# 防治小包裝米害蟲方法之評估

姚美吉*　羅幹成

台中縣霧峰鄉　行政院農業委會農業試驗所應用動物系

(接受日期：中華民國 90 年 12 月 12 日)

## 摘　　要

姚美吉*、羅幹成　2001　防治小包裝米害蟲方法之評估　植保會刊　43：173－187

為解決小包裝米受積穀害蟲嚴重為害問題，本試驗實際進入米商的碾米廠進行取樣及試驗，發現米象（*Sitophilus oryzae* (L.)）已逐漸成為稻穀中積穀害蟲的優勢種，族群密度遠高於以往在農會委託倉庫中之調查結果，且可能是小包裝米中主要害蟲來源。在銷售階段，於室溫環境儲藏三個月後，小包裝糙米每公斤內發生米象活蟲數高達 126 隻。於溫控超市內，小包裝米袋內溫度約較室溫環境低 3℃，但蟲數卻明顯下降，儲藏三個月後僅 15.9 隻，兩者相差 7.9 倍。防治上再配合無毒物質矽藻土的使用，將矽藻土與糙米以 1:200 的比例混拌，在溫控的超市中儲藏三個月後每公斤糙米內活蟲數更降低至 8 隻。運用溫控且添加矽藻土於白米中，可將米象蟲數從每公斤中 143 隻降低至 2 隻。銷售環境溫度的降低，不只降低蟲數，更延緩害蟲發生，如配合添加矽藻土可使防蟲效果更顯著。未來結合溫控與混拌矽藻土的綜合防治，將可實際解決小包裝米嚴重的蟲害問題。

(關鍵詞：米象、矽藻土、溫度、稻穀、糙米、白米)

## 緒　　言

台灣的家庭結構，受到社會環境的變遷，從大家庭轉變到小家庭，生活飲食習慣也隨之轉變，使小包裝米逐漸成為食用米市場上的主流產品。唯小包裝米在夏季因蟲害問題被退貨比率高達 10%以上，全年平均亦在 5%以上，但至今仍無完善的防治方法，全年預估約有數億元的經濟損失。

小包裝米的蟲害防治極為困難，一般消費者購買後，直接經過水洗炊熟後即食用，因此即使低毒性的化學藥劑亦無法使用。所有防治方法中相較以物理防治法，最適合應用於小包裝米的蟲害防治。現今許多米商針對糙米、胚芽米等較高單價的小包裝米，以真空包裝方式處理，防蟲效果甚佳，但缺點是包裝的單價高，且包裝

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

袋破損率高，當袋子破損後害蟲仍持續發生。當大量發生蟲害時，常以燻蒸方法在袋外做密閉式燻蒸處理，但因處理過程對人畜均有劇毒，且費用亦高，雖防治後無殘毒，但使用上並不普遍，因此市面上常見的小包裝米幾乎未經任何害蟲防治處理。

分析退貨的小包裝米中的害蟲比率，以米象（*Sitophilus oryzae* (L.)）為主。以往報告指出米象的生長受溫度影響非常顯著，在 27.2℃時米象每世代需 25 天，在 17℃時需 92 天，在 13℃時成蟲幾乎呈現不活動狀態[19]。而國內亦有報告指出在平均溫 30.7℃時，米象一世代僅需 22.8 天，而 19.6℃時，則一世代需 50 天[1]。因此利用溫度的變化，來控制米象的發生，亦是防治上可行之道。

礦物性殺蟲劑對積穀害蟲的防治效果，以往報告曾指出以矽藻土（diatomite）對穀蠹（*Rhyzopertha dominica* Fabricius）、麥蛾（*Sitotroga cerealella* Olivier）及米象的防治效果最佳[7, 14]。礦物性殺蟲劑之殺蟲機制迥異於傳統化學藥劑，是藉物理傷害使害蟲死亡，作用時間較緩慢而持久，卻有持續防治害蟲效果。矽藻土的主要成分為二氧化矽（$SiO_2$），為天然的礦物質，其特點是對人體無毒性、對環境影響小。且經美國環境保護局（Environmental Protection Agency (EPA)）評估，適用為飼料添加劑或與稻穀混拌儲藏時使用，因此商品化之矽藻土已逐漸在美國及澳洲等地應用，用以取代化學藥劑防治積穀害蟲[17, 18, 20, 23, 26]。

為解決小包裝米嚴重蟲害的問題，且達到將來實際應用，因此嘗試與米商合作，進入小包裝米的生產環境，在米商碾米廠內進行取樣，評估在小包裝米中發生蟲害可能原因，於碾製後糙米或白米混拌矽藻土，以瞭解無毒物質矽藻土對倉庫害蟲實際防治效果。再針對銷售環境，分別比較室溫環境與有空調超市內，對害蟲發生的影響，藉多方比較以期能尋求小包裝米最佳防蟲之道。

## 材料與方法

### 供試材料

無毒物質矽藻土（diatomite），主要成分為二氧化矽（$SiO_2$），由興農公司提供。所有試驗的稻穀、糙米、白米均由彰化縣花壇鄉金墩米實業公司所提供。於糙米或白米內供試米象係以糙米飼育，放置於直筒玻璃瓶（口徑 8 cm、高 16.5 cm）中，再於恆溫箱中飼育，飼育環境為 30±2℃，相對溼度為 75±10%，無光照。

### 小包裝米放置於室溫與空調環境下對積穀害蟲發生之影響

在金墩米實業公司碾米廠將稻穀碾製成糙米或白米後，於生產線末端隨機取樣，每次一公斤，以米商的商品化塑膠袋裝填成小包裝米，糙米及白米分別取樣 18 包。取樣後分別放置於農業試驗所室溫的儲藏室及有空調之興農超市台中市東光店兩處，儲存 3 個月。檢查其內所有害蟲種類及其活蟲、死蟲數。相同的方法在不同季節共試驗 3 次，分別於 2000/7/14、2000/10/20、2001/2/12 進行試驗。

為評估可能的退貨率問題，以樣品中害蟲出現率進行分析，做為退貨率指標。樣品中害蟲出現率計算方法為：

$$\text{害蟲出現率}(\%)=\left(\frac{\text{害蟲出現樣品數}}{\text{所有樣品數}}\right)\times 100$$

### 小包裝米放置於室溫與空調環境下對米象發生數之影響

為了解在小包裝米中在室溫及空調環境下儲藏，每月米象發生數變化。因此

每月至農業試驗所室溫儲藏室及有空調興農超市台中市東光店兩處，各取回 3 包之糙米及白米，檢查其內米象的活蟲、死蟲數。且避免樣品中蟲數過少，影響比較結果，因此除上述調查方法外，再增加一組取樣，將所取樣的小包裝米再接入兩對米象，使其與小包裝米中原有的米象共同繁殖，再比較儲藏期間每月米象蟲數變化。相同的方法亦在 2000/7/14、2000/10/20、2001/2/12 進行三次，最後一次試驗僅調查儲存三個月後米象蟲數。

