

進口米之害蟲與害蟎種類調查及監測¹

姚美吉² 李啟陽² 路光暉^{3,4}

摘要

姚美吉、李啟陽、路光暉。2009。進口米之害蟲與害蟎種類調查及監測。台灣農業研究 58:17-30。

因應加入世界貿易組織 (World Trade Organization, WTO) 後，台灣自 2002 年開始進口稻米及長期貯藏，進口時害蟲檢疫及進倉後害蟲防疫為貯藏管理兩個重要關鍵。為瞭解進口米之害蟲為害狀況，本研究自 2003 至 2006 年止，針對每一批米進行害蟲檢疫調查，並於部分倉庫進行長期害蟲監測。害蟲檢疫上，共調查 117 個樣品，樣品中含活蟲之比例達 12%，檢出之害蟲並無法定公告之檢疫害蟲，主要種類為米象 (*Sitophilus oryzae*)。貯藏階段之害蟲監測，發現 11 種害蟲及 1 種害蟎。在常溫倉中，害蟲於貯藏 13 週後即開始發生，害蟲發生密度平均低於每公斤糙米含 10 隻以下。貯藏 26 週後，害蟲則普遍大量發生，密度均高於每公斤 35 隻以上。主要害蟲種類為米象、擬穀盜 (*Tribolium castaneum*)、背圓粉扁蟲 (*Ahasverus advena*)、角胸粉扁蟲 (*Cryptolestes pusillus*)、粉斑螟蛾 (*Cadra cautella*)、茶蛀蟲 (*Liposcelis divinatorius*) 及腐食酪蟎 (*Tyrophagus putrescentiae*)。低溫倉貯藏，害蟲發生明顯降低，延後於貯藏 26 週後才開始發生，主要害蟲為米象及腐食酪蟎。低溫倉常因壓縮機損壞導致溫濕度失控，而使害蟲大量發生，害蟲密度甚至超過常溫倉。不論低溫或常溫倉，在害蟲發生時均以磷化鋁 (Aluminum phosphide) 燻蒸方式處理，效果良好。貯藏倉庫之害蟲監測，自 2005 年起，於每月月初提供害蟲調查月報表給倉庫管理單位，供防治時機之參考依據，已使常溫及低溫倉中之害蟲發生量均有降低趨勢。若能持續落實害蟲檢疫及害蟲監測，將能有效降低害蟲發生及進口米之危害損失。

關鍵詞：進口米、檢受害蟲、米象、粉斑螟蛾、腐食酪蟎。

前言

稻米是我國最主要的民生主食，貯藏方式主要以含穎殼稻穀形式貯藏，僅有少部分當季食用米或外銷米才以糙米方式貯藏。因稻穀脫殼後失

去穎殼保護，較容易導致害蟲侵入及大量繁殖 (Ryoo & Cho 1992)。以往調查結果顯示，糙米貯藏最主要發生的害蟲為米象 [*Sitophilus oryzae* (L.)]，其次為外米綴蛾 [*Corcyra cephalonica* (Stainton)] (Hung & Hwang 1992)。

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2343 號。接受日期：97 年 12 月 19 日。
2. 本所應用動物組 助理研究員與助理研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 國立中興大學昆蟲學系 教授。台灣 台中市。
4. 通訊作者，電子郵件：khlu@dragon.nchu.edu.tw；傳真機：(04)22853170。

自 2002 年起我國加入世界貿易組織 (World Trade Organization, WTO) 後, 稻米政策調整為局部開放進口, 進口比率佔全國總消費量之 8%, 數量約為 14.4 萬噸, 其中 65% 由政府負責貯藏, 以調節民生用糧之供需。進口米陸續進口後, 檢疫害蟲是否會隨之侵入台灣? 再者, 進口米貯藏期間之害蟲發生情形與對本土之稻穀貯藏是否造成影響? 此等問題均需要調查及評估。

以往稻穀貯藏主要以常溫倉貯藏, 害蟲常隨貯藏期及溫度的升高而快速增加, 導致嚴重損失 (Yao & Lo 1992)。因此, 農糧署針對進口米之貯藏, 大部分以常溫倉貯藏外, 在部分倉庫亦加裝冷藏設備, 除可延長貯藏時間及降低害蟲危害, 亦可評估低溫貯藏進口米之經濟效益。

於 2002 年 8 月第一批進口米進口後, 分別貯藏於桃園冷藏倉及南投市農會常溫倉, 於貯藏 13 週後, 南投市農會倉庫即發現嚴重蟲害, 經鑑定害蟲為粉斑螟蛾 [*Cadra cautella* (Walker)], 其他貯藏倉庫 (包含冷藏倉) 亦陸續發生蟲害問題。進口米在貯藏期間害蟲發生的實際原因, 是源於本地倉庫害蟲侵入或是進口米中帶有國外蟲源亟待釐清。因此自 2003 年起, 與農糧署配合開始對每一批進口米進行檢疫害蟲調查, 並對部分常溫倉及冷藏倉進行定期害蟲監測。藉由監測結果提供農糧署進行適時的防治處理, 以降低貯藏期間之害蟲危害損失。

材料與方法

進口米之貯藏倉庫

2003 年配合農糧署各區分署後送之樣品, 共監測 15 處倉庫, 包含 14 處常溫及 1 處低溫倉, 分別為三義鯉魚倉庫、鹿港農會倉庫、南投市農會倉庫、六甲農會倉庫、觀音農會倉庫、仁武政府倉、荊桐農會倉庫、隆田常溫倉、新屋社子倉庫、和美農會倉庫、宜蘭政府倉、新屋大坡倉庫、屏東市農會倉庫、楊梅農會倉

庫及桃園冷藏倉。

2004 年共監測 25 處倉庫, 包含 24 處常溫及 1 處低溫倉, 分別為後龍東明倉庫、頭屋農會倉庫、樹林政府倉、八德農會倉庫、桃園市農會倉庫、三義鯉魚倉庫、竹南大埔倉庫、溪湖農會倉庫、通宵農會倉庫、西港農會倉庫、義竹農會倉庫、隆田常溫倉、觀音農會倉庫、新屋社子倉庫、苑裡青埔倉庫、六甲農會倉庫、路竹農會倉庫、田中倉庫、南投市農會倉庫、屏東縣農會倉庫、銅鑼農會倉庫、湖口農會倉庫、後壁農會倉庫、花壇政府倉及桃園冷藏倉。

2005 年共監測 25 處倉庫, 包含 23 處常溫及 2 處低溫倉, 分別為觀音農會倉庫、花壇政府倉、荊桐農會倉庫、縣農會斗南倉庫、林內農會倉庫、六甲農會倉庫、屏東市農會倉庫、屏東縣農會倉庫、隆田常溫倉、大園和平倉庫、頭屋農會倉庫、樹林政府倉、中壢大崙倉庫、大溪埔頂倉庫、湖口農會倉庫、三義鯉魚倉庫、竹南大埔倉庫、後龍東明倉庫、銅鑼農會倉庫、日南政府倉、西港農會倉庫、義竹農會倉庫、新屋社子倉庫及桃園冷藏倉、仁武冷藏倉。

