



## 穀類品質變壞的因素

Dr. F. W. Bakker-Arkema 原著

臺灣大學農工系講師

穆克剛譯

穀類品質變壞是根據許多因素：(一)品種的特性。(二)生長期間的環境狀況。(三)收穫的時間和方式。(四)乾燥的方式。(五)儲藏的方式。第(一)和第(二)點與農藝學有關，在此不加討論。收穫期間的穀物狀況、乾燥和貯藏對於穀類品質變壞的影響是本篇討論的主要目標。

### 一、穀類的品質

在了解穀物變壞情形之前，我們須考慮優良穀物的特性。對於為數眾多的玉米而言，吾人所希望的特性是：

1. 適度和均勻的水分含量。
2. 含有較低百分比的斷裂，破碎和損壞的穀粒以及夾雜物。
3. 破碎敏感度低。
4. 試重（單位容積重）高。
5. 澱粉含量高。
6. 搾油量高。
7. 澱粉品質優越。
8. 發芽率高。
9. 黴菌含量低。
10. 營養價值高。

徹底地測定穀物的品質並非一件簡單的事。（從上面所列冗長的項目可以看出。）幸運地，對玉米的使用者而言，並非所有的性質都重要。種玉米的農民對第(八)項特別感興趣。磨坊業者重視第(五)、(六)和(七)項。牲畜飼養者重視第(九)和(十)項。穀商則重視第(一)、(二)、(三)和(四)項。

### (一) 穀類標準

在美國，穀物的品質是按官方標準加以分類。實

際上有九種穀物標準。表(一)所列的是玉米的等級和等級的條件。這個標準只考慮玉米的試重，水分含量和破碎，損壞情形以及夾雜物等項。其他的性質如：磨粉性、發芽率，對破碎的敏感度等許多穀物極端重要的特性未考慮在這個標準之內。然而，我們應該清楚，任何影響上述十種穀物性質之一的不利操作將使穀物變壞，不管其等級是否列在這個標準之內。

### (二) 試重（單位容積重）

美國聯邦穀類標準所用的是最小試重。表(一)所列的是五種等級每蒲式耳所含的最小試重。在乾燥期間，通常穀物的試重都增加。(Hall 和 Hill, 1972) 增加的數量根據(1)玉米破碎的程度(2)最初的水分含量和(3)穀物的品種。嚴重的穀物損壞將造成試重大量的降低。早期收穫，而含未受嚴重風化作用的穀物（含有較高的水分含量）在乾燥後通常比晚期收穫的同樣穀物（含有較低的水分含量）有較高的試重。乾燥空氣的溫度愈高造成的穀物試重愈低。乾燥期間試重增加，直到達到一個最大值。這個最大值的水分含量通常是在 14% 和 16%（濕基）之間。有人曾經發現二種不同品種的玉米在相同的生長、收穫，以及乾燥的條件下，由於品種的不同能造成每蒲式耳五磅的試重差異。

Hall 和 Hill (1972) 曾經調查玉米在 180°F 下乾燥至水分含量為 15.5% 時玉米的損壞情形和最初水分含量對試重的影響（表二）。表中顯示最初有高水分含量的玉米在乾燥過程中，試重能增加 4 磅每蒲式耳。

表一 玉米的等級和等級的條件  
Includes the Classes Yellow Corn, White Corn, and Mixed Corn

Grade	Minimum Test Weight Per Bushel Lb	Maximum Limits			
		Moisture %	Broken Corn and Foreign Material %	Damaged Kernels	
				Total %	Heat-Damaged Kernels %
1	56	14.0	2.0	3.0	0.1
2	54	15.5	3.0	5.0	0.2
3	52	17.5	4.0	7.0	0.5
4	49	20.0	5.0	10.0	1.0
5	46	23.0	7.0	15.0	3.0

Sample grade Sample grade shall be corn which does not meet the requirements for any of the grades from No. 1 to No. 5, inclusive, or which contains stones; or which is musty, or sour, or heating; or which has any commercially objectionable foreign odor; or which is otherwise of distinctly low quality.

