Formosan Entomologist
Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

臺灣兩種主要粳稻與秈稻品種在穀倉貯期之害蟲發生及為害率比較

姚美吉、呂家榮、李啟陽*

行政院農業委員會農業試驗所應用動物組　41362 台中市霧峰區中正路 189 號
* 通訊作者 email: CYLee@tari.gov.tw

收件日期：2018 年 11 月 1 日　　接受日期：2019 年 1 月 30 日　　線上刊登日期：2019 年 3 月 5 日

摘　　要

台南 11 號及台中秈 10 號是台灣粳稻與秈稻最主要之栽培品種。本研究特別選擇 2016 年一期此兩種品種，均有貯藏之彰化伸港鄉農會與鹿港鎮農會穀倉，進行兩種稻穀品種在貯藏期間之害蟲發生調查，並比較兩種稻穀於試驗前後之破損率差異，最後評估兩種稻穀之碾糙率，以瞭解害蟲於貯藏期間對兩種品種之為害差異。結果顯示兩處貯藏台中秈 10 號之穀倉在穀蠹 (*Rhyzopertha dominica*)、米象 (*Sitophilus oryzae*) 及總害蟲發生數均高於台南 11 號粳稻，且於試驗後期有顯著差異，麥蛾 (*Sitotroga cerealella*) 則無顯著差異。兩處穀倉之穀蠹及米象約於貯藏第九個月開始大量發生，尤以秈稻更為明顯。兩種稻穀之蟲害破損率於試驗前無顯著差異，但於試驗一年後秈稻均顯著高於粳稻 ($p < 0.05$)。貯藏後進行碾糙率測定，結果顯示兩處穀倉之粳稻碾糙率皆高於官定碾糙率，而秈稻碾糙率均低於官定碾糙率。在害蟲族群變化上，兩處穀倉之穀蠹及米象均於當年 4 至 5 月，穀倉溫度逐漸增高時大量發生，若能於此時期加強害蟲防治，將能大幅減少蟲害損失。在稻穀貯藏管理上，若貯藏品種為台中秈 10 號時，管理者更要加強蟲害管理，尤其要留意稻穀破損率，以免因破損率提升，使害蟲嚴重發生，導致最後碾糙率不足現象。

關鍵詞：粳稻、秈稻、穀蠹、米象、麥蛾、破損率、碾糙率。

前　　言

台灣最主要水稻 (*Oryza sativa*) 栽培品種分粳稻與秈稻兩大類，粳稻在台灣之種植面積約佔 90%，秈稻則佔了 10%。其中粳稻最主要栽培品種為台南 11 號 (Tainan No. 11)，而秈稻則為台中秈 10 號 (Taichung Sen No. 10)。在收穫後部分稻穀經政府收購，貯藏於各地穀倉以備民生所需，收購之公糧貯藏量與栽培面積比例相似，粳稻遠高於秈稻，貯藏期約 1~2 年，期間常遭受到積穀害蟲為害而造成稻穀損害。

水稻於收割後呈潮濕狀態，無法立即裝袋並送至穀倉貯存，須透過烘乾機進行乾燥 (Courtois *et al.*, 2001)，濕穀在烘乾時會經過許多機械流程，包含螺旋運轉方式進行，常使稻穀之破損率提升，導致害蟲容易發生，使最後貯藏損失增加 (Sidhu *et al.*, 1975; Bonazzi *et al.*, 1994; Yao *et al.*, 2009)。粳稻外形屬短圓形，於濕穀烘乾時較不易受到機械流程之物理破壞。秈稻外形屬長型，在烘乾過程較容易受機械流程之影響，造成稻穀破損率增加，導致在貯藏期使害蟲侵入機率提升，且在碾糙加工所耗費時間較長，容易造成糙米斷裂成碎米，因此碾糙率不及粳

稻 (Song *et al.*, 1988)。除了外形上的不同造成碾糙率差異，米粒中的直鏈性澱粉、蛋白質含量等都可能會造成影響，一些研究顯示胚乳外側區域之高密度貯存蛋白能有效降低碾製期間穀粒的破損 (Leesawatwong *et al.*, 2005; Yi *et al.*, 2011)，因此兩種稻穀在貯藏及碾製加工處理上，管理者要有不同留意層面。

除了乾燥及碾製過程造成之損失外，稻穀於貯藏期間容易遭受積穀害蟲之為害，經烘乾及運送過程造成稻穀外殼出現開口，也可能吸引米象前來產卵 (Ryoo and Cho, 1992)，成為貯藏期間害蟲入侵的最佳選擇。政府雖對於新式糧倉進行大量興建及補助，並改善蟲害防治方法，但稻穀於貯存一年後受蟲害損失仍高達 2%，換算金額約損失 1.18 億元 (Yao *et al.*, 1998)，因此對於穀倉中之積穀害蟲為害防治有其重要性。依照積穀害蟲為害習性與入侵之順序，可將其分為初級害蟲及次級害蟲，初級害蟲直接蛀食稻穀內部並繁殖於其中，對於稻穀為害程度較高，常見者有穀蠹 (*Rhyzopertha dominica* Fabricius)、米象 (*Sitophilus oryzae* L.)、麥蛾 (*Sitotroga cerealella* Olivier)、擬穀盜 (*Tribolium castaneum* Herbst) 等；次級害蟲常伴隨著初級害蟲後出現，主要以初級害蟲為害後之碎屑為食，常見者有角胸粉扁蟲 (*Cryptolestes ferrugineus* Stephens)、鋸胸粉扁蟲 (*Oryzaephilus surinamensis* L.) 等。其中初級害蟲對稻穀所造成的損失，遠高於次級害蟲 (Peng, 1979; Yao and Lo, 1992)。

針對粳稻與秈稻兩品種在貯藏期之害蟲為害影響，Peng (1979) 曾調查不同品種稻穀倉鞘翅目害蟲之發生狀況，發現穀蠹在粳稻之發生高於長粒秈稻，而米象發生則相反。在稻穀損失量上，則以長粒秈稻最為嚴重。近年來，許多公糧管理業者，均反映秈稻在貯藏期有極高之害蟲發生及較低的碾糙率，影響其貯藏意願。Kuo (1986) 曾研究指出碾糙率受栽種地點、期別及稻作品種等因素影響，常造成顯著差異。因此本研究針對兩種品種均有貯藏之彰化伸港鄉農會與鹿港鎮農會穀倉，進行兩種稻穀品種在貯藏期間之害蟲發生調查，並比較兩種稻穀於試驗前後之破損率差異，以及評估兩種稻穀之碾糙率。以瞭解害蟲於貯藏期間對兩種品種之為害差異，便於族群大量增長前能儘早防治。同時針對現有之官訂碾糙率進行評估，以提供農糧署在碾糙率修定之參考，提升公糧管理業者貯藏的意願。

材料與方法

試驗穀倉之選定

本試驗同時於彰化伸港鄉農會 (24°09'11.2"N, 120°29'11.5"E) 及鹿港鎮農會 (24°05'28.8"N, 120°28'39.3"E) 之穀倉進行，調查之稻穀品種為台南 11 號及台中秈 10 號兩品種水稻，試驗期別為 2016 年一期水稻。彰化伸港鄉農會之稻穀約在 2016 年 7 月底進倉貯藏，放置在 2 號穀倉屬磚造平倉，鹿港鎮農會之稻穀約同時間貯藏，放置在 1 號倉屬集中型平倉。兩種品種均放置於棧板上堆疊，每一棧板由每包 60 公斤稻穀每層 5 包共 5 層，合計 25 包交互堆疊而成，約 1.5 公噸。每品種 3 重複，共計 4.5 公噸。

貯藏期之害蟲族群發生調查及溫濕度記錄

稻穀經收成後存放於穀倉，經農糧署查定後開始進行害蟲調查，調查開始時間為 2016 年 9 月 13 日，每隔一個月調查一次，共調查 11 次。在取樣時分為上、中及下層進行採樣，每樣品以分格式取樣管進行採樣約 1 kg，採集 3 個棧板稻穀堆共 9 重複樣本數。樣品帶回農業試驗所積穀害蟲研究室進行調查，分別記錄兩種稻穀之害蟲發生種類及成蟲數。為了調查稻穀內之卵、幼蟲及蛹之繁殖數，樣品於調查後將成蟲除去後，繼續將樣品貯藏於 30℃之定溫箱，經一個月後再次記錄害蟲種類及成蟲數，做為害蟲為害總蟲數，以分析成蟲與未成熟期之比率。另在稻穀堆疊最上方往下一層放置溫濕度紀錄器一個 (袋內)，倉庫內門口附近亦放置一個 (倉內)，以記錄稻穀貯藏期間之溫濕度變化。在調查期間，均未經任何藥劑處理。