2006 年共監測 23 處倉庫, 包含 21 處常溫及 2 處低溫倉, 分別為苑裡青埔倉庫、八德農會倉庫、新豐倉庫、桃園市農會倉庫、通宵農會倉庫、新屋社子倉庫、南投市農會倉庫、平鎮南勢倉庫、花壇政府倉、楊梅農會倉庫、後龍東明倉庫、銅鑼農會倉庫、觀音農會倉庫、桃園市農會倉庫、埔心倉庫、溪湖農會倉庫、大安海漚倉庫、鹿港農會倉庫、和美農會倉庫、六甲農會倉庫、路竹農會倉庫及桃園冷藏倉、仁武冷藏倉。

進口米之檢疫害蟲調查

進口米進口後, 在貯藏倉卸貨前由農糧署檢驗人員配合公證公司於進口米袋中以分節式取樣管隨機取樣, 每樣品 1 kg, 重複 3 次。記錄進口米之出口地點、品種等資料, 再將取樣

之樣品寄送至農業試驗所積穀害蟲研究室(以下簡稱本研究室),進行害蟲種類鑑定、數量計算並做成標本保存。當月調查樣品在移除害蟲後,將同批樣品包裝於同一玻璃皿中標誌記錄後置於恆溫箱中,經4週後再調查害蟲種類及數目1次。

進口米之害蟲監測

進口米進倉後之前13週貯藏期間,每4週由農糧署檢驗人員負責以分節式取樣管隨機取樣,每樣品500g,重複3次。樣品寄送至本研究室後,進行害蟲發生種類及數量之調查。貯藏13週後,取樣時間縮短為每兩週取樣1次,持續至進口米出倉為止。

進口米之害蟲燻蒸效果評估

自2004年起,配合進口米貯藏倉之燻蒸作業,先將米象成蟲30隻與糙米約100g一同放置於棉布內,再以橡皮筋綁住形成處理包袋後,將處理包袋於燻蒸前放置在倉庫不同部位,包含棧板上、太空包袋之中層及太空包袋上層袋內30cm深處,每倉放置6個不同位置。燻蒸期約7至10天,於燻蒸後經開倉通風1天,再將包埋袋取出,帶回本研究室檢查害蟲死亡率。移除檢驗出之害蟲後,再將糙米放置於恆溫箱中($30 \pm 2^\circ\text{C}$, $\text{RH } 75 \pm 10\%$),經4週後再調查害蟲種類與數目1次。對照組則相同害蟲處理,唯僅將之放置於當地貯倉辦公室內,未經燻蒸處理。

統計分析

各種害蟲之數量比較,係以最小顯著差異法(Fisher's Least Significant Difference, LSD)進行統計分析,相互比較,顯著水準為5%。

結 果

進口米之貯藏現況及分析

政府自2002年後從國外進口稻米貯藏於常溫倉及低溫倉之資料如表1,進口國包含美國、

澳大利亞、泰國與埃及等四國,2005年總進口量最高,共96,318t,2006年最少為55,844t。其中以美國之進口量最多,佔進口總量之74-86%。進口米類型包含糙米及白米,以糙米為最大宗,約佔總量之93%。進口米之品種,從美國、澳大利亞與埃及進口主要為秈稻品種,而從泰國進口主要為秈稻品種。進口後之貯藏方式主要為常溫與低溫兩方式,其中以常溫倉的貯藏數量較多,約佔總量之61-87%。

進口米之檢疫害蟲調查

針對國外進口米自2003年開始進行檢疫監測,主要對象為大穀蠹(*Prostephanus truncates* Horn)、穀象(*Sitophilus granaries* L.)及小紅鰓節蟲(*Trogoderma granarium* Everts)等法定檢疫害蟲。2003-2006年之調查結果如表2,檢查樣品數共117個,均未調查到上述法定檢疫害蟲,但發現活蟲之樣品數達14個,約佔總樣品數之12.0%。每年之調查樣品數為24-39個,每年發現活蟲之樣品數為2-5個,佔樣品數之7.7-16.7%。調查到的害蟲共7種,分別為米象、穀蠹 [*Rhyzopertha dominica* (Fabricius)]、擬穀盜 [*Tribolium castaneum* (Herbst)]、鋸胸粉扁蟲 [*Oryzaephilus surinamensis* (L.)]、角胸粉扁蟲 (*Cryptolestes pusillus* Schonherr)、背圓粉扁蟲 [*Ahasverus advena* (Waltl)]及粉斑螟蛾,其中以米象最常被檢測到。

進口米之害蟲監測

自2003年起,本研究主要以美國進口糙米常溫倉進行害蟲發生監測,糙米進倉貯藏後13、26及39週之害蟲發生種類及數量比較如表3,共有10種害蟲及1種害蟎。除前項檢疫調查發現之7種害蟲外,尚發現麥蛾(*Sitotroga cerealella* Olivier)、外米綴蛾、茶蛀蟲(*Liposcelis divinatorius* Müller)及腐食酪蟎 [*Tyrophagus putrescentiae* (Schrank)]共4種。

2003 年長期監測 13 處常溫倉，發現糙米在貯藏 13 週後，以擬穀盜發生最多，每公斤樣品平均含 4.7 隻，與其他害蟲有顯著差異，茶蛀蟲其次 (3.1 隻)。貯藏 26 週後，腐食酪蟻發生

表 1. 2002–2006 進口米之來源國及貯藏倉庫環境統計表

Table 1. Amount and storage conditions of rice imported to Taiwan from four countries during 2002–2006

Years	Stored bin ^x	Amount of imported rice (t)							
		USA ^z		Australia		Thailand ^y		Egypt	
		Brown rice	Milled rice	Brown rice	Milled rice	Brown rice	Milled rice	Brown rice	Milled rice
2002	Low temp. warehouse	23379	0	11481	0	0	0	0	0
	Room temp. warehouse	46594	0	12509	0	0	0	0	0
	Total	69973	0	23990	0	0	0	0	0
2003	Low temp. warehouse	21699	0	0	0	2000	0	0	0
	Room temp. warehouse	48363	0	7999	0	4000	0	10005	0
	Total	70062	0	7999	0	6000	0	10005	0
2004	Low temp. warehouse	3297	1790	0	0	1700	6063	0	0
	Room temp. warehouse	72471	0	10000	0	850	147	0	0
	Total	75768	1790	10000	0	2550	6210	0	0
2005	Low temp. warehouse	24106	1508	2399	0	3000	3008	0	0
	Room temp. warehouse	49207	0	0	0	4218	0	0	0
	Total	73313	1508	2399	0	7218	3008	0	0
2006	Low temp. warehouse	0	3975	0	0	0	8899	0	1971
	Room temp. warehouse	40000	0	0	0	0	1000	0	0
	Total	40000	3975	0	0	0	9899	0	1971

^z Rice variety imported from USA, Australia, and Egypt: japonica rice.

