

第二節 穀倉環境與害蟲及鼠類發生之關係

謝 豐 國 洪 巧 珍

一、穀倉型式

穀倉之構造及倉齡均可影響害蟲之發生。設備簡陋，年代久遠之建築，害蟲發生較嚴重。本省之稻穀倉庫在民國 38 年以前建造者，

多爲土塊或木造倉，現在多已破舊不堪。民國 39 年以後興建者，有鋼筋水泥、鋁板、力霸等，種類繁多，構造情形不一，容量不等。據民國 70 年糧食局調查臺灣地區穀物倉庫，依結構分爲：(1)木造倉，(2)土塊倉，(3)磚造倉，(4)鋼筋水泥倉，(5)圓筒倉，(6)力霸倉。另由於近年稻穀豐收，糧倉不足，致有積穀堆於室外形成野積倉者。調查顯示穀倉棟數計 3,621 棟，以磚造倉庫最多，佔 46.3%，次爲鋼筋水泥倉，佔 26.8%（臺灣省糧食局 1981）。

倉庫之結構型式不同，害蟲發生狀況亦不同。木造、土塊倉之建築年代甚久，破舊不堪，設備簡陋。且木造倉易受潮腐爛，又會被蟲鼠啃食，造成許多孔洞，蟲害容易發生。土塊倉易剝落，形成裂縫，爲蟲鼠棲息藏身，開口多，老鼠可隨時由外侵入，防治不易。加之通風防濕設備甚差，米穀常因受潮，受熱而結塊變質，喪失經濟價值。

力霸倉，野積倉是爲克服倉容不足，於空地上搭建臨時性之倉庫，此類倉庫幾乎無設備可言。力霸倉是以鋼架，鐵柱爲骨幹，上鋪石棉瓦的建築，四面無屏障，只有塑膠布、木板或鋁皮防日曬雨淋。穀物都以袋裝方式儲存。野積倉更是隨便堆積在屋簷走廊下，或任一空地，有的甚至無法遮風蔽雨，此類倉儲方式雖空氣流通，但蟲鼠進出自由。

一般磚造倉之屋頂若爲木條支柱，易受穀蠹、大穀盜、蚌蟻、老鼠等啃食。空倉時蛙孔卽爲害蟲棲息藏身之所，待新穀入倉再行爲害。年代稍久之磚造、鋼筋水泥倉，其牆壁、地板破損剝落，易爲害蟲之藏身處。雙層夾壁式的倉庫，夾壁中若有穀屑掉落易生蟲鼠。

另有設備較好之鋼筋水泥倉，具穀物輸送設備，送風機及通風道等設備，害蟲易由地下之通風道及頂部之穀物輸送道，侵入爲害，須注意清潔工作。

圓筒倉是較現代化之新型倉庫，密閉較好，蟲鼠不易入侵，可利用進倉或翻倉時檢查是否受蟲害，可利用送風機將燻蒸劑送入（徐及謝 1981）。

二、溫 度

溫度是所有變溫動物發育的決定因子。溫度可使積穀害蟲不活躍或阻止其取食而間接促其死亡。昆蟲的發育速率因溫度上升而增加，

但只到 42°C 為止。在此水平，大多數的昆蟲若暴露一段長時間，則會致死。而溫度低於 15°C 則可有效地延遲害蟲的發育和生殖，如在 10°C 處理一段時間，能使大多數昆蟲致死。當溫度升高達 50°C 時，儲穀呼吸停止，生機喪失，但由於真菌和細菌的發育和呼吸，更進一步的變化和破壞仍在繼續，直到達 80°C 時為止（圖 2.1）（Hall 1970）。

