

倉庫害蟲生態分析

高 穗 生 謝 豐 國

一、前言：

谷物收成之後，並非意味着植物保護工作已告完成，因為有許多害蟲尚可繼續為害倉貯谷物。臺灣終年高溫多濕，據數十年之氣象記錄，本省平地各地之年平均溫，均在21°C以上，6月至9月期間達26—28°C；全年平均濕度約在82%左右(7)，而在本省北部，冬季之濕度較夏季為大，在南部則與之相反。此等氣候條件頗適合於害蟲之孳生繁衍。

當氣候條件適合時，作物不僅生育期遭受各種蟲害，收穫後(post-harvest)亦常受到倉庫害蟲之為害；其為害損失量，則因谷物種類、地區、貯藏期及生態條件等而異(23,27)。臺灣地區的損失量據梁崇仁等(1954)之調查指出，稻穀貯藏4個月以上者，其蟲害損失量約為6%(4)。又據林樞(1975)(3)調查雜糧貯藏1~4個月之受害損失率平均為：小麥約1.09%、大麥1.58%、大豆0.30%、玉米2.23%、高粱3.39%。以上僅就量的損失而言，而米谷變質及其對人畜健康之影響尚未估計，可見倉庫害蟲危害之一斑。

倉庫害蟲對倉谷造成的損失，因不同生態條件而有異，此乃與其繁殖率有關，害蟲在最適當的條件下(包括適當的食物、溫度

、濕度和氧氣)，其增殖極為迅速，例如一對扁擬谷盜(*Tribolium confusum*)的子代在150天內，能繁衍100萬隻以上。由表一可見在溫度30°C和相對濕度70%情形下，米象(*Sitophilus oryzae*)的內在增殖力(rm: innate capacity for increase)(0.564)較谷斑皮蠹(*Trogoderma granarium*)(0.076)為高，故前者為優勢種[dominant species(13)]。另一研究却指出，在35°C及65%濕度下，谷斑皮蠹之增加率可達0.091(13)。

除了溫濕度外，食物之品質亦影響害蟲棲群之增加率，其於同一寄主作物之感受性品種(susceptible variety)繁殖較快(表二)(13)。

倉庫害蟲的肆虐程度與倉庫之建築結構，材料的好壞、貯藏與管理方法之優劣等有密切關係。1974年時，臺灣地區谷物倉庫計2,795棟，總容量為2,602,700公噸，舊式過時之倉庫(2)，為數不少，又近年來由於稻穀豐收，倉庫容量時感不足。谷物如貯藏於設備完善的倉庫內，害蟲之發生即相對減少；若管理不善，環境雖佳，害蟲仍時常發生，若能嚴加管理，雖倉庫未臻理想，亦可減少害蟲之孳生繁殖(9)。

本文就倉庫害蟲之物理生態(physical ecology)作概略的討論，並對貯藏建築物

表一 倉庫害蟲棲群增殖情形 (30°C, 70% R.H.) (13)

中名	學名	食物	內在增殖率(r _m)	每天有限增加率	每週棲群預期增加倍數
穀斑皮蠹	<i>Trogoderma granarium</i>	小麥	0.076	1.079	1.70
米象	<i>Sitophilus oryzae</i>	小麥	0.564	—	1.76
麥蛾	<i>Sitotroga cerealella</i>	小麥	0.097	1.102	1.97
外米綴蛾	<i>Corcyra cephalonica</i>	玉米	0.059	1.060	1.51
豆象	<i>Callosobruchus analis</i>	綠豆	0.154	1.160	2.89
綠豆象	<i>C. chinensis</i>	回鶻豆	0.086	1.090	1.82

表二 穀斑皮蠹棲群於不同小麥品種之增殖情形 (30~33°C, 70% R.H.) (13)

小麥品種	內在增殖率 (r _m 值)	每日有限增加率	每週棲群預期增加倍數
PV 18	0.079	1.082	1.736
Kalyan-Sona	0.088	1.092	1.851
Sonalika	0.108	1.114	2.129
C ₃₀₆	0.119	1.126	2.294
C ₂₇₃	0.125	1.134	2.415

的設計和建造應注重的事項及倉貯方法之優劣，予以探討和評估，以期闡明生態安全法 (ecological safety measure) 之重要性。

二、環境和害蟲之增殖：

造成鉅大損失的倉庫害蟲，其生長與發育受到不同生態因子的控制，諸如溫度、濕度、氧氣和光線等 (26)，為了使倉貯谷物免於害蟲和蟎類之為害，實有賴於對此等因子之充分瞭解，並加以適當的操縱方能奏效，茲將環境因子與害蟲關係分述於下：

(一)溫度：

在非生物環境 (abiotic environment) 中，溫度是最重要的因子，因其可控制害蟲的代謝率、生長、發育、生殖力、壽命、一般行為和分布 (8)。昆蟲自本身之熱量損失約與代謝過程的熱量保持一種平衡狀況。一

