

稻穀穎殼完整性對玉米象 (*Sitophilus zeamais* Motschulsky)

產卵與繁殖之影響¹

謝 豐 國 黃 振 聲²

(接受日期：民國67年10月7日)

摘要：玉米象 (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) 於10種穀實繁殖之再次試驗結果顯示，無論係自由選擇或非自由選擇方式，該蟲皆未能於穀粒穎殼完整之稻穀及豆類或小米中取食與產卵繁殖。

又按不同品種、含水量及貯存期之稻穀、玉米象馴化現象 (Acclimation) 及玉米象與穀蠹 [*Rhyzopertha dominica* (Fabricius)] 同時存在等各種情況，逐一試驗測定，結果皆未發現玉米象於穎殼完整之稻穀中產卵繁殖。玉米象飼於穎殼完整稻穀、穎殼破損稻穀、整粒糙米、及半粒糙米等4種形態混合米穀中之試驗結果，再度發現該蟲僅在穎殼完整之稻穀中未能產卵，且引入之蟲隻亦於短期內全數死亡。以穀蠹為害後之穎殼破損稻穀及穎殼自然開裂稻穀，分別接入玉米象時，則發現其同時產卵增殖成功。此等試驗顯示稻穀穎殼之完整與否，可影響玉米象在稻穀中之取食、生存、產卵及增殖。

經檢視大宗倉儲稻穀，均混雜有穎殼破損稻穀、糙米及碎米，此乃稻穀經收割、脫穀、乾燥及搬運貯存時，可能因機械傷害、鼠害及蟲害等所造成者，此等情形皆可導致玉米象之取食、產卵與增殖為害。

一、緒 言

許多作物品種經由容忍 (Tolerance)，抗生作用 (Antibiosis) 或非偏好性 (Nonpreference) 等作用機制對田間害蟲之侵害產生抗性²⁴，倉儲穀物對不同倉儲害蟲之抗性亦有報告^{1,4,7,21,33,34}。Eden^{14,15} 指出玉米苞皮包圍黍穗完整緊密程度，其延伸超過黍穗尖端之長度及其葉數，均為玉米在田間或倉儲期，免受米象 [*Sitophilus oryzae* (L.)] 為害之重要獨立因子。玉米於田間受鳥害或穗蟲 [*Heliothis zea* (Boddie)] 侵害後，均加重以後玉米象 (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) 或其他倉儲害蟲之為害^{16,17}。而玉米種實堅硬程度亦為抵抗玉米象¹³ 及米象¹⁵ 之重要因素，並由玉米遺傳基因所控制¹⁹。

米象和玉米象在不同高粱品種之產卵率有顯著差異，此與穀物相對硬度有關^{27,28,30}；幼蟲與蛹之死亡率，性比及發育雖不受穀物硬度影響，但成蟲壽命則受影響。Davey 則認為穀粒硬度並不影響米象產卵而僅增高幼蟲的死亡率¹²，又穀物顆粒大小亦能影響玉米象之發育與體重^{23,27}。

小麥、大麥及燕麥外殼之完整性與種實硬度亦為抵抗倉儲害蟲之重要機制。Sinha³¹ 認為外殼完整之燕麥形成機械阻礙，而不為穀象 (*Sitophilus granarius* L.)、穀蠹 [*Rhyzopertha dominica* (F.)] 為害；彼又稱外殼完整之小麥、大麥及燕麥品種，較外殼破裂者對米象與玉米象較具抗性³²。

1 臺灣植物保護中心昆蟲組研究報告第8號。

2 臺灣植物保護中心昆蟲組技正及前國立中興大學昆蟲研究所研究生。

稻穀抗蟲機制被認為與穎殼性狀有關，具堅硬、緊密、完整之穎殼者最具抗性^{9,10,11}。例如具完整緊密穎殼之稻穀不為米象或難被穀蠹所侵害⁸；不同品種之稻穀亦影響米象與玉米象之產卵、發育及成蟲羽化²⁹。Rossetto²⁵檢定不同水稻品種之穀粒對玉米象為害之抵抗性，在取自35國1700種稻穀品種中，約有80%具有抗性，其餘20%為感性之品種，後者穀粒之穎殼多已破損。此外在30°C及RH 75%環境下，並未發現玉米象能鑽入穎殼完整之穀粒內取食為害。Rossetto *et al*²⁶，再度指出，僅有穎殼受損之稻穀遭受玉米象為害，而穎殼受損之情況則有2:1。穀粒外稃 (Lemma) 與內稃 (Palea) 分裂；2.穎殼破裂或自然開裂而脫落。因此無上述缺陷之稻穀即能抵抗 *Sitophilus* spp. 之為害。