^y Rice variety imported from Thailand: indica rice.

^x Low temperature: 15–18°C; Room temperature: 18–34°C.

表 2. 2003–2006 進口米之檢疫樣品害蟲調查表

Table 2. Survey of insect pests in rice imported during 2003–2006

Years	No. of inspections	No. of pest occurrence	Pest occurrence (%)	No. of pest species	Species names
2003	24	2	8.3	3	<i>Cryptolestes pusillus</i>
					<i>Oryzaephilus surinamensis</i>
					<i>Cadra cautella</i>
2004	30	5	16.7	3	<i>Sitophilus oryzae</i>
					<i>Rhyzopertha dominica</i>
					<i>Tribolium castaneum</i>
2005	24	4	16.7	3	<i>Sitophilus oryzae</i>
					<i>Rhyzopertha dominica</i>
					<i>Oryzaephilus surinamensis</i>
2006	39	3	7.7	3	<i>Sitophilus oryzae</i>
					<i>Tribolium castaneum</i>
					<i>Ahasverus advena</i>

最多 (335 隻)，與其他害蟲有顯著差異，其次為粉斑螟蛾 (17 隻)。貯藏 39 週後，仍以腐食酪蟻最多 (434 隻)，鋸胸粉扁蟲其次 (21.1 隻)。2004 年監測 21 處，貯藏 13 週後以茶蛀蟲發生最多 (2.9 隻)，米象次之 (2.2 隻)。貯藏 13、26 及 39 週後均以茶蛀蟲最多，而腐食酪蟻、米象次之。2005 年監測 21 處，貯藏 13 週

後以穀蠹最多 (1.7 隻)，粉斑螟蛾其次 (1 隻)，但害蟲間並無顯著差異。貯藏 26 週後，以背圓粉扁蟲及角胸粉扁蟲最多 (6.7 隻)，以擬穀盜其次 (6 隻)。貯藏 39 週後，米象則大量發生，達每公斤內含 30.3 隻，與其他害蟲有顯著差異，角胸粉扁蟲其次 (18.3 隻)。2006 年監測 21 處，貯藏 13 週後以粉斑螟蛾最多 (1.2 隻)，

表 3. 2003–2006 從美國進口糙米在常溫倉貯藏後害蟲發生量

Table 3. Survey of pests in brown rice imported from USA during 2003–2006 after storing at room temperature warehouses for 26, 39 and 52 weeks

Species of pests	No. of insects/kg rice					
	2003			2004		
	13	26	39	13	26	39
<i>Sitophilus oryzae</i>	0.2 b ^z	3.8 b	8.1 b	2.2 ab	8.3 abc	20.9 ab
<i>Rhyzopertha dominica</i>	0.9 b	0.9 b	2.3 b	0.5 b	1.1 bc	3.3 c
<i>Tribolium castaneum</i>	4.7 a	3.6 b	7.0 b	0.3 b	1.8 bc	8.7 bc
<i>Ahasverus advena</i>	0.6 b	2.9 b	11.2 b	0.4 b	2.6 bc	9.9 abc
<i>Cryptolestes pusillus</i>	0.2 b	0.5 b	3.1 b	1.0 ab	1.8 bc	12.0 abc
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	0 b	15.7 b	21.1 b	0.1 b	1.9 bc	2.7 c
<i>Cadra cautella</i>	0 b	17.0 b	12.5 b	1.1 ab	9.9 ab	13.3 abc
<i>Sitotroga cerealella</i>	0 b	0 b	0 b	0 b	0.2 c	1.4 c
<i>Corcyra cephalonica</i>	0 b	0.1 b	0 b	0 b	0.1 c	0 c
<i>Liposcelis divinatorius</i>	3.1 ab	0.8 b	0.6 b	2.9 a	13.6 a	25.4 a
<i>Tyrophagus putrescentiae</i>	0 b	335.0 a	434.0 a	0 b	12.1 a	20.0 ab

Species of pests	No. of insects/kg rice					
	2005			2006		
	13	26	39	13	26	39
<i>Sitophilus oryzae</i>	0.6 a	3.3 abc	30.3 a	0.4 abc	3.7 ab	11.8 ab
<i>Rhyzopertha dominica</i>	1.7 a	1.9 abc	4.4 bcd	0.6 abc	3.0 ab	4.6 abc
<i>Tribolium castaneum</i>	0.7 a	6.0 ab	2.6 cd	0.3 bc	1.8 ab	2.6 bc
<i>Ahasverus advena</i>	0 a	6.7 a	14.8 bc	0.4 abc	7.1 a	14.7 a
<i>Cryptolestes pusillus</i>	0.6 a	6.7 a	18.3 ab	0.1 bc	4.6 ab	9.9 abc
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	0.6 a	1.3 bc	3.7 bcd	0.3 abc	2.4 ab	4.9 abc
<i>Cadra cautella</i>	1.0 a	1.8 abc	2.8 cd	1.2 a	6.4 a	11.9 ab
<i>Sitotroga cerealella</i>	0 a	0 c	0.3 cd	0.1 bc	5.3 ab	6.5 abc
<i>Corcyra cephalonica</i>	0 a	0 c	0 d	0 c	0 b	0 c
<i>Liposcelis divinatorius</i>	0 a	3.3 abc	8.6 bcd	1.0 ab	2.5 ab	6.5 abc
<i>Tyrophagus putrescentiae</i>	0.5 a	5.0 abc	10.0 bcd	0 c	0 b	2.5 bc

^z Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by Fisher's least significant difference test.