### 小包裝米混拌矽藻土對米象發生數的影響

為評估矽藻土實際防蟲效果，在稻穀碾製後，將矽藻土分別與糙米或白米混拌，為考慮將來推廣需求，嘗試兩種重量混合比率（w：w）分別為 1：200 及 1：400，混拌均勻後再裝填小包裝米，每處理重複 3 次，以未混拌矽藻土處理為對照組。取樣後分別放置於農試所室溫儲藏室及有空調興農超市東光店兩處，儲存 3 個月。每月分別取回 3 包之糙米及白米，調查所得的蟲數，再以 Duncan's 多變域測驗分析其顯著性，顯著水準爲 5%[21]。相同的方法在不同季節共試驗 3 次，分別於 2000/7/14、2000/10/20、2001/2/12 進行試驗，最後一次試驗僅調查儲存 3 個月後米象蟲數。

比較混拌矽藻土防治效果上，為避免樣品中蟲數過少，無法評估其防治效益。因此除上述試驗外，另於糙米或白米取樣後，再接入兩對米象於袋中，增加原有害蟲數，其他方法同上，每處理重複 3 次，亦以未混拌矽藻土處理為對照組。調查所得蟲數，再以 Duncan's 多變域測驗分析其顯著性，顯著水準爲 5%。

### 儲藏稻穀內積穀害蟲族群調查

在碾米廠稻穀碾米前進行隨機取樣，每次約 1 公斤，重複 6 次。取樣後帶回農試所檢查，紀錄稻穀內所有的害蟲種類及其活蟲、死蟲數。再放置於直筒玻璃瓶中，統一放置於恆溫箱中飼育，飼育環境為 30±2℃，相對溼度為 75±10%，無光照狀況下繼續儲藏 3 個月，且每月定期檢查稻穀內害蟲數變化。

### 小包裝米放置於室溫與冷藏環境下袋內溫濕度的比較

除試驗樣品外，另取樣 1 包小包裝糙米或白米，將 Onset 電腦公司生產之 Optic StowAway 溫度及濕度偵測器各包埋 1 個在糙米及白米中。再分別與其他試驗樣品一同放置於農試所室溫儲藏室及有空調興農超市東光店兩處，每 1 小時紀錄 1 次，持續 3 個月，試驗後將溫度及濕度偵測器帶回實驗室讀取資料並整理，將所測得溫濕度分上中下旬平均並製表，以了解室溫與冷藏儲藏環境下小包裝糙米或白米，袋內溫濕度變化。

## 結　果

### 小包裝米放置於室溫與冷藏環境下對積穀害蟲發生之影響

從 2000 年 7 月起至 2001 年 5 月，在碾米廠取樣共進行 3 次重複試驗。稻穀經碾米成糙米或白米後裝成小包裝袋，再分別放置於農業試驗所室溫儲藏室及有空調興農超市儲存。經 3 個月後調查袋內積穀害蟲總蟲數及害蟲出現率，結果如表一。小包裝糙米內，共發現 4 種積穀害蟲，分別為米象、穀蠹、麥蛾及暹邏穀盜（*Lophocateres pusillus* K.）。儲存於室溫儲藏室的小包裝糙米，最主要害蟲為米象，每公斤糙米中平均蟲數高達 136 隻。其他害蟲如穀蠹、麥蛾，平均蟲數分別為 3.6、0.3 隻。儲存於有空調超市的小包裝糙米，蟲數有明顯下降，仍以米象蟲數最多，平均蟲數降為 16.7 隻，其他害蟲數量則更少，穀蠹、麥蛾、暹邏穀盜蟲數分別為 0.9、1.8、0.1 隻。

表一、小包裝米經三個月儲藏後積穀害蟲總蟲數及害蟲出現率

Table 1. Number and appearance ratio of stored-product insects detected in small packages of rice after storage for 3 months

| Species | I[1] | | II | | III | | Mean | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | No. of insects[2] | AR(%)[3] | No. of insects | AR(%) | No. of insects | AR(%) | No. of insects | AR(%) |
| In brown rice | | | | | | | | |
| Room temperature storeroom | | | | | | | | |
| *Sitophilus oryzae* | 291.0 | 100.0 | 30.6 | 100.0 | 85.0 | 100.0 | 136 | 100.0 |
| *Rhyzopertha dominica* | 8.3 | 33.3 | 2.7 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 3.6 | 44.4 |
| *Sitotroga cerealella* | 0.0 | 0.0 | 15.3 | 66.7 | 15.7 | 100.0 | 10.3 | 55.6 |
| Air-conditioned supermarket | | | | | | | | |
| *Sitophilus oryzae* | 12.0 | 100.0 | 21.7 | 100.0 | 16.3 | 100.0 | 16.7 | 100.0 |
| *Rhyzopertha dominica* | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 66.7 | 0.7 | 33.3 | 0.9 | 33.3 |
| *Sitotroga cerealella* | 0.0 | 0.0 | 5.5 | 66.7 | 0.0 | 0.0 | 1.8 | 22.2 |
| *Lophocateres pusillus* | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 33.3 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 11.1 |
| In milled rice | | | | | | | | |
| Room temperature storeroom | | | | | | | | |
| *Sitophilus oryzae* | 0.5 | 66.7 | 2.3 | 100.0 | 1.7 | 100.0 | 1.5 | 88.9 |
| *Rhyzopertha dominica* | 1.3 | 33.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 11.1 |
| *Sitotroga cerealella* | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 33.3 | 0.1 | 11.1 |
| Air-conditioned supermarket | | | | | | | | |
| *Sitophilus oryzae* | 0.5 | 33.3 | 3.7 | 66.7 | 1.7 | 33.3 | 2.0 | 44.4 |
| *Tribolium castaneum* | 0.3 | 33.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 11.1 |

[1] Test period I: July-Oct./2000; II: Oct./2000-Jan./2001; III: Feb.-May/2001.

[2] Both live and dead individuals were counted.

[3] AR% (Appearance ratio):(number of insect-appearance sample/number of total sample ) *100.