筆者於玉米象對稻穀偏好性之初步試驗中，亦曾發現玉米象未能於本省推廣稻穀之一：臺中在來一號內取食或產卵繁殖⁵。玉米象確係本省穀倉主要害蟲之一，且一般研究與推廣人員仍認為玉米象可取食為害稻穀^{2,3,6}。為進一步探討本省其他部分推廣品種之稻穀是否具有抗玉米象之特性，以及明瞭其部分抗蟲機制，乃進行有關玉米象產卵與繁殖之一系列試驗，本文即為該項試驗之報告。

二、材料與方法

1. 玉米象於10種豆穀物中之產卵與繁殖試驗

(1)自由選擇試驗

供試豆穀物為臺南5號之稻穀與糙米、高粱(222E)、玉米(臺南選10號)、大麥(農院1號)、燕麥(日本北海道大叢燕麥)、大豆、綠豆、紅豆(此三種豆類品種未知)及小米(臺東6號)等10種。首先選出完整穀粒，並冷藏處理(-15°C)二週，以凍殺可能潛伏之害蟲，再置於R.H. 80%下使其水份平衡。然後各秤取30g共300g，置於大型塑膠瓶(9.1cm×13.7cm)內，用旋轉振盪器(Rotatory shaker)均勻混拌後，接入室內糙米飼育之14日齡玉米象成蟲45隻(30♀+15♂)，以細紗網覆蓋瓶口，再以開孔瓶蓋(5.7cm)旋緊，即置於培育箱(Growth chamber, 28±0.5°C, R.H. 70±10%，無光照)內，任成蟲自由選擇產卵。經5日後，將瓶中所有成蟲挑除，並將混合之10種豆穀物重行分開，分置於10個小塑膠瓶(4.3cm×7.8cm)內，以細紗網覆蓋瓶口並以開孔瓶蓋(3.7cm)旋緊，復置回原培育箱內。俟第一子代成蟲開始羽化起，每日挑除並記錄羽化數，計算成蟲羽化總數與羽化中期²⁰。本試驗做5重複。

(2)非自由選擇試驗

將臺南5號稻穀、大麥、燕麥、大豆、綠豆、紅豆及小米等，分顆粒完整與破裂二類，各秤取30g分置於小塑膠瓶內，接入14日齡玉米象成蟲30隻(♀20+♂10)後，置於上述培育箱內，任其取食產卵增殖。其後每週定時取出檢視存亡蟲數，並將死亡者挑除，而存活者仍放回瓶內，繼續觀察並記錄玉米象增殖情形。本試驗做4重複。

2. 玉米象飼於品種、含水量、貯存期不同的稻穀中之試驗

(1)供試稻穀品種不同時

將穎殼完整之三種稻穀：臺中在來1號、臺中178號、糯46號(含水量約15.8%)各30g，分置於3個小塑膠瓶內，分別接入混合日齡玉米象成蟲50隻(♀30+♂20)，以細紗網覆蓋瓶口並以開孔瓶蓋旋緊，置於實驗室(27±2°C, R.H. 70±10%)內，任其產卵增殖，經1、3、4個月，分別檢視及挑除瓶中死亡蟲數，並記錄增殖之新成蟲數。本試驗做5重複。

(2)供試稻穀含水量不同時

將穎殼完整，含水量分別為13.6、15.8及17.4%之臺南5號稻穀各100g，分置於3個中型塑膠瓶(10.8cm×7.2cm)內，分別接入上述玉米象成蟲200隻(♀♂約各半)後，其餘如(1)項試驗處理。



圖 1. 供試之不同形態米穀。由左至右依次為穎殼自然開裂稻穀、穀蟲為害後穎殼破損稻穀、半粒糙米、整粒糙米、穎殼破損稻穀、穎殼完整稻穀等。

Fig. 1 The different types of rice from left to right are husk-splitted rough rice in nature, husk-broken rough rice damaged by *Rhyzopertha dominica*, half-grained hulled rice, full-grained hulled rice, husk-broken rough rice, and husk-perfected rough rice, respectively.



圖 2. 玉米象成蟲羽化時受稻穀穎殼夾死情形。

Fig. 2 Maize weevils entrapped and killed by rice husks during emergence.