般而言，在限界內，溫血動物之代謝因溫度上升而降低，冷血動物之代謝則反而增加。

由於溫度上升而產生之過多熱量，在昆蟲之成蟲，則以迅速運動表現之，而在發育期則發育加速以表現之。在某些限界內，溫度對於昆蟲之發育，係按照一個和化學反應相似的模式，即發育速率因溫度之上升而增加，主要不同點在於高溫或低溫時，代謝完全停止，而導致昆蟲死亡。對昆蟲而言，在最高和最低溫限界 (high and low temperature limits) 之間為發育適溫 (optimum temperature for development)，不同害蟲發育適度溫度範圍皆有不同，一般而言，在 20~35°C 時發育較快，而在高於或低於此範圍 5~7°C 時遭致死亡 (表三) (24)。

許多「標準」可用來衡量昆蟲生長之適

表三 溫度對倉庫害蟲發育之影響 (24)

中名	學名	最低溫 (°C)	適溫 (°C)	抗寒性*	最大增殖率**
粗足粉蟎	<i>Acarus siro</i>	7	21-27	CH	2,500
地中海麵粉蛾	<i>Anagasta kuehniella</i>	10	24-27	CH	50
煙草螟蛾	<i>Ephestia elutella</i>	10	25?	CH	15
澳洲蛛蚬	<i>Ptinus tectus</i>	10	23-25	CH	4
	<i>Endrosis sarcitrella</i>	10	24-26	CH	30
	<i>Hofmannophila pseudospretella</i>	13	24-26	CH	2
穀象	<i>Sitophilus granarius</i>	15	26-30	CH	15
麥蛾	<i>Sitotroga cerealella</i>	16	26-30	CH	50
闊角穀盜	<i>Gnathocerus cornutus</i>	16	24-30	CS	15?
藥材蚬	<i>Stegobium paniceum</i>	17	25-28	CH	7.5
米象	<i>Sitophilus oryzae</i>	17	27-31	MH	25
粉斑螟蛾	<i>Ephestia cautella</i>	17	28-32	MH	50
印度穀蛾	<i>Plodia interpunctella</i>	18	28-32	CH	30
外米綴蛾	<i>Corycra cephalonica</i>	18	28-32	MH	10
斑鱓節蟲	<i>Dermestes maculatus</i>	20	30-35	MH	30
貿易鋸穀盜	<i>Oryzaephilus mercator</i>	20	31-34	CS	20
	<i>Cryptolestes turcicus</i>	21	30-33	CH	50
鋸胸粉扁蟲	<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	21	31-34	CH	50
扁擬穀盜	<i>Tribolium confusum</i>	21	30-33	MH	60
煙草蚬	<i>Lasioderma serricorne</i>	22	32-35	MH	20
赤足郭公蟲	<i>Necrobia rufipes</i>	22	30-34	MH	25
擬穀盜	<i>Tribolium castaneum</i>	22	32-35	CS	70
赤銹扁穀盜	<i>Cryptolestes ferrugineus</i>	23	32-35	CH	60
穀斑皮蠹	<i>Trogoderma granarium</i>	24	33-37	CH	12.5

*CH: 抗寒性; MH: 中度抗寒性; CS: 寒感性 (Cold-Susceptible)。

**穩定年齡棲群 (stable age population) 之最大增加率。

溫，例如產卵數、孵化數、幼蟲發育和成蟲壽命等，然而最佳之衡量標準可能為棲群的增加率 (12)。

溫度低於發育臨界 (threshold of development) 時，昆蟲生長即受阻，較低的溫度則能使之致死。昆蟲有許多個體變異 (individual variation) 能對酷冷的低溫和凝固溫作調節，此種現象謂之抗寒性 (cold hardness)。例如谷象之成蟲其超冷點 (su-

per cooling point) 為 $-6\sim-14^{\circ}\text{C}$ ，凝固點為 (freezing point) 為 $-2.4\sim-8^{\circ}\text{C}$ ；粉斑螟蛾類 (*Ephestia* spp.) 和麥蛾類 (*Sitotroga* spp.) 之低冷點 (under-cooling) 27°C ；豆象 (*Bruchus obtectus*) 則為 $-15\sim-20^{\circ}\text{C}$ (22)。又澳洲蛛屨 (*Ptinus tectus*) 在 -3°C 下暴露 6 天無恙，但繼續暴露延至 13 天時，即死亡。故低溫對昆蟲之致死效果常受暴露時間的長短而定(如表四)

表四 倉庫害蟲對低溫的抵抗力 (15)

中 名 學 名	致 死 所 需 天 數						
	溫 度 範 圍 $^{\circ}\text{C}$						
	-17.8 }	-15 }	-12.2 }	-9.4 }	-6.7 }	-3.9 }	-1.1 }
米 象 <i>Sitophilus oryzae</i>	1	1	1	3	6	8	16
谷 象 <i>S. granarius</i>	1	3	—	14	33	46	73
鋸胸粉扁蟲 <i>Oryzaephilus surinamensis</i>	1	1	3	3	7	23	26
扁擬穀盜 <i>Tribolium confusum</i>	1	1	1	1	5	12	17
擬 穀 盜 <i>T. castaneum</i>	1	1	1	1	5	8	17
印 度 穀 蛾 <i>Plodia interpunctella</i>	1	3	5	8	28	90	—
地中海粉斑螟蛾 <i>Ephestia kuehniella</i>	1	3	4	7	24	116	—