粳稻與秈稻破損率調查

於稻穀進倉貯藏前，先對台南 11 號及台中秈 10 號兩品種水稻之乾穀進行取樣，同一期別於暫存筒裝袋過程，在不同時間分別取樣 6 包，每包 200 g。再從取樣包中取出 20 g，進行稻穀破損率分析。破損率之判斷，分別包含機械 (穎殼機械破損)、蟲害 (蟲咬痕)、品種特性 (穎殼漲裂) 及其他 (發芽) 等特徵。經貯藏一年試驗結束前，再次進行稻穀破損率調查，以瞭解稻穀貯藏期可能損害因子。

粳稻與秈稻之碾糙率計算

碾糙率計算方面，於試驗開始前先進行棧板稻穀堆的重量測量，於試驗結束後於該農會之大型碾

表一　在伸港鄉農會及鹿港鎮農會之貯藏一年後所發現之昆蟲名錄及頻率
Table 1.　Survey of species list and frequency of insects stored one year in Shengang and Lukang paddy rice

Species	frequency surveyed[1)]			
	SG-Jap[2)]	SG-Ind	LK-Jap[2)]	LK-Ind
Sitophilus oryzae (L.)	**	***	**	***
Rhyzopertha dominica (Fabricius)	****	****	***	****
Tribolium castaneum (Herbst)	**	**	*	**
Sitotroga cerealella (Olivier)	**	*	*	**
Cadra cautella (Walker)	*	—	—	—
Cryptolestes ferrugineus (Stephens)	**	**	**	**
Oryzaephilus surinamensis (L.)	**	*	*	**
Latheticus oryzae (Waterhouse)	*	*	*	*
Lophocateres pusillus Klug	—	**	**	**
Palorus beesoni Blair	*	*	*	**
Xylocoris flavipes (Reuter)	**	**	**	**
Lariophagus distinguendus (Forster)	—	*	*	*

1) ****: No. of insect over 500; ***: 500 > No. of sample occurrence ≥ 100; **: 100 > No. of sample occurrence ≥ 10; *: 10 > No. of sample occurrence
2) SG-Jap: Japonica rice in Shengang; SG-Ind: Indica Rice in Shengang; Lk-Jap: Japonica rice in Lukang; Lk-Ind: Indica Rice in Lukang.

米機（兩處農會礱穀機之型號均為 OYAMA 公司，RH-10）進行碾糙作業。每處理之三重複合併一起碾製成糙米，以計算貯藏後之碾糙率。因兩處試驗稻穀均屬公糧，而公糧之碾糙率由農糧署設定，伸港農會之 2016 年 1 期粳稻之碾糙率為 77.610%，貯藏 12 個月至 18 個月期間考慮有害生物所造成損失，會再下修 0.625%，因此伸港農會粳稻經貯藏後 13 個月之官定碾糙率會下修至 76.985%。秈稻部分官定碾糙率則為 74.705%。鹿港農會方面，粳稻貯藏後 13 個月後之官定碾糙率為 77.045%，秈稻官定碾糙率為 74.945%。針對兩處稻穀最後碾糙率再與官定碾糙率進行比較，分析經一年貯藏期後稻穀盈餘或損失之情形。

統計分析方法

本研究使用 SAS Enterprise Guide 7.1 統計軟體，將數據以平均值及標準差呈現，並以 t-test 進行台南 11 號及台中秈 10 號兩品種間害蟲族群、稻穀破損率等之檢測，顯著水準 α 值為 0.05。

結　　果

兩品種稻穀在貯藏期之害蟲發生種類及族群發生比較

台南 11 號及台中秈 10 號稻穀在彰化縣伸港鄉農會及鹿港鎮農會穀倉之貯藏期間，共有 10 種害蟲及 2 種益蟲被檢出（表一），初級害蟲主要以穀蠹發生最嚴重，米象次之。次級害蟲則以角胸粉扁蟲及暹羅穀盜（*Lophocateres pusillus* (Klug)）最多。益蟲部分則以粗腿花蝽（*Xylocoris flavipes* (Reuter)）最常見，寄生蜂（*Lariophagus distinguendus* (Forster)）數量較少。

兩種水稻貯藏期間之害蟲族群變化，將分別從成蟲總數及所有齡期總蟲數進行分析。在成蟲總數上，兩處穀倉之族群變化如圖 1，伸港鄉農會之秈稻成蟲數在貯藏 12 個月後達 1338 隻，而粳稻則為 771 隻，總害蟲族群的發生在秈稻數量上高於粳稻，於貯藏至 10 個月後，兩品種之害蟲發生逐漸有顯著差異（圖 1A）。鹿港鎮農會之秈稻成蟲數在貯藏 12 個月後達 956 隻，而粳稻則為 498 隻，總害蟲族群亦為秈稻高於粳稻，於貯藏後期（最後 3 個月）亦有顯著差異（圖 1B）。

若將伸港及鹿港兩地之粳稻內成蟲總數及所有齡期總蟲數進行迴歸分析，結果如圖 2A，方程式為 $y = 1.37x + 48.25$，決定係數為 0.9173。秈稻部分所得結果亦相似如圖 2B，方程式為 $y = 1.32x + 49.23$，決定係數為 0.9656。在害蟲密度低於 100 隻以下，可預估所有齡期總蟲數約成蟲數之 2 倍。

從主要害蟲之發生進行分析，最主要害蟲穀蠹，伸港農會之發生狀況以秈稻高於粳稻如圖 3A，僅於

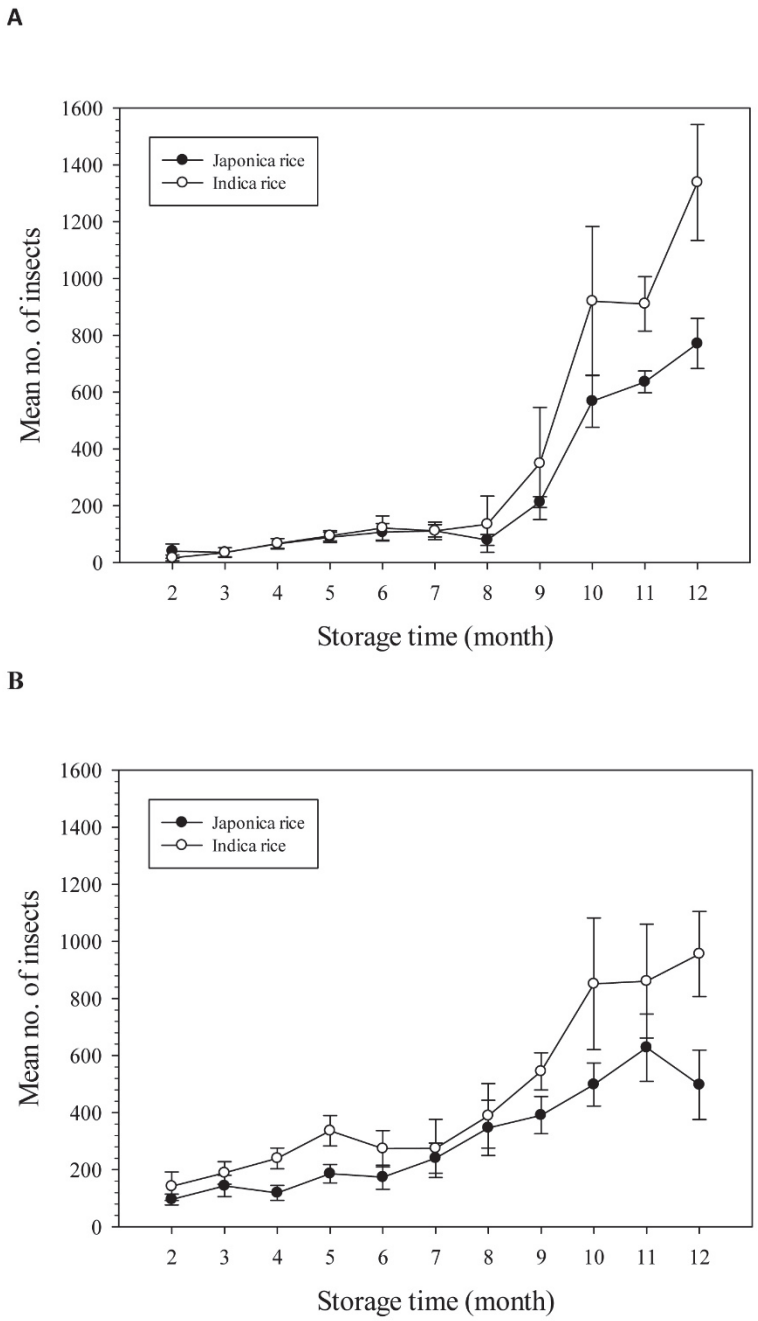

Fig. 1. Comparison of total pest numbers in stored grains for the first rice crop of 2016: (A) Shengang (B) Lukang. Statistical significance was analyzed using the t-test, and the asterisk indicates significant differences ($P < 0.05$).