小包裝白米內亦發現 4 種積穀害蟲，分別為米象、穀蠹、麥蛾及擬穀盜（*Tribolium castaneum* H.），發生的總蟲數遠較糙米中少。儲存於室溫儲藏室，米象蟲數最多，每公斤白米中平均蟲數僅為 1.5 隻，而穀蠹、麥蛾的蟲數分別為 0.4、0.1 隻。在有空調超市的小包裝白米，仍以米象蟲數最多，但蟲數亦僅 2.0 隻，樣品中無穀蠹或麥蛾；卻出現擬穀盜，蟲數甚少僅 0.1 隻。

以害蟲出現率進行比評估，在小包裝糙米內，不論儲存於室溫或空調環境下，米象的出現率均為 100%，亦即每包袋內均出現米象。在室溫環境下袋內穀蠹、麥蛾的出現率分別為 44.4、55.6%。在空調環境下袋內穀蠹、麥蛾、暹邏穀盜的出現率則下降，分別為 33.3、22.2、11.1%。在室溫環境下小包裝白米內米象的出現率降為 88.9%，而袋內穀蠹、麥蛾的出現率更下降，均為 11.1%。在空調環境下米象的出現率更下降為 44.1%，沒有發現穀蠹或麥蛾；而擬穀盜的出現率亦僅 11.1%。

表二、小包裝糙米於儲藏期間米象的活蟲數變化
Table 2. Fluctuations of live *Sitophilus oryzae* in small packages of brown rice during storage

| Treatment | No. of *Sitophilus oryzae* / Kg | | | | Ratio[2)] |
|---|---|---|---|---|---|
| | I[1)] | II | III | Mean | |
| **no *Sitophilus oryzae* released** | | | | | |
| after 1-month storage | | | | | |
| air-conditioned supermarket | 0 a[3)] | 13.3 a | —[4)] | 6.7 | |
| room temperature storeroom | 0.5 a | 10.3 a | — | 5.4 | 0.8 |
| after 2-month storage | | | | | |
| air-conditioned supermarket | 0.5 a | 7.7 a | — | 4.1 | |
| room temperature storeroom | 238 a | 14.7 a | — | 126 | 30.8 |
| after 3-month storage | | | | | |
| air-conditioned supermarket | 12 a | 19.7 a | 16 a | 15.9 | |
| room temperature storeroom | 283 b | 11.3 a | 84 a | 126 | 7.9 |
| **two pairs of *Sitophilus oryzae* released** | | | | | |
| after 1-month storage | | | | | |
| air-conditioned supermarket | 5 a | 16 a | — | 10.5 | |
| room temperature storeroom | 83 a | 32 a | — | 58 | 5.5 |
| after 2-month storage | | | | | |
| air-conditioned supermarket | 35 a | 27 a | — | 31 | |
| room temperature storeroom | 558 b | 189 a | — | 374 | 12.0 |
| after 3-month storage | | | | | |
| air-conditioned supermarket | 72 a | 34 a | 194 a | 100 | |
| room temperature storeroom | 2012 b | 1195 b | 366 b | 1191 | 11.9 |

[1)] Test period I: July-Oct./2000; II: Oct./2000-Jan./2001; III: Feb.-May/2001.
[2)] Ratio: number of *Sitophilus oryzae* in room temperature storerooms/number of *Sitophilus oryzae* in air-conditioned supermarkets.
[3)] Means for pairs of treatment and storage period with different letters significantly differ by Duncan's multiple range test ($p \leqq 0.05$).
[4)] No test data.

在三次調查小包裝米中害蟲的發生，在室溫環境下糙米與白米中的害蟲相大致相同，但在空調環境下害蟲相有減少趨勢。害蟲的發生嚴重性，不論室溫或空調環境，均以米象發生最多，且室溫的發生遠高於空調環境，在糙米內發生又高於白米內 10 倍以上。

小包裝米放置於室溫與空調環境下對米象發生數之影響

小包裝糙米在室溫及空調環境下儲藏，每月米象發生數變化，結果如表二。在無接入米象自然取樣下，室溫環境儲藏 1、2、3 個月後，平均蟲數分別為 5.4、126、126 隻。在空調超市內米象蟲數分別為 6.7、4.1、15.9 隻。若將儲存 1、2、3 個月後米象在室溫與空調環境蟲數相比較，兩者比值分別為 0.8、30.8、7.9 倍，顯示環境有無溫控對米象的發生有明顯影響。在取樣後接入兩對米象到糙米內任其繁殖，在室溫下儲藏 1、2、3 個月後，平均蟲數增加為 58、374、1191 隻。在超市內儲藏則分別為 10.5、31、100

表三、小包裝白米於儲藏期間米象的活蟲數變化
Table 3. Fluctuations of live *Sitophilus oryzae* in small packages of milled rice during storage

| Treatment | No. of *Sitophilus oryzae* / Kg | | | | Ratio[2)] |
|---|---|---|---|---|---|
| | I[1)] | II | III | Mean | |
| no *Sitophilus oryzae* released | | | | | |
| after 1-month storage | | | | | |
| air-conditioned supermarket | 0 | 0 | —[3)] | 0.0 | |
| room temperature storeroom | 0 | 0 | — | 0.0 | — |
| after 2-month storage | | | | | |
| air-conditioned supermarket | 0 a[4)] | 0.3 a | — | 0.15 | |
| room temperature storeroom | 0.5 a | 1.3 a | — | 0.90 | 6.0 |
| after 3-month storage | | | | | |
| air-conditioned supermarket | 0.5 a | 3.0 a | 1.3 a | 1.6 | |
| room temperature storeroom | 0.5 a | 2.0 a | 1.7 a | 1.4 | 0.9 |
| two pairs of *Sitophilus oryzae* released | | | | | |
| after 1-month storage | | | | | |
| air-conditioned supermarket | 3.0 a | 3.0 a | — | 3.0 | |
| room temperature storeroom | 7.5 a | 6.0 a | — | 6.8 | 2.3 |
| after 2-month storage | | | | | |
| air-conditioned supermarket | 22.5 a | 9.7 a | — | 16.1 | |
| room temperature storeroom | 43.0 a | 16.0 a | — | 30 | 1.8 |
| after 3-month storage | | | | | |
| air-conditioned supermarket | 25.0 a | 15.7 a | 24 a | 21.6 | |
| room temperature storeroom | 303.0 b | 21.3 a | 106 b | 143 | 6.7 |

1) Test period I: July-Oct./2000; II: Oct./2000-Jan./2001; III: Feb.-May/2001.
2) Ratio : number of *Sitophilus oryzae* in room temperature storerooms/number of *Sitophilus oryzae* in air-conditioned supermarkets.
3) No test data.
4) Means for pairs of treatment and storage period with different letters significantly differ by Duncan's multiple range test ($p \leqq 0.05$).