(15)。對 *B. obtectus* 而言，在 0°C 以下雖不致死，但蛹之變態呈不完全，成蟲不能羽化，幼蟲則可孵化。多數昆蟲在一天內暴露之溫度由 -17°C 變化至 15°C 時，皆會死亡 (22)。

低溫可造成煙草粉螟 (*Ephestia elutella*) 的雄蟲不孕，降低印度谷蛾 (*Plodia interpunctella*) 之生殖力。一般昆蟲能發育的最低溫介於 $15\sim 18.3^{\circ}\text{C}$ (22)。在低溫時許多昆蟲可活得長些，但其活動則大為降低。

害蟲增殖的下限和上限 (lower and upper limit) 不盡相同，譬如米象在 34°C 時停止增殖。但對穀斑皮蠹而言，此溫却在其適度範圍內，故一個儲藏場所溫度超過 $34\sim 35^{\circ}\text{C}$ 時對米象的增殖不利。表五指出致死高溫對不同昆蟲之影響。表中顯示溫度對昆蟲不同生命期的影響並不一致，且一般初齡幼蟲對極端溫最不具抗性 (21)。

為了壓制主要的害蟲棲群，則其致死溫度，可作為貯藏場所環境具備條件的指標。美國夏天開暖氣系統能產生足夠的高溫殺死

表五 致死高溫對倉庫害蟲之影響* (21)

中 名	學 名	蟲 期	溫 度 (°C)	暴 露 時 間
地中海粉斑螟蛾	<i>Ephestia kuhniella</i>	全	50	1 hr
		全	48	2 hrs
鋸胸粉扁蟲	<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	全	40.6	64 hrs
印度穀蛾	<i>Plodia interpunctella</i>	成蟲	44-45	30 min
穀 蠹	<i>Rhyzopertha dominica</i>	卵	40	24 hrs
		成蟲	51	24 hrs
麥 蛾	<i>Sitotroga cerealella</i>	幼蟲	60	1½ hrs
		幼蟲	70	30 min
		幼蟲	80	15 min
		成蟲	49	10 min
谷 象	<i>Sitophilus granaria</i>	成蟲	48.8	3 hrs
		卵	34.6	9 days
米 象	<i>S. oryzae</i>	成蟲	35-36	9 days
		成蟲	42	24 hrs
		成蟲	49	30 min
擬 谷 盜	<i>Tribolium castaneum</i>	成蟲	55	15 min
		全	42-44	30 min
扁擬谷盜	<i>T. confusum</i>	全	42-44	30 min
穀斑皮蠹	<i>Trogoderma granarium</i>	卵	45	24 hrs
		幼蟲	50	24 hrs
		成蟲	50-51	5-24 hrs

*經修訂。

昆蟲，若種子水分含量不超過12%，處理溫度不超過 57°C，處理時間在 6 小時以內，所產生之熱量可用來處理播種用之穀物 (25)。

腐生菌類之生長適溫為 10°~38°C，但

若相對濕度不適合時，在此範圍內之任何溫度下皆不能發育。如果濕度適合，其最適溫約為 28°C 左右，此時發育極為迅速 (12)。

(二)濕度：

濕度對倉庫害蟲發育的影響和溫度極有

關係，且可經由谷物之水分含量 (moisture content, MC) 直接作用。事實上不同種類倉庫害蟲之為害，代謝率、生長、繁殖、一般行為和分布均受倉庫和倉貯谷物之溫濕度所左右。

1. 大氣和水分之關係

空氣濕度之基本量度標準為絕對濕度 (absolute moisture content)，一般以每立方公尺有多少克的水蒸氣表之。空氣的保水能力 (water holding capacity) 因溫度的升高而增加 (12)。若空氣中的絕對水分含量不變，當溫度上升時，則相對濕度下降。故若加熱時，由於空氣吸收水分的傾向增加，任何在大氣中的生物，皆不易獲得水分 (12)。

2. 相對濕度和食品含水量的平衡

大多數食品和許多其他物質如鹽類溶液，常因失去水分或獲得水分，而與周圍空氣中之相對濕度呈平衡狀態 (equilibrium)。在一個特定的濕度水準下，不同食品有不同水分含量的平衡，當相對濕度高過70%時，霉菌開始發育，對將要乾燥貯存的任何食物即可參考其在70%相對濕度下之平衡水分含量 (16, 17, 18)。

3. 相對濕度與昆蟲之關係

對小型陸棲動物而言，水分的保持是很重要的。昆蟲從身體所喪失的水分大多數經由表皮 (cuticle) 和氣管系統 (tracheal system) 蒸發，可能水分從一個表面的蒸發是和空中飽和蒸氣壓差 (saturation deficiency) 成比例。在一個特定溫度下的蒸發率 (evaporation rate) = 飽和蒸氣壓 (saturation vapor pressure) \times (100 - R.H.