表二 不同水分含量的玉米，收穫後在 180°F 下乾燥至 15.5%時增加的試重

Harvest moisture content (% w. b.)	28	26	24	22	20
Normal damage level* (%)	16	14	12	10	8
Test weight increase (lb/bu)	4	3.5	3	2.5	2

\*損壞標準是玉米在各種水分含量，正常收穫下損壞的平均值。

資料來源：Hall 和 Hill (1972)

試重不是穀類品質的一個正確指示值。但是，它能決定儲藏一定量乾燥物質所須穀倉的體積。「玉米的試重自 55 減至 50 磅每蒲式耳」意即爲了儲藏同量的乾燥物質，穀倉的體積須增加 10%。

## 二、收 穫

在穀物的脫粒過程中，穀粒呈受了機械性的衝擊力能造成斷裂和破碎的現象。限制此種破壞最佳的玉米水分含量大約是 22% (濕基)。低於或高於這個數值會造成穀物的損壞和發芽率的損失。其他影響玉米百分比損失的因素是玉米收穫機滾筒的速度和滾筒與凹板之間隙。(Hall 及 Johnson, 1970)。其他的作物也有與玉米同樣的情形。

收穫裝備對穀物穀粒能造成破碎以及輕微裂縫的物理損壞，這種損壞不可能立刻影響到穀物的市場等級，但能增加穀物的損壞率。Saul 和 Steel (1966) 報告中指出有嚴重機械損害的玉米所使用的乾燥時間是用手脫粒玉米的五分之一。因此，收穫的方式在決

定穀物品質和損壞率上佔一個很重要的地位。

## 三、乾 燥

乾燥空氣的溫度對穀類品質有相當的影響。過高的溫度能導致玉米破碎率，斷裂和穀粒褪色的增加以及澱粉游離度，油之榨取量和蛋白質品質的降低。過高的小麥穀粒溫度將損害它的發酵品質。

考慮最大許可乾燥溫度時，吾人對空氣和穀物溫度應加以區別。多數穀物在乾燥機中至少一部分穀物能到達乾燥空氣的溫度。然而，在同向流乾燥機 (Concurrent flow dryer) 中，穀粒溫度則低於入口空氣溫度許多。

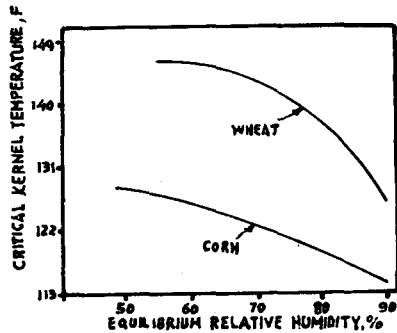
最大的許可穀物溫度依靠(1)穀物的用途(2)穀物的水分含量和(3)穀物的種類。穀物可用來作種子、研磨、飼料等。乾燥前穀物的水分含量在 17%與 40%之間。玉米、小麥、大麥和其他的穀物皆爲人工乾燥。

種子須要發芽率高。過高的穀粒溫度會殺死種胚，因此，種子不宜在高溫下乾燥。Kreyger (1972) 決定了許多小粒穀物的臨界溫度。此溫度是平衡相對濕度的函數。圖(-)所表示的是小麥和玉米的臨界穀粒溫度和水分含量的關係。自表(三)和圖(-)中可看出各類不同的穀物有顯著的差異——小麥對熱最不敏感，其次分別是燕麥、玉米和黑麥 (裸麥)。並且，高含水率的穀物具有比低水率穀物較高的熱敏感性。爲了保證種子作物的發芽率，乾燥期間穀粒的溫度不該超過 105-110 °F。

表三 一些小粒穀物的臨界乾燥溫度 (°F)  
(此溫度為平衡相對濕度的函數)  
(標準：發芽率低於 5%)  
R. H. %

	60	70	80	90
Oats	138	131	122	—
Wheat	145	143	137	126
Corn	125	123	118	115
Rye	128	122	113	105

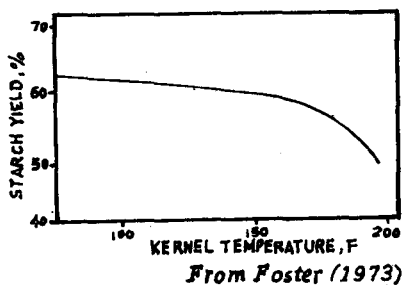
資料來源：Kreyger (1972)



圖一 小麥與玉米臨界含水率和乾燥溫度之間的關係  
(標準：發芽率)