隻。再將室溫與空調環境蟲數相比較，兩者比值分別為 5.5、12、11.9 倍。因接入米象的影響使每個月的米象蟲數均增加，相對的儲藏環境有無空調所造成影響則更明顯。

小包裝白米在室溫及空調環境下儲藏，每月米象發生數變化結果如表三。在無接入米象自然取樣下，室溫儲藏 1、2、3 個月後米象蟲數分別為 0、0.9、1.4 隻。在空調超市內蟲數分別為 0、0.15、1.6 隻。因蟲數過少，儲藏環境有無空調已無多大影響。在接入兩對米象的白米中，在室溫下蟲數明顯增加，分別為 6.8、30、143 隻。在超市內的蟲數則為 3、16.1、21.6 隻。再將室溫與空調環境蟲數相比較，兩者比值分別為 2.3、1.8、6.7 倍。因接入米象使白米中米象蟲數明顯增加，使儲藏環境有無空調所造成影響有明顯差異。

### 小包裝米混拌矽藻土對米象發生數的影響

除比較溫控環境的影響外，更進一步比較混拌矽藻土對米象發生數影響，在小包裝糙米內混拌矽藻土對米象發生的影響如表

四。在室溫下取樣，矽藻土與糙米混拌比率為（w：w，1：200）、另一比率為（w：w，1：400）及單獨糙米未處理矽藻土的對照組，3 種處理在儲存 3 個月後米象的平均蟲數分別為 100、135、126 隻。在超市內三種處理的蟲數分別為 8、23、16 隻。在 2000 年 7 月至 10 月及 2001 年 2 月至 5 月的試驗結果，以 1:200 比率混拌矽藻土的處理，能降低米象的繁殖，但在 2000 年 10 月至 2001 年 1 月期間的結果，蟲數不但未減少，反較未處理矽藻土的蟲數為高。若將溫控與混拌矽藻土的影響相結合，則室溫無混拌矽藻土的處理與有空調且以 1:200 比率混拌矽藻土的處理，兩者米象蟲數的相距達 15.8 倍。

若接入兩對米象到糙米內任其繁殖，在一般取樣室溫環境下，3 種處理在儲存 3 個月後米象的平均蟲數分別為 1080、929、1191 隻。在空調的超市內 3 種處理蟲數分別為 142、208、100 隻。其中有兩次試驗結果，矽藻土與糙米混拌比率為（1：200）的處理，米象蟲數明顯減少，但 2000 年 7 月至 10 月的結果，在空調超市內糙米的蟲數反暴增數倍，需進一步探討其原因。

表四、小包裝糙米混拌矽藻土經三個月儲藏對米象發生數的影響

Table 4. Effect of diatomite application on live *Sitophilus oryzae* occurring in small packages of brown rice after storage for 3 months

| Treatment | No. of *Sitophilus oryzae* / Kg | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I[1)] | | II | | III | | Mean |
| no *Sitophilus oryzae* released | | | | | | | |
| room temperature storeroom | | | | | | | |
| brown rice: diatomite (w:w, 200:1) | 0 | a[2)] | 270 | a | 30 | a | 100 |
| brown rice: diatomite (w:w, 400:1) | 1 | a | 269 | a | — | | 135 |
| brown rice alone (CK) | 283 | b | 11 | b | 84 | a | 126 |
| air-conditioned supermarket | | | | | | | |
| brown rice: diatomite (w:w, 200:1) | 0 | a | 19 | a | 4 | a | 8 |
| brown rice: diatomite (w:w, 400:1) | 0.5 | a | 46 | a | — | | 23 |
| brown rice alone (CK) | 12 | b | 20 | a | 16.3 | a | 16 |
| two pairs of *Sitophilus oryzae* released | | | | | | | |
| room temperature storeroom | | | | | | | |
| brown rice: diatomite (w:w, 200:1) | 2864 | a | 340 | a | 35 | a | 1080 |
| brown rice: diatomite (w:w, 400:1) | 1512 | a | 346 | a | — | | 929 |
| brown rice alone (CK) | 2012 | a | 1195 | b | 366 | b | 1191 |
| Air-conditioned supermarket | | | | | | | |
| brown rice: diatomite (w:w, 200:1) | 423 | a | 0.3 | a | 3.7 | a | 142 |
| brown rice: diatomite (w:w, 400:1) | 399 | a | 16.3 | ab | — | | 208 |
| brown rice alone (CK) | 72 | a | 34 | b | 194 | b | 100 |

[1)] Test period I: July-Oct./2000; II: Oct./2000-Jan./2001; III: Feb.-May/2001.

[2)] Means for pairs of treatment and storage period with different letters significantly differ by Duncan's multiple range test ($p \leqq 0.05$).

表五、小包裝白米混拌矽藻土經三個月儲藏對米象發生數的影響

Table 5. Effect of diatomite application on live *Sitophilus oryzae* occurring in small packages of milled rice after storage for 3 months

| Treatment | No. of *Sitophilus oryzae* / Kg | | | |
|---|---|---|---|---|
| | I[1)] | II | III | Mean |
| no *Sitophilus oryzae* released | | | | |
| room temperature storeroom | | | | |
| milled rice: diatomite (w:w, 200:1) | 2.5 a[2)] | 0 a | 0.7 a | 1.1 |
| milled rice: diatomite (w:w, 400:1) | 2.5 a | 0.7 a | — | 1.6 |
| milled rice alone (CK) | 0.5 a | 2 a | 1.7 a | 1.4 |
| air-conditioned supermarket | | | | |
| milled rice: diatomite (w:w, 200:1) | 0 a | 0.3 a | 0.7 a | 0.3 |
| milled rice: diatomite (w:w, 400:1) | 0 a | 0.7 a | — | 0.4 |
| milled rice alone (CK) | 0.5 a | 3 b | 1.3 a | 1.6 |
| two pairs of *Sitophilus oryzae* released | | | | |
| room temperature storeroom | | | | |
| milled rice: diatomite (w:w, 200:1) | 117 a | 0 a | 7.3 a | 41.4 |
| milled rice: diatomite (w:w, 400:1) | 78 a | 1 a | — | 39.5 |
| milled rice alone (CK) | 303 a | 21.3 b | 106 b | 143.4 |
| air-conditioned supermarket | | | | |
| milled rice: diatomite (w:w, 200:1) | 0 a | 1.3 a | 4.7 a | 2.0 |
| milled rice: diatomite (w:w, 400:1) | 6 a | 6.7 a | — | 6.4 |
| milled rice alone (CK) | 25 b | 15.7 b | 24 a | 21.6 |

[1)] Test period I: July-Oct./2000; II: Oct./2000-Jan./2001; III: Feb.-May/2001.