)。從此定律可導出 a) 溫度上升時昆蟲表皮的通透性 (permeability) 增加。b) 飽和蒸氣壓相同時，溫度上升，則水分擴散能力增加。Andrewartha and Birch (11) 把濕度對動物之影響做成一個假設曲線，而把它劃分為致死乾燥 (lethal dry zone)，生長適當濕度 (optimal humid zone) 及致死潮濕 (lethal wet zone) 等三個區。動物只有在適當之濕度下才有正常的生殖力及發育速率 (如表六)。

4. 谷物水分含量與昆蟲之關係

昆蟲之發育有其一定的濕度範圍 (range of humidity)。水分含量超過10%以上，濕度增到某一限度時，害蟲為害愈為增加。若谷物含水量低，昆蟲為了生存，往往破壞貯藏於身體內的食物，以獲得水分，如此對其生長和增殖即有不利的影響。在適度範圍內，發育相對地加速，且較其它濕度水準而言，有更多的個體完成發育。單一種類不同蟲期，其濕度相關性的差異，遠較不同種類相同蟲期為大。

當谷物水分含量高 (16~20%) 時，則促使蟎類和微生物的生長。據觀察，印度6月份谷物的最初含水量對米象的增殖有深遠的影響。1969年在 Punjab 省，4~5月未下雨，於6月份觀察10個貯藏所，其谷物含水量僅為 8.7%，米象為害相當遲，且此蟲棲群維持很低的水準。至1971年因谷物最初含水量高，此蟲曾造成嚴重的損失 (如表七) (13)。

5. 腐生菌類 (saprophytes) 之水分需求

能污染食物的真菌 (霉菌) 和細菌對濕

表六 倉庫害蟲發育之濕度需求 (13,22)

中 名	學 名	相 對 濕 度 (%)			谷 物 含 水 量 (%)	
		最 低	適 度	最 高	最 低	適 度
綠豆象	<i>Callosobruchus chinensis</i>	10-30	70	90	—	13.0
煙草螟蛾	<i>Ephestia elutella</i>	30	—	—	—	—
鋸穀盜類	<i>Oryzaephilus</i> sp.	10	—	—	—	—
印度穀蛾	<i>Plodia interpunctella</i>	40	—	—	—	—
谷 蠹	<i>Rhyzopertha dominica</i>	25	70	90	5.0	13-15
米 象	<i>Sitophilus oryzae</i>	45-60	70-90	100	9.5	13-15
谷 象	<i>S. granarius</i>	50	—	—	—	14.75
麥 蛾	<i>Sitotroga cerealella</i>	25	75	20	5.0	13.5
擬谷盜	<i>Tribolium castaneum</i>	1-10	70-85	90	10.0	13-14
扁擬谷盜	<i>T. confusum</i>	1	—	—	—	—
穀斑皮蠹	<i>Trogoderma granarium</i>	1-3	25	73	1.9	13.0

表七 谷物含水量對害蟲棲群和散裝小麥損失之影響 (13)
(印度 Ludhiana 地區)

時 間	水分含量 (%)	每 500 克小麥 之米象頭數	種實受害率 (%)
1969年			
6月	8.7		
9月	11.2	62	2.44
12月	10.3	112	6.81
1971年			
6月	11.67	15	0.8
9月	15.85	152	13.7
12月	10.15	235	38.8

度的需求十分嚴格。藻菌類 (Phycomycetes) 和子囊菌 (Ascomycetes) 類霉菌之正常營養與有性發育 (vegetative and sexual development) 所需相對濕度之下限 (lower limit) 約為75%。然而, 有些霉

菌如黃麴黴類 (*Aspergillus* spp.) 在濕度 10~75% 時有緩慢的發育, 污染食物的細菌, 其正常發育一般至少需要90%的濕度。

霉菌和細菌孢子對低濕度具有抗性, 其它霉菌和某些細菌的營養體 (vegetative

bodies) 對乾燥 (desiccation) 亦有抵抗性。因此若濕度適於霉菌的發育時，不但要壓制並且要根絕霉菌，因為包裝食物含有抵抗性的孢子或菌絲時，將之開啓，若未全部消耗，則剩餘物很快地即受到污染。

(三) 氧氣

表八 倉貯小麥中害蟲氧氣最低致死量 (13)

中 名	學 名	蟲 期	氧氣(%)
穀斑皮蠹	<i>Trogoderma granarium</i>	卵	16.77
		幼 蟲	1.08-5.33
谷 蠹	<i>Rhyzopertha dominica</i>	成 蟲	3.39
		充分成長之幼蟲	11.40
米 象	<i>Sitophilus oryzae</i>	成 蟲	6.70
		其他蟲期	2.00
擬 谷 盜	<i>Tribolium castaneum</i>	成 蟲	7.24
		充分成長之幼蟲	6.37

不同生長期之同種昆蟲在大氣中氧氣濃度之臨界值 (critical level) 常有差異，若氧氣缺乏時，則該蟲期即不能繼續增殖，例如穀斑皮蠹卵在氧氣含量 16.77% 時，失去活力，而成長的幼蟲則在低於 1% 的氧氣含量下，尚能生存。