(3)供試稻穀貯存期不同時

將穎殼完整之三期稻穀：63年2期臺中在來1號，64年2期臺南5號，65年1期臺南5號（含水量約15.8%），分別作如(1)項之試驗處理。

3. 玉米象馴化現象及其與穀蠹同時飼於稻穀中之試驗

將穎殼完整，含水量為15.8%之臺南5號稻穀30g，置於塑膠瓶內，分A、B及C三組處理。A組單獨接入採自糧倉混合日齡玉米象50隻（♀30+♂20），B組接入室內飼育混合日齡穀蠹30隻與採自糧倉之玉米象24隻（♀15+♂9），C組則接入採自糧倉混合日齡之穀蠹30隻與玉米象24隻，餘如2.(1)項之試驗處理。

4. 稻穀及糙米完整性對玉米象產卵繁殖之試驗

(1)玉米象於4種形態米穀中產卵繁殖之試驗

將穎殼完整之稻穀、穎殼破損之稻穀、整粒之糙米及半粒之糙米（含水量約 $16.3 \pm 0.3\%$ ）（如圖1）等4種形態米穀各30g共120g，如同1.(1)項處理與觀察，並記錄結果。

另將穎殼完整之稻穀、穎殼破損之稻穀、整粒之糙米等3種形態米穀各30g，分置於長圓筒形不銹鋼籠內⁵〔12網目(Mesh)〕，隨即逢機埋置於草屯、員林兩地農會散裝倉庫穀堆內（深約15cm），使糧倉內自然存在之玉米象與穀蠹於上述籠內，自由選擇不同形態米穀棲集、產卵三星期。然後將鋼籠取出，檢視及計數每籠米穀中棲集之玉米象與穀蠹成蟲數；並將之挑除及記錄羽化之新成蟲數。本試驗做4重複。

(2)玉米象於穎殼破損稻穀中產卵繁殖之試驗

選取由穀蠹為害而穎殼破損之稻穀5g（如圖1），置於塑膠瓶內，接入混合日齡玉米象20隻（♀15+♂5），再放入 $28 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、R.H. $70 \pm 10\%$ 及無光照之培育箱內，任其取食、產卵增殖。隨後每週定時檢視存亡蟲數，並記錄玉米象增殖情形；至成蟲全數死亡且無新羽化成蟲出現為止，再將稻穀脫殼為糙米，檢視及記錄可能潛存於稻穀內部之成蟲數。本試驗做4重複。

另將穎殼完整與自然開裂之稻穀（採自礁溪糧倉）各30g（含水量約15.8%）（如圖1），分置於瓶內，接入混合日齡玉米象35隻（♀25+♂10），作同樣之處理與觀察。

5. 穀倉中穎殼破損之稻穀、糙米及碎米含量估計

自草屯穀倉中，逢機取樣蓬萊稻穀6袋（每袋約1.5kg），檢視並計數其中所夾雜之穎殼破損之穀粒、糙米及碎米含量。

三、結果與討論

1. 玉米象於10種豆穀物中產卵繁殖之結果

(1)自由選擇方式

表1顯示，玉米象於10種豆穀物中之繁殖與羽化中期均有顯著差異。其產卵繁殖偏好性依次為糙米、高粱、玉米、大麥、燕麥，而在稻穀、小米及其它豆類等則顯出其非偏好性。至於玉米象成蟲在穀物中之羽化中期最短者為糙米，其次為高粱、燕麥、玉米及大麥，與前述成蟲出現蟲數有相似之順序，此與筆者以前所得之結果⁵相同。

表 1. 玉米象於十種豆谷物中之繁殖與羽化中期

Table 1. Reproduction and median duration for emergency of the maize weevil on 10 mixed cereals and bean seeds.

豆 谷 物 種 類 Grain or bean seed	成 蟲 羽 化 數 (隻) No. of adults emerged	羽 化 中 期 (日) ⁽¹⁾ Median duration for emergence (days)
糙 米 Hulled rice	254.6 a ⁽²⁾	29.86 d ⁽²⁾
高 粱 Sorghum	171.6 b	32.42 bc
玉 米 Maize	66.0 c	34.40 ab
大 麥 Barley	2.0 d	34.84 a
燕 麥 Oat	0.2 d	33.0 abc
稻 谷 Rough rice	0	—
大 豆 Soybean	0	—
綠 豆 Mungbean	0	—
紅 豆 Small red bean	0	—
小 米 Millet	0	—

(1) 50% 成蟲羽化之時間。

Duration of 50% adult emergence

(2) 依 Duncan 氏多項變域測驗，凡小寫英文字母不同者，即表示機率 $p = 0.05$ 時，有顯著差異。

Means not followed by the same letter are significantly different at $p = 0.05$, Duncan's multiple range test.

表 2. 玉米象於顆粒完整豆谷物中之存活與增殖情形

Table 2. Survival and reproduction of the maize weevil on grain-perfected cereals and bean seeds.