[2)] Means for pairs of treatment and storage period with different letters significantly differ by Duncan's multiple range test ($p \leqq 0.05$).

在小包裝白米內混拌矽藻土對米象發生蟲數影響結果如表五。在一般取樣室溫環境下，三種處理在儲存 3 個月後米象平均蟲數分別為 1.1、1.6、1.4 隻。在超市內 3 種處理蟲數分別為 0.3、0.4、1.6 隻。在 3 次試驗中，所調查到蟲數均甚少，比較 3 種處理的結果差異均不顯著。若接入兩對米象到白米內任其繁殖，在一般取樣室溫環境下，3 種處理米象平均蟲數分別增為 41.4、39.5、143 隻。在空調超市內 3 種處理蟲數分別為 2、6.4、21.6 隻。以 1:200 比率混拌矽藻土處理與無混拌處理，在蟲數上則有明顯差異。若將溫控與混拌矽藻土的影響相結合，則室溫無混拌矽藻土處理與空調且以 1:200 比率混拌矽藻土的處理，兩者米象蟲數相距擴增為 71.5 倍，兩因子綜合對米象發生影響更彰顯。

### 儲藏稻穀內積穀害蟲族群動態

在糙米與白米樣品中，均發現高比率米象出現率，因此在最後一次試驗時，一併調查稻穀內害蟲的發生狀況及再持續儲藏期間，積穀害蟲總蟲數變化，結果如表六。所調查稻穀為 89 年 2 期作，在取樣時約已進倉儲藏約 3 個月，共調查到 4 種害蟲，分別為米象、穀蠹、麥蛾及暹邏穀盜，

蟲數為每公斤稻穀中含 6.0、5.7、0.5、0.3 隻，佔所有總蟲數之 48.0、45.6、4、2.4%。取樣稻穀在恆溫箱中繼續儲藏 3 個月後檢查結果，仍為 4 種害蟲，米象、穀蠹、麥蛾及暹邏穀盜，蟲數分別為 190、51.5、36.8、0.7 隻，佔所有總蟲數之 68.1、18.5、13.2、0.7%，米象佔所有總蟲數比率，隨儲藏時間有明顯增加，顯示在米商的儲穀環境下，米象逐漸成為積穀害蟲中最主要優勢種。

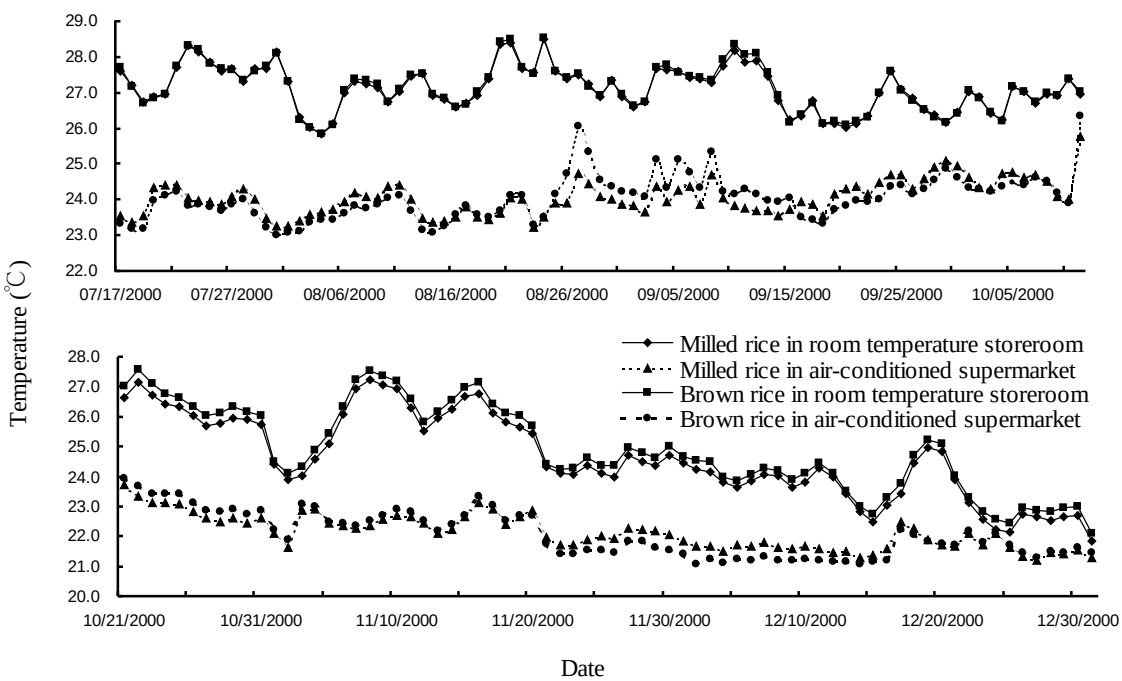
表六、稻穀取樣後於不同儲藏期間積穀害蟲的蟲數變化

Table 6. Fluctuations of stored-product insects detected in rough rice stored for various periods after sampling

| Species | Sampling | | after 1 month | | after 2 months | | after 3 months | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | No. of insects[1)] | PR(%)[2)] | No. of insects | PR(%) | No. of insects | PR(%) | No. of insects | PR(%) |
| *Sitophilus oryzae* | 6.0 | 48.0 | 36.1 | 49.2 | 41.4 | 38.9 | 190.0 | 68.1 |
| *Rhyzopertha dominica* | 5.7 | 45.6 | 12.0 | 16.4 | 27.7 | 26.0 | 51.5 | 18.5 |
| *Sitotroga cerealella* | 0.5 | 4.0 | 24.7 | 33.7 | 36.7 | 34.5 | 36.8 | 13.2 |
| *Lophocateres pusillus* | 0.3 | 2.4 | 0.5 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.3 |