資料來源：Kreyger, 1972

穀粒的烘焙和研磨性質也嚴重地被過高的穀物溫度所破壞。圖二示玉米的乾燥溫度對澱粉產量的影響。



圖二 乾燥溫度對澱粉產量的影響

幸運地，烘焙及研磨用的穀物通常能忍受比種子作物較高的溫度。Lindberg 和 Sorhensen (1959) 決定了烘焙和育種用小麥的臨界溫度 (表四)。

明顯地，小麥的含水率影響安全乾燥溫度。最初的含水量愈高則所容許的乾燥空氣溫度愈低。其他研磨和烘焙工業用的小粒穀粒可以得到同樣的結果 (Anon, 1972)。所以，在研磨和烘焙工業中為了獲

得優良的加工品質，穀物的乾燥溫度不該超過 120° 至 130°F 或甚至 140°F。

表四 烘焙和育種用小麥的臨界溫度  
(含水率的刀數) °F

MC % w. b.	種子用	烘焙用
27	120	121
25	124	126
23	127	131
21	131	135
19	135	140
17	140	140
15	145	153

資料來源：Lindberg 和 Sorensen (1959)

目前，營養學家並不同意高溫乾燥會影響到玉米的飼料價值。然而，當乾燥溫度超過 200°F 時，含水率損失相當迅速，容易造成嚴重的斷裂現象 (Thompson 和 Foster, 1963)。這將在以後搬運的過程中，使穀粒更容易破碎，同時在儲藏時間對黴菌的感染性也會相對地增加。為此，飼料用穀物在乾燥期間不該停留在 200 至 210°F 之上太長的時間。

#### 四、儲 藏

穀類適當儲藏的目的是為著在儲藏期間維持穀物在收穫及乾燥後所擁有的特性。因此，育種用穀物的發芽力，工業用穀的研磨及烘焙品質，飼料用穀的營養價值都須加以保存。

儲藏並不能改進穀物的品質。不管儲藏如何得法，不適宜的收穫和乾燥將降低穀物的品質。許多受人所埋怨的穀物低劣品質並非由於不適宜的儲藏造成的。前面所提的早期收穫 (穀物含有較高的含水率)，不適宜的收穫裝置 (高速滾筒裝置) 和快速乾燥 (高溫乾燥) 才是主要的原因。

穀物在品質和數量上損失的主要來源是黴菌、昆蟲、齧齒動物和小蟲等。在某個情況之下呼吸作用可能造成在儲藏期間乾燥物質的損失。然而，由於呼吸作用造成的損失比起有機物造成的損失要少得多。

#### (一) 微 菌

黴菌是多細胞的植物，包括大量的板狀纏結在一起的纖維稱作 hyphae。這許多大量的 hyphae 聚

在一起成爲菌絲體 (mycelium)。在穀類作物上的菌絲體稱作生長黴。黴菌是無根、葉和葉綠素的植物，它們是靠其他生物 (例如穀物) 而生活。黴菌主要是藉體小質輕容易被風傳播的無性孢子而生殖。當穀物四周水分和溫度的情形對它的生長有利時，孢子就生長新的黴菌體。

從穀類作物中已經發現有 100 多種的黴菌。從孢子發展到菌體，每一種黴菌都有其最高、最佳及最低的溫度和相對濕度。在穀類乾燥中吾人對黴菌生長的最高溫度並不感到興趣。大多數的穀類黴菌的最佳生長溫度是自 77°F 到 86°F，一些黴菌要高出 98°F。最低的生長溫度尚未被準確地測定。但是，已經有人證明有些黴菌在零點附近時生長的狀況還相當好。

黴菌對溫度所須要的條件有相當的差異，在最佳溫度附近支持黴菌生長的相對濕度的範圍爲最大。培養基的性質 (穀物的種類和機械損壞的程度) 也影響黴菌水分的需要量。使孢子發芽最低的空氣相對濕度對一個菌類而言能低到 65%，對某個菌類則又能高至 93% (Frazier, 1967)。因此，在任何溫度之下爲了防止黴菌在穀物生長，穀物的空氣相對濕度須小於 65%。

根菌 Christensen 和 Kaufmann (1969) 二氏的報告：在穀物中由黴菌造成的主要損失是(1)減少發芽率(2)種子褪色(3)發熱及發黴(4)生化性質改變(5)毒素的產生和(6)乾燥物質的損失。所有以上的情形在黴菌尚未成長到被肉眼發現以前都可能發生。