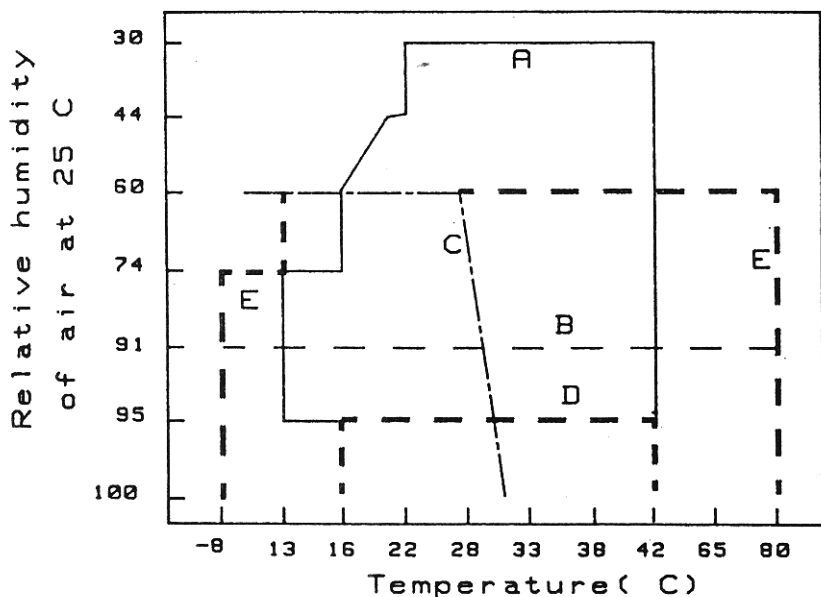


圖 2.1 蟲(A)、細菌(B)、蟎(C)、穀物發芽(D)及真菌(E)增殖之一般溫度濕度界限 (Hall 1970)。

Fig. 2.1 General limits of temperature and relative humidity for the multiplication of biological agencies. A: insects, B: bacteria, C: mites, D: germination, E: fungi.

一般而言，害蟲致死高溫僅較最高溫度高數度而已 (Araullo 等 1976, 高及謝 1977)，對害蟲有不孕的影響，因在此條件下，會發生不孕性雌蟲 (Hall 1970)。溫度高於 37.8°C 通常使大部分積穀害蟲致死，惟 55°C 時粗腳蟎 (*Acarus siro*) 仍可生存於發酵之菸草中

(Von Wahl 1923)。儲穀中溫度高達 66°C 維持 4 分鐘；或 60°C，10 分鐘；或 49°C，20 分鐘，所有各種齡期的蟲隻皆被殺斃（Hall, 1970）。故此等溫度似可應用於穀物之熱處理，以殺死積穀害蟲。

至於降低溫度以確保倉儲穀物的安全，是一個全世界都在使用的方法 (Munro 1966, Watters 1972)。低溫壓抑儲穀中微生物相的發育，因大多數倉儲真菌主要由喜好中溫之種類 (Mesophilic species) 組成，而抗寒性 (Psychrophilic) 的種類則十分稀少，故低溫在阻止微生物相之發育上，效果頗為顯著 (Bare 1948)。Christensen 及 Kaufmann (1965) 指出穀堆中的溫度，若能維持 5~10°C，即可確保穀物免受霉菌的侵害。文獻中的資料顯示，穀物含水量雖高達 15%，若能調節倉儲條件使溫度在 10°C 或以下，即可安全的保藏穀物。

為害儲穀的害蟲和為害生長中植物的其他害蟲生態環境不同。倉儲穀物的絕緣性，對害蟲惟一有利的因素係提供抵抗特殊之環境障礙。因此倉庫害蟲對低溫之抵抗力甚弱。有關害蟲對低溫的抵抗力，Cotton (1950) 曾詳列主要積穀害蟲於低溫範圍內致死所需時間，在 -17.8~-15°C 時，大部分於 1 日之內全數死亡。因為低溫成為必須進行冬眠的本地或引入昆蟲分佈的惟一限制因子。

論及低溫抑制害蟲效果之資料，在在皆是。因大多數的害蟲皆源自熱帶或亞熱帶地區，其對中度的冷卻亦敏感 (表 2.1) (Burgess 及 Burrell 1964)。一般穀溫高於 21.1°C 時，可預測昆蟲對積穀之嚴重為害，低於 21.1°C 時，則其嚴重危害似可免於發生 (Cotton 及 Wilbur 1974)。Burgess 及 Burrell (1964) 提出儲穀之安全溫度範圍為 17~22°C，在溫帶地區，欲使積穀以通氣方法達到此溫度，並非難事，且已成為產穀地區的國家普遍採用之管理方法 (Holman 1960)。在以色列 (Navarro 等 1969) 經廣泛的實驗之後，此種系統已納入實際應用。在英國 (Burrell 1967, Burrell 及 Laundon 1967)，澳洲昆士蘭 (Sutherland 1970) 和以色列 (Calderon 1972, Navarro 等 1973a, 1973b, 1974) 曾以冷凍機械產生之冷空氣，來作穀物的通氣。

故降低穀堆中之溫度，以保存穀物，毫無疑問的是一個頗有前途的方法，但需更進一步的研究，以澄清某些問題，諸如在冷的穀堆中

表 2.1 積穀害蟲生長最適溫及於最佳食物中需 100 日方能完成其發育（從產卵再次成爲成蟲）之安全溫度(Burges and Burrell 1964)。

Table 2.1 Optimum temperature for rapid insect growth, and the temperature at which the development cycle takes 100 days on one of the best foods for each species.