茶蛀蟲其次 (1 隻)。貯藏 26 週後以背圓粉扁蟲最多 (7.1 隻)，以粉斑螟蛾其次 (6.4 隻)。貯藏 39 週後以背圓粉扁蟲最多 (14.7 隻)，以粉斑螟蛾次之 (11.9 隻)。

從另外 3 個國家，澳大利亞、泰國與埃及，進口糙米數量較少，監測的貯藏倉數亦遠低於從美國進口米，故未在此顯示記錄數據；但所得資料大致可看出，在 2003 年監測從澳大利亞進口之糙米貯藏倉 1 處，害蟲相僅米象、粉斑螟蛾、茶蛀蟲及背圓粉扁蟲等 4 種，其中以米象及粉斑螟蛾發生較嚴重。2004 年監測澳大利亞進口糙米貯藏倉 3 處，害蟲相完全與 2003 年相同，但發生以米象及穀蠹較嚴重。2005 年監測泰國進口糙米貯藏倉 2 處，共發現 5 種害蟲，分別為米象、穀蠹、背圓粉扁蟲、角胸粉扁蟲及鋸胸粉扁蟲。其中以背圓粉扁蟲及鋸胸粉扁蟲數量較多。2006 年監測 1 倉泰國進口白米，僅發現角胸粉扁蟲 1 種，貯藏 6 個月後害蟲僅 6.6 隻。

稻米於低溫倉貯藏後 13 週後，並無害蟲發生，貯藏 36、39 及 52 週後之害蟲發生種類及數量如表 4，共有 7 種害蟲及 1 種害蟎。害蟲種類除增加縮頸姬薪蟲 [*Cartodere constricta* (Gyllenhal)] 外，均與常溫倉相同。低溫倉在 2003 年僅監測 1 處，兩批號之進口米，且因僅 2 種害蟲發生，因此害蟲數並未進行統計分析；貯藏 36、39 及 52 週後均以腐食酪蟎發生最多，米象次之。2004 年亦僅監測 1 處，僅米象發生危害，且在貯藏 52 週後，因壓縮機損壞導致溫濕度失控，而使米象大量發生甚至超過常溫倉，蟲口密度達每公斤 237 隻。在 2005 年監測 2 處，害蟲種類增加至 7 種，但因貯藏時溫濕度控管有明顯改善，因此害蟲數均未大量發生，仍以米象發生最多，在貯藏 52 週後，在仁武低溫倉發現新記錄種縮頸姬薪蟲之危害。在 2006 年監測 2 處，貯藏 26 及 39 週後均無害蟲發生危害，且調查倉庫在貯藏 52 週前均已清倉，故無調查資料。

表 4. 2003–2006 從美國進口糙米在低溫倉貯藏後害蟲發生量

Table 4. Survey of pests in brown rice imported from USA during 2003–2006 after storing at low temperature for 26, 39 and 52 weeks

Species of pests	No. of insects/kg rice					
	2003			2004		
	26	39	52	26	39	52
<i>Sitophilus oryzae</i>	0	6.3	22.0	0	6.0	237.0
<i>Tyrophagus putrescentiae</i>	27.5	36.7	83.3	0	0	0

Species of pests	No. of insects/kg rice					
	2005			2006		
	26	39	52	26	39	52
<i>Sitophilus oryzae</i>	1.2	11.2	15.0	0	0	- ^z
<i>Rhizopertha dominica</i>	0.3	0	0	0	0	-
<i>Tribolium castaneum</i>	0.3	0	0	0	0	-
<i>Cryptolestes pusillus</i>	0.6	0	1.3	0	0	-
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	0.1	0	0	0	0	-
<i>Liposcelis divinatorius</i>	0	0.8	0	0	0	-
<i>Tyrophagus putrescentiae</i>	0	0	0	0	0	-
<i>Cartodere constricta</i>	0	0	0.8	0	0	-

^z Data not available; the imported brown rice was sold out before survey.

為比較同一批號進口之進口米，分別貯藏常溫倉與低溫倉之害蟲密度消長，因此選擇於 2004 年 6 月中旬至 7 月上旬，從美國進口之糙米，分別貯藏於鹿港、後龍常溫倉及桃園低溫倉等 3 倉庫，進行長期害蟲密度消長監測結果如圖 1。其中，鹿港常溫倉於貯藏約 17 週後開始有害蟲危害，主要害蟲包含米象、擬穀盜及角胸粉扁蟲；貯藏約 58 週後，因害蟲總數達每公斤含 45 隻，遂於 1 週內開始進行磷化鋁燻蒸處理，約 62 週後再調查未發現活蟲。後龍常溫倉於貯藏約 9 週後開始有害蟲危害，主要害蟲包含米象、穀蠹、鋸胸粉扁蟲及角胸粉扁蟲；貯藏約 59 週後，因害蟲數達每公斤含 124 隻害蟲，隨後進行燻蒸處理，燻蒸後再調查未發現活蟲。桃園低溫倉因稻米貯藏於低溫，害蟲發生延至貯藏 44 週後才開始危害，害蟲僅有米象；後因該倉庫之壓縮機損壞，使原先控管之溫、濕度 18°C，RH 70% 上升至約 30°C，RH 90%，而導致米象大量發生甚至超過常溫倉，貯藏約 55 週後每公斤糙米含 420 隻米象；隨後進行燻蒸處理，燻蒸後未發現活蟲。

進口米之害蟲燻蒸效果評估

自 2004 年起配合進口米貯藏倉之燻蒸作業，包埋米象成蟲包裝袋於燻蒸倉內，經開倉通風後 1 天取出包埋袋，檢查米象成蟲的死亡率並分析進行燻蒸處理前倉庫貯藏期如表 5。由燻蒸後調查結果顯示，包埋之米象成蟲均完全死亡。在 2004 年 9 間燻蒸倉庫中，燻蒸前平均貯藏期為 68 週，最快燻蒸倉庫在貯藏 35 週後進行燻蒸，最長為貯藏 86 週後才進行燻蒸。在 2005 年 16 間燻蒸倉庫中，燻蒸前平均貯藏期為 46 週，最快燻蒸為貯藏 30 週後，最長為貯藏 82 週。在 2006 年 19 間燻蒸倉庫中，燻蒸前平均貯藏期為 52 週，最快燻蒸為貯藏 30 週後，最長為貯藏 69 週。

討 論

穀物從國外進口，最大隱憂是檢受害蟲侵入，現階段糙米及白米之進口數量每年均在 15 萬噸以下，遠低於玉米、大豆及小麥等雜糧類，每年進口量約在 9000,000 t (COA 2007)。上述雜糧進口後，主要供作飼料加工用，貯藏時間常不超過 3 個月，而進口之糙米及白米等貯藏期經常超過 1 年以上，因此檢受害蟲侵入及立足的問題更顯重要。在我國之輸入植物或植物產品檢疫規定中列有小紅鯉節蟲、穀象、大穀蠹、澳洲紅鈴蟲 [*Pectinophora scutigera* (Holdaway)]、眉豆象 [*Callosobruchus analis* (Fabricious)]、菜豆象 [*Callosobruchus phaseoli* (Gyllenhal)]、豌豆象 [*Bruchus pisorum* (L.)] 及蠶豆象 (*Bruchus rufimanus* Boheman) 等 8 種檢疫積穀害蟲；自 2003 年起連續幾年之害蟲調查結果，尚未發現上述檢受害蟲，但由本研究調查結果中，樣品含活蟲之比率高達 12%，顯示外來害蟲藉由進口稻米侵入本地穀倉的機率極高。未來針對穀物檢受害蟲之監測，更需建立完整檢疫流程，始可完全防範檢受害蟲侵入及立足。