檢 查 時 間 (週) Times (week)	大 麥		燕 麥		稻 谷		小 米		大 豆		綠 豆		紅 豆	
	Barley		Oat		Rough rice		Millet		Soybean		Mungbean		Small red bean	
	A ⁽¹⁾	D ⁽²⁾	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
0	30.0	0.0	30.0	0.0	30.0	0.0	30.0	0.0	30.0	0.0	30.0	0.0	30.0	0.0
1	9.5	20.5	28.5	1.5	8.0	22.0	2.5	27.5	1.0	29.0	0.0	30.0	0.0	30.0
2	4.0	5.5	28.5	0.0	0.0	8.0	0.0	2.5	0.0	1.0	—	—	—	—
3	3.0	1.0	28.5	0.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	3.5	0.5	27.0	1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	3.0	0.5	26.0	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	3.5	0.5	24.0	2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	7.0	1.0	22.0	4.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	8.0	0.5	18.0	4.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	12.5	0.0	15.5	5.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	16.0	2.0	14.0	3.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	18.0	0.5	13.5	2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	23.0	1.5	13.5	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
總 計 Total		34.0		25.0		30.0		30.0		30.0		30.0		30.0

(1) A 表 4 重複之平均存活成蟲數。

(2) D 表 4 重複之平均死亡成蟲數。

A: Mean number of living adults.

D: Mean number of dead adults.

表 3. 玉米象於顆粒破裂豆穀物中之存活與增殖情形

Table 3. Survival and reproduction of the maize weevil on grain-broken cereals and bean seeds.

檢 查 時 間 Times (week)	大 麥 Barley		燕 麥 Oat		小 米 Millet		紅 豆 Small red bean		綠 豆 Mungbean		大 豆 Soybean	
	A ⁽¹⁾ D ⁽²⁾		A D		A D		A D		A D		A D	
	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
0	30.0	0.0	30.0	0.0	30.0	0.0	30.0	0.0	30.0	0.0	30.0	0.0
1	28.5	1.5	29.0	1.0	22.5	7.5	13.0	17.0	0.0	30.0	0.0	30.0
2	28.5	0.0	27.5	1.5	3.0	19.5	1.0	12.0	—	—	—	—
3	27.5	1.0	27.5	0.0	1.0	2.0	0.0	1.0	—	—	—	—
4	27.5	0.0	27.5	0.0	0.0	1.0	—	—	—	—	—	—
5	84.0	0.0	58.0	2.0	—	—	—	—	—	—	—	—
6	104.0	5.0	62.5	5.5	—	—	—	—	—	—	—	—
7	104.0	6.0	60.0	8.5	—	—	—	—	—	—	—	—
8	101.5	5.5	57.0	3.0	—	—	—	—	—	—	—	—
9	86.0	15.5	52.0	5.0	—	—	—	—	—	—	—	—
10	72.0	14.0	56.0	2.5	—	—	—	—	—	—	—	—
11	78.0	2.5	57.5	1.5	—	—	—	—	—	—	—	—
12	77.0	1.5	47.5	10.0	—	—	—	—	—	—	—	—
總 數 Total		52.5		40.5		30.0		30.0		30.0		30.0

註 腳 (1). (2)說明同表 2

Footnotes (1) (2) same as Table 2.

(2)非自由選擇方式

依表 1 結果，臺南 5 號稻穀、大豆、綠豆、紅豆、小米、大麥以及燕麥，不受或少受玉米象選擇產卵繁殖。因此再以顆粒完整及破裂者觀察玉米象於非自由選擇方式下之產卵與增殖情形。由表 2 結果即知 30 隻（♀ 20 + ♂ 10）玉米象成蟲於 3 個月內，在顆粒完整之大麥增殖至 57 隻，燕麥為 38.5 隻；而在稻穀、小米、大豆、綠豆及紅豆等，均無增殖現象，且在 1~2 週內全部死亡。

玉米象於顆粒破裂豆穀物之產卵增殖結果如表 3。30 隻玉米象於 3 個月內，在破裂大麥之成蟲數增殖至 129.5 隻，燕麥為 87.5 隻，較在顆粒完整大麥與燕麥之增殖數（表 2）多兩倍；而在破裂之紅豆、綠豆、大豆及小米等均未增殖，且在 1~4 週內，全數死亡。

綜合上述結果顯示，穀粒穎殼之有無、完整與否，對玉米象之產卵、增殖與為害程度均有顯著之影響；同時試驗結果亦顯示，穀粒穎殼完整之稻穀、大豆、綠豆、紅豆等豆類（包括顆粒完整與破裂者）及小米並非玉米象之適合寄主豆穀物，此與前人之部份報告^{1,6} 相反。