貯藏後 12 個月秈稻之穀蠹達 823 隻，數量顯著高於稉稻之 572 隻 ($p < 0.05$)。在鹿港農會之稉稻與秈稻之穀蠹發生數，則有較顯著差異（圖 3B)，調查期間有數個月之秈稻穀蠹數量顯著高於稉稻 ($p < 0.05$)，於貯藏後 12 個月秈稻之穀蠹達 742 隻，數量顯著高於稉稻之 401 隻。米象之發生狀況，伸港農會之秈稻內米象數量於貯存第 9 個月開始顯著高於稉稻 ($p < 0.05$) 如圖 4A，且此時秈稻之米象數量急速上升，於貯藏後 12 個月秈稻之米象達 105 隻，數量顯著高於稉稻之 16 隻；同樣狀況亦在鹿港之秈稻發生如圖 4B，米象數量於貯存第 10 個月開始顯著高於稉稻 ($p < 0.05$)，於貯藏後 12 個月秈稻之米象達 102 隻，數量顯著高於稉稻之 33 隻。另一主要害蟲麥蛾，在伸港農會稉稻與秈稻間之麥蛾數量看不出明顯差異，但於貯存第 9 個月開始兩種稻穀之麥蛾數量有些微上升的趨勢如圖 5A；鹿港農會稉稻與秈稻之麥蛾發生如圖 5B，兩品種間之麥蛾發生無顯著差異，同樣在貯存第 9 個月有增加趨勢。

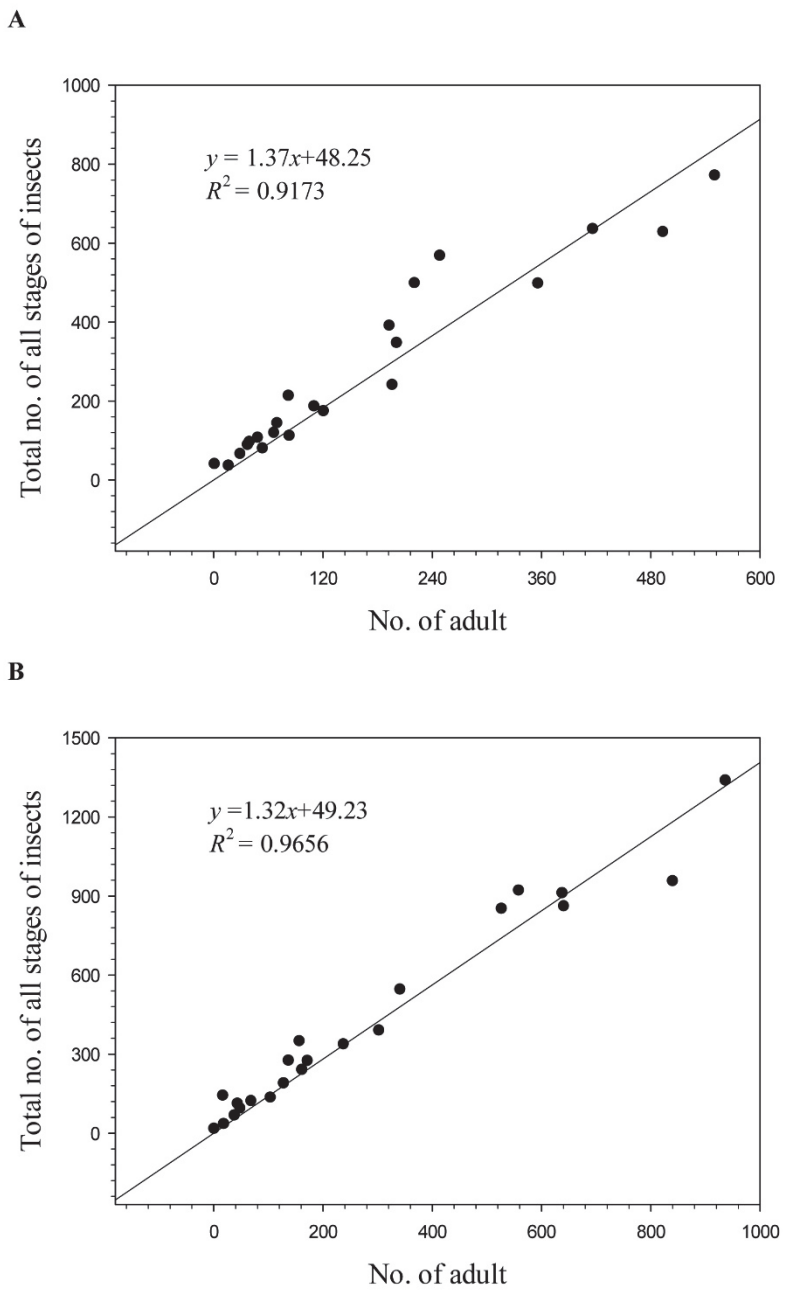

Fig. 2. Total insect numbers as a function of adult insects in stored grains for the first rice crop of 2016: (A) Japonica rice (B) Indica rice. Statistical significance was analyzed using the *t* test, and the asterisk indicates significant differences ($P < 0.05$).

兩品種稻穀在貯藏期之溫濕度變化

在伸港及鹿港農會兩地稻穀貯藏期間，進行貯藏倉內及兩種品種袋內之溫度變化調查。結果顯示如圖 6，兩地均在彰化縣，且相距約 10 公里，因此彼此間之差異很小。伸港農會在貯藏初期在 8 月，溫度達 34.1℃ (2016 年 7 月 24 日) (圖 6A)，貯藏最低在 2 月中旬，溫度降到 14.4℃ (2017 年 2 月 12 日)。在貯藏第 9 個月後約在四月上旬，不論粳稻或秈稻之溫度逐漸上升超過 25℃，在貯藏後期在兩種稻穀內之溫度均超過 30℃以上。鹿港農會之溫度變化與伸港農會類似 (圖 6B)，亦在貯藏第 9 個月後約四月上旬以後，不論粳稻或秈稻之溫度逐漸超過 25℃。

在稻穀貯藏期間倉內及兩種品種袋內之濕度變化如圖 7，濕度範圍在 RH 60~75%之間，貯藏初期較低，隨貯藏時間增加有逐漸上升趨勢，但在貯藏至 11 個月後約 6 月下旬又有逐漸降低現象。

稻穀貯藏期間，亦測量袋內稻穀之含水量，其變化如圖 8，伸港試驗倉方面，粳稻一整年含水量平均約介於 13~14%之間，粳稻一整年含水量平均約介

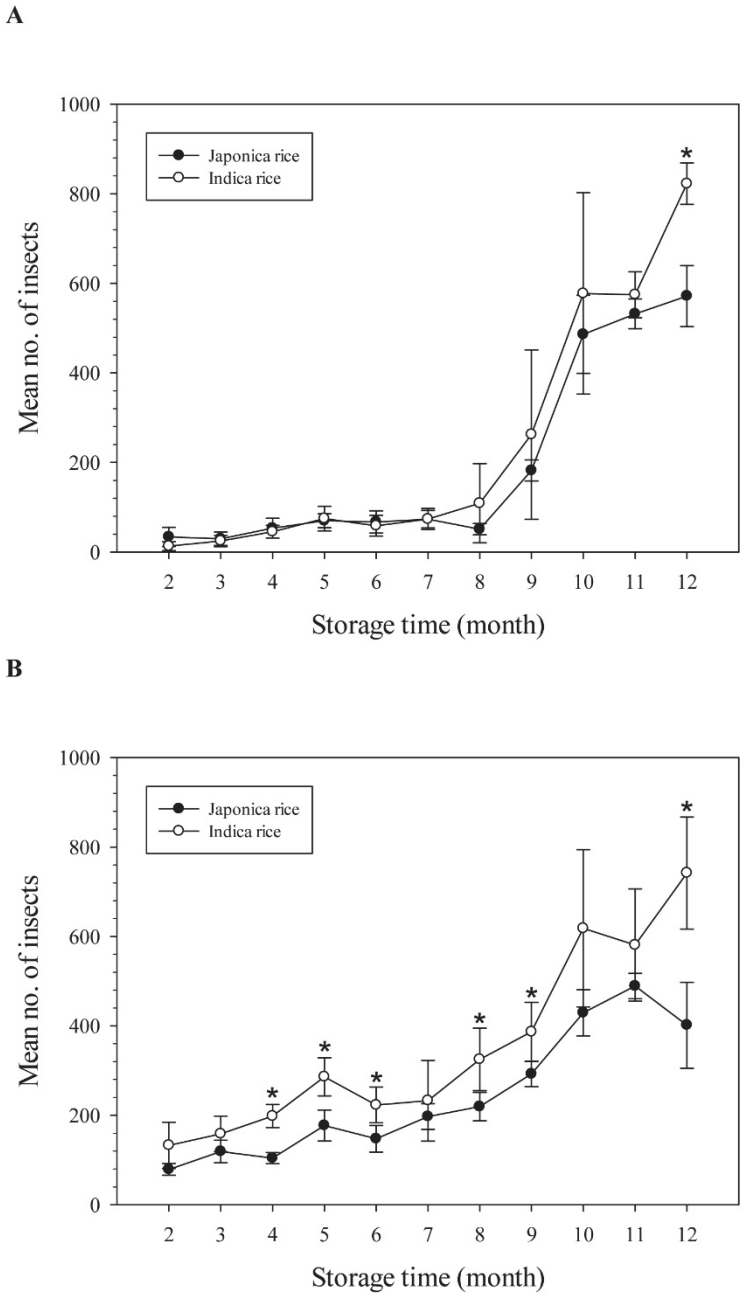

Fig. 3. Comparison of total *Rhyzopertha dominica* numbers in stored grains for the first rice crop of 2016: (A) Shengang (B) Lukang. Statistical significance was analyzed using the *t* test, and the asterisk indicates significant differences ($P < 0.05$).