針對檢受害蟲之小紅鯉節蟲，最早曾在 1970 年在零星之進口小麥中發現 (Lin 1971)，在 1982 年則逐漸在中部地區稻穀倉蔓延危害 (Lin & Li 1983)，此蟲因幼蟲期耐飢能力可長達 1 年以上，因此成為各國嚴防之檢受害蟲。但在往後 20 多年，多次稻穀倉或糙米倉之害蟲相調查，卻都未發現此蟲 (Hung & Hwang 1992; Yao & Lo 1992)，因此應留意此蟲再度侵入危害。

針對進口米貯藏後之害蟲發生長期監測，鞘翅目害蟲主要以米象、穀蠹、擬穀盜、角胸粉扁蟲及背圓粉扁蟲發生最普遍，其中又以米象發生最嚴重。在國內以往糙米倉庫之害蟲調查，結果亦以米象比率最高 (Hung & Hwang

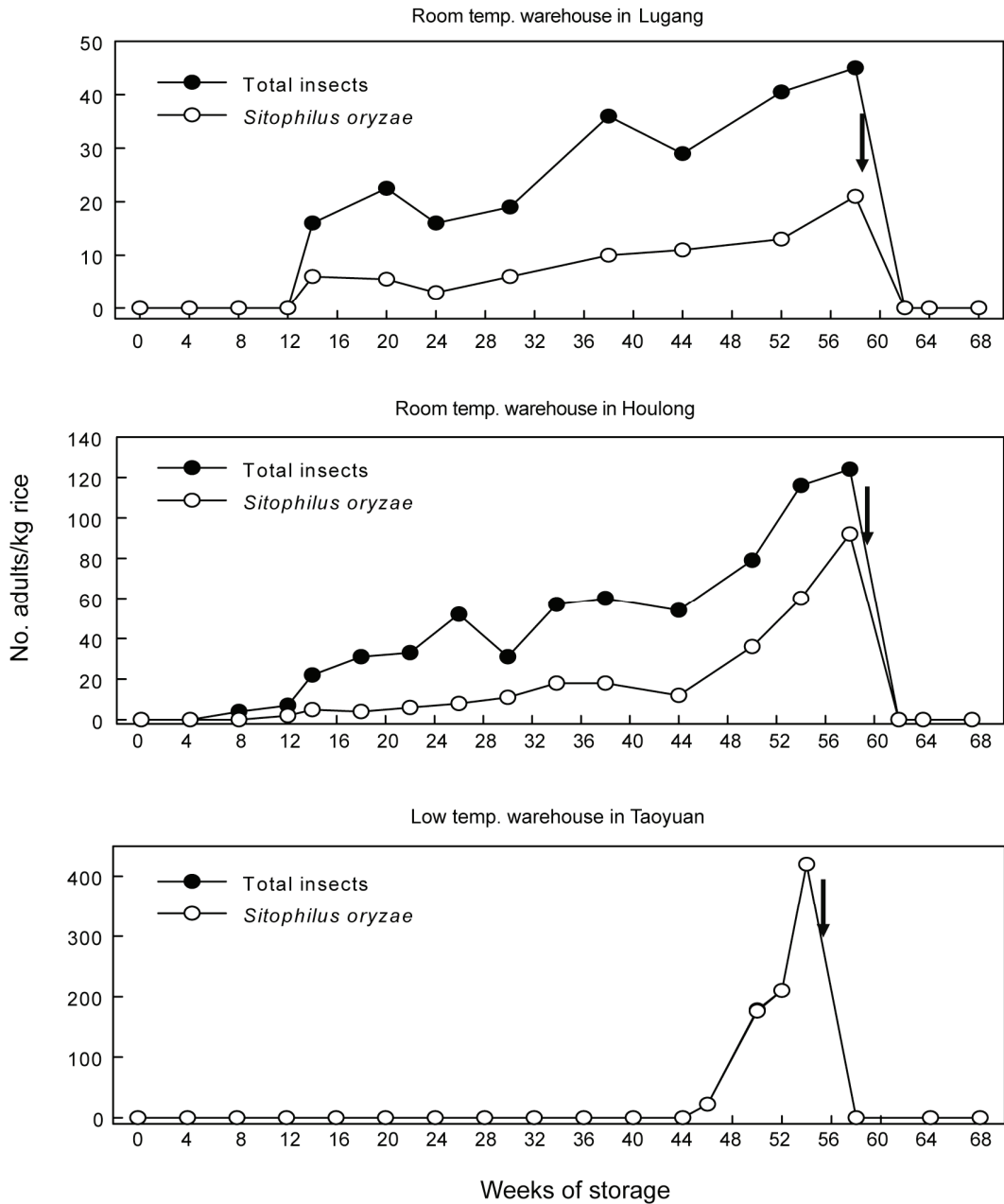


圖 1. 2004 年從美國同批號進口糙米貯藏於 3 個倉庫之害蟲密度消長 (●: 所有害蟲; ○: 米象; 箭頭所示處為 燻蒸處理時間)。

Fig 1. Population fluctuations of insect pests in the same batch of brown rice imported from the USA in 2004 and stored in three warehouses. (●: Total number of insects/kg rice; ○: Number of *Sitophilus oryzae*/kg rice; The arrow in each figure indicates the time of fumigation).

表 5. 2004–2006 進口米燻蒸處理之米象死亡率及貯藏期統計表

Table 5. Effect of fumigation on control of rice weevil in rice imported and storage weeks at the time of fumigated control during 2004–2006

Years	No. of storage bins fumigated	Mean insect mortality (%)	Mean storage weeks before fumigation (range)
2004	9	100	68 (35–86)
2005	16	100	46 (30–82)
2006	19	100	52 (30–69)

1992)。米象之內在增殖力高 (達 $rm = 0.564$) 且危害能力甚強 (Hsieh *et al.* 1980)，因此當發生嚴重時，常造成貯藏糙米嚴重損失，在監測過程需特別留意此害蟲之密度發展。在許多進口米貯藏倉，原為食鹽、肥料倉所改裝或獨立空倉，這些倉庫在貯藏進口米後，同樣於 3 個月後陸續發生米象危害，發生狀況常呈點狀局部發生，再向其周邊擴散導致大發生。部分發生倉庫如桃園冷藏倉周遭並無其他稻穀倉，僅單純貯藏進口米，因此推測發生米象的蟲源極可能從境外移入。因在型態上並無法區隔，未來將在生理及分生鑑定上進一步探討，以確定其真正來源。另角胸粉扁蟲、鋸胸粉扁蟲及背圓粉扁蟲在以往發生並不普遍，而在此次監測過程，部分倉庫亦產生嚴重危害。可能原因為以往糙米都僅短暫貯藏少於 13 週，這類害蟲屬次級害蟲，並需藉由主要害蟲危害後所產生碎屑，以提供其繁殖的空間，因時間短而使其無法大量發生。而進口米貯藏少則 26 週，多則 2 年以上，當貯藏倉庫有主要害蟲蟲源時，則提供次級害蟲大量繁殖的契機。且在剛進口之檢疫樣品中亦發現過此 3 種蟲，因此推測部分倉庫角胸粉扁蟲、鋸胸粉扁蟲及背圓粉扁蟲之蟲源，亦可能屬境外移入。