在田間生長的穀物能被大量的黴菌污染。在適當的條件下，一個黴菌在收穫前能生長在穀物子粒上。這種黴菌稱爲田間黴 (field fungi)。在穀物收穫後，此種菌類逐漸死亡。另位一羣不同的黴菌取而代之，稱作儲藏黴 (storage fungi)。

### 1. 田 間 黴

在穀物上發現的主要田間黴是 Cladosporium, Helminthosporium, Alternaria 和 Fusarium，植物在收穫前暴露在過分潮濕的氣候之下能感染田間黴而造成穀物的褪色。這種黴菌除影響穀物的外觀外，還能使穀物種子的發芽率降低。

田間黴在穀物收割前所造成的危害已相當嚴重。所以農民們對它不易防止。田間黴的生長並不持續到收割之後。適當地乾燥穀物將使這種菌類潛伏起來。未充分乾燥的穀物感染的是儲藏黴而非田間黴。

### 2. 儲 藏 黴

屬於 Aspergillus 種的儲藏黴幾乎有一打。屬於

Penicillium 種的有幾種；而屬於 Sporendonema 的僅有一種。儲藏黴造成的損害比田間黴要大得多。儲藏黴的孢子很少在收穫前出現在穀物上。然而，在農場和穀倉的四周却能發現大量的儲藏黴。適當的儲藏溫度和濕度條件下，孢子能在穀物上生長而使穀物發霉。根據 Christensen 和 Kaufmann (1969) 的報告：造成穀物發霉可能性 (由於儲藏黴) 的條件是(1)穀物的含水率(2)穀物溫度(3)穀物的狀況(4)夾雜物在穀物中的數量和(5)夾雜有機物的出現。

#### (1) 穀物的含水率

在 60% 平衡相對濕度以下，黴菌不可能產生。許多 Aspergillus 菌 (儲藏黴中最耐旱的) 在相對濕度 65% 下生長。許多菌類是在相對濕度 70% 以上生長，儲藏在 80°F 之下的穀物可能無法免除黴菌的感染，除非含水率在 12.5 及 13.5% 之間。

值得強調的是在穀倉中的平均含水率並不能決定穀倉的儲藏性能，倉中含水率高的地區可能會發生穀物損壞現象。在穀物平均水分含量低至 13% (含水率在 11% 至 15% 之間) 時，由於部分穀物的含水率已到達 15%，長期儲藏下來並不保證安全。

#### (2) 穀 物 溫 度

表(五)說明了玉米在儲藏中，儲藏溫度對黴菌生長的影響。這個數據顯示儲藏黴的生長率由於穀物溫度的降低顯著地下降，因此也就增加了安全儲藏期限。雖然儲藏黴的生長在 35 至 40°F 之間已澈底地被抑止，然而，甚至在相當低的含水率 15% 之下，由於 Aspergillus 菌的慢速產生，玉米在此溫度下的損壞也在所難免。

表五 在各種溫度 (°F) 及含水率 (%，濕基) 之下玉米儲藏的安全期限 (天)

標準：視儲藏期產生的 CO<sub>2</sub> 數量而定品質的優劣

Storage air temperature	Moisture content			
	15	20	25	30
75	116	12	4	2
70	155	16	5	3
65	207	21	7	4
60	259	27	9	5
55	337	35	12	7
50	466	48	17	10
45	726	75	27	16
40	906	94	34	20
35	1,140	118	42	25

資料來源：Saul (1968)

### (3) 穀物的狀況

儲藏初期穀物的狀況影響穀物的儲藏期間甚鉅。除了有利的水分和溫度條件外，儲藏黴的生長還需要充分地食物供應。健全的種皮可防止黴菌侵入種子的胚乳。有種皮保護的穀粒比有裂縫或破碎的穀粒有較佳的儲藏性能。

Saul 和 Steele (1965) 作過以人工脫粒的玉米 (2% 種皮受到損壞) 與用機械脫粒的玉米 (78% 的種皮受到損壞) 所需乾燥時間的比較。他們發現：嚴重受到損壞的子粒需要用健全子粒乾燥時期的  $\frac{1}{3}$  (或  $\frac{1}{4}$ ) 加以乾燥才能防止儲藏黴的產生。