於 12~13.6%之間；鹿港試驗倉方面，稉稻一整年含水量平均約介於 13.1~13.8%，秈稻一整年含水量平均約介於 12.3~13.2%，兩試驗倉稻穀含水量皆以稉稻大於秈稻。

兩種稻穀破損率之比較

伸港農會試驗處理前秈稻之總破損率為 22.68%，顯著高於稉稻之 5.78%；機械破損率同樣以秈稻之 6.36%顯著高於稉稻之 3.34%；兩種稻穀之蟲害破損率則無顯著差異 (圖 9A)。貯藏一年後的破損率及總破損率同樣以秈稻之 21.38%顯著高於稉稻之 4.96%；機械破損率於兩種稻穀上沒有顯著差異；蟲害破損率則以秈稻之 3.49%顯著高於稉稻之 1.49% (圖 10A)。

另外鹿港農會之稻穀破損率結果方面，試驗處理前之總破損率以秈稻 16.10%，顯著高於稉稻之 5.13%；機械破損率以秈稻 5.61%顯著高於稉稻之 2.05%；蟲害破損率則無顯著差異 (圖 9B)。試驗後之破損率結果方面，總破損率以秈稻之 20.14%顯著高於稉稻之 4.59%；機械破損率以秈稻之 3.35%顯

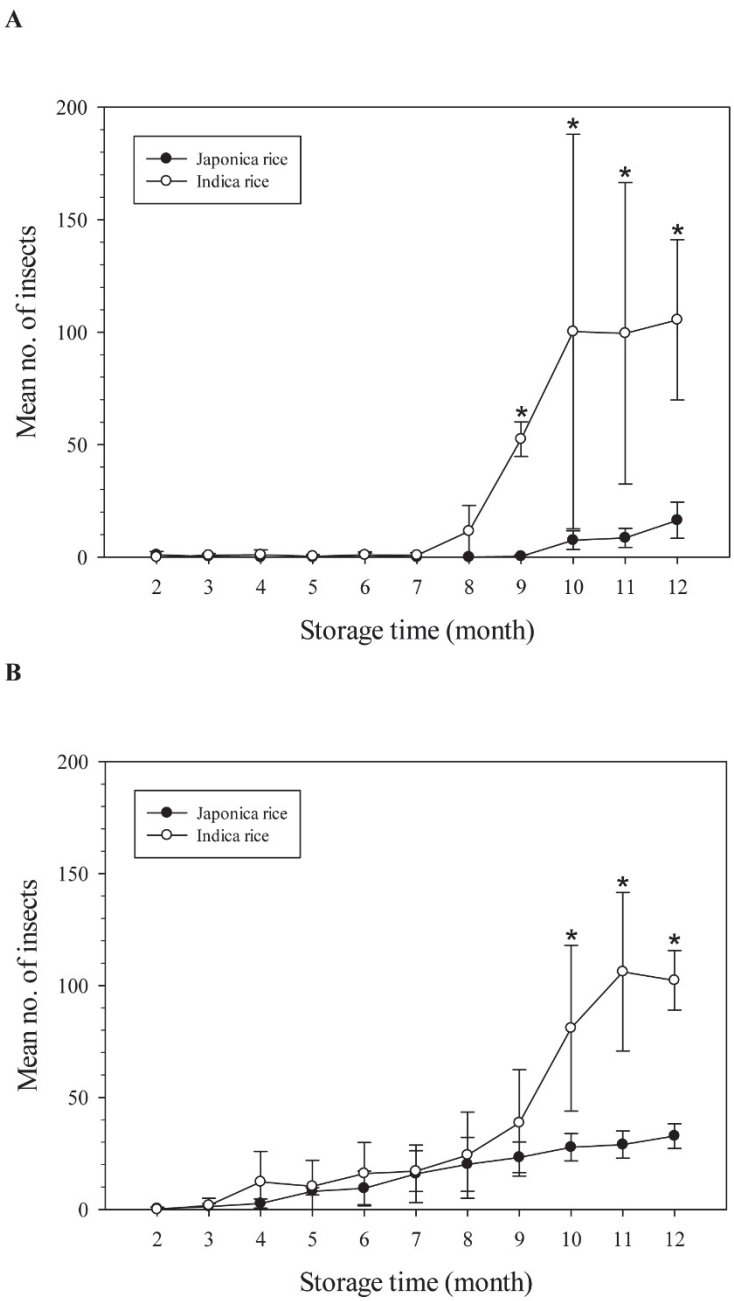

Fig. 4. Comparison of total *Sitophilus oryzae* numbers in stored grains for the first rice crop of 2016. (A) Shengang (B) Lukang. Statistical significance was analyzed using the *t* test, and the asterisk indicates significant differences ($P < 0.05$).

著高於粳稻之 1.16%；蟲害破損率以秈稻之 2.81% 顯著高於粳稻之 1.24% (圖 10B)。

兩種稻穀碾糙率之比較

兩處穀倉之粳稻與秈稻經貯藏後 13 個月，進行碾糙率測定，結果如表二。伸港農會粳稻官定碾糙率為 76.985%，實際碾糙率為 79.570%，較官定碾糙率多出 2.585%，換算成稻穀重則盈餘約 118.26 kg；秈稻官定碾糙率已下修至 74.705% ，實際碾糙率為 71.21%，較官定碾糙率低 3.495%，換算成稻穀重則虧損約 152.03 kg。鹿港農會方面，試驗結果類似，粳稻官定碾糙率為 77.045%，實際碾糙率為 78.37%，較官定碾糙率多 1.325%，換算成稻穀重盈餘約 66.18 kg；秈稻官定碾糙率為 74.945%，實際碾糙率為 71.360%，較官定碾糙率低 3.585%，換算成稻穀重則虧損約 163.72 kg。兩處穀倉粳稻之碾糙率均高於秈稻，且較官定碾糙率為高。而秈稻之碾糙率均低於官定碾糙率。

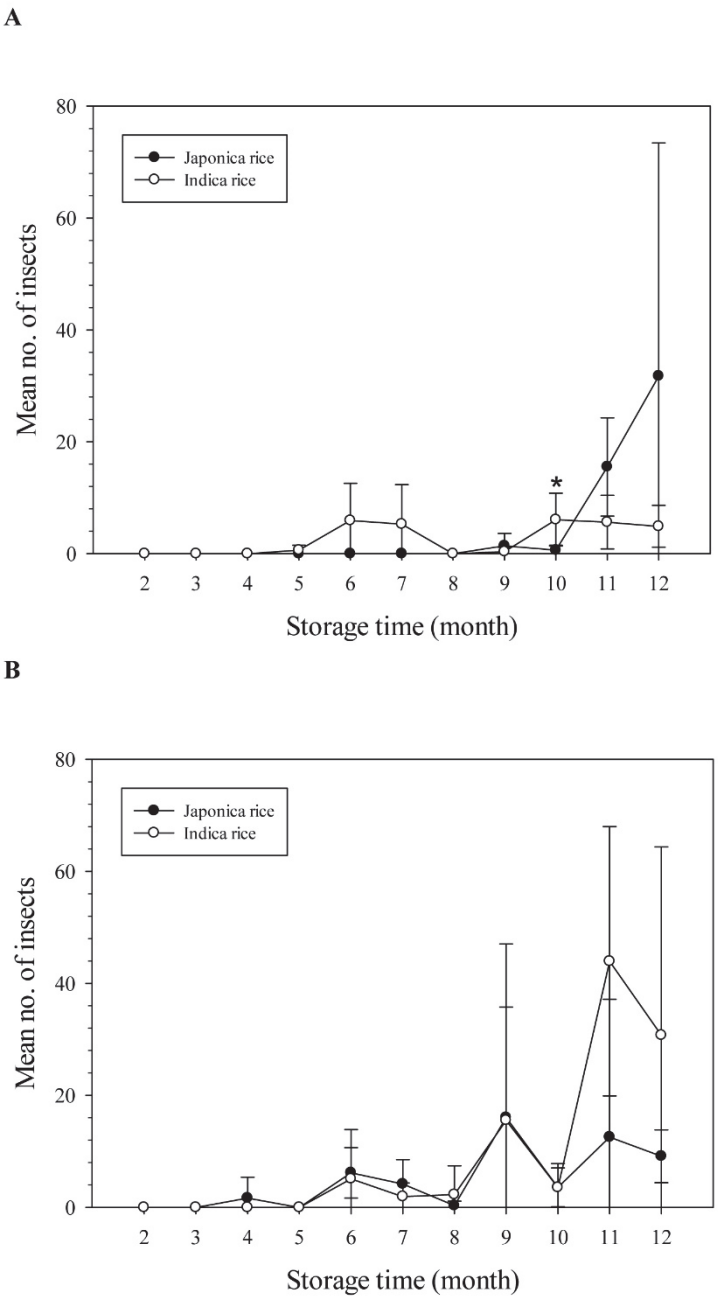

Fig. 5. Comparison of total *Sitotroga cerealella* numbers in stored grains for the first rice crop of 2016: (A) Shengang (B) Lukang.

