為粉斑螟蛾，達 0.7 隻，佔 7.4%。

進一步比較米商廠區與農試所碾米廠經水洗機後之水洗白米，儲藏古室溫環境下米象之發生，發現儲藏一個月或三個月後，A 廠蟲數均高於農試所，兩者均有顯著差異。同樣對 B 廠水洗白米之米象發生進行比較，結果與白米相同，兩廠區不論儲藏一個月或三個月後，均無顯著差異。

稻穀碾製後放置於 10°C 低溫冰箱儲藏對糙米及白米害蟲發生之影響

小包裝米儲藏環境由室溫改為 10°C 環境，糙米中害蟲變化調查結果如表三，古 A 廠秈稻碾穀後的糙米，古 10°C 下儲藏一個月僅發現米象一種，蟲數也明顯下降，僅 0.3 隻，與室溫之蟲數相差 164 倍。儲藏三個月後，亦僅有米象一種，蟲數僅 0.5 隻，與室溫之蟲數相差更多，達 494

倍。相同稻穀來源，古農試所碾穀後之糙米，儲藏古 10°C 環境下，防蟲效果更佳，古一個月及三個月後均未發現有害蟲為害。古 B 廠取樣的糙米也有類似結果，10°C 下儲藏一個月後，亦僅有米象一種，蟲數為 0.2 隻，三個月後為 0.3 隻。B 廠稻穀古農試所碾穀後糙米，儲藏一個月後無害蟲發生，三個月後亦僅發現米象一種，蟲數為 0.3 隻。顯然低溫環境能明顯抑制害蟲之繁殖，使害蟲相更單純，且使害蟲之發生數接近於無蟲狀態。

小包裝米儲藏於 10°C 環境下，害蟲變化調查結果如表四，抑制害蟲發生更明顯，A 廠秈稻古其米廠及農試所所生產之白米，不論儲藏一個月或三個月後均未發現害蟲。古 B 廠取樣的白米，10°C 下儲藏一個月後，無害蟲發生，三個月後僅米象一種，蟲數為 0.2 隻。B 廠稻古農試所碾製為白米，儲藏古 10°C 環境下，同樣經一個月及三個月後均無害蟲發生。

再經水洗機之白米，儲藏於 10°C 環境下害蟲變化如表五，結果類似於糙米及白米，蟲數均明顯降低，A 廠古其米廠生產之水洗白米，儲藏一個月後僅米象一種，蟲數 0.2 隻，三個月後蟲數未增加。相同穀源古農試所生產之水洗白米，儲藏一個月無害蟲發生，三個月後僅米象一種，蟲數 0.2 隻。古 B 廠取樣的水洗白米，儲藏一個月後，無害蟲發生，三個月後僅米象一種，蟲數為 0.3 隻。古農試所碾製為水洗白米，結果相似，僅米象一種，蟲數最多僅 0.2 隻，亦接近於無蟲環境。

相同碾米環境，單比較儲藏溫度對米象發生之影響，發現米商之廠區所生產的糙米，不論儲藏一個月或三個月後，室溫（平均約 30°C）下米象數均遠高於 10°C 之蟲數，兩環境之米象數均有明顯差異。針對白米及水洗白米中米象發生，也有類似結果，室溫下米象數均高於 10°C 之蟲數，兩者蟲數大多呈顯著差異。

討 論

稻穀的主要包含穎殼與糙米兩部分，穎殼是稻穀外圍組織，由內穎、外穎、退化外穎及小穗軸等所組成，為堅硬外圍組織，能保護稻穀不被昆蟲所為害。以往許多報告均指出米象不易為害穎殼完整的稻穀^(6, 17, 33)，但穎殼若有破損或自然裂開者，米象即能進入其中取食或繁殖。本實驗釋放米象於稻穀中，米象蟲數並未減少且逐月增加，顯示稻穀中混雜穎殼破損稻穀、被其他害蟲為害過之穀粒、糙米或碎米等，均提供米象繁殖空間。稻穀經碾穀過程，脫去稻穀部份剩下部分為糙米。由本實驗調查結果顯示，米象經一個月繁殖數在糙米中與稻穀中並無顯著差異，顯見碾穀過程並未有效破壞米象卵粒。由米象產卵習性而論，其產卵非散佈在稻穀外圍，而是雌蟲利用嘴咬在穀粒的基部打洞，做成卵窩再產卵於窩內，並用生殖附腺之分泌物將卵孔封閉⁽²⁴⁾。因此穎殼完整稻穀能阻擋米象侵入，但米象突破穎殼阻礙後所產的卵反而得著保障，不因碾穀過程而被排除或破壞⁽⁵⁾。