### (4) 夾雜物

穀物在收穫，乾燥和調製後的碎屑連同昆蟲、莠草的種子，其他植物的殘餘物等雜物構成了夾雜物。在美國，玉米的夾雜物被官方定作：別種穀物的子粒，玉米的碎屑以及其他非玉米而能容易地通過 12/64 號篩子的東西和仍存在篩中而非玉米的殘留物。夾雜物是從玉米分離出來的雜物。在穀物入倉時，除非使用散佈器，否則外來物將積聚在某幾個據點。由於夾雜物的體積通常比穀粒小，它能造成空氣在穀倉中流動的阻力而阻止空氣在穀倉中均勻地流動。含外來物較多的穀物因此不能適當地被加熱和乾燥，遂造成了穀物的損壞現象。乾燥之前適當地清除穀倉是解決夾雜物問題最佳的方法。

### (5) 夾雜有機物

夾雜有機物的出現易造成儲藏黴的產生。昆蟲等有機物將增加穀倉內的水分含量，因此相對地也增加了黴菌污染和發霉的可能性。以下部分將對昆蟲和小蟲作更詳細的介紹。

## 3. 發霉的防止

穀物中黴菌的發展能藉化學或物理的方法加以控

制。含水率高的穀物 (20 至 35%) 能用 propionic acid 和 acetic acid 化學藥劑來抑止黴菌的發生。防止黴菌污染所須化學藥劑的份量因穀物的含水率，儲藏的溫度和儲藏期間穀物損壞的情形而有所不同。經過 propionic acid 處理過的穀物可不生霉，但發芽率將降至零。許多穀物的胚乳會變黃並發出一種極強烈的酸味。儲藏數月後加以乾燥，此種酸味會消失，但變色的胚乳將降低這個穀物的品質和等級。化學處理過的穀物可儲藏達一段相當長的時間，但這只限於飼料用穀物。

除了使用化學藥劑之外，黴菌的防止是藉 (3) 控制穀物的含水率，溫度以及其周圍的氣體環境來完成的。本篇所論及的是穀類乾燥，有關高含穀物氣閉式的儲藏 (氣體環境加以控制) 將不在此討論。

### (二) 安全儲藏準則

CO<sub>2</sub> 的生成，種子的發芽率以及黴菌生長的情形已被用來作為測驗穀物的物理性質 (含水率和溫度) 對穀物品質影響的三個標準。

Steele (1968) 等氏利用 CO<sub>2</sub> 產生的數量作為穀物乾燥損失數量、黴菌產生數量以及穀類品質的指示值。

由黴菌呼吸作用造成乾燥物質的損失如低於 1%，玉米在市場上的等級並不受到影響。表五是以 CO<sub>2</sub> 產生的數量作為乾燥物質損失的標準。

Kreyer (1972) 利用穀物的發芽率和黴菌生長情形。建立了穀粒溫度和含水率對安全儲藏時間之間的關係。一些結果顯示在表 (六) 和表 (七) 上。發芽率通常對穀物是一種較嚴格的試驗。從表中的數據可明顯地看出，微量含水率和 (或) 儲藏溫度的改變能影響黴菌的生長甚鉅，因此也就影響了穀物安全儲藏的期限。

表六 幾種穀物在不同溫度 (°F) 及含水率 (% w. b.) 下最大的儲藏期限 (週)

準則：發芽力

Type of Grain	Temp	Moisture Content								
		11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	19.0	23.0
Barley	68	110	80	50	32	19	10	5	2.5	0.5
	59	240	170	100	65	40	20	10	4	1
	50	600	400	260	160	90	50	21	8.5	2
Type of Grain	Temp	Moisture Content								
		11.0	11.5	12.5	13.0	14.0	15.0	17.0	19.0	22.0
Oats	68	80	55	38	26	15	8	4.5	2	0.5
	59	160	110	70	45	26	15	7.5	3.5	1
	50	350	230	150	95	55	30	16	6	1.5

Type of Grain	Temp	Moisture Content								
		12.0	13.0	13.5	14.5	15.5	16.5	17.5	19.5	23.0
Wheat	68	55	40	28	19	13	7	3.5	1.5	0.5
	59	100	75	50	30	20	12	6	3	1
	50	200	140	95	60	38	20	11	4.5	1.5

Type of Grain	Temp	Moisture Content								
		11.5	12.5	13.0	14.0	15.0	16.0	18.0	20.0	24.0
Rye	68	30	23	17	13	7.5	4.5	2.5	1.5	0.5
	59	50	34	23	16	10	6.5	4	2	1
	50	75	55	40	25	16	10	5.5	3	1

SOURCE: Kreyger (1972).