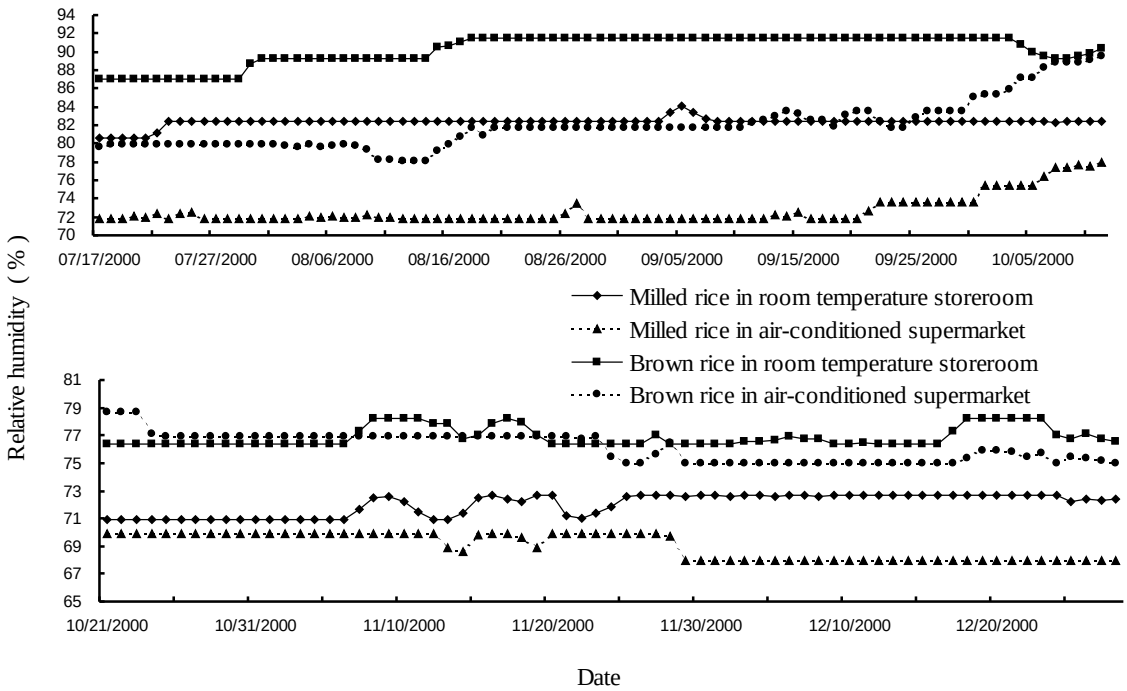
[1)] Both live and dead individuals were counted.

[2)] PR%, (population ratio): (number of insects of one species/total number of insects) * 100.




圖一、在不同儲存環境中小包裝糙米與白米袋內的溫度變化情形。

Fig. 1. Temperature fluctuations of brown and milled rice in small packages stored at various storerooms.




圖二、在不同儲存環境中小包裝糙米與白米袋內的濕度變化情形。
Fig. 2. Relative humidity fluctuations of brown and milled rice in small packages stored at various storerooms.

小包裝米放置於室溫與空調環境下袋內溫濕度的比較

在室溫儲藏室及空調超市小包裝袋內，包埋溫度及濕度偵測器在小包裝糙米或白米袋中，以了解不同儲藏環境糙米或白米袋內溫濕度變化。試驗後再取出讀取資料，袋內的溫度變化整理如圖一，在 2000 年 7 月至 10 月期間，在室溫環境，在糙米與白米袋內平均溫均為 27.1℃。而空調超市環境，在糙米與白米袋內平均溫降低為 24.1℃，兩個環境相差為 3℃。在 2000 年 10 月至 2001 年 1 月期間，在室溫環境中，糙米為 24.9℃，白米為 24.6℃。而超市環境，在糙米與白米袋內平均溫降低為 22.1℃，兩個環境相差約 2.5～2.8℃。

小包裝米袋內濕度變化亦整理如圖二，在 2000 年 7 月至 10 月期間，在室溫環境，在糙米與白米相對濕度變化甚大，糙米 RH 為 90.2%，白米為 82.3%。而空調超市，糙米為 81.9%，白米為 72.6%。在 2000 年 10 月至 2001 年 1 月期間，在室溫環境，糙米為 76.9%，白米為 72%。而超市環境，糙米 RH 為 76.1%，白米為 69%。在 2001 年 2 月至 5 月期間溫濕度記錄器，可能因缺電在最後讀取時無法讀取資料，因此無法比較。

## 討　論

在退貨米中及以往調查糙米倉中之害蟲相，發現害蟲數量均以米象數量最多，其他害蟲則甚少[10]。本試驗從碾米廠直接取得之糙米及白米樣品所調查的結果，與以往調查結果相似，亦以米象為最優勢

種，為害比率及繁殖蟲數均遠超過其他害蟲。在儲藏 3 個月後調查，在糙米內因蟲數過多，用肉眼即可明顯觀察到米象的活動及為害狀。以小包裝糙米中米象出現率均高達 100%，即每包中均發現米象。以米象的出現率來預估，小包裝米的退貨比率理應遠高於目前之 10%，可能因實際供銷市場中，糙米的需求量較少，且銷售方式都以真空包裝為主，可降低害蟲發生率。而白米的害蟲出現率雖高，但因蟲數甚少較不易觀察，使問題的嚴重性未被突顯。

在糙米倉中米象大量發生，其原因可能為儲藏環境有較多隱藏蟲源，使米象得以侵入繁殖。且因儲藏時間較久，再配合米象對無殼穀類的偏好，導致其族群成為優勢種。而小包裝米在取樣後即包裝儲藏，外來侵入繁殖的機會明顯降低，為何小包裝糙米內米象仍有高出現比率呢？米象的蟲源從何而來值得探討，這是解決小包裝米蟲害的核心問題。

在市面上銷售的小包裝米，在消費者購買之前，主要有 3 個階段，是害蟲可能侵入關鍵點，首先是稻穀收割後放入穀倉的儲存時期，第二階段是稻穀碾米過程，第三是銷售時儲存階段。第一階段儲穀時期，一般米商所碾均以當季稻穀為主，儲穀時間很少超過 6 個月，因此常認為被積穀害蟲的為害應不嚴重，除部分廠商以低溫冷藏筒儲存外，幾乎在儲藏時期無任何防治。而第三階段銷售時的儲存環境，牽涉經銷商的管理問題，又無從處理。因此第一及第三階段防蟲處理常被忽略，大多將防治重點放在第二階段碾米時期，主要處理方式是清除流程中可能存在的害蟲聚集孳生的死角，以避免於碾米過程中被害蟲侵入。但結果往往是勤於清理積存物，但小包裝米因蟲害而退貨率的比率卻未見明顯下降，顯然除了第二階段侵入外，應有更主要的侵入點。