糙米再經精米機碾白過程，將種皮、珠心、糊粉層及胚碾除後，所剩下的部分即為白米，除去的部分約佔糙米重量的10%。由本實驗中，小型碾米機碾製後的白米，米象繁殖數遠低於稻穀及糙米，且有明顯差異，顯示碾除部份正是米象卵或幼蟲生存空間。米象卵在孵化為幼蟲後，其取食行為約90%朝向與胚胎相反的方向斜行爬食一段距離後，再沿米粒週邊爬食^(8, 33)。至末齡幼蟲，才轉向爬入米粒中心部位化蛹。米象初齡幼蟲於米粒取食時，因無法爬穿米粒內部之同心硬皮環，因此僅能環繞糊粉層米粒週邊繞行爬食⁽¹⁴⁾。由實驗結果顯示碾白過程，確實有效破壞米象卵或傷害幼蟲。

米象釋放三個月後，糙米中米象數遠

高於稻穀或白米，且有顯著差異。Cho等人指出米象以糙米飼養其內日增殖率遠高於白米⁽²³⁾，Ryoo和Cho發現米象在糙米中產卵數遠高於白米或稻穀⁽³¹⁾。Arakaki和Takahashi亦指出米象在糙米中發蟲數為白米中之35倍⁽¹⁸⁾。且糙米中微氣候之濕度較稻穀及白米微高，以往報告指出，環境濕度愈高，米象增殖愈多^(10, 11, 16, 21, 26, 35)。因此當糙米在除阻擋米象產卵的穎殼後，因其外層為糊粉層較柔軟，適合米象產卵行為，且因濕度高於稻穀及白米，使米象在糙米繁殖三個月後數量遠高於稻穀及白米。

稻穀中害蟲相以往調查結果均以穀蠹數量最多，而米象發蟲並不多，常在5%以下^(2, 3, 7)。但最近研究結果卻發現在碾米廠中稻穀中米象有逐漸成為優勢種趨勢⁽⁵⁾，本次調查也有相似結果，米象比率已逐漸高於穀蠹或麥蛾。稻穀中害蟲相與以往相似，但數量上，在A廠取樣之初，米象已佔總蟲數之33.3%，數量從4.3隻米象經三個月繁殖到212隻，佔總蟲數之65.9%。而B廠米象比率更高達38.3%，從1.8隻增殖到244隻，佔總蟲數之87.9%，均高於其他害蟲繁殖數。甚至不低於釋放10對米象繁殖數，其原因可能為穀蠹、麥蛾及其他害蟲為害，造成侵入孔，使米象增加其產卵及為害機會。

糙米中米象發蟲受人型碾米設備影響與小型碾米機影響頗為相似，A廠取樣稻穀，分兩地進行碾穀，結果顯示米象蟲數並未明顯降低，蟲源主要應從稻穀中被為害的穀粒而來，而A廠所生產糙米，米象數較農試所生產之糙米為高，且有顯著差異，推測除稻穀帶來之蟲源外，尚包含碾穀流程污染所造成。而B廠取樣稻穀分兩地進行碾穀，結果亦類似，米象蟲數均未明顯降低，但兩地碾穀後米象發蟲並無顯著差異，推測其蟲源應單純從稻穀而來，碾穀的污染影響有限。