表七 幾種穀物在不同溫度 (°F) 和含水率 (% w. b.) 下無霉產生的最大儲藏期限 (週)  
標準: 黴菌的生成

Type of Grain	Temp	Moisture Content								
		15.6	16.1	16.6	17.2	18.3	19.4	20.2	22.7	
Barley	77	90	40	20	10	6	3.5	2.5	1.5	
	68	—	100	45	20	10	5.5	3.5	2	
	59	—	—	120	50	20	9	5	3	
	50	—	—	—	160	50	20	9	5	

Type of Grain	Temp	Moisture Content								
		14.8	15.4	16.0	16.7	17.5	18.6	20.0	22.0	
Oats	77	30	12	6	3.5	2.5	1.5	1	1	
	68	—	40	12	5.5	3	2	1.5	1	
	59	—	—	35	10	4.5	3	2	1.5	
	50	—	—	—	35	9	4	2.5	1.5	

Type of Grain	Temp	Moisture Content								
		16.1	16.6	17.1	17.6	18.4	19.6	21.0	23.0	
Wheat	77	20	7	3	2	1.5	1	0.75	0.5	
	68	—	30	6	3	2	1.5	1	0.5	
	59	—	—	30	6	2.5	1.5	1	1	
	50	—	—	—	30	5	2	1.5	1	

Type of Grain	Temp	Moisture Content								
		15.4	16.2	17.0	17.9	19.0	20.3	22.1	24.4	
Rye	77	20	7	3	2	1.5	1	0.75	0.5	
	68	—	30	6	3	2	1.5	1	0.5	
	59	—	—	30	6	2.5	1.5	1.0	1	
	50	—	—	—	30	5	2	1.5	1	

SOURCE: Kreyger (1972).

#### 黴菌毒素 (Mycotoxins)

某些穀物黴菌能製造對人類或動物有毒的化學物質。這些有毒的物質稱作 mycotoxins。Aflotoxins (一羣特殊的 mycotoxins) 已經被證明對家畜有很大的危害性。

#### Aflotoxins 是由一些扭曲的儲藏黴 Aspergillus 所產生。

它們的孢子普遍地散佈在大自然中。穀物中微量的 aflatoxin 就能使動物造成嚴重地疾病和死亡。含有可察覺 aflatoxin 份量的穀物不該用作食物或飼料。

防止穀物中 mycotoxin 產生的方法與抑止不分泌毒素的黴菌生長的方法類似。以下的防止措施可資採用(1)玉米、大麥、稻米、小麥、裸麥和高粱等穀物的含水率應低於 13%。(2)穀物的溫度最好低至 40 °F 左右和(3)穀物的損壞程度要低(收穫和乾燥期間的操作須特別留意)。

覺察 aflotoxin 的存在並不簡單。許多冗長的化學分析方法可被用來測定穀物樣品 aflotoxin 的含量 (GoIumbic, 1973)。Aflotoxin 能不均勻地出現在許多被污染的穀物上, 這些毒素產生時, 穀物的外表並沒有明顯的發霉跡象, 所以人們正在探討許多不同的覺察方法。目前, 一種視察法正被利用來測定值得有懷疑的種子, 這些樣品是被放在有一定波長的紫外線下, 含有 aflotoxin 的子粒能發出淺綠色的螢光。

並非所有的動物對 aflotoxin 都有相同的敏感性。年幼的動物比年長的有較高的敏感性。從觀察得知家禽、牛、豬等牲畜在吸入 aflotoxin 後都會產生嚴重的病理變化。除了 aflotoxin 外, 其他的 mycotoxin 也能出現在儲藏不當的穀物上。Carlton 和 Tuite (1972) 舉出了許多家禽感染 mycotoxin 所得的疾病, 這個疾病是由吸入某種儲藏黴所分泌的毒素造成的。穀物適當的儲藏能抑止黴菌的發屋, 因此也就消除了堆積在穀物中的毒素。