Species	Optimum temperature (°C)	Storage temperature (°C)
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	34	19
<i>Sitophilus granarius</i>	28-30	17
<i>Cryptolestes ferrugineus</i>	36	20
<i>Tribolium castaneum</i>	36	22
<i>Tribolium confusum</i>	33	21
<i>Trogoderma granarium</i>	38	22
<i>Sitophilus (Calandra) oryzae</i>	29-31	18
<i>Rhizopertha dominica</i>	34	21
<i>Cryptolestes pusillus</i>	32	19

，昆蟲相組成之可能改變 (Navarro 1969) 等，和由於害蟲對低溫馴化作用而產生的抗寒性 (Smith 1970, Somme 1968) 等問題。

三、相對濕度

大氣濕度的變化，直接影響穀物的吸濕程度。外界濕度愈高，穀物內部所能吸收或保存之水分也愈多，於是倉儲穀物乃開始回潮，此種回潮現象，最後將在不同溫度與相對濕度之條件下，維持平衡狀態 (Hall 1970)。每一種儲穀都有其特殊的平衡曲線。謝及黃等 (1978) 測定臺南 5 號稻穀含水量，於不同相對濕度及不同儲存期中之變化 (圖 2.2) 至於其他穀類之濕度平衡曲線如圖 2.3 (Frankel 及 Blewett 1943)。

濕度是穀物能否安全儲藏之關鍵。生物活動生存之濕氣需求量，因生物不同各異，表 2.2 爲數種糧倉害蟲之最低濕度需求 (Howe 1965)。在一定範圍內，穀物含水量越高，害蟲增殖越多 (謝 1978)

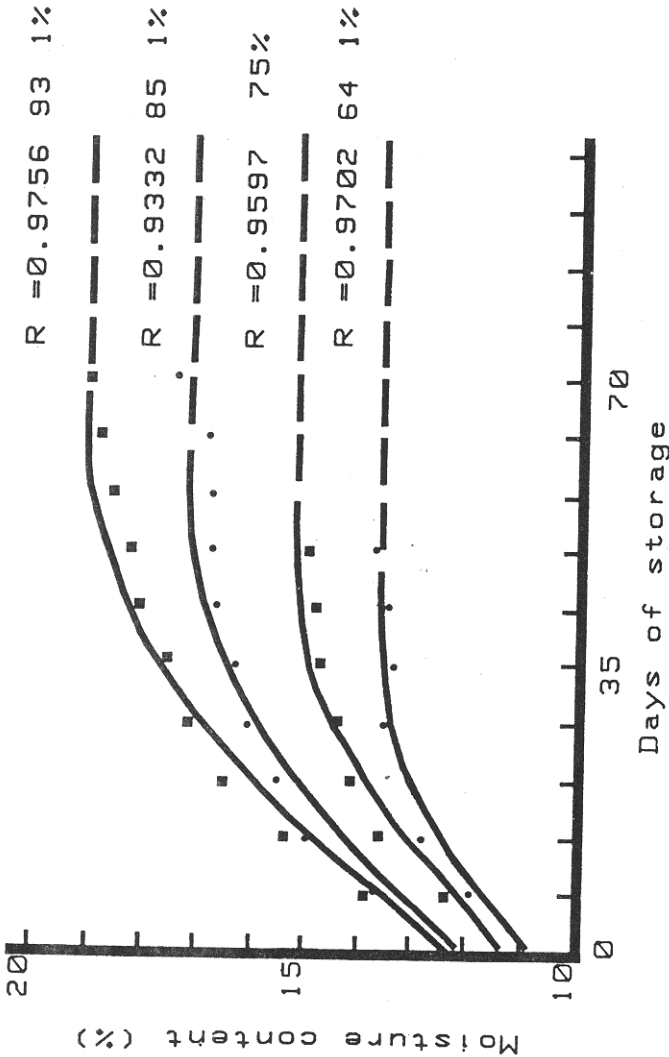


圖 2.2 稻穀含水量於不同相對濕度與不同儲存期中之變化 (謝等 1978)。

Fig. 2.2 Changes of the moisture of rice under various relative humidity conditions during storage.