稻穀在磨穀過程雖對米象發芽無明顯影響，但對穀蠹與麥蛾則產生極大影響⁽⁵⁾，對穀蠹而言，在 A 廠調查儲藏一個月後稻穀中蟲數繁殖至 12 隻，磨穀後糙米則僅 1 隻或完全沒有。B 廠調查也有類似現象，穀蠹在磨穀後蟲數有明顯下降。另一稻穀中白粉害蟲麥蛾，磨穀過程對蟲數的影響與穀蠹極為相似，在糙米中之蟲數均有顯著下降。推測其原因可能因穀蠹與麥蛾的卵在麥黏附於稻穀表面或散佈於穀粒間，孵化後幼蟲吸食穀粒表面利刺入穀粒內成長^(1, 12, 13)。因此在磨穀流程對穀蠹與麥蛾的卵產生極大破壞效果，導致害蟲數量明顯減少。

擬穀盜及暹邏穀盜兩種害蟲在稻穀中發芽少，在磨穀後數量更少，較難準確評估，但兩害蟲產卵習性極為相似，均散佈在穀粒表面或裂縫間^(12, 13)，因此在磨穀過程即可能受破壞或隨米糠被排除。在米商取樣糙米中發現粉斑螟蛾及外米綴蛾，此兩種害蟲在稻穀中未發現，而在白米及水洗白米均發現其幼蟲發芽，且在取樣時曾在碾米廠發現其成蟲，且其產卵習性亦是散佈在穀物表面，且幼蟲有耐饑能力，喜生活在碎屑或粉層中⁽³²⁾，因此推測這兩害蟲發芽應受碾米流程污染所致。

白米中米象發芽，在大型碾米設備所得之結果也類似小型碾米機，一般大型碾米機白米之碾白率約在 72—75 % 之間，而小型碾米機的碾白率約在 63—64 %，因此大型碾米機碾白後白米中米象發芽較小型碾米機所碾製為高。白米中蟲數與稻穀或糙米中蟲數相比，明顯降低，顯見碾白階段將糊粉層碾除，對米象發芽有明顯影響，且碾白程度愈多米象發芽愈少⁽²⁸⁾。利用碾米率的調整，確實可降低米象發芽，惟需比較生產成本與害蟲發芽之經濟損失，選擇最佳碾米率以獲得最好成本效益。精米過程除對米象產生極大影響外，對其他害蟲亦有極大影響，不論穀

蠹、麥蛾等害蟲，害蟲數均更顯著降低。水洗白米之害蟲發芽與白米相似，其過程增加水洗機之噴霧過程及多次儲貯槽，有部分取樣之水洗白米中米象數高於白米中之發芽，除可能為取樣之變異外，其蟲數增加部分亦可能因流程增加所造成的污染所致。

儲藏時間的長短，對害蟲的發芽也有一定程度影響，稻穀中害蟲數變化，米象在儲藏三個月後蟲數遠高於其他害蟲，可能與害蟲之繁殖能力及為害能力有密切關係。在糙米、白米及水洗白米在儲藏一個月後害蟲之調查結果，顯示害蟲相較單純，主要為米象，蟲源主要從稻穀而來，碾米流程的污染影響較不明顯。儲藏三個月後害蟲相較為複雜，除米象仍為多數外，粉斑螟蛾或外米綴蛾的發芽逐漸增加，因此蟲源除從稻穀而來外，碾米環境之污染所造成害蟲的增殖也佔相當比率。小包裝米在出廠後，其銷售期的長短常影響退貨的比率，因此有效縮短小包裝米銷售期，不但促進貨小包裝米流通，更可降低害蟲的發芽數，將可改善因蟲害所導致的退貨問題。

在這次試驗中 A 廠取樣稻穀為仙稻，而 B 廠為 稻，兩省害蟲相極為相似，蟲數上亦無明顯差異，曾有研究指出不同品種稻穀，在穀粒的硬度上有極大差異外，其會影響穎殼閉合不全，這些因素均會影響米象為害程度^(9, 34)。本次試驗僅取樣一次，無法深入比較兩種品種之實質影響，日後在小包裝米更注重品種特性後，或許可朝不同品種對害蟲發芽之影響進一步探討^(8, 14)。