故在適當情況下，操縱倉庫內氧氣和二氧化碳之濃度，可防治害蟲。若倉庫中氣體擴散不易，可經適當的操縱將氧氣和二氧化碳維持至需求水準，而將許多害蟲予以防治。因此若谷物含水量乾燥至 10% 左右，保持相當地不透氣狀態，大多數昆蟲即因缺少水分而不能增殖，至於試圖增殖的昆蟲，經過一段時間，最後亦因氧氣的缺少而致死。

減少氧氣至致死水準 (lethal level) 所需時間，則因為害程度、倉房之空間大小而定。氧氣致死界限，曾被用於不透氣裝置，

每種昆蟲之生存皆需一特定的最低氧氣濃度。將昆蟲限制於不透氣的容器內，當所有的個體皆死亡時，分析器內氧氣含量，可測定其在不同發育期所需之最低濃度，茲將一些倉庫害蟲氧氣需要量列於表八。

以長期貯藏谷物。由於氧氣之去除，要依谷物含水量、昆蟲之出現以及貯藏之期限而定，故而此法即受限制。

(四) 光

光的照明度、方位、光週期、光波及偏光度，均能影響動物，尤其照明度與光源方位能够影響動物日常規律的取食、散佈及交配 (8)。一般而言，昆蟲覓尋較隔離地點藏匿。倉庫害蟲對光線的反應不一，少數受光線的誘引，但大多數較喜柔和光線或黑暗。同一昆蟲在不同蟲期對光線的反應亦不一。例如絨氈蚱 (carpet beetle) 之成蟲極易受日光的誘引，但幼蟲喜較暗、柔和及不受干擾的場所，以便發育。

除了少數晝飛昆蟲 (day-flying insects) 外，蛾類成蟲可歸為薄暮或晚間飛行種類。Edward (1962) 曾指出，地中海麵粉

蛾 (*Anagasta kuehniella* Zeller) 之飛翔能力與光線強度有關 (19)。小麥在麻袋堆置時，發現較黑暗、隱匿的部位，遠較暴露於光線下的部位，易受害蟲的為害。

三、環境因子之聯合作用：

飽和蒸氣壓差在溫度上升時有明顯地增加，而昆蟲發育則朝向一個特定的熱致死點 (thermal death point) 迅速下降。故在一濕度恒定的空氣中 (當溫度上升時，相對濕度下降)，發育最適溫在發育時間和飽和蒸氣壓差的乘積最低點。

除了溫度和濕度外，害蟲增殖率尚因作物品種而有所差異，如小麥品種 C₂₇₃ 較 C₃₀₆ 和 Sonalika 易受穀斑皮蠹之感染，對米象而言 S₃₀₈ 則較 Kalyan-Sona 之感受性大 (13)。

在自然條件下，棲群的增加率在環境狀況最適條件偏移時有所減少。故溫濕度的少許改變，能使一種昆蟲或他種昆蟲造成優勢 (predominance)。

除此以外，尚有許多有害的併發現象，導源於對溫、濕度操縱不當或操縱無效所致。這些併發現象主要和發生於倉儲谷物中的熱點 (hot spot) 與溫度階梯 (temperature gradient) 有關。

熱點的發生是由於在某些穀堆中，昆蟲增殖或微生物感染產生過多熱量所致。昆蟲的呼吸能產生水和熱，由於谷物有非導體之特性，使得熱量不能有效地被驅散。

一個溫度階梯的發生是由於貯谷中不同部分之不同的發熱所形成。一般而言，是由貯藏谷物的中間部分 (由於谷類的呼吸、害蟲之為害、微生物之感染等使溫度升高) 而

擴散至周圍 (14) 同時，尚有一帶有濕氣的熱空氣向外移動的結果，造成水分在谷物較涼的部位凝結 (condensation) 而形成結塊 (caking) 現象 (20)。

此種情形在冬季最為明顯，此時表面谷物冷卻快，水蒸氣從中心較熱的部位向表面較涼的谷物移動時，即在表面凝結，致使發霉，且導致有生命種子 (viable seeds) 的萌芽。

四、操縱環境防治蟲害：

若將環境加以操縱以阻止害蟲的增殖，可使其數目維持在存活率之下。改變環境的目標在於使其不適害蟲生存，不但如此，且使其不能增殖。此種操縱並非是新構想，事實上，此種作法在尚未瞭解所有的關係和牽涉的原則時，即已廣泛應用，例如將谷物曝曬，翻動和篩濾谷物以避免發熱，使用地下不透氣貯藏等。在阿根廷和非洲衣索匹亞，不透氣的地下貯藏能長期保存谷物，結果頗佳。環境及其控制可循下面兩個標題作一論述：貯藏建築和貯藏方法。

(一) 貯藏建築 (10、13)