討　　論

台南 11 號稉稻及台中秈 10 號秈稻兩品種，在貯藏期間之害蟲發生蟲相及族群趨勢，顯示初級害蟲方面主要為穀蠹、米象及麥蛾等；次級害蟲方面則主要有角胸粉扁蟲、暹羅穀盜及鋸胸粉扁蟲等。從初級害蟲方面來看，兩試驗倉之稉稻及秈稻之初級害蟲皆以穀蠹數量最多，且以秈稻之發生高於稉稻，米象方面同樣為秈稻較稉稻為高，麥蛾於兩種稻穀則無顯著差異。此次調查結果，在稉稻部分與以往調查結果相似（Yao and Lo, 1992），在秈稻部分則與 Peng (1979) 之調查有所差異。Peng (1979) 曾比較稉稻及秈稻之害蟲發生差異，結果顯示稉稻之害蟲密度高於秈稻，僅米象的密度是秈稻高於稉稻。兩者之差異，可能與收穫後之烘乾及貯藏方式有密切相關。

稻穀一般收成後仍保持潮濕狀態，需經由烘乾機等處理過程才能進行貯藏（Courtois *et al.*, 2001），然而稻穀經由烘乾機螺旋運輸等處理過程時容易遭受機械破壞使穎殼出現開口，進而於貯藏期

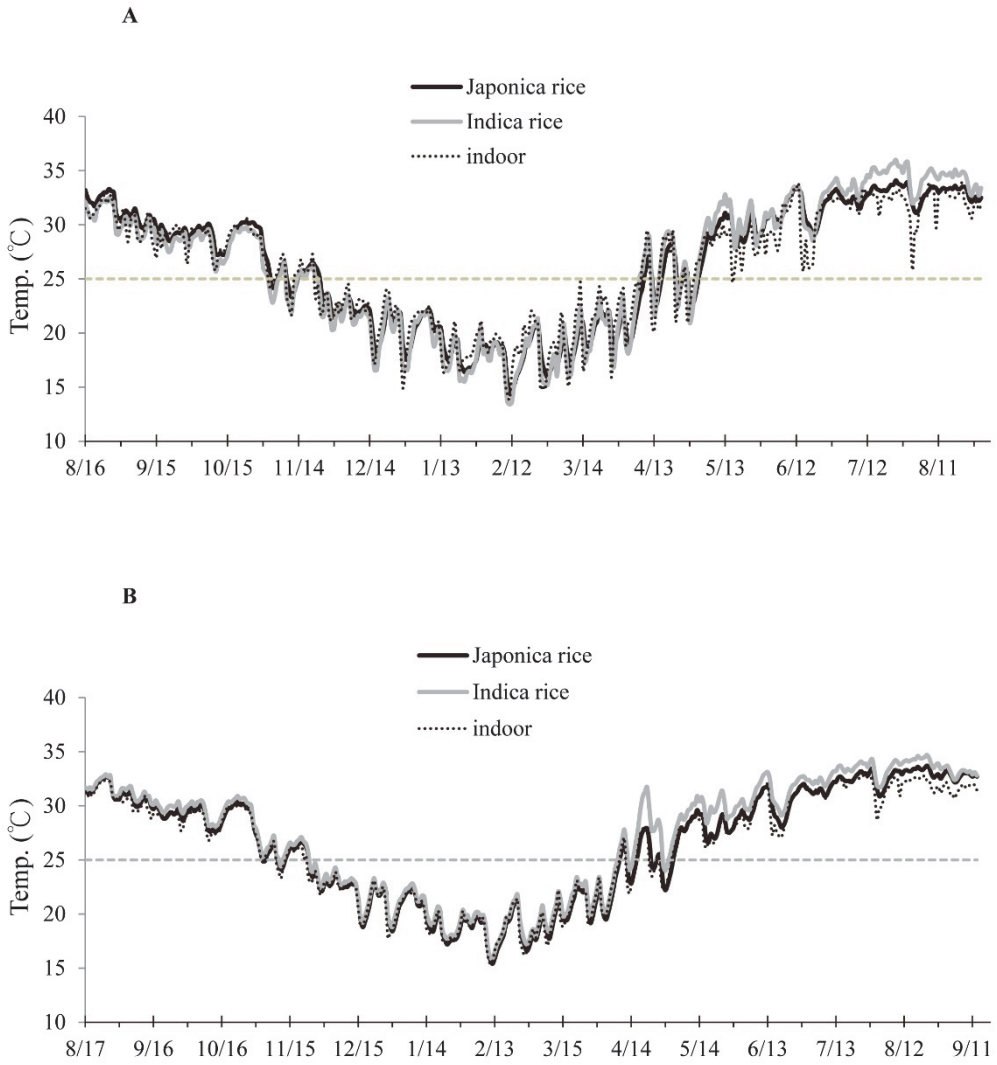

Fig. 6. Temperatures in storage rice piles and airspace of the barn: (A) Shengang (B) Lukang.

間造成積穀害蟲之侵入 (Yao *et al.*, 2009)，秈稻在結構上較為細長，於加熱烘乾及運送的過程更容易造成穎殼破裂產生缺口，進而使害蟲更易侵入為害並大量發生。近年來，政府逐漸推動濕穀收購及補貼政策，所有稻穀收穫後均直接進入農會或碾米廠之稻穀烘乾中心，所有流程均以機械傳輸，導致稻穀破損率提升。在此次調查中，亦發現單純機械所造成的破損，秈稻約為粳稻之 2 倍，若包含穀型因素，兩者差異則高達 3 倍以上。使害蟲之侵入機會提高，可能因此影響秈稻在害蟲密度高過粳稻。而米象之發生，亦與稻穀之破損率有密切相關，Hung and Peng (1985) 之研究指出，稻穀之穀粒穎殼破損程度與米象或玉米象之引誘成正比關係，此次調查亦得到印證。

次級害蟲方面，兩品種稻穀間之次級害蟲種類差異不大，但主要都以角胸粉扁蟲及暹羅穀盜為主，亦與 Peng (1979) 之調查相似。一般而言，積穀害蟲以初級害蟲最先為害稻穀，初級害蟲會直接蛀食稻穀至內部核心並取食內胚乳，接著於核仁開洞並繁殖於其中，其完整生活史於核仁中完成；當初級害蟲將稻穀取食成粉末碎屑，便會吸引次級害蟲前來取食，次級害蟲也可以藉由初級害蟲於核仁所造成之開口來為害內核 (Mason and Strait, 1998)。本試驗皆以帶有穎殼之稻穀進行試驗，因此害蟲皆以初級害蟲為主，稻穀在遭受穀蠹、米象及麥蛾等初級害蟲之為害後會產生穀物的碎屑及粉塵，進而吸引一些次級害蟲如角胸粉扁蟲及暹羅穀盜等前來取食。益蟲方面，仍以粗腿花蝽數量較多，而寄生蜂則少量發生，在以往調查曾發現之直腹偽蠍 (*Chelifer nodosus* Schrank) (Yao *et al.*, 1998) 此次並未發現。