。而穀物含水量若高於相對濕度 70% 時之平衡水分含量，則不適儲藏。另於倉儲期間，穀物常有發熱現象，係由於積穀呼吸或昆蟲代謝引起。發熱時，形成熱點，使局部溫度升高，造成溫度梯度。此種溫度梯度在穀物中產生了對流空氣，同時使得水分由高溫移動到低溫處

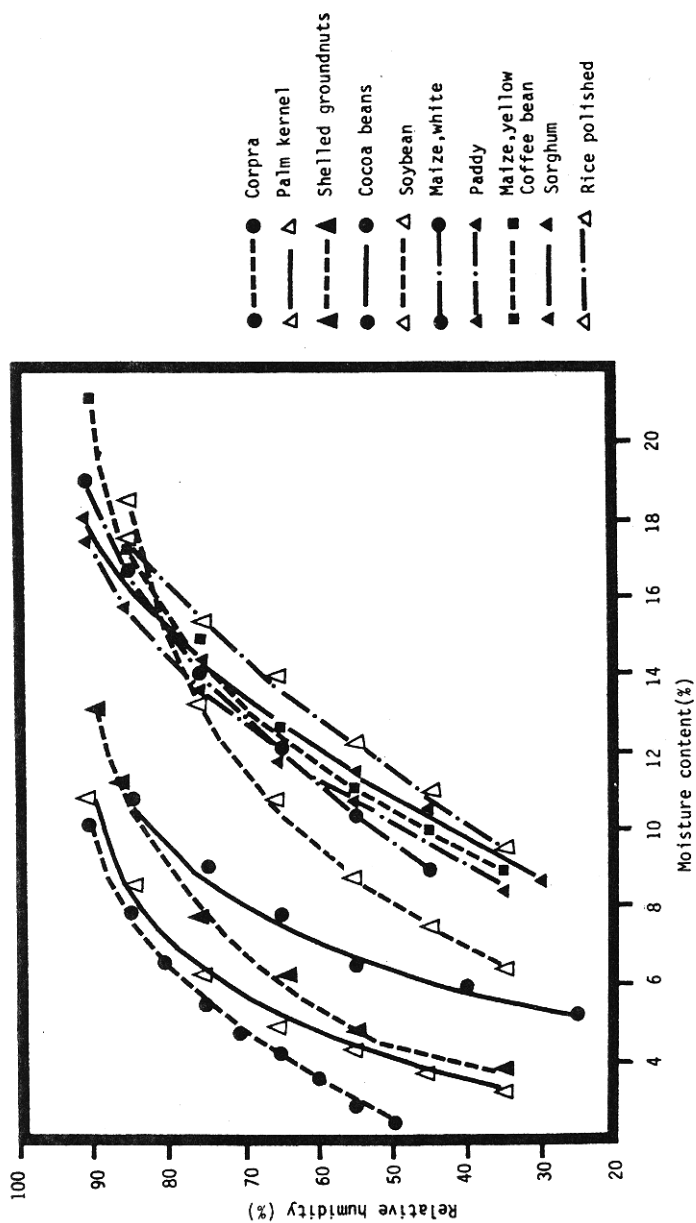


圖 2.3 穀物水分含量與相對濕度之平衡曲線 (Hall 1970)。

Fig. 2.3 Moisture content/relative humidity equilibrium curves.

。當空氣冷卻，其相對濕度增加，達到飽和點，過多水分即附在較涼穀物之表面，使水分含量局部增加，使得真菌得到有利的發育條件，導致更進一步的腐敗 (Sinha 1961)。

表 2.2 數種糧倉害蟲之最低濕度要求 (Howe 1956)。

Table 2.2 Minimal humidity requirements of some stored products insects

Species	Least relative humidity (%)
<i>Sitophilus oryzae</i>	60
<i>Sitophilus granarius</i>	50
<i>Plodia interpunctella</i>	40
<i>Rhizopertha dominica</i>	30
<i>Lasioderma serricorne</i>	30
<i>Ephestia cautella</i>	25
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	10
<i>Callosobruchus maculatus</i>	10
<i>Tribolium castaneum</i>	1
<i>Trogoderma granarium</i>	1