利用生物統計分析，能明顯比較米象在稻穀、糙米、白米發芽差異，同時可比較碾米過程對各害蟲影響差異。但在同一稻穀經三個月儲藏，米象繁殖數平均為 155 隻（標準偏差為 58.8），而白米之繁殖數平均為 0.3 隻（標準偏差為 0.47），

兩省數值差異甚大，但經 Duncan's 多變域測驗分析蟲數顯著性差異，卻呈現出不顯著。可能因重複數較少，使標準誤差偏高，因此前述分析上之不顯著現象。

有效解決小包裝米中害蟲發生，同時逐漸避免使用化學藥劑，減少害蟲抗藥性發生外，降低對環境污染為未來防治趨勢，因此對環境影響少且對人畜安全的物理防治或生物防治成為開發研究主要方向，無毒物質砂藻土對米象有極佳防治效果，在國外已普遍應用於積穀害蟲防治^(19, 20, 22, 27, 30)，但使用於小包裝米之害蟲防治上，因會造成外觀較為渾濁，尚未被廣泛應用⁽⁵⁾。利用微波防治積穀害蟲亦逐漸被探討，但尚未被具體應用^(36, 37)。Lucas 和 Riudavets 指出利用機械之碾米配合米象小蜂 (*Lariophagus distinguendus* Förster) 之釋放可得極佳防治效果⁽²⁹⁾，但大量繁殖米象小蜂是影響推廣重要限制因素。

利用溫度對米象繁殖影響，以往報告曾指出在溫控的超市環境 (約 23°C)，米象發生數能明顯降低，卻無法完全抑制米象發生⁽⁵⁾。本實驗進一步將小包裝米放置於 10°C 低溫冰箱中儲藏，結果發現對害蟲發生有極佳的防治效果，僅少量米象發生 (0.3 隻)，甚至在農試所碾米糙米，均未發生任何害蟲。經三個月後亦無繁殖現象。而白米與水洗白米儲藏在 10°C 下，防蟲效果更佳，已接近無蟲環境，害蟲發生遠低於室溫環境 (約 30°C)。利用 10°C 低溫冰箱儲藏小包裝米，最大優點除米蟲能完全控制外，亦能提升米質，可避免米質老化，占用冰箱空間及可能增加電費支出是限制因子。小包裝米因進口米輸入，逐漸在市場價位上產生區隔，一般進口米價位約在促銷米之 2-10 倍間，未來良質米或台灣好米要能立足，必須在米質及蟲害上能有良好品質管控制。冷藏米不只可提供良好儲藏品質，又能有效防治害

蟲，未來應用在高價位及高品質小包裝米市場，將是非常值得推廣之防治方法。

謝 辭

本研究於完成後，承本所應用動物組王清玲博士及陳健忠博士不吝撥冗斧正，試驗期中並承本組李錦霞小姐及農藝組賴明信、曾清山先生之協助及永墩米與山水米實業公司提供材料，謹此一併致謝。

引用文獻

1. 林權。1958。穀蠹生活習性之觀察。農業研究 8：55-66。
2. 姚敦吉、楊敏宗、羅幹成。1998。稻穀不同儲育方式對積穀害蟲族群之影響。中華農業研究 47：419-429。
3. 姚敦吉、羅幹成。1992。台灣儲藏袋裝 稻中之昆蟲種類及其族群密度。中華昆蟲 12：161-169。
4. 姚敦吉、羅幹成。1999。數種礦物性殺蟲劑防治積穀害蟲之效益評估。中華昆蟲 19：365-376。
5. 姚敦吉、羅幹成。2001。防治小包裝米害蟲方法之評估。植保會刊 43：173-187。
6. 洪巧珍、彭武康。1985。穀類不同程度破損對米象及玉米象之誘引試驗。中華昆蟲 5：31-36。
7. 洪巧珍、黃振聲。1992。台灣各類穀倉中稻穀、糙米及粗糠之害蟲調查。中華昆蟲 12：269-276。
8. 夏維恭、彭武康。1984。糙米種類對玉米象之抗蟲性檢定。科學農業 32：71-72。
9. 夏維恭、彭武康。1987。米粒硬度與玉米象幼蟲食痕深度之關係。中華昆蟲 7：113-118。
10. 黃振聲、謝豐國、黃毅紳。1983。溫濕