1. 合理倉庫條件：

a. 防熱的設備：使谷物免受陽光輻射及昆蟲、微生物或酵素代謝作用所產生過多熱量的影響。對於倉庫的位置、形式以及屋頂、牆壁和門窗的材料結構等等，都應加以注意。

b. 防濕的設備：排除所有來自雨水、雪、土壤之外來水分，並使此操作進行方便。同時亦需注意倉庫的天花板、地板、門窗和牆壁等的材料構造。

c. 防蟲的設備：與上述二項有關。假

如倉庫的建築不良，易受外界的溫濕度的影響，自易發生蟲害。

d. 防鼠的設備：對於倉庫的基地，牆壁和門戶的材料和設計都應注意。

e. 密閉和換氣的設備：要注意門窗的構造或密閉換氣設備的設計。

f. 使飼育、處理（乾燥、燻蒸、碾磨和混合）、檢視和取樣的操作容易。

2. 合理的倉庫設計：

理想的倉庫，對於倉庫的地位、方向、大小、排列、地基、倉底、牆壁、屋頂、門窗、換氣孔和其他附屬設備等，樣樣都要有精密的設計。一般而言，倉庫的地位要選擇比較乾燥，便於排水、土質堅實，附近較少房屋（避免火災）和交通便利的地方。倉庫的方向，應取南北短，東西長的形式，最好西方至南方要有樹林或山巖作為蔭蔽，同時西南方的牆壁要加厚或用板垣遮隔，並加設雙層的屋頂。本省之倉庫多數未臻理想，實應徹底改善、興建現代化新型倉庫以代替之。例如新型圓筒倉庫即有下述優點：(9)

a. 進倉與翻倉時，便於檢查是否需要藥劑處理。

b. 可利用吹風機送入燻蒸劑。

c. 可利用排氣窗上的活塞，控制燻蒸物之存留時間。

(二)貯藏方法

1. 不透氣與通氣貯藏：

谷物不透氣貯藏現在被視為對抗害蟲為害的一個重要且有效的防治法，將谷物儲藏在密閉的倉房內，杜絕倉內與倉外一切氣體和液體的流通交換。其所蘊涵的原則是谷物、昆蟲和微生物相（microflora）的呼吸導

致氧氣之欠缺。在此種建築物內，昆蟲可能因高溫和過多的二氧化碳含量使之缺氧而致死。因谷物亦為有生命之物，在完全不透氣條件下，經過一段儲藏期後，如果氧氣完全消耗殆盡，可能會使之腐敗。但水分含量不超過10%時，谷物消耗少量的氧氣，而在一段較長的時間，仍維持其新鮮度。此類貯藏有一缺點乃是保持不透氣狀況相當地麻煩。然而在英國 Slough 地方之害蟲研究實驗室最近的研究指出，如果每24小時氧氣的進量少於0.2%（體積百分比），對大多數害蟲而言，氧氣濃度在2.5%或2.5%以下，則不能存活(13)。在不透氣貯藏時，水分含量不會因外來來源而增加，同時谷物十分安全，不但可免受蟲害，亦可避免潮濕，熱點和微生物的不利影響。

通氣貯藏之通氣係指藉通氣機或自然對流引導倉外空氣進入倉內，通過谷層，再導空氣至倉外。通氣的目的有 a. 使倉內各部分谷溫均一，以防倉內水分自較熱部分移至較冷部分。 b. 使谷溫降低。 c. 繼續吹乾谷物。 d. 如果倉內儲放濕谷，則通氣可使其在短時間貯放安全。 e. 協助實施燻蒸。通氣機械包括通氣機、風管等設備。通氣貯藏的要件為通入空氣的溫度與相對濕度，需低於谷溫與谷物含水量相當的相對濕度(5)。從另一個角度來看，通氣貯藏提供害蟲和谷物良好的環境，除非實施防蟲工作（disinestation）否則害蟲會在適當環境中迅速增殖，為害谷物。

2. 袋裝與散裝：

袋裝之所以流行，主要是谷物的操作和運輸方便之故。其實谷物貯藏於麻袋中，易

受害蟲為害和不良氣候的影響。其所以受歡迎的原因可能是 a. 每一個袋子構成了容易處理的單位，能便於搬進、搬出和買賣。

b. 袋裝可整齊地堆積在不同的堆棧內。

c. 受害之裝袋很容易被分開和處理。 d. 袋裝可暴露於大氣中，因通氣較佳則穀物少有結塊之現象發生。贊成散裝貯藏主要考慮到 a. 每單位重量的穀物其周圍所暴露的表面積較少，結果受外在因素的為害較少。

b. 由於在倉貯穀物（大宗）之顆粒間空間（intergranular space）狀況下，其空氣的移動緩慢，形成了不透氣貯藏，結果受害減少，僅限於周圍部分。

3. 地上貯藏和地下貯藏：

臺灣的倉庫皆為地上貯藏倉庫，有散裝倉庫，鋼筋水泥倉庫，磚造倉庫、木造土塊力霸倉庫等，在此不再贅言。而對地下貯藏的方式則稍加說明，以期喚起同道多加注意。例如在匈牙利、阿根廷及非洲地下水位（water table）較低處，常建造地穴長期貯藏穀物（20），係因地下建築物是理想的貯藏所。適當地襯裏，能使其免於溫濕度大幅的波動。由於其近乎不透氣，使害蟲增殖不利。若將多孔和絕緣物交替的襯於防水物如聚乙烯之襯裏上，可增加地下貯谷之效果。談及裝卸問題，可使用汲取型（scoop-type）器械解決之。然而在裝載地下倉貯穀物之前，必須使用抽氣管（exhaust pipe），將建築物內之氣體抽盡。