積穀害蟲之發生與為害受到許多因素影響，水

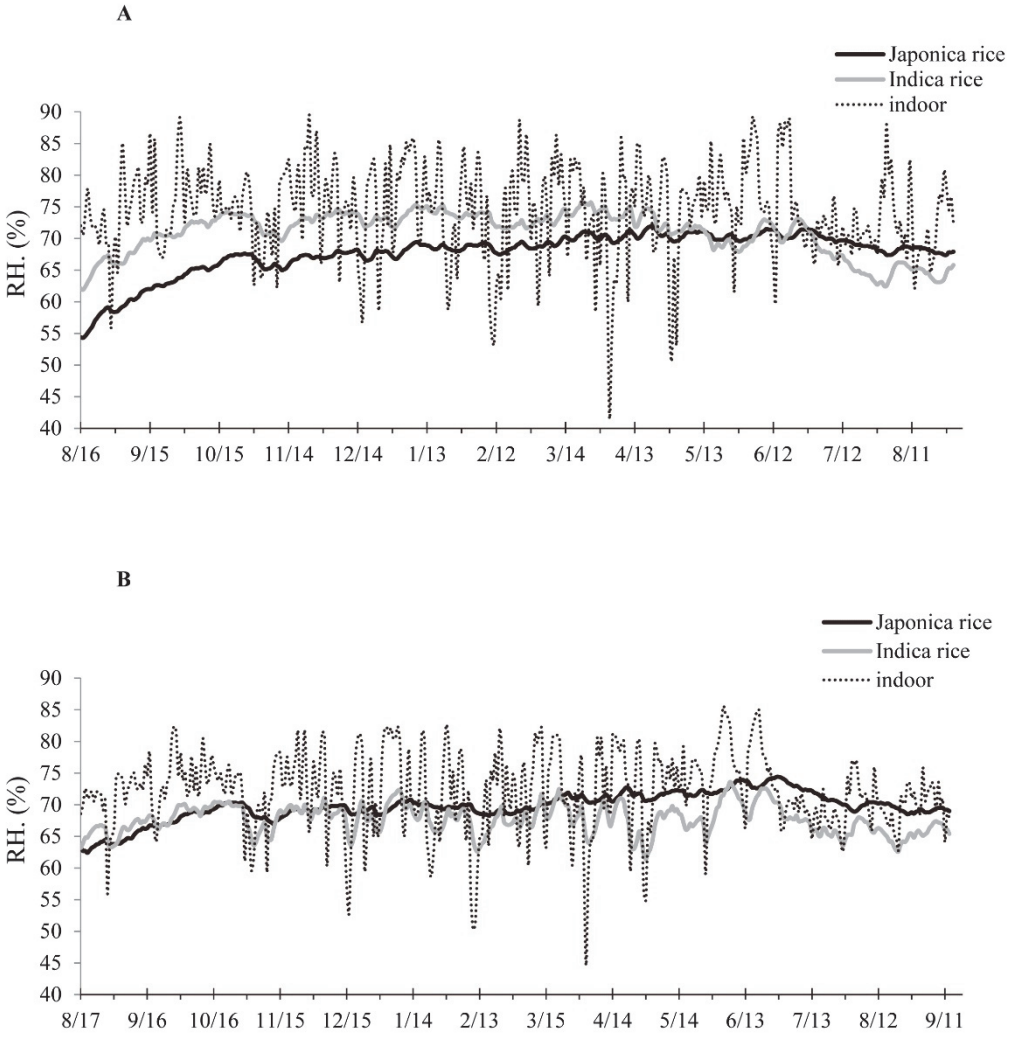

Fig. 7. Humidity in the storage rice piles and airspace of the barn: (A) Shengang (B) Lukang.

分及溫度隨著時間的變化可能造成積穀害蟲有不同的空間分布 (Flinn and Hagstrum, 2011)。環境的高溫度及濕度能提供積穀害蟲良好的溫床並加速其發育速率，進而造成貯存糧食的損失 (Hagstrum *et al.*, 2012)。棧板稻穀堆表層及內部溫度及濕度不同，因此族群發生可能會隨著採樣位置而有所差異。一般而言，多數積穀害蟲最佳之生長與繁殖溫度約為 25 至 33°C (Fields, 1992)，穀蠹於 28°C 之下完成一世代的時間僅需約 36 天，米象於 27.2°C 時完成一世代只需要 25 天，低於 17°C 則大幅增加其完整生活史的時間 (Lin, 1959a, b)。在本次試驗結果中可以看出，兩試驗倉之粳稻與秈稻的害蟲爆發時間點約是貯存第 9 個月開始，此時間點為 4 月，對應至兩試驗倉稻穀堆溫度可以發現，於 4 月上旬開始，粳稻及秈稻稻穀堆的溫度開始高於 25°C，顯示溫度高於 25°C 確實會誘發害蟲大量發生。

稻穀含水量多寡對於積穀害蟲發生之影響的文獻相當稀少，從本研究的結果可看出，兩試驗倉之稻穀含水量皆以粳稻顯著高於秈稻，但蟲害發生卻是秈稻高於粳稻。貯藏穀物的水份約介於 12~18%，此條件最利於積穀害蟲的發育最為有利 (Hagstrum *et al.*, 2012)，在本試驗中兩試驗倉之粳稻含水量雖都顯著高於秈稻，但兩稻穀皆在適合積穀害蟲發育的含水量範圍內，其實際影響蟲害發生的主要因子，未來需要進一步探討。

從兩處穀倉稻穀貯藏一年後之碾糙率比較，發現粳稻與秈稻有極大差異。伸港農會之粳稻與秈稻相差為 8.36%，而鹿港農會兩品種相差亦達 7.01%。稻穀的品種確實對碾糙率有極大影響，一般粳稻品種之平均碾糙率則極顯著高於秈稻品種之平均碾糙率 (Kuo, 1986)。Song (1976) 指出長粒型秈稻因穀粒較為細長，在碾米過程中易被磨碎，致其碾米率較粳稻品種為低。Yang (1982) 亦指出品種之粒長、粒幅與長寬比與碾糙率呈負相關，顯示穀粒愈長之品

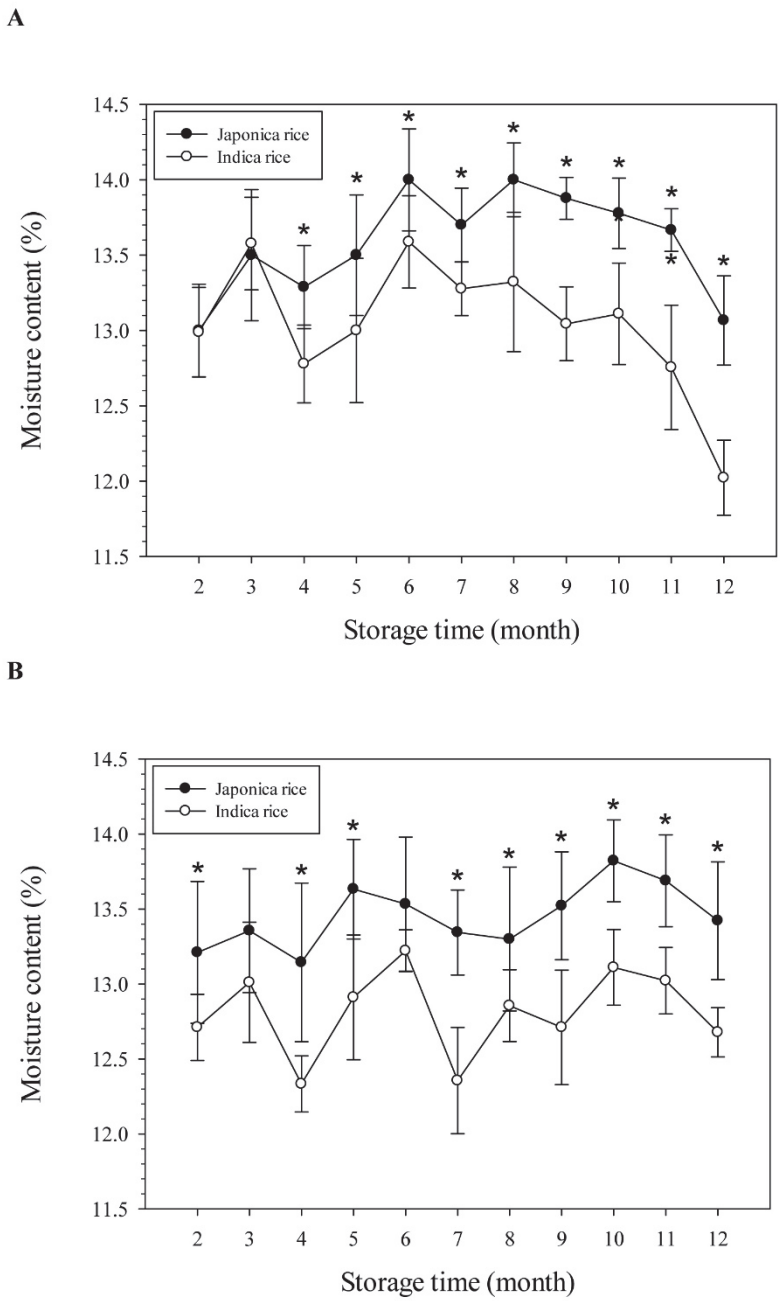

Fig. 8. Moisture content in stored grains for the first rice crop of 2016. (A) Shengang (B) Lukang. Statistical significance was analyzed using the *t* test, and the asterisk indicates significant differences ($P < 0.05$).