在儲穀階段，以往調查公糧委託倉庫中稻穀之害蟲族群，大多以穀蠹數量最多，平均佔總蟲數 75%以上，而米象常僅佔 5%以下，數量甚少[2, 3, 8]。米象在儲穀中發生較少，是由於米象較難取食有完整穎殼的稻穀之故[9, 16]。但本次試驗中發現在碾米廠中的儲穀，米象卻逐漸成為最優勢種，佔所有害蟲的比率亦遠高於以往公糧委託倉庫調查結果，而且在之後幾次調查也得到相似結果。可能的原因為米商的穀倉，緊鄰於碾米廠環境。且最近幾年儲穀大多以濕穀進倉，經烘乾作業到儲存階段，均以機械化作業，使稻穀破損率增加。米象從碾米廠入侵儲穀的機率提高，且因破損穀粒增加米象的產卵數，導致米商儲穀中米象族群密度遠高於以往調查結果。另外，亦有報告指出米象在稻穀中的為害遠甚於玉米象[12]，本次試驗從外觀大致鑑定應為米象，將來若能進一步鑑定，比較出實際的米象及玉米象比例，將可證實因米象族群比例增加而導致族群遽增的推測。

在碾米階段，一般被認為是除蟲最好時機，因碾製過程中，稻穀高速的滾動、脫殼及精米等流程，對害蟲有極大的破壞效果，應能使害蟲數量明顯降低。穀蠹與麥蛾的卵主要黏附於稻穀表面或散生於穀粒間，孵化後的幼蟲嚙食穀粒表面再蛀入穀粒內成長。在比較穀蠹與麥蛾在儲穀的蟲數及糙米內之蟲數後發現，碾米流程顯然對穀蠹與麥蛾的卵有相當程度的破壞效果，導致害蟲數量明顯減少。米象的產卵習性較特別，雌蟲先用喙在穀粒的胚部打洞做成卵窩，再產卵於窩內，並用生殖附腺所分泌的分泌物將卵孔封閉。因此許多報告均指出米象無法取食或產卵於穎殼完整的穀粒，在儲穀階段米象僅能藉由穀蠹蛀入後所留下的取食孔、羽化孔或少量的破損粒，產卵繁殖，所以導致其密度偏低。原先產卵受穎殼的阻礙，在產卵後可能反成了屏障，使米象在碾米過程，不像穀蠹與麥蛾受嚴重破壞，得以存活且大量繁

殖。因此小包裝的糙米，依米象的產卵習性來推測，其主要來源可能源自於儲穀階段，當儲穀階段受米象為害愈嚴重，可能其糙米內米象的發生也愈嚴重。

在調查的 3 次結果中，第一次是在 2000 年 7 月取樣，稻穀的期別為 1999 年 2 期作，儲藏期約 8 個月以上。第二次取樣是在 2000 年 10 月取樣，稻穀的期別為 2000 年 1 期作，儲藏期僅 3 個月。在糙米內，米象的發生數卻相差 9 倍以上，以此調查結果或許可應證上述觀點，未來將可以進一步將儲穀以實驗室小型碾米機處理，因流程短較少死角，可避免害蟲侵入問題，再調查碾米後米象發生數，應可瞭解小包裝米蟲源的真相。

在銷售儲藏階段，糙米及白米內米象的發生數有極大差異，糙米中平均達 136 隻，而白米卻僅 1.5 隻，為何兩者會相差如此懸殊，可能為糙米再碾製成白米的過程中，將米象的主要產卵部位胚部及幼蟲取食的糊粉層大部分碾除[11]，而原先被蛀食至米粒中心化蛹的米粒，也在碾米過程中成為碎米而被排除，導致米象的蟲數在碾成白米後明顯減少。

本試驗特別針對銷售階段的儲藏環境有無溫控進行比較，藉著溫濕度監測器能測定外在環境溫濕度的變化對袋內的微氣候環境的影響，結果發現在相同環境下，糙米與白米內的溫度差異不大，但濕度則變化較大，糙米中的濕度約較白米高出 10%相對濕度。小包裝米在夏季取樣時，室外溫濕度較高，在空調環境下，能明顯降低小包裝米袋內溫濕度。在秋季取樣的小包裝米，因外在溫濕度均降低，則袋內溫濕度受空調影響則較不明顯。溫濕度變化對害蟲發生的影響，以往試驗結果曾指出溫濕度愈高，害蟲增殖愈高，不只縮短世代時間，其繁殖率亦相對提升[13, 15]。本試驗在接入兩對米象的糙米樣品中，空調環境在儲藏 3 個月後蟲數約相當於室溫下儲藏 1 個月蟲數。顯示在溫控環境下，不只可減少蟲數，延緩米象發生，更可避免因溫濕度提升而造成米質變化困擾。

在糙米或白米中混拌矽藻土的構想，主因於其殺蟲機制屬於物理方式，不會如化學防治產生抗藥性，對人畜極為安全，且價格低、無環境污染，可藉由水洗將糙米或白米中的矽藻土除去等優點。在以往報告中均指出矽藻土對米象有極佳防蟲效果[7, 14]。在實際應用上，在室溫環境下，效果較不穩定。但若配合溫控環境使用，防蟲效果則甚佳，不只減少發生數，且造成死亡率也甚高。其防蟲效果，在溫控環境優於室溫環境，白米環境效果更勝於糙米環境。造成在糙米環境防治效果較不穩定的可能原因是矽藻土本身亦為乾燥劑，在室溫且糙米環境，袋內的微氣候溫濕度均偏高，導致矽藻土與水分結合，失去殺蟲效果，且容易黏附於小包裝袋的袋面上，因此降低其防蟲效果。

本試驗的材料均取自碾米廠，雖能呈現現場真實狀況，但調查結果極易受當時碾米稻穀期別、試驗季節等因素影響，在蟲數變化上亦大。本試驗中有部分處理組米象蟲數反較對照組更多，均可能因取樣數不多所造成變異，未來在取樣上增加樣品數且進行多次試驗，將可降低取樣上或環境上所造成影響。

綜合本試驗之調查結果，顯示儲穀階段的蟲害問題會直接影響碾米後害蟲多寡，在整個小包裝米防蟲體系中，應是極重要且不容忽視的一環。這階段的防治方法，除以低溫圓筒倉降低害蟲密度外，以除蟲菊藥劑第滅寧粉劑混拌於稻穀中，亦可得到極佳防治效果[8]。且除蟲菊藥劑在低溫環境防治效果更好[22, 24, 25]，因此若能與低溫圓筒倉相配合，更可提高其防治效果。