2. 玉米象為害與品種、含水量及儲存期不同稻穀之關係

玉米象於接入臺中在來 1 號、臺中 178 號及糯 46 號之稻穀一個月後，發現每瓶內成蟲全數（♀ 30 + ♂ 20）死亡。再經 3 及 4 個月後分別檢視，並未發現任一新生成蟲自供試稻穀羽化而出，證實玉米象無法在穎殼完整之稻穀中產卵繁殖。

供試稻穀含水量不同時，所得結果亦與上述者相同。即當穎殼完整時，即使提高稻穀含水量至 17.4%，亦未能使玉米象取食稻穀而生存，或於稻穀內產卵繁殖。

再者，供試稻穀貯存期雖然達一年以上，因穎殼完整，玉米象仍無法取食而生存，或於稻穀內產卵繁殖。

3. 玉米象爲害與其馴化現象及其與穀蠹共存時之關係

由於上述試驗之供試昆蟲皆取自室內糙米飼育者，恐受馴化現象（Acclimation）之影響，故另以採自糧倉之玉米象進行試驗（A組），結果顯示生存於糧倉生態環境下之玉米象亦未能於穎殼完整之稻穀中產卵與繁殖。

另一試驗係將室內飼育之穀蠹成蟲與採自糧倉之玉米象成蟲（B組），或採自糧倉之兩種成蟲（C組）接入臺南5號稻穀。觀察結果發現，B、C兩組稻穀中之玉米象均全數死亡，亦未能產卵繁殖，可能係玉米象尚未能及時取食穀蠹爲害後的稻穀之故；而室內飼育或糧倉採集之穀蠹皆可在穎殼完整之稻穀中產卵繁殖，但穀蠹（30隻成蟲）經4個月後平均僅增加28隻成蟲（其中存活者15隻），繁殖力與存活率均不如以糙米飼育者，顯示穎殼完整之稻穀亦可阻礙或降低穀蠹產卵與增殖之速率。復經陸續觀察，發現穎殼破損（不論是自然開裂或由穀蠹等其它害蟲咬破者）之稻穀，却可遭致玉米象之取食爲害及產卵繁殖，因此又進行下列試驗。

4. 稻穀及糙米完整性對玉米象產卵繁殖之影響

(1)玉米象於4種形態米穀中產卵繁殖之結果

表4. 玉米象於實驗室內4種形態米谷中之繁殖與羽化中期

Table 4. Reproduction and median duration for emergence of the maize weevil on 4 types of rice in the laboratory.

米 谷 形 態 Rice type	成 蟲 羽 化 數 (隻) No. of adults emerged		羽 化 中 期 (日) ⁽¹⁾ Median period for emergence (days)	
全 粒 之 糙 米 Full-grained hulled rice	402.4	a ⁽²⁾	28.67	b ⁽²⁾
穎 殼 破 損 稻 谷 Husk-broken rough rice	137.0	b	30.09	a
半 粒 之 糙 米 Half-grained hulled rice	100.4	b	28.07	c
穎 殼 完 整 稻 谷 Husk-perfected rough rice	0			

註 腳 (1) (2) 說明同表1.

Footnotes (1) (2) same as Table 1.

表4顯示，除了穎殼完整之稻穀以外，玉米象均可在供試米穀中產卵繁殖。玉米象於全粒糙米中之繁殖與其在其它形態米穀中之繁殖有顯著差異；該蟲最偏好於全粒糙米中產卵繁殖，其次爲穎殼破損之稻穀及半粒糙米，可能是全粒糙米可供玉米象產卵之機會較大之故。而在穎殼完整之稻穀却未發現玉米象於其中產卵繁殖，若以穎殼完整之穀粒繼續飼育玉米象，則該蟲於短期內全數死亡。因此穎殼之完整與否，證實可影響玉米象在稻穀中之產卵，增殖乃至生存。此外，玉米象在全粒與半粒糙米中之羽化中期較短且頗相近，其在穎殼破損之稻穀中之羽化中期則有延長現象，此可能係因穎殼存在，阻礙玉米象羽化而出，因該蟲羽化爬出穀粒穎殼外時，常被夾於其中，因而拖延了羽化時間，甚至有終被夾死情況發生（圖2）。

如表5所示，在糧倉環境自由選擇情況下，玉米象亦最偏好於全粒之糙米中產卵繁殖，其次爲穎殼破損之稻穀，而其在穎殼完整之稻穀則未能產卵繁殖。穀蠹在供試三種形態之米穀均能繁殖，惟增殖蟲數甚少。