- 度對玉米象 (*Sitophilus zeamais*) 繁殖與發育之影響。植保會刊 25: 41-52。
11. 高穗埜、謝豐國。1977。倉庫害蟲生態分析。稻作與糧食害蟲研討會專輯。臺灣植物保護中心印行 60-73 頁。
 12. 彭武康。1977。鞘翅類害蟲在穀倉之分布。稻作與糧食研討會專輯。臺灣植物保護中心印行 74-79 頁。
 13. 彭武康。1979。鞘翅類害蟲在倉貯蓬萊稻、古來稻及長粒秈稻之發生研究。科學發展月刊 7: 602-608。
 14. 彭武康、夏維諒。1984。米粒硬度及與抗玉米象之關係。植保會刊 26: 231-240。
 15. 謝豐國、高穗埜、陳維鈞。1978。三種無毒物質對玉米象 (*Sitophilus zeamais*) 之防治試驗。植保會刊 20: 8-15。
 16. 謝豐國、黃振聲、洪麗梅、高穗埜。1978。相對濕度對積穀含水量與蟲害損壞之影響。植保會刊 20: 330-337。
 17. 謝豐國、黃振聲。1978。稻穀穎殼完整度對玉米象產卵與繁殖之影響。植保會刊 20: 291-301。
 18. Arakaki, N., and Takahashi, F. 1982. Oviposition preference of rice weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera:Curculionidae), for unpolished and polished rice. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 26: 166-171.
 19. Arthur, F. H., and Brown, S. L. 1994. Evaluation of diatomaceous earth (Insecto) and *Bacillus thuringiensis* formulations for insect control in stored peanuts. J. Entomol. Sci. 29: 176-182.
 20. Arthur, F. H. 2002. Survival of *Sitophilus oryzae* (L.) on wheat treated with diatomaceous earth: impact of biological and environmental parameters on product efficacy. J. Stored. Prod. Res., 38: 305-313.
 21. Breese, M. H. 1960. The infestibility of stored paddy by *Sitophilus sasakii* (Tak.) and *Rhyzopertha dominica* (F.) Bull. Entomol. Res. 51: 599-630.
 22. Carlson, S. D., and Ball, H. J. 1962. Mode of action and insecticidal value of a diatomaceous earth as a grain protectant. J. Econ. Entomol. 55: 964-970.
 23. Cho, K. J., Ryoo, M. I., and Kim, S. Y. 1988. Life table statistics of the rice weevil (Coleoptera: Curculionidae) in relation to the preference for rough, brown and polished rice. Korean. J. Entomol. 18: 1-6.
 24. Danho, M., Gaspar, C., and Haubruge, E. 2002. The impact of grain quantity on the biology of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera:Curculionidae): oviposition, distribution of eggs, adult emergence, body weight and sex ratio. J. Stored. Prod. Res., 38: 259-266.
 25. Duncan, D. B. 1951. A significance test for differences between ranked treatments in analysis of variance. Va. J. Sci. 2: 171-189.
 26. Howe, R. W. 1965. A summary of estimates of optimal and minimal conditions for population increase of some stored products insects. J. Stored. Prod. Res. 1: 177-184.
 27. Hill, S. B. 1986. Diatomaceous earth: a nontoxic pesticide. Macdonald J. 47: 14-42.
 28. Lucas, E., and Riudavets, J. 2000. Lethal and sublethal effects of rice polishing process on *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). J. Econ. Entomol. 93: 1837-1841.
 29. Lucas, E., and Riudavets, J. 2002.