銷售階段防治工作以往常被忽略，本試驗中糙米及白米在儲藏 3 個月後，糙米

內米象的為害遠較白米嚴重，針對糙米內米象的防治，利用米象受溫度影響極大的生物特性，調整儲藏環境的溫度，即能明顯降低米象發生數，再配合混拌矽藻土則防蟲效果更加。在白米上不論有無溫控環境，米象發生均不嚴重，似乎不需任何防治，但最近小包裝米儲藏期限，由三個月延長至六個月，因儲藏期延長，將使白米內的蟲害問題逐漸呈現出來，以溫控來降低白米中米象發生，亦是極佳方法。混拌矽藻土在白米中防蟲效果甚佳，但白米的特色是晶瑩剔透，因混拌矽藻土後會使白米表面渾濁，影響消費者購買意願，在實際推廣上較為困難。

未來小包裝米的害蟲防治，若能善用溫度對害蟲發生的影響，從稻穀儲藏期到碾製後小包裝米銷售階段，均提供低溫冷藏環境，不只降低害蟲數、延緩害蟲發生，更可提升米質新鮮度，將一舉數得，且又可避免如化學防治上對人體或環境造成污染疑慮。若再配合銷售方法改變，藉由廣告宣傳等方式教育消費者在購買後盡可能放置於冰箱中，則米象發生將微乎其微。利用溫控影響，不只使小包裝米價值提升，也提供新定位，將實際解決小包裝米嚴重害蟲問題。

## 謝　辭

本研究於文成後，承本所應用動物系王清玲博士及陳健忠博士不吝撥冗斧正，試驗期中並承本系李錦霞小姐之協助及金墩米與興農公司提供材料，謹此一併致謝。

## 引用文獻

1. 林欉。1958。穀蠹生活習性之觀察。農業研究 8：55-66.
2. 姚美吉、楊敏宗、羅幹成。1998。稻穀不同儲存方式對積穀害蟲族群之影響。中華農業研究 47：419-429。
3. 姚美吉、羅幹成。1992。台灣儲藏袋裝梗稻中之昆蟲種類及其族群密度。中華昆蟲 12：161-169。
4. 姚美吉、羅幹成。1994。穀蠹對巴賽松之抗藥性研究。中華昆蟲 14：331-341。
5. 姚美吉、羅幹成。1995。麥蛾對巴賽松之抗藥性研究。中華農業研究 44：166-173。
6. 姚美吉、羅幹成。1997。協力劑 PB 對藥劑防治穀蠹及麥蛾之影響。中華昆蟲 17：1-10。
7. 姚美吉、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。
8. 姚美吉、羅幹成。2000。第滅寧與巴賽松粉劑混拌袋裝稻穀防治積穀害蟲效果評估。中華昆蟲 20：255-266。
9. 洪巧珍、彭武康。1985。穀粒穎殼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。
10. 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。
11. 夏維泰、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。
12. 彭武康、徐世傑、廖克誠。1979。*Sitophilus* 屬之種類調查及其判別分析之研究。臺大植物病蟲害學刊 6：44-52。
13. 黃振聲、謝豐國、貢穀紳。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。
14. 謝豐國、高穗生、陳維鈞。1978。五種毒物質對玉米象（*Sitophilus zeamais*）之防治試驗。植保會刊 20：8-15。
15. 謝豐國、黃振聲、洪麗梅、高穗生。1978。相對濕度對積穀含水量與蟲害損失之影響。植保會刊 20：330-337。

16. 謝豐國、黃振聲。1978。稻穀穎殼完整性對玉米象產卵與繁殖之影響。植保會刊 20：291-301。
17. 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.
18. 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.
19. Cotton, R. T. 1950. Insect pests of stored grain and grain products. P. 5-44.
20. Desmarchelier, J. M., and Dines, J. C. 1987. Dryacide treatment of stored wheat: its efficacy against insects, and after processing. Aust. J. Exp. Agric. 27: 301-312.
21. Duncan, D. B. 1951. A significance test for differences between ranked treatments in analysis of variance. Va. J. Sci. 2: 171-189.
22. Harris, C. R., and Kinoshita, G. B. 1977. Influenece of posttreatment temperature on the toxicity of pyrethroid insecticides. J. Econ. Entomol. 70: 215-218.
23. Hill, S. B. 1986. Diatomaceous earth: a nontoxic pesticide. Macdonald J. 47: 14 - 42.
24. Hirano, M. 1979. Influence of posttreatment temperature on the toxicity of fenvalerate. Appl. Ent. Zool. 14: 404-409
25. Iordanou, N. T., and Watters, F. L.. 1969. Temperature effects on the toxicity of five insecticides against five species of stored-product insects. J. Econ. Entomol. 62:130-135.
26. Ross, T. E. 1981. Diatomaceous earth as a possible alternative to chemical insecticides. Agric. Environ. 6: 43-51.

# ABSTRACT

**Yao, M. C.*, and Lo, K. C. 2001. Evaluation of control methods for insect pests of rice in small packages.** Plant Prot. Bull.43: 173-187 (Department of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC)

In order to solve problems caused by stored-product insects affecting commercial rice in small packages, rice in storehouses at mill factories was sampled and was subjected to a series of tests in this experiment. It was found that *Sitophilus oryzae* was the dominant pest among stored-product insects during rough rice storage in these mill factories. *S. oryzae* population densities in this study were much higher than any that had been previously reported from Farmer's Association bins in earlier studies. These large populations might be the major source of *S. oryzae* found in small packages of commercial rice. Among packages on store shelves, an average of 126 live *S. oryzae* could be found in a 1-kg package of rice after storage for 3 months at room temperature (RT). However, in air-conditioned environments, about 3 ℃ lower than RT, only 15.9 *S. oryzae* could be found, an almost 8-fold decrease. With the addition of diatomite (w : w, 1 : 200) in small packages of brown rice in air-conditioned supermarkets, *S. oryzae* could be suppressed to only 8 bugs/kg of rice. In the case of milled rice under the same conditions (combining air-conditioning with the application of diatomite), the number of *S. oryzae* could be reduced from 143 to 2 bugs/kg of rice. These results show that lower temperatures can dramatically reduce the number of *S. oryzae* occurring in rice and delay the development of these pests when the rice is treated with diatomite. The combined use of air-conditioning and diatomite supplementation may be an effective integrated pest management strategy to solve the severe pest problems in small packages of commercial rice in the future.

(Key word: *Sitophilus oryzae* (L.), diatomite, temperature, rough rice, brown rice, milled rice)

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