表 5. 玉米象於穀倉中三種形態米谷中之繁殖情形⁽¹⁾
Table 5. Reproduction of the maize weevil on 3 types of rice in the storehouse.⁽¹⁾

地 區 Storehouse	檢查時間 (月) Time (month)	全 粒 之 糙 米 Full-grained hulled rice				穎殼破損稻谷 Husk-broken rough rice				穎殼完整稻谷 Husk-perfected rough rice			
		玉米象 Maize weevil		谷 蠹 lesser grain borer		玉米象 Maize weevil		谷 蠹 lesser grain borer		玉米象 Maize weevil		谷 蠹 lesser grain borer	
		A ⁽²⁾	D ⁽³⁾	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
草 屯 Tsaotun	0	0.5	0	1.0	1.0	0.5	0.5	4.5	4.0	0	0	0	0.5
	1	11.0	0	4.5	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0.5
	2	137.0	0	0	0	71.0	0	0	0	0	0	0	0
員 林 Yenlin	0	0.0	0	1.0	1.5	0	1.5	1.5	7.5	0	0	0	1.5
	1	20.5	0	0	0	8.0	0	0	0	0	0	0.5	0
	2	72.5	0	0	0	21.0	0	0	0.5	0	0	0	0

- (1) 試驗進行時草屯、員林二地糧倉內溫、濕度分別為 $29.7 \pm 2.1^{\circ}\text{C}$, R.H. $79.6 \pm 4.7\%$ 與 $28.3 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$, R.H. $75.6 \pm 4.9\%$
Tests were held in Tsaotun storehouse at $29.7 \pm 2.1^{\circ}\text{C}$ and R. H. $79.6 \pm 4.7\%$ and in Yenlin storehouse at $28.3 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ and R. H. $75.6 \pm 4.9\%$
- (2) A 表 4 重複之平均存活成蟲數。
A: Mean number of living adults.
- (3) D 表 4 重複之平均死亡成蟲數。
D: Mean number of dead adults.

(2)玉米象於穎殼破損稻穀中產卵繁殖之結果

表 6. 玉米象於實驗室內三種形態稻谷中之繁殖情形
Table 6. Reproduction of the maize weevil on 3 types of rice in the laboratory.

檢查時間 (週) Times (week)	谷蠹為害穎殼破損者 Husk-broken rough rice damaged by lesser grain borer		穎殼自然開裂者 Husk-spilted rough rice in nature		穎殼完整者 Husk-perfected rough rice	
	A ⁽¹⁾	D ⁽²⁾	A	D	A	D
0	20(♀10 + ♂10)	0	35(♀25 + ♂10)	0	35 (♀25 + ♂10)	0
1	11	9	33	2	0	35
2	2.5	8.5	21	12	0	0
3	0	2.5	10.75	10.25	0	0
4	0	0	3.75	7.0	0	0
5	0	6.5	0.75	3.25	0	0
6	0	0	0	0.75	0	0
7	0	0	0.25	0	0	0
8	0	0	0	4.0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11 (Hulling)	0	0	0	15.0	0	0
總 計 Total		26.5		54.25		35

註 腳 (1) (2) 說明同表 2
Footnotes (1) (2) same as Table 2

穀蠹成蟲產卵於米穀表面，幼蟲孵化後直接或經穎殼隙縫鑽入米穀內部取食為害，至成蟲羽化時始嚙破穎殼而出；通常其幼蟲僅消耗約 $\frac{1}{3}$ 穀實，其餘 $\frac{2}{3}$ 穀實可供其它害蟲產卵為害。因此玉米象成蟲往往自稻穀上之穀蠹羽化孔侵入取食，並將卵產於米粒內而繁衍後代。表 6 即證實上述觀察，如 20 隻玉米象在穀蠹為害後穎殼破損之稻穀，經 5 週增殖為 26.5 隻；而在穎殼完整者不僅未能產卵增殖，且於一週內全部死亡。

從觀察中發現，稻穀穎殼裂縫寬度大於玉米象口器寬度時，玉米象較易自穎殼裂縫處取食穀實，故其平均存活期不僅可延長，尚且亦可產卵繁殖（如表 6）。惟玉米象成蟲羽化後，若穎殼裂縫寬度不足使其爬出稻穀外部時，成蟲多被囿困於稻穀內部而死亡，如在 11 週後，脫去稻穀之糙米中即發現 15 隻死亡之玉米象成蟲。玉米象於穎殼完整之稻穀中，則因未能取食而於一週內全數死亡（表 6）。

4. 5. 穀倉中穎殼破損稻穀，糙米及碎米含量之估計

表 7. 穀倉中穎殼破損稻穀、糙米及碎米含量估計

Table 7. The estimation of grain numbers of the husk-broken rough rice, brown rice, and broken brown rice in the storehouse.