種碾糙率愈低。台南 11 號屬短粒型粳稻，而台中秈 10 號則屬長粒型秈稻，農糧署在碾糙率的設定上，已考慮到品種及穀型對碾糙率的影響。本研究顯示伸港及鹿港兩處穀倉粳稻及秈稻之碾糙率分別相差 2.28 及 2.10%。但實際貯藏後，兩處兩品種碾糙率之差異卻遠高於原始設定值。兩品種在伸港及鹿港兩處穀倉貯藏期間，均未經藥劑處理，但粳稻部分的碾糙率均優於農糧署的官定碾糙率，可能因這兩個農會在貯藏前，均針對濕穀乾燥機均有徹底清潔，能有效降低貯藏害蟲之發生與為害，可能有密切相關。

造成兩品種碾糙率差異之原因應與品種有極大關係，推估其原因有二：(1) 包含稻穀破損率的差異，不論是伸港農會或是鹿港農會，於試驗開始前之機械破損率都以秈稻顯著高於粳稻，且有顯著差異。(2) 試驗前粳稻與秈稻受蟲害的比率差異不大，但在試驗後粳稻與秈稻受到蟲害的比率具顯著差異。顯示秈稻於一整年試驗期間遭受積穀害蟲侵入，導致害蟲密度提升外，亦實際影響為害損失量，且因秈稻穀型細長，可能使穀粒遭受害蟲為害後，在碾米過程較易成為碎米，導致最後損失量明顯增加。在實際碾糙過程，發現秈稻碎米量約為粳稻兩倍，均顯示秈稻被為害後較易形成碎米，導致碾糙率明顯下降。

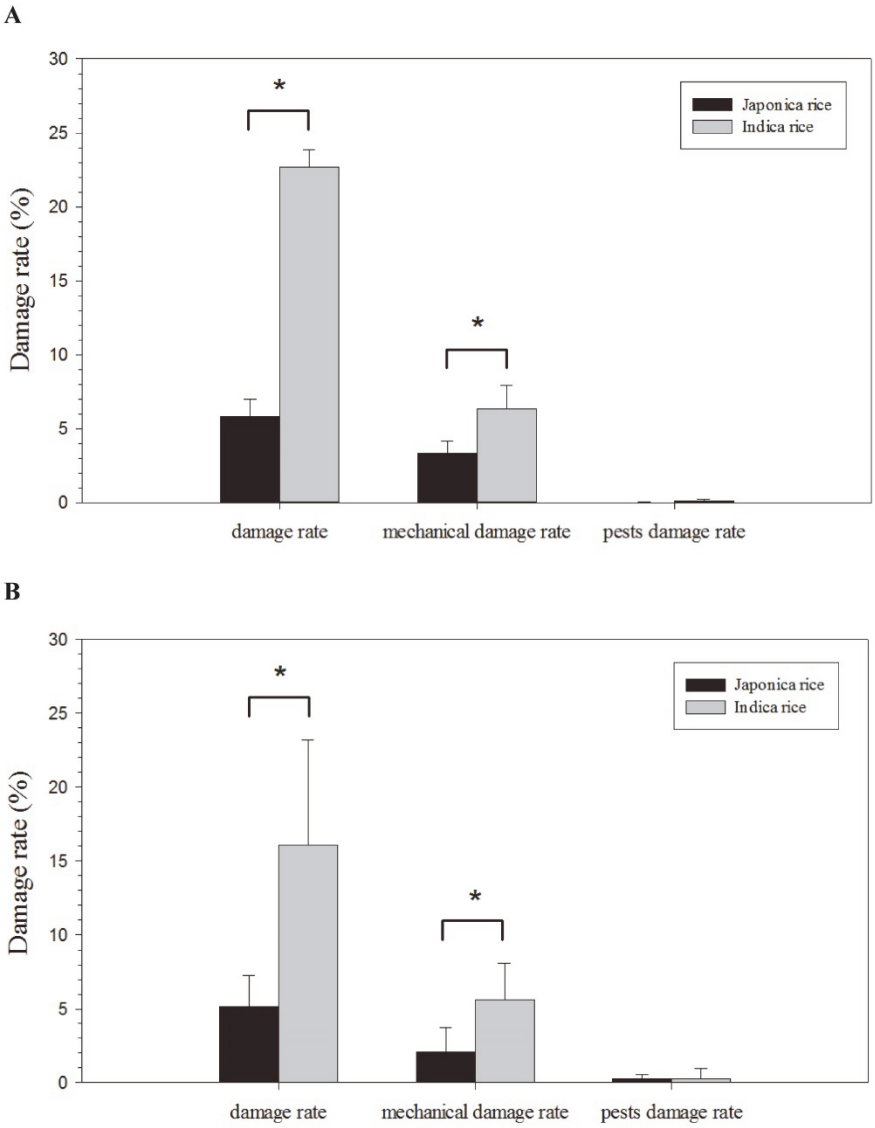

Fig. 9. Comparison of damage rates of Japonica rice and Indica rice in stored grains for the first rice crop of 2016 before testing. (A) Shengang (B) Lukang. Statistical significance was analyzed using the *t* test, and the asterisk indicates significant differences ($P < 0.05$).

稻穀貯藏期間除昆蟲為害外，亦常受其他生物之為害（Yao and Lo, 1993）。在試驗期間除進行兩穀倉之害蟲監測過程外，亦發現兩處穀倉均受麻雀（*Passer montanus saturatus* (Stejneger)）侵入為害，造成穀包破裂，稻穀被啄成穎殼滿地的現象，其中以秈稻之處理組更為明顯。而鹿港鎮農會穀倉亦受家鼷鼠（*Mus musculus* L.）為害，造成穀袋底部破損。導致鹿港農會之粳稻及秈稻在稻穀受害損失上提升，最後碾糙率均較伸港農會之兩品種為低。對害蟲的侵入阻隔，使用 32 目防蟲網對主要積穀害蟲有極佳效果（Su *et al*., 2017），在實際倉庫應用時，亦發現對麻雀之阻隔有極佳效果（資料尚未發表），可明顯降低穀袋受麻雀之啄害，未來穀倉可利用此一資材來降低稻穀之為害損失。

本研究結果顯示，由此次調查結果，顯示穀倉管理者對秈稻要比粳稻多費心，除在稻穀收穫之時，就要留意烘乾過程之稻穀破損率狀況。在貯藏階段更要留意害蟲發生情形，以免造成最後碾糙率不足現象。粳稻與秈稻為台灣重要糧食來源，經收成後貯存於穀倉以備糧需，期間易遭受積穀害蟲為害造成損失。稻穀於進倉貯存前可能因烘乾及運送過程使穎殼產生缺口，造成後續害蟲容易入侵及碾糙率下降等問題，尤以秈稻為甚，故於烘乾等過程時盡可能以漸進式的處理方式，避免潮濕稻穀瞬間受高溫使水分蒸發所造成的開口。本研究的結果也顯示，主要害蟲多於春末夏初（4、5 月）開始大量發生，兩試驗地點之兩品種稻穀皆有害蟲密度增加趨勢，且以穀蠹及米象較為明顯，因此可於此時期投注更多心力

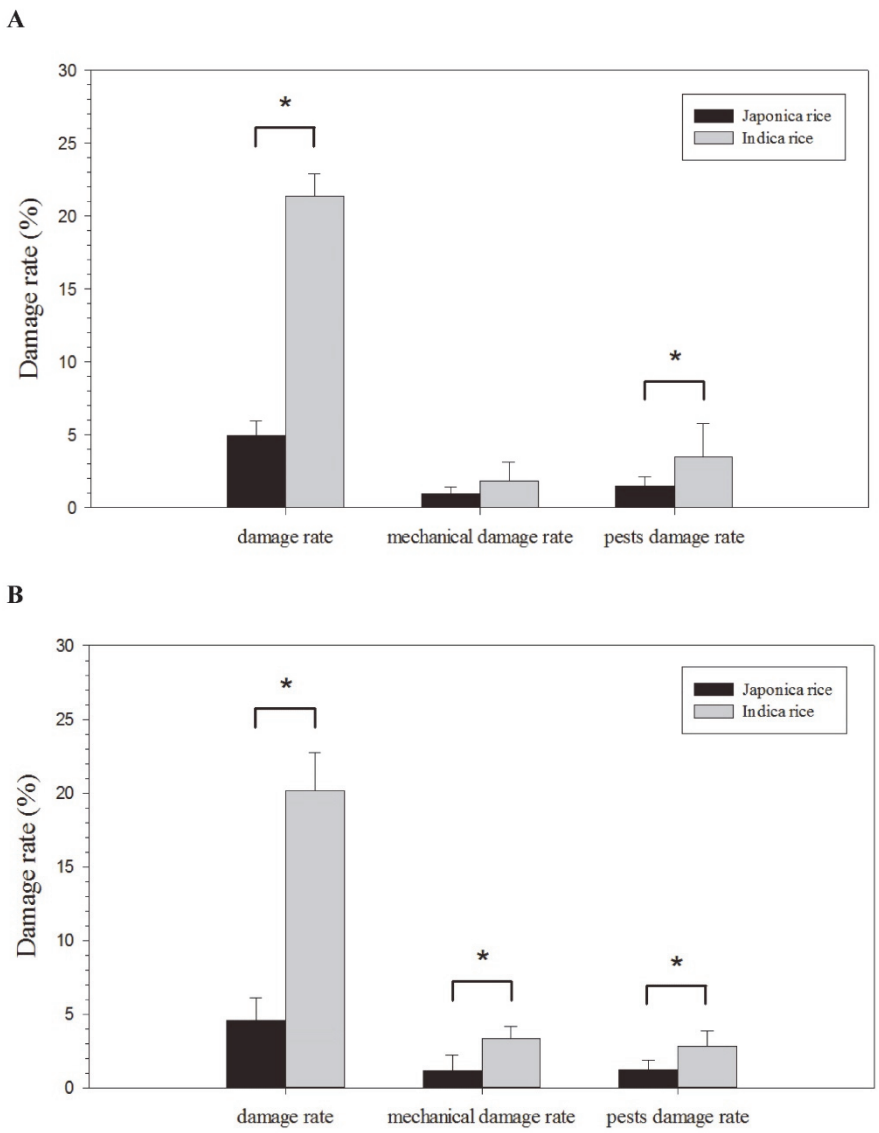

Fig. 10. 12-month comparison of damage rate of Japonica rice and Indica rice in stored grains for the first rice crop of 2016. (A) Shengang (B) Lukang. Statistical significance was analyzed using the *t* test, and the asterisk indicates significant differences ($P < 0.05$).