在任何形式的貯藏建築物內，任何錯誤的措施，都會造成有利於害蟲之環境。如果貯藏之穀物最初含水量高時，對害蟲增殖提

供一良好的環境，故在乾旱的月份，可將穀物在日光中曝曬，在雨季則需使用適當的穀物乾燥機（grain dryer）。近數年本省所推廣與試驗的乾燥設備中，無論是型式上或數量方面，均有顯著的改變與增加。機型方面，主要可分為大型倉式乾燥機、中型循環式乾燥機與小型箱式乾燥機等三種。此外，尚有在雨季搶割時作為搶救乾燥用途的快速乾燥機。此種特殊用途之機型，臺灣大學方面，近兩年曾致力研究，並已有很好的成果（1）。在貯藏期間以人為的方法，使穀物乾燥，是一種新的方法，特別是在潮濕地區受到廣泛的接受。在鄉村貯藏的情況下，以適當的方法將穀物乾燥，有賴使用乾燥機，今後乾燥機的推廣重點，應求全面性的發展與整體性的配合。使各類型的乾燥設備在良好的系統管理下，發展其所長，整體上方可獲得最大的乾燥能量與最佳乾燥效果（1）。又受害穀物經篩濾和清理可除去熱點，減少穀物溫度且根絕某些害蟲。

五、結論：

實驗證實在最適的溫、濕度和氧氣狀況下，倉庫害蟲增殖頗速。若將環境予以適當的操縱，當可降低害蟲的增殖為害。需知害蟲未發生前的「防」，較發生後「治」更為重要，所以我們應該注意修建合理的倉庫，和改進積穀的管理技術以防患未然。事實上，若將穀物加以適當的曝曬，乾燥，貯藏於經過適當設計的倉庫中，並適時翻動倉谷，蟲害問題，當可大量減少。

談到倉庫設計，本省谷倉無論其建築材料和型式，皆採通氣式，散裝稻谷堆積倉內

，但稻谷整體仍敞露在大氣中，以自然對流（或強制通氣）的空氣通入谷堆，散發谷堆中發生的熱氣。此種通氣式谷倉，若求稻谷能久貯而不變質，其要件為周圍大氣濕度與

溫度必須低到一定的程度 (5)。

但本省地處亞熱帶，又是海島，溫、濕度均高，由於稻谷本身的吸濕性，倉貯中的乾燥谷將不可避免的再度受潮。曾及吳（

表九 各種貯藏日數稻米含水量 (%) 之變化 (6)

分布	倉庫構造	水稻品種	貯 對照	藏 30	時 60	間 90	(日)		
							120	150	
沿海地帶	土造	秈 稻	11.8	12.9	13.4	13.5	13.6	14.0	
		粳 稻	11.9	13.2	14.0	14.9	15.0	15.0	
	水泥磚造	秈 稻	13.3	15.0	14.4	14.6	14.9	15.0	
		粳 稻	14.1	14.7	14.6	14.7	14.8	15.0	
內陸地帶	土造	秈 稻	12.2	12.9	13.3	13.6	13.6	13.8	
		粳 稻	11.9	13.6	13.7	13.6	13.7	14.0	
	水泥磚造	秈 稻	11.2	12.5	13.0	13.4	13.6	13.8	
		粳 稻	12.3	13.2	13.9	13.8	14.0	14.2	

表十 水分、蛋白質及醣類化合物之相關關係 (6)

分布	倉庫構造	秈 稻		粳 稻		
		A	B	A	B	
沿海地帶	土造	A	— 0.943*	— 0.938*	0.800	— 0.816
		B		0.856		— 0.353
	水泥	A	— 0.085	— 0.802	— 0.578	— 0.942*
		B		0.614		0.795
內陸地帶	土造	A	— 0.922*	— 0.833	0.398	— 0.791
		B		0.830		— 0.093
	水泥	A	— 0.960**	— 0.821	— 0.849	— 0.729
		B		0.807		0.830

A : 水分 B : 蛋白質 C : 醣類化合物
* : 5% 顯著水準 ** : 1% 顯著水準

1976) (6) 依照由各地採取之樣品，依倉庫構造及稻谷品種，測定含水量的平均值(表九)，經倉儲後稻谷之含水量一般皆隨貯藏時間之延長而增加；貯藏至150天時，其含水量已增高至13.8~15.0%。其增加量約為0.9~3.1%。同時由於水分含量之增加，稻谷之品質亦會受到影響，由曾及吳(6)(1976)所作貯藏期間之水分，蛋白質含量及醣類化合物等三者間變異之關係(表十)，可以看得出，私稻貯藏在任何地帶或倉庫，一般水分都與蛋白質及醣類化合物呈顯著負相關。而蛋白質與醣類化合物，則呈不顯著之