樣品 (1) Samples	1	2	3	4	5	6	總計 Total	平均 ± 標準偏差 Mean ± S.D.
穎殼破損稻穀、糙米及碎米含量 (粒) No. of husk-broken rough rice and broken brown rice (grains)	21	34	36	28	25	36	180	30 ± 6.3

(1) 每一稻穀樣品為 1.5kg.

(1) 1.5kg/sample.

檢視倉穀樣品發現，平均 1.5kg 稻穀中，含有約 30 粒穎殼破損之稻穀、糙米或碎米（如表 7），此等米穀即可遭致玉米象之取食與產卵為害。

綜合前述各項試驗與觀察結果，證實玉米象顯然未能於穎殼完整之稻穀中取食為害或產卵繁殖。稻穀穎殼之完整無缺，形成機械阻礙，阻止了玉米象成蟲取食或產卵，終使其饑餓死亡，故無子代繁衍發生（穀蠹於穎殼完整之稻穀雖可產卵增殖，然穎殼之存在亦可阻礙或降低其產卵與增殖之速率）。然而，經檢視大宗倉貯稻穀，均難有穎殼破損之稻穀、脫殼糙米及碎米，此乃稻穀於收割、脫殼、乾燥、轉運及貯放時，可能因機械傷害、鼠害、鳥害或其他蟲害等所造成者，推測上述情況皆可引致玉米象之取食、產卵與增殖為害。因此，稻穀於收穫至倉儲過程中，應盡量以稻穀形態儲藏，避免損壞稻穀之穎殼，減少糙米及碎米的比率。積極方面的研究，則可利用抗蟲育種技術，將稻穀穎殼緻密及堅硬之性狀合併於農藝性狀優良，及具有其他抗蟲性之水稻品種，以期降低玉米象與其他害蟲為害倉儲穀物之量與質的損失。

引 用 文 獻

1. 林 樓 1964 綠豆象藥劑防治試驗 農業研究 13(2):55-9.
2. ——— 1966 積谷害蟲 臺灣植物保護工作 (1940-1965)317-35pp.
3. 臺灣省政府農林廳 1964 農業要覽 第四輯 作物病蟲害 第二卷 蟲害 臺灣省政府農林廳出版
4. 關崇智 1967 四點豆象生活史及防治試驗 中興大學昆蟲學會會報 6(1):7-27.
5. 謝豐國、高穗生、黃振聲 1976 玉米象 (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) 對積谷偏好性之初步試驗

臺灣農業 12(3):164-70.