- Biological and mechanical control of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) in rice. J. Stored. Prod. Res. 38: 293-304.
30. Ross, T. E. 1981. Diatomaceous earth as a possible alternative to chemical insecticides. Agric. Environ. 6: 43-51.
 31. Ryoo, M. I., and Cho, H. W. 1992. Feeding and oviposition preferences and demography of rice weevil (Coleoptera: Curculionidae) reared on mixtures of brown, polished, and rough rice. Environ. Entomol. 21: 549-555.
 32. Senguttuvan, T., Kareem, A. A., and Rajendran, R. 1995. Effects of plant products and edible oils against rice moth *Corcyra cephalonica* Stainton in stored groundnuts. J. Stored. Prod. Res. 31: 207-210.
 33. Sharifi, S., and Mills, R. B. 1971. Developmental activities and behavior of the rice weevil inside wheat kernels. J. Econ. Entomol. 64: 1114-1118.
 34. Singh, V. S., Bhatia, S. K., and Murthy, B. N. 1980. Effect of hull on the resistance of barley varieties to the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (Linn.) infestation. Indian J. Entomol. 42: 576-581.
 35. Throne, J. E. 1994. Life history of immature maize weevils (Coleoptera: Curculionidae) on corn stored at constant temperatures and relative humidities in the laboratory. Environ. Entomol. 23: 1459-1471.
 36. Tilton, E. W., Brower, J. H., Brown, G. A., and Kirkpatrick, R. L. 1972. Combination of gamma and microwave radiation for control of the Angoumois grain moth in wheat. [*Sitotroga cerealella*]. J. Econ. Entomol. 65 : 531-533.
 37. Tilton, E. W., and Vardell, H. H. 1982. Combination of microwaves and partial vacuum for control of four stored-product insects in stored grain *Sitotroga cerealella*, *Rhyssopertha dominica*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais*. J. Ga. Entomol. Soc. 17: 106-112.

ABSTRACT

Yao, M. C.^{1*}, Lo, K. C.¹, and Wan, Y. N.² 2003. Effects of the milling process and grocery environments on the occurrence of stored-product insects. Plant Prot. Bull. 45: 101-116. (¹Department of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan 413, ROC; ²Department of Agricultural Machinery Engineering, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan 402, ROC)

Rice pest samplings showed that small-bag brown rice was more prone to rice weevil (*Sitophilus oryzae* (L.)) infection than was small-bag milled rice after 3 months of storage following commercial milling. In a search for rice weevil sources in small-bag rice, rough rice subjected to a week of egg deposition by 10 pairs of rice weevils was milled into brown rice or milled rice using small milling machinery. After a month of storage, 116 rice weevils were found in the brown rice, and this number did not differ from that found in rough rice; however, 3 months later, 780 rice weevils had developed in the brown rice, a figure much higher than that found in the rough rice. On the other hand, no rice weevil was found in milled rice after a month of storage, and only 0.3 rice weevils on average occurred even after 3 months of storage. After 5 months of storage, rice processed by large milling machinery produced similar results of many more rice weevils occurring in brown rice compared to rough rice. These observations indicate that the mere removal of the husk from rice is insufficient to destroy rice weevil eggs and/or larvae, otherwise pest occurrence rates would have decreased. A further milling process to make brown rice into milled rice removes the major portion of the aleurone layer; meanwhile, this destroys pest eggs and/or larvae and largely reduces pest occurrence rates. Brown rice, milled rice, and washed milled rice processed by large milling machinery were also infected by *Cadra cautella* W. and *Corcyra cephalonica* S. which were not found in the rough rice. This led to the notion that stored-product insects might be introduced from other contamination sources through the milling processes in addition to the pest source from husks. After storage at 10 °C, both brown and milled small-bag rice had nearly no pests, a level which is significantly lower than that of rice pests found in rice stored at room temperature. Therefore, low-temperature storage can effectively reduce small-bag rice pest occurrence.

(Key words: rice-husking environments, storage temperature, rough rice, brown rice, milled rice, *Sitophilus oryzae* (L.))

*Corresponding author. E-mail: yaomc@wufeng.tari.gov.tw