四、光 照

有關昆蟲對於可見光和紫外線輻射的反應，已發表的著作不少 (Marzke 等 1973, Nelson 1972, Stermer 1959)。大多數的研究，討論到昆蟲受到波長 (主要在紫外線範圍內) 的誘引。Beard (1972) 發現紫外線輻射，對昆蟲有致死作用，此種輻射對粉斑螟之卵亦十分有效 (Calderon 及 Navarro 1971)。

Jung (1971) 把大豆象 (*Acanthoscelides obtectus*) 的卵以 270~330 nm 之波長的紫外線，作輻射處理，並做了一詳細的胚胎學研究。據 Navarro 及 Calderon (1971) 的研究，紫外線輻射，亦影響粉斑螟的幼蟲期和蛹期，但須更進一步之研究，方可評估這些處理的實用性。

有一組美國農部的研究人員，曾調查過扁擬穀盜和印度穀蛾暴露於光暗週期下，行為受到之影響 (Arbogast 及 Flaherty 1973, Lum 及 Flaherty 1969, 1970)，對印度穀蛾的研究，發現連續的照

光，對其生殖能力有幾種影響，包括交尾的延遲與產卵的降低。這些結果，頗值進一步的研究。

Rawnsley (1957) 及 Steele (1970) 曾觀察記錄和研究過粉斑螟成蟲羽化的晝間律動，交配和產卵活動，與光照強度的變化相符合。暴露在連續的照光下，粉斑螟交配和產卵，受到部份的阻礙，此點應更進一步作調查。

上述各種環境因子，不僅單獨影響昆蟲之生存與活動，二者或二者以上聯合作用之結果，更顯著地改變昆蟲之生殖力、壽命及發育速率。

以溫度、濕度及糙米對玉米象之生物效應試驗為例(黃等 1983)，當相對濕度固定(45%)時，成蟲死亡率以 35°C 時為最高(23%)，隨著溫度下降至 32°C，死亡率驟減，自 32~16°C 時保持 2% 左右，然而溫度降至 13°C 時，死亡率又行升高(圖 2.4)。又自

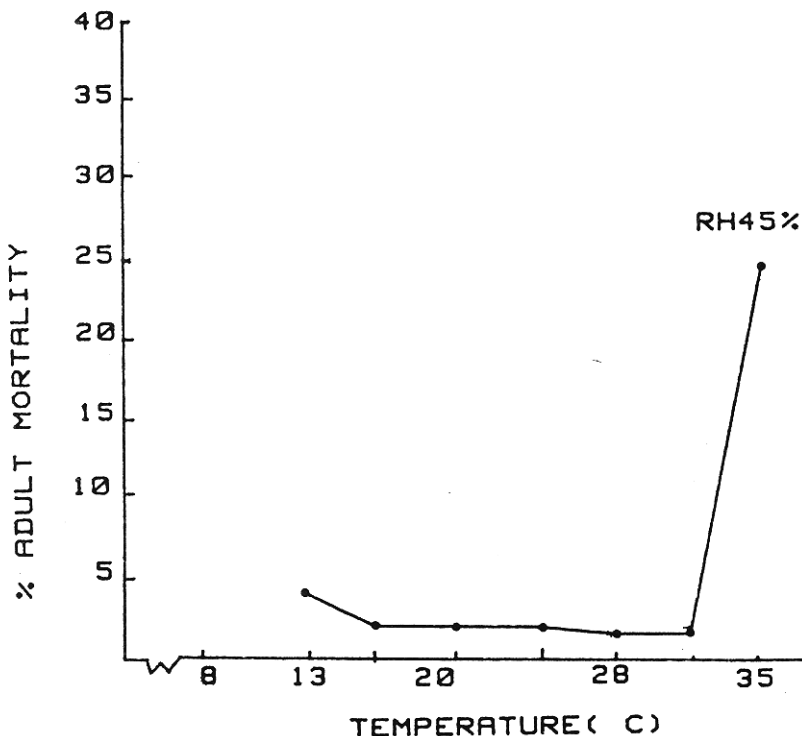


圖 2.4 相對濕度45%時溫度對玉米象成蟲死亡率之影響(黃等1983)。
Fig. 2.4 Effects of temperature at 45% RH. on the mortality of adult maize weevil