6. 未具名 1950 臺灣的積谷害蟲及防治 臺灣大學昆蟲研究室 42頁
7. Bernado, E.N. 1972. Varietal resistance of corn to the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.) Philipp. Entomol. 2: 195-203.
8. Breese, M.H. 1960. The infestibility of stored paddy by *Sitophilus sasakii* and *Rhyzopertha dominica*. Bull. Ent. Res. 51: 599-630.
9. Cogburn, R.R. 1974. Domestic rice varieties: Apparent resistance to rice weevil, lesser grain borer, and Angoumois grain moth. Environ. Entomol. 3: 681-5.
10. ——— 1977. Susceptibility of varieties of stored rough rice to losses caused by storage insects. J. stored Prod. Res. 13: 29-34.
11. Cohen, L.M., and M.P. Russell. 1970. Some effects of rice varieties on the biology of the Angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella*. Ann. Entomol. Soc. Amer. 63: 930-1.
12. Davey, P.M. 1965. The susceptibility of sorghum to attack by the weevil *Sitophilus oryzae* (L.). Bull. Entomol. Res. 56: 287-97.
13. Dobie, P. 1974. The laboratory assessment of the inherent susceptibility of maize varieties to post-harvest infestation by *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera, curculionidae). J. stored Prod. Res. 10: 183-97.
14. Eden, W.G. 1952 a. Effect of husk cover of corn on rice weevil damage in Alabama. J. Econ. Entomol. 45: 543-4.
15. ——— 1952 b. Effect of kernel characteristics and component of husk cover on rice weevil damage to corn. Ibid. 45: 1084-5.
16. Floyd, E.H. and J.D. Powell. 1958. Some factors influencing the infestation in corn in the field by the weevil. Ibid. 51: 23-6.
17. Floyd, E.H., A.D. Oliver, and J.D. Powell. 1959. Damage to corn in Louisiana caused by stored-grain insects. Ibid. 52:612-5.
18. Gupta, S.C., V.L. Asnani, and B.P. Khare. 1970. Effect of the opaque-2gene in maize (*Zea mays* L.) on the extent of infestation by *Sitophilus oryzae* L. Ibid. 6: 191-4.
19. Honda, H., I. Yamamoto, and R. Yamamoto. 1969. Attractment for rice weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky from rice grain. I. Bioassay method for the attractancy of rice grain to rice weevil. Appl. Entomol. Zool. 4: 21-3.
20. Howe, R.W. 1975. The estimation of development time by probit analysis. J. stored-Prod. Res. 11: 121-2.
21. Kirk, V.M. and A. Mancuiller. 1964. Rating dent corn for resistance to rice weevil. J. Econ. Entomol. 57: 850-2.
22. McGaughey, W.H. 1970. Effect of degree of milling and rice variety on insect development in milled rice. Ibid. 63: 1375-6.
23. Morrison, E.O. 1964. The effect of particle size of sorghum grain on development of the weevil *Sitophilus zeamais*. Ibid. 57: 390-1.
24. Painter, R.H. 1951. Insect resistance in crop plants. The McMillan Co., Mew York, 520 pp.
25. Rossetto, C.J. 1966. Resistance of varieties of rough rice (paddy) to the *Sitophilus zeamais* (Mot.) (Coleoptera-Curculionidae) Abstract of Master's Thesis Dep. Entomol., Kansas State University.
26. Rossetto C.J., R.H. Painter, and D. Wilbur 1972. Resistencia De variedades De Arroz En casca A *Sitophilus zeamais* Motschulsky Fitotecnica Latinoamericana 9(1): 10-18.
27. Russell, M.P. 1962. Effects of sorghum varieties on the lesser rice weevil, *Sitophilus zeamais* (L.) I. Oviposition, immature mortality, and size of adults. Ann. Entomol. Soc. Amer. 55: 678-85.
28. ——— 1966. Effects of four sorghum varieties on the longevity of the lesser rice weevil, *Sitophilus zeamais* (L.) J. stored Prod. Res. 2: 75-9.
29. ——— 1968. Influence of rice variety on oviposition and development of the rice weevil, *Sitophilus oryzae*; and the maize weevil, *Sitophilus zeamais*. Ann. Entomol. Soc. Amer. 61: 1335-6.

30. Russell, M.P., and M.M. Pink. 1965. Some effects of sorghum varieties on the development of a rice weevil, *Sitophilus zeamais*. Ibid. 58: 763.
31. Sinha, R.N. 1969. Reproduction of stored-grain insects on varieties of wheat, oats, and barley. Ibid. 62: 1011-5.
32. _____. 1971. Multiplication of some stored-product insects on varieties of wheat, oats, and barley. J. Econ. Entomol. 64: 98-101.
33. Warren, L.O. 1954. Teosinte as a host for stored grain insects. Ibid. 47: 630-2.
34. _____. 1956. Behavior of Angoumois grain moth on several strains of corn at two moisture levels. Ibid. 49: 316-9.

EFFECTS OF HUSK PERFECTNESS OF ROUGH RICE ON THE OVIPOSITION AND REPRODUCTION OF *SITOPHILUS ZEAMAI*S MOTSCHULSKY¹

F. K. Hsieh and J. S. Hwang²

Tests relating to the reproductive preference of the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, among 10 different stored grains and bean seeds revealed that the weevil could not lay eggs in husk-perfected rough rice, bean seeds or millets. Tests were again initiated to determine the effects of rice varieties, duration of storage period, moisture content of rice, acclimation of the weevil, and coexistence of the maize weevil and the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica*, on the oviposition and reproduction of *S. zeamais*. The results showed that the maize weevil could not deposit eggs in the rough rice and the weevils died in about two weeks, resulting in no development of F1 progeny in the rough rice.

Further tests were undertaken by infesting the mixture of rough rice, husk-broken rough rice and brown rice with the weevils in the laboratory or in the grain bin. The results indicated that oviposition occurred in all test rice except rough rice. Oviposition and reproduction of *S. zeamais* were found in the rough rice with broken husk caused by the damage of *R. dominica* and in the husk-split rough rice. The maize weevil was evidently unable to damage the rough rice maintaining perfect husk.

1 Research paper No. 8 of the Division of Entomology, Plant Protection Center, Taiwan, Republic of China.
 2 Sr. Specialist, PPC, and former Graduate Assistant, National Chung Hsing University, respectively.