表二　貯藏 2016 年 1 期稉稻及秈稻貯藏一年後各處理之碾糙率比較

Table 2. Comparison of milling rate of brown rice between 2016th year first phase of Japonica rice and 2016th year first phase of Indica rice one year later

Treatment	Weight of grain (kg)	Weight of brown rice (kg)	Milling rate of brown rice (%)	Official milling rate of brown rice (%) [1)]	Gain loss (kg)
Shengang					
Japonica rice	4575	3640.3	79.57	76.985	118.26
Indica rice	4350	3097.5	71.21	74.705	-152.03
Lukang					
Japonica rice	4995.0	3914.8	78.37	77.045	66.18
Indica rice	4566.8	3258.8	71.36	74.945	-163.72

[1)] Official milling rate of brown rice after one year of storage= Given milling rate of brown rice - Permissible damage after one year of storage.

加強害蟲防治，可大幅降低害蟲族群，減少稻穀損失。

雖然秈稻的原始官定碾糙率已考慮品種特性已較粳稻為低，但本研究結果顯示除了稻穀本身特性及因烘乾等過程造成秈稻碾糙率不及粳稻之外，蟲害及其他生物（如麻雀或老鼠等）所造成之損失量也是相當重要的一環。因此，建議官定碾糙率應考慮稻穀於貯藏期間所受到之有害生物之為害損失，進行官定碾糙率之修訂。而管理者在貯藏過程更要留意害蟲密度之變化，利用已逐漸推廣應用之燈光誘殺或防蟲網技術，以降低害蟲為害所導致的損失。

誌　　謝

本研究進行期間承蒙本所李錦霞小姐協助試驗；文成後，復承陳健忠博士及錢景秦博士不吝撥冗斧正，謹此一併致謝。本研究接受農糧署委託辦理防蟲網對公糧穀倉害蟲之防治效果計畫之經費補助進行研究。

引用文獻

Bonazzi C, Courtois F, Geneste C, Pons B, Lahon M, Bimbenet J. 1994. Experimental study on the quality of rough rice related to drying conditions. pp 1031-1035. In: Rudolph V, Key RB (eds). Drying '94: Proceeding of the 9th International Drying Symposium. 1994 Aug 1-4; Gold coast, Australia.

Courtois F, Archila MA, Bonazzi C, Méot JM, Trystram G. 2001. Modeling and control of a mixed-flow rice dryer with emphasis on breakage quality. J Food Eng 49: 303-309.

Fields PG. 1992. The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures. J Stored Prod Res 28: 89-118.

Flinn PW, Hagstrum DW. 2011. Movement of *Rhyzopertha dominica* in response to temperature gradients in stored wheat. J Stored Prod Res 47: 407-410.

Hagstrum DW, Phillips TW, Cuperus G. 2012. Stored product protection. Kansas State University, K-state research and extension press. 350 pp.

Hung CC, Peng WK. 1985. The attractancy of rice kernels with different degrees of damage on husk to rice and maize weevil. Chinese J Entomol 5: 31-36.

Kuo YC. 1986. Variability of milling quality and grain appearance of rice varieties. J Agric Res China 35: 235-243.

Leesawatwong M, Jamjod S, Kuo J, Dell B, Rerkasem B. 2005. Nitrogen fertilizer increases seed protein and milling quality of rice. Cereal Chem 82: 588-593.

Lin T. 1959a. Bionomic studies of rice weevil, *Sitophilus oryzae* Linnaeus. Agric Res 8: 44-54.

Lin T. 1959b. Observations on the life history of lesser grain boror (*Rhyzopertha dominica* Fab.) in Taiwan. Agric Res 8: 55-66.

Mason LJ, Strait CA. 1998. Stored product integrated pest management with extreme temperatures. pp. 141-177. In: Hallman GJ, Denlinger DL (eds.) Temperature sensitivity in insects and application in integrated pest management. Westview Press, Boulder.

Peng WK. 1979. The occurrence of coleopterous insect pests in stored Japonica, Indica and long grain Inidca type rice. Natl Sci Counc Monthly 7: 602-608.

Ryoo MI, Cho HW. 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.

Sidhu JS, Gill MS, Bains GS. 1975. Milling of paddy in relation to rate and quality of rice of different Indian varieties. J Agric Food Chem 23: 1183-1185.

Song S. 1976. The quality of long grain rice in Taiwan. Taiwan Agriculture Bimonthly 12: 98-105.

Song S, Hsu AN, Hong MC. 1988. The grading system and quality evaluation of major releasing rice varieties in Taiwan. Symposium on Rice Grain Quality. April 7-9, 1988. Taichung, Taiwan: Taichung District Agricultural Improvement Station.

pp 327-340.

Su YL, Chang YW, Lee CY, Yao MC. 2017. Evaluation of insect-proof screens applied to prevent of stored-product insects. Formos Entomol 37: 1-10.

Yang SC. 1982. Effect of grain size and shape on volume weight and milling recovery of long-grain Indica rice. J Agric Res China 31: 187-190.

Yao MC, Lo KC. 1992. Insect species and population densities in stored japonica rice in Taiwan. Chinese J Entomol 12: 161-169.

Yao MC, Lo KC. 1993. Evaluation of the control efficacy of granary rodents in Taiwan. Plant Prot Bulletin 35: 117-127.

Yao MC, Yang MT, Lo KC. 1998. Insect populations in stored rice of different packing and storing methods in Taiwan. J Agric Res China 47: 419-429.

Yao MC, Lee CY, Yang EC, Lu KH. 2009. Varieties and population fluctuations of sored-product insects in various rice-storage facilities monitored with light traps. Formos Entomol 29: 225-237.

Yi J, Zhou S, Tang X, Zhou X, Peng Q, Chen L, Wang H. 2011. Research progress of rice breeding by molecular design in grain quality. Mol Plant Breed 9: 1134-1151.

Comparison of pest occurrence and damage in Tainan No. 11 and Taichung Sen No. 10 rice varieties during the storage period

Me-Chi Yao, Jia-Rong Lu, and Chi-Yang Lee*

Applied Zoology Division, Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Taichung City, Taiwan
* Corresponding email: CYLee@tari.gov.tw

Received: 1 November 2018 Accepted: 30 January 2019 Available online: 5 March 2019

ABSTRACT

The major rice varieties of Japonica and Indica planted in Taiwan are Tainan No. 11 and Taichung Sen No. 10, respectively. Barn managers have observed that the occurrence of pests is higher in Indica rice than in Japonica rice, but an opposite trend has been revealed for the milling rate of brown rice. This study therefore aims to investigate pest occurrence in the two rice varieties produced from the first crop of 2016 during the storage period in the barns of Shengang and Lukang farmers' association in Changhua. To compare the damage caused by pests in two rice types after storage, we compared damage rates of the two rice varieties before and after testing and assessed the milling rate of two brown rice types. The result revealed that the numbers of *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae*, and the total of all storage of Tainan No. 11 were higher than those of Taichung Sen No. 10 in both barns. Significant differences for *Rhyzopertha dominica* and *Sitophilus oryzae* were observed before and after testing, but no significant difference was observed for *Sitotroga cerealella*. *R. dominica* and *S. oryzae* outbreaks started from the ninth month of storage in both barns, particularly for Indica rice. No significant difference was observed in the damage rates of the two rice types before storage, but the pest damage rate of Indica rice was higher than that of Japonica rice after storage ($P < 0.05$). The milling rate of brown rice was estimated after storage. The official milling rate of brown rice was higher than that of brown rice for Japonica rice in both barns, but the opposite trend was found for Indica rice. From April to May, temperatures in the barns increased. More efforts for pest control may dramatically reduce the damage caused by pests. In the management of stored grain, managers should pay more attention to the damage rate of Taichung Sen No. 10 to prevent a large-scale pest problem and shortage of milled brown rice insufficient milling of brown rice.

Key words: Japonica rice, Indica rice, *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae*, *Sitotroga cerealella*, Damage rate, Milling rate of brown rice