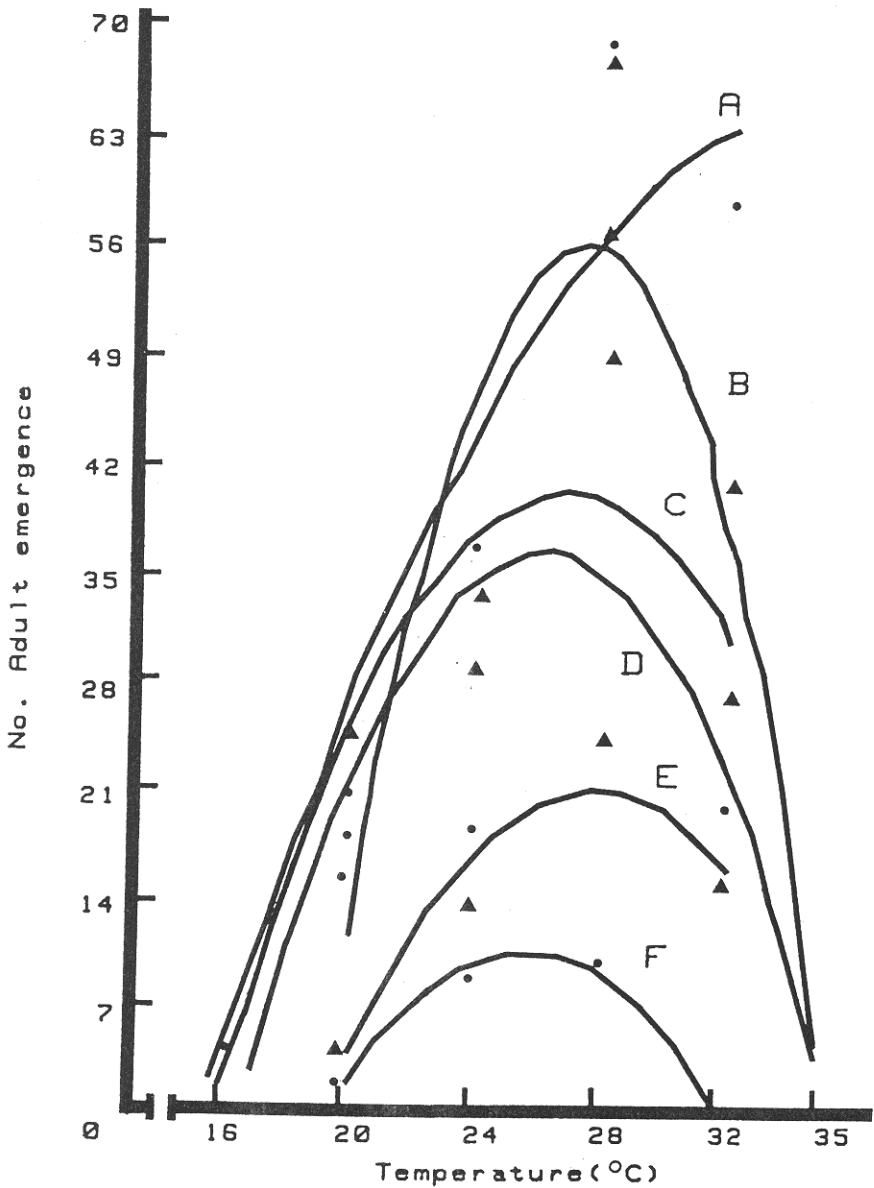


圖 2.5 溫、濕度對玉米象產卵繁殖之影響 (黃等 1983)。
 RH: A=85%, B=75%, C=93%, D=60%, E=53%,
 F=45%

Fig. 2.5 Effects of temperature and relative humidity on the reproduction of the maize weevil.