在鱗翅目害蟲則以粉斑螟蛾發生最普遍及嚴重，以往在糙米倉庫調查發生較嚴重之外米綴蛾及麥蛾 (Kao & Tzeng 1992)，反而數量不多且不普遍。粉斑螟蛾對穀物之危害亦較其他鱗翅目害蟲嚴重且寄主更廣 (Lin 1972)，其幼

蟲喜愛嚙食穀粒之胚芽部或表皮，在穀物表面吐絲結繭藏於其中，日久因所排糞便，造成穀物發臭及變質。因其取食習性，在含穎殼之稻穀倉幾無發生，而在糙米倉亦甚少發生。在此次監測倉庫中，粉斑螟蛾幾乎普遍發生，且在檢疫樣品中亦發現，因此推測粉斑螟蛾之蟲源亦屬境外移入。近年亦發現在貯藏蒜頭倉內大量發生 (Yao *et al.* 2007)，且部分貯藏點相鄰倉庫間同時貯藏進口米及蒜頭，可能造成彼此交互感染，因此對粉斑螟蛾密度發展需特別留意。外米綴蛾主要發生於碾米區，而進口米貯藏倉庫一般僅單純貯藏，並無碾米之作業環境，可能因此而導致外米綴蛾較少危害進口米。另外麥蛾之危害主要發生於與本土稻穀倉相鄰之進口米貯藏倉，因稻穀倉麥蛾之發生極普遍，易遷移至口米貯藏倉進行危害，而倉庫單獨貯藏進口米時，麥蛾則幾乎未發生。

除鞘翅目及鱗翅目主要害蟲外，另茶蛀蟲與腐食酪黴亦普遍發生於進口米之貯藏倉庫，尤其常溫貯藏倉之溫濕度偏高時，貯藏之太空包袋面常密佈綠色霉斑，而茶蛀蟲則大量繁殖密佈於袋面。腐食酪黴之發生與茶蛀蟲相類似，亦喜於高溫高濕環境，大量發生時除袋面上如覆蓋一層黃土色斑，在袋口或地面常有類似黃土色沙土堆積之危害狀。且腐食酪黴在 10°C 低溫環境亦可繁殖成長 (Kheradmand *et al.* 2007)，當環境高濕時，常會導致腐食酪黴大量發生。在進口米貯藏上，腐食酪黴的發生常造成倉庫管理上極大困擾，除因常溫及低溫

倉在高濕環境下，均會造成腐食酪黴大量繁殖。其不同齡期害蟲不僅可直接危害進口米表面、胚部及沿著蟲孔危害，同時會增加貯藏環境之濕度，增高進口米之水分含量，誘發各種菌類的發生，且因其屍體或排泄物等均會導致進口米變質 (Franzolin *et al.* 1999)。此黴亦是重要過敏原，能夠引起過敏性皮膚炎及哮喘 (Green & Woolcock 1978; Blainey *et al.* 1989)，對管理人員常造成過敏現象，其影響層面反而超過對貯藏稻米之危害。

積穀貯藏環境常是影響害蟲發生之重要影響因子，高溫高濕貯藏環境，有利於提供害蟲繁殖，更促進霉菌增長，部分積穀害蟲如茶蛀蟲、背圓粉扁蟲幼蟲期或腐食酪黴幼蟲期不只危害穀物，亦取食霉菌 (Hsieh & Kao 1978)。進口米貯藏倉因稻米脫殼保存，較易導致濕度提升。因此，進口米貯藏倉的保存方式若仍維持以往未予控制溫、濕度，將導致貯藏約 13–26 週後濕度升高，使喜好高濕環境之茶蛀蟲、背圓粉扁蟲及腐食酪黴大量發生。針對此現象，部分倉庫除打開倉門外，更以強力電風扇在四周通道吹風加強倉體空氣之對流，可使害蟲密度有明顯下降，因此進口米在貯藏階段，管理人員對倉體之溫濕度控管，為影響害蟲發生的重要一環。

進口米貯藏倉庫之害蟲監測結果，主要發生害蟲均與檢疫害蟲調查時相似，主要為米象、擬穀盜、角胸粉扁蟲及粉斑螟蛾等害蟲。在以往穀倉蟲相調查，約有 65 種害蟲及 22 種益蟲 (Lin 1968); Hsieh & Kao (1978) 曾將這些昆蟲區分成 4 大類，分別為主要害蟲、次級害蟲、偶發害蟲及積穀害蟲之寄生者與捕食者。其中米象、穀蠹及麥蛾即屬主要害蟲，因能直接危害蛀食穀物內部並在其中發育繁殖，常造成嚴重危害。而角胸粉扁蟲、鋸胸粉扁蟲、背圓粉扁蟲及腐食酪黴主要取食穀物外部及粉屑者，則屬次級害蟲。其發生常伴隨於主要害蟲

發生之後，有時發生數量會遠超過主要害蟲，但危害程度則不若主要害蟲嚴重。由圖 1 之鹿港及後龍倉庫之害蟲發生約起於貯藏 4 週之後，在前 13 週數量較少，以主要害蟲米象為主。但隨後不論主要害蟲或次級害蟲均明顯增加，導致約於貯藏 1 年後需進行燻蒸防治處理。因進口米在常溫倉貯藏至少半年以上，且配合其發生狀況，因此在常溫倉之害蟲監測主要以貯藏後 26、39、52 週之害蟲發生量進行比較。而由桃園冷藏倉之調查結果，因低溫確實明顯延後害蟲之發生，因此在冷藏倉之害蟲發生量比較則針對貯藏後 26、39、52 週之害蟲發生量進行比較。且在害蟲防治上，未來應針對主要害蟲及次級害蟲之害蟲發生狀況分別進行評估其危害水準，以提供貯藏倉庫最佳之防治時機。

此次長期監測，亦發現 1 種新記錄種縮頸姬薪蟲，經李奇峰博士鑑定，現將模式標本存於農業試驗所標本館中，此蟲分佈於印度、日本、埃及等地，在台灣並無記錄 (Lobl & Smetana 2007)。發現此蟲之倉庫為仁武冷藏倉，原先為肥料倉庫，在貯藏進口米之前才進行整修，且周遭環境均無貯藏其他稻穀或雜糧，因此推測此蟲蟲源亦應屬境外移入。若貯藏處與稻穀倉相鄰，其害蟲種類常含稻穀倉最常發生之穀蠹及麥蛾等害蟲，因此進口米貯藏倉之害蟲危害受到其他稻米貯藏倉害蟲發生情形影響。至於進口米貯藏倉若普遍發生蟲害，其鄰近稻穀倉之害蟲發生是否會造成影響，在未來亦需要進一步探討。