正相關。至於粳稻除貯藏在沿海地帶之水泥倉庫，其水分與醣類化合物呈顯著負相關外，其他都不呈顯著之相關關係。

可見通氣式谷倉，不適於本省稻谷之久貯，在此種情況下，前述密封式的地下貯藏法，不失為一個可行的途徑，倉庫害蟲研究人員應與農業工程人員配合，在充分的研考下做合理的設計、慎加試驗，谷物內部熱量之發散問題應有妥善的安排，此外亦應以方便谷物之裝卸與對付滲漏之必要措施為着眼點，詳加考慮，以期長期的，大量的，安全的貯藏谷物，免受害蟲之危害。

參 考 文 獻

1. 臺大農工系 1975 快速進步中的稻谷乾燥設備豐年。25(21):29.
2. 臺灣區雜糧發展基金會 1975 臺灣地區穀類倉庫現況調查補充報導。雜糧與畜產。17:11~15.
3. 林權、蔡文珊、彭添興、林文雄、黃財發、顏福成、陳榮銘 1975 臺灣雜糧貯藏期間受蟲害之損失及其燻蒸處理，植保學會會刊。17:142-149.
4. 梁崇仁、陳德能、林權 1954 臺灣稻穀貯存之現狀及積谷害蟲為害損失量之調查。科學農業。2:34-40.
5. 陳貽倫 1975 稻谷倉儲方式的選擇，豐年。25(23):30
6. 曾富生、吳詩都 1976 不同倉庫構造對稻穀倉儲期間品質之影響，臺灣農業季刊。12(1):121-128.
7. 譚克終 1973 增訂臺灣果樹栽培法，臺灣商務印書館。pp.1~26.
8. 謝豐國 1975 棲群動態：生物防治基礎研究之一，植保學會會刊。17:42-53。
9. 謝豐國、高穗生 1976 談倉庫害蟲問題，科學月刊。7(3):26-33.
10. 未具名 1950 臺灣的積穀害蟲及防治，臺灣大學昆蟲研究室。42pp.
11. Andrewartha, H. G, and L. C. Birch. 1954. The distribution and abundance of animals. Univ. of Chicago Press. 782 pp.
12. Araullo, E. V., D. B. de Padua, and Michael Graham. 1976. Rice. Postharvest Technology. IDRC-053 e. International Development Research Centre. Ottawa. Canada. pp. 133-142.
13. Atwal, A. S. 1974. Ecology of Pest Complex in Stored Grains. In Training Manual Post-Harvest Prevention of Waste and Loss of Food Grain. Asian Productivity Organization. pp. 131-142.

14. Burges, H. D., & N. J. Burrell. 1964. Cooling bulk grain in British climate to control storage insects and to improve keeping quality. *J. Sci. Fd. Agric.*, 15 : 32-50.
15. Cotton, R. T. 1950. Insect pests of stored grain and grain products (rev. ed.). Burges Publ. Co.: Minneapolis Min. p. 52.
16. Davey, P. M. & S. Elcoate. 1965, Moisture content/ relative humidity equilibria of tropical stored produce (part 1, cereals). *Trop. Stored Prod. Inf.*, 11 : 439-467.
17. Davey, P. M., & S. Elcoate. 1966. Moisture content/ relative humidity equilibria of tropical stored produce (part 2, oilseeds). *Trop. Stored Prod. Inf.*, 12 : 495-512.
18. Davey, P. M., & S. Elcoate. 1967. Moisture content/ relative humidity equilibria of tropical stored produce (part 3, Legumes, spices and beverage). *Tropical Stored Inf.*, 13 : 15-34.
19. Edwards, D. K. 1962. Laboratory determination of daily flight times of separate sexes of some moths in naturally changing light. *Can. J. Zool.*, 40 : 511-530.
20. Freeman, J. A. 1973. Problems of infestation by insects and mites of cereals stored in Western Europe. *Ann. Technol. Agric.* 22 : 509-530.
21. Girish, G. K. 1965. Effect of temperature on the development of stored grain insect pests. *Bull. Grain Tech.*, 3 : 142-154.
22. Girish, G. K. 1974. Storage Entomology: A Review. In *Training Manual Post-Harvest Protection of Waste and Loss of Food Grain*. Asian Productivity Organization. pp. 143-160.
23. Hall, D. W. 1970. Handling and storage of food grains in tropical and subtropical areas. Rome, Food and Agriculture Organization of United Nations, *FAO Agricultural Development Paper No. 90*. pp. 20-21.
24. 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.
25. Metcalf, R. L. 1962. *Destructive and Useful Insects*. pp. 932-935.
26. Sinha, R. N. 1975. Climate and the infestation of stored cereals by insects. In *Proceedings of the First International Working Conference on Stored-Product Entomology*. pp. 117-141.
27. Spurgeon, David. 1976. *Hidden Harvest. A systems approach to postharvest technology*. International Development Research Centre. Ottawa. Canada. pp. 8-10.