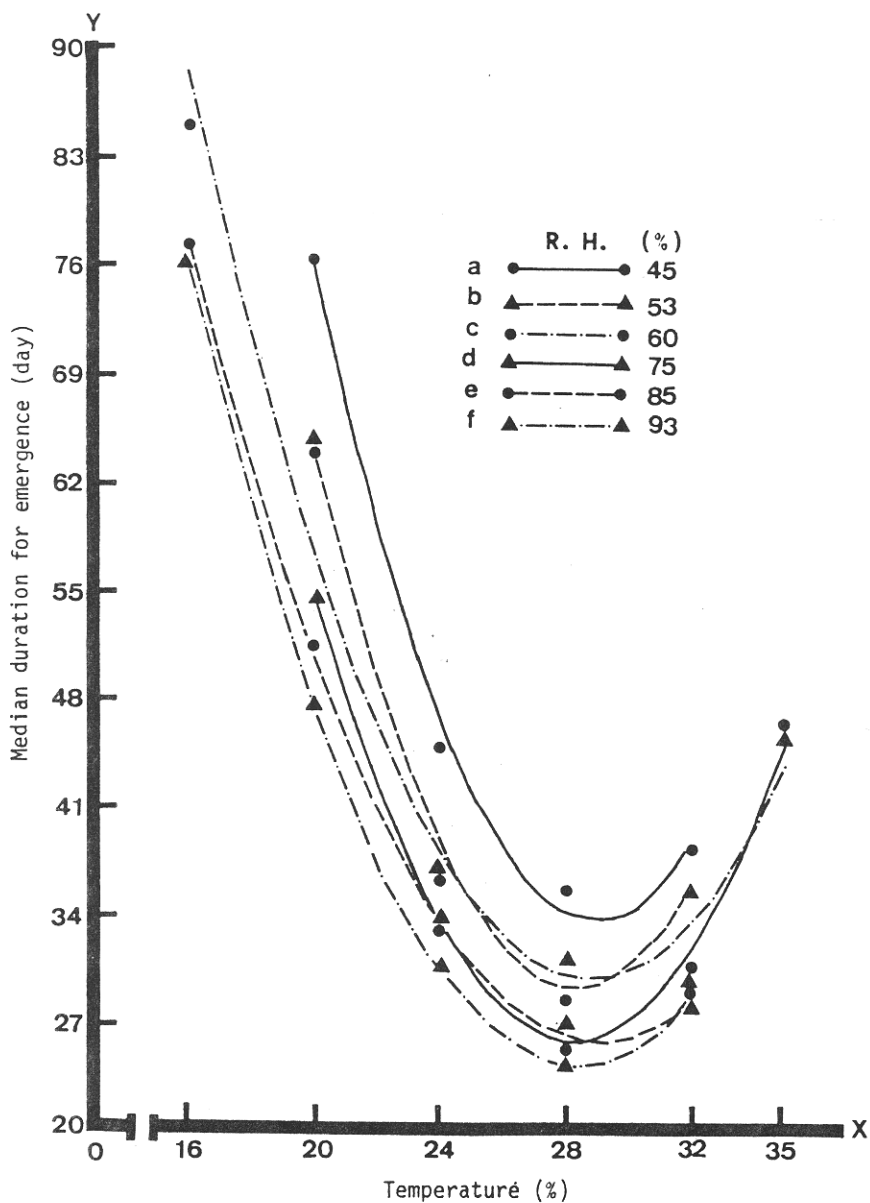


圖 2.6 溫、濕度對玉米象發育之影響 (黃等 1983)。

Fig. 2.6 Effects of temperature and relative humidity on the development of the maize weevil.

16°C 起，溫度愈高，玉米象之增殖數愈增，至 26~27°C 時達最高峰。高於 26~27°C，增殖數逐漸降低，同時自 16°C 起，溫度愈高，其發育期愈短，至 28°C 時為最短，高於 28°C 後則逐漸延長（圖 2.5，圖 2.6）。該兩圖亦顯示當溫度一定時，則以高濕度玉米象之增殖數，較低濕度者為多，然而濕度高至 93% 時，則增殖數有降低趨勢；同時發育期則以高濕度時較短。該試驗並證實最適於玉米象族羣增殖的溫濕度組合為 28°C 與濕度 80%，此時環境指數為 16.47（黃等 1983）。

濕度上升時，飽和蒸氣壓差明顯地增加，而昆蟲發育則朝向一個特定的熱致死點迅速下降。故在一個濕度恒定的空氣中（當溫度上升時，相對濕度下降），發育最適溫是在發育時間和飽和蒸氣壓差的乘積最低點（Araullo 等 1976）。

在自然條件下，族羣的增加率，在環境狀況最適條件偏移時有所減少，故溫、濕度少許改變，能造成一種昆蟲或他種昆蟲之優勢（高及謝 1977）。

除此之外，尚有許多有害的併發現象，導源於對溫濕度操縱無效所致。這些併發現象，主要和前述發生於倉儲穀物中的熱點及溫度梯度有關。