在貯藏方式上，低溫倉主要控制在 15–18℃，RH 75–80% 之間，對害蟲發生數量上有明顯抑制效果，且延緩害蟲之發生至少 13–26 週。但在部分低溫倉，實際貯藏時為避免水分過份流失，反而有加濕設計，導致環境之濕度高達 RH 90% 以上，使腐食酪黴大量發生，造成管理上之困擾。為解決蟻害問題，將

原先加濕設計改良後，使濕度不致過高後，腐食酪蟻大量發生的問題即迎刃而解。另外，低溫倉在溫濕度控管上，亦常因壓縮機損壞，且維修期長達 8 週，導致低溫倉內溫濕度快速上升（溫度超過 30°C, RH 90%以上），致使害蟲密度明顯增加，尤其以米象發生最嚴重。Hwang *et al.* (1983) 曾指出玉米象最適繁殖溫度為 26–27°C，在相同溫度下，玉米象生殖力在高濕環境 (RH 80%) 較低濕環境 (RH 60%) 高約 3 倍，另壽命亦長約 2 倍。可能因害蟲危害的特性，導致米象在失控之低溫倉之害蟲發生反而超過常溫倉，致使貯藏之進口米嚴重損失。為避免此現象重複發生，低溫倉改採兩套壓縮機控管，溫濕度失控才徹底解決，在 2006 年低溫倉貯藏至 52 週後均未有害蟲發生。由害蟲之發生狀況，利用低溫貯藏確實可抑制害蟲發生，但相對的在電費的開支、設備的投資及倉庫溫濕度的控管等因素，都必須加入考量，方能在貯藏穀物的品質及防治經費之投資上，取得最佳的效益。

在進口米害蟲防治上，除以低溫貯藏降低害蟲發生外，均完全倚賴燻蒸防治。當害蟲大量發生時，一般將進口米之太空包以帆布覆蓋，再投擲磷化鋁袋包藥劑進行燻蒸，燻蒸約 10 天後再撤除帆布開倉通風。在燻蒸過程自行放置之米象樣品包，均達到完全死亡。但燻蒸後持續監測貯藏倉之害蟲密度，卻發現部分倉庫最快在開倉後半個月即發現害蟲發生，一般倉庫亦在燻蒸後約 8–13 週陸續發現害蟲危害。磷化鋁在使用後會先轉換為磷化氫，對害蟲達到防治效果，經與空氣作用會逐漸轉變為次磷酸、亞磷酸或磷酸 (Dhaliwal 1974)，對害蟲無毒性，因此開倉後並無殘毒效果。針對開倉後 2 週即發現害蟲發生的問題，可能因燻蒸防治時對周遭其他隱藏之害蟲滋生源未完全清除或防治，導致燻蒸後尚存的蟲源快速侵入所造成。而燻蒸後約 8–13 週陸續發生之蟲害問

題，則可能為鄰近倉庫之蟲源侵入或本身倉體內原有蟲源於燻蒸時未完全滅絕再發生所造成。因以往研究曾指出部分積穀害蟲對燻蒸劑已逐漸產生抗藥性 (Park *et al.* 2008)，另燻蒸時磷化氫會受穀物阻礙影響擴散速率而降低燻蒸效果 (Peng *et al.* 1999)。未來防治上除避免害蟲對燻蒸劑抗藥性發展外，開發其他防治方法亦是當務之急。

現階段進口米主要形式為糙米，約佔 93.4%，白米則僅佔 6.6%。針對稻米貯藏以往研究曾指出糙米形式是最易受為害的形式，其害蟲之發生遠超過稻穀或白米形式 (Ryoo & Cho 1992)，且米象成蟲不易為害穎殼完整的稻穀 (Hung & Peng 1985)，但當稻穀脫殼後失去穎殼保護，害蟲之侵入則更容易。雖稻穀形式在進口運輸或進口後之貯藏上均需較多空間，但以長期貯藏上為避免害蟲危害，未來可以考慮以稻穀形式進口。對於不同進口國之害蟲相調查，因主要監測倉庫均從美國進口，其他國家監測倉庫量甚少，因此無法明顯比較蟲相之差異，未來若全面監測，將更能提供更完整資料進行比較。

進口米進倉過程中，許多問題都需要特別留意，其中尤以進口時之害蟲檢疫及貯藏後之害蟲監測更為重要，方能在檢疫及防疫上均達到最佳效果。在檢疫上除原有列管之害蟲種類外，再篩選可能入侵的種類，建立其形態特徵等基本資料，更應對這類害蟲進行風險評估，探討入侵後對本土農業環境之衝擊，並研擬防範之道。有完善的檢疫措施及防範，方能避免害蟲侵入後，導致農業及經濟上的嚴重損失。另外，進口米進倉後之害蟲監測，更是進口米倉庫害蟲防治上重要一環。現階段進口米貯藏倉已有 91% 納入長期監測，未來若能全面性進行害蟲監控，且針對各種害蟲之危害程度，區分為主要害蟲、次要害蟲及偶發害蟲，分別建立其經濟危害水平，藉由每兩週之取樣調查及

害蟲密度回報機制，將主要害蟲之即時資訊提供糧政管理者或倉儲管理人員防治參考，以擬定防治計畫進行適時害蟲防治，將可消除防治空窗期或死角，達到最佳防治成效。

誌 謝

本研究進行期間承蒙農糧署劉安妮科長、蘇德明副分署長及陳坤龍技正等人多方協助，農糧署各分署檢驗人員協助取樣，以及本組李奇峰博士協助害蟲鑑定及李錦霞小姐協助調查；文成後，復承本所應用動物組陳健忠博士不吝撥冗斧正，謹此一併致謝。本研究受農糧署計畫經費補助。

引用文獻 (Literature cited)

- Blainey, A. D., M. D. Topping, S. Ollier, and R. J. Davies. 1989. Allergic respiratory disease in grain workers: the role of storage mites. *J. Allergy Clin. Immunol.* 84: 296–303.
- COA. 2007. Taiwan Food Statistics Book 2006, Council of Agriculture. Taiwan, ROC. 178 pp.
- Dhaliwal, G. S. 1974. Metabolism of fumigants. *Bull. Grain Technol.* 12:132–138.
- Franzolin, M. R., W. Gambale, R. G. Cuero, and B. Correa. 1999. Interaction between toxigenic *Aspergillus flavus* Link and mites (*Tyrophagus putrescentiae* Schrank) on maize grains: effects on fungal growth and aflatoxin production. *J. Stored Prod. Res.* 35:215–224.
- Green, W. F. and A. J. Woolcock. 1978. *Tyrophagus putrescentiae*: An allergenically important mite. *J. Clin. Allergy* 8:135–144.
- Hsieh, F. K. and S. S. Kao. 1978. Ecology of storage insects. p.83–111. *in: Diseases and Insect Pests of Rice: Ecology and Epidemiology.* (Chiu, R. J., ed.) Joint Commission on Rural Reconstruction Pub. Taipei, Taiwan. (in Chinese with English abstract)
- Hsieh, F. K., L. M. Hung, S. S. Kao, and S. L. Hus. 1980. Estimates of losses of stored rice caused by insects. *Plant Prot. Bull.* 22:385–395. (in Chinese with English abstract)
- Hung, C. C. and J. S. Hwang. 1992. Insect pests in rough rice and chaff stored in different kinds of bin in Taiwan. *Chinese J. Entomol.* 12:269–276. (in Chinese with English abstract)
- Hung, C. C. and W. K. Peng. 1985. The attractancy of rice kernels with different degrees of damage on husk to rice and maize weevil. *Chinese J. Entomol.* 5:31–36. (in Chinese with English abstract)
- Hwang, J. S., F. K. Hsieh, and K. S. Kung. 1983. Influence of temperature and relative humidity on the development and reproduction of the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Plant Prot. Bull.* 24:41–52. (in Chinese with English abstract)
- Kao, S. S. and C. C. Tzeng. 1992. A survey of the susceptibility of rice moth (*Corcyra cephalonica*) and angoumois moth (*Sitotroga cerealella*) to malathion and phoxim. *Chinese J. Entomol.* 12:239–245. (in Chinese with English abstract)
- Kheradmand, K., K. Kamali, Y. Fathipour, and E. M. Goltapeh. 2007. Development, life table and thermal requirement of *Tyrophagus putrescentiae* (Astigmata: Acaridae) on mushrooms. *J. Stored Prod. Res.* 43: 276–281.
- Lin, C. K. 1971. Pest of stored grain and grain products in Taiwan (I): studies on the biology of the khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts. (Coleoptera: Dermestidae). *Plant Prot. Bull.* 13:18–24. (in Chinese with English abstract)
- Lin, C. K. 1972. An identification of three species of Lepidopterous larvae attacking stored grain and grain products in Taiwan. *Plant Prot. Bull.* 14:36–40. (in Chinese with English abstract)
- Lin, T. 1968. A survey on the granary insects and their natural enemies in Taiwan. *J. Agric. Res. China* 17:1–7. (in Chinese with English abstract)
- Lin, T. and C. H. Li. 1983. Studies on ecology of khapra beetle, *Trogoderma granarium* E. J. Agric. Res. China 32:383–389. (in Chinese with English abstract)
- Lobl, I. and A. Smetana. 2007. Catalogue of Palaearctic Coleoptera Volume 4. Stenstrup. Apollo Books. 935 pp.
- Park, B. S., B. H. Lee, T. W. Kima, Y. L. Renc, and S. E. Lee. 2008. Proteomic evaluation of adults of *Rhyzopertha dominica* resistant to phosphine. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 25:121–126.
- Peng, W. K., C. C. Yang, and T. K. Lee. 1999. Horizontal diffusion of phosphine through grain. *Chinese J. Entomol.* 19:201–207 (in Chinese with English abstract)

- Ryoo, M. I. and H. W. Cho. 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.
- Yao, M. C. and K. C. Lo. 1992. Insect species and population densities in stored japonica rice in Taiwan. *Chinese J. Entomol.* 12:161–169. (in Chinese with English abstract)
- Yao, M. C., K. H. Lu, Y. T. Wang, and C. Y. Lee. 2007. Population fluctuations of insect pests of garlic bulbs (*Allium sativum* L.) in storehouses monitored with light traps and yellow sticky cards. *Plant Prot. Bull.* 49:171–185. (in Chinese with English abstract)

Survey and Monitoring of Insect and Mite Pests in Imported Rice ¹

Me-Chi Yao², Chi-Yang Lee², and Kuang-Hui Lu^{3,4}

Abstract

Yao, M. C., C. Y. Lee, and K. H. Lu. 2009. Survey and monitoring of insect and mite pests in imported rice. *J. Taiwan Agric. Res.* 58:17–30.

After joining the World Trade Organization (WTO) in 2002, there is a significant increase in import of rice in Taiwan. As a result, monitoring foreign species of rice pests have become important strategies for management of imported rice. A survey program was conducted during 2003–2006 to inspect every shipment of rice to Taiwan for pests and monitor some warehouses for outbreaks of pests of rice in storage. Live insects and/or mites were found in 12% of the 117 samples of rice but none of them were listed as quarantine pests in Taiwan. *Sitophilus oryzae* (L.) was the predominant species among these pests. For rice samples stored in warehouse, 11 species of insects and one species of mite were found. For brown rice stored at room temperature (18–34°C) for 13 weeks, the number of insects was below 10 insects per kilogram of rice but it increased to 35 insects per kilogram of rice after stored for 26 weeks. The major pests in the rice samples were *Sitophilus oryzae* (L), *Tribolium castaneum* (Herbst), *Ahasverus advena* (Waltl), *Cryptolestes pusillus* (Schoherr), *Cadra cautella* (Walker), *Liposcelis divinatorius* (Müller), and *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank). Pests in low temperature warehouses (15–18°C) did not occur until 26 weeks of storage, and the major pests were *Sitophilus oryzae* (L), and *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank). For rice samples stored at low temperature, insect pest appeared after storage for 26 weeks with *Sitophilus oryzae* and *Tyrophagus putrescentiae* as predominant species. However, a breakdown of cooling systems often resulted in severe outbreaks of pests for rice stored at low temperature warehouses and the level of pest infestation was even higher than the rice samples stored at room temperature. Aluminum phosphide was an effective fumigant for control of pests of rice stored at low or room temperature. A monthly survey program initiated in 2005 was used to monitor insect pests on imported rice stored at low temperature and room temperature warehouses. This program provided crucial information on infestation and control of pests in rice stored in warehouses of normal or low temperature. This monitoring program would be an effective plant quarantine strategy preventing importation of pests in imported rice.

Key words: Imported rice, Quarantine pests, *Sitophilus oryzae*, *Cadra cautella*, *Tyrophagus putrescentiae*.

-
1. Contribution No.2343 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: December 19, 2008.
 2. Respectively, Assistant Entomologist and Assistant Entomologist, Applied Zoology Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
 3. Professor, Department of Entomology, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.
 4. Corresponding author, e-mail: khlu@dragon.nchu.edu.tw; Fax: (04)22853170.