### (三) 昆 蟲

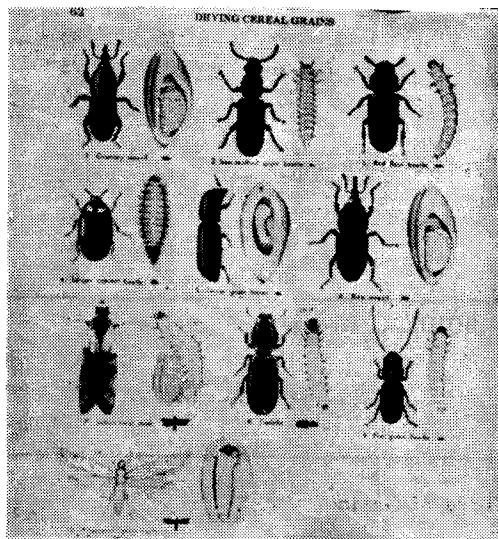
昆蟲是有六足的動物, 它們有一個硬的外殼。昆蟲的身體分三部分: 頭、胸 (有三對足和兩對翅膀) 和腹。

昆蟲生長有幾個階段。穀物昆蟲從卵生長到幼蟲, 蛹最後成爲蟲。卵和幼蟲用肉眼不易發覺, 可能棲息在表面看似健全的穀物內。

穀物昆蟲有能咬碎穀物子粒的銳利下顎。大部分的昆蟲是以子粒柔軟的胚乳部分爲食。然而米象 (rice weevil) 和穀象 (granary weevil) 的下顎極其強韌, 足可在穀粒的任何部分鑽孔。

在穀物中已經發現了大量的昆蟲種類。在美國只有下列數種被公認爲害蟲 (Gray, 1966): 穀象、鋸胸粉扁蟲 (saw-toothed grain beetle)、擬穀盜 (red flour beetle)、外米偽步行蟲 (larger cabinet beetle)、穀蠹 (lesser grain borer)、米穀、穀蛾 (Idean-meal moth)、大穀盜 (caddella)、角胸扁蟲 (flat grain beetle) 和麥蛾

(Angoumois grain moth)。圖(三)顯示這些昆蟲和成蟲的形態。



圖三 主要危害穀類作物的昆蟲

爲害穀物的主要昆蟲必須有下列的特性: (1)繁殖迅速(2)以乾燥穀物爲食(3)深個穀層中(4)造成大量的損壞。列在圖三的昆蟲都具有這些顯著的特性。

米象在穀物昆蟲中是繁殖力高的一種昆蟲。它的成蟲能活到四至五個月。雌性米象每月大概產卵 100 個。在有利的溫度和濕度環境下, 從卵發育到成蟲不須要一個月的時間。所以從理論上來說, 米象在六個月底可能成一對增加到  $6.75 \times 10^8$  個成蟲。

穀物由昆蟲所造成的損害可歸納爲以下四種之一: (1)穀粒穿孔並失去了大部的內容(2)胚芽受傷(3)生熱、受潮並發霉和(4)被昆蟲排泄物污染 (有時有結網情形)。穀物由昆蟲活動所受到的損害能藉控制穀物的溫度和含水率而防止。在溫度低於 50 °F 及平衡相對濕度低於 40% 的環境之下, 昆蟲不能繁殖。

#### 1. 昆 蟲 的 類 別

穀象和米象在外表上很相似。成蟲有 0.1 至 0.2 吋長、紅棕色, 兩鬚間有一特性吸盤。穀蟲能生長於穀物的任一部份, 他們的卵能在穀粒的內部迅速地發育 (穀蟲的生命期在 86 °F 及 70% 相對濕度下是五星期)。穀蟲的幼蟲能侵蝕穀物的內部而使穀物蒙受損失。穀蟲在低於的溫度及含水率爲 13% 的穀物中發育很慢。穀象和米穀之間差異是後者的飛行能力極強, 能蹂躪田間成熟的穀物, (在美國它是最嚴重的蟲害之一)。米象在尺寸上比穀象稍微小些。

在穀粒內部發育的是穀蠹和麥蛾。穀蠹在穀物

害蟲中的地位已漸漸重要。它的幼蟲和成蟲皆以穀物為生。穀蠹在成蟲階段大約有 0.1 吋長，暗棕色並且有一個纖細、圓筒狀、粗表面的甲殼，它的頭部即藏在甲殼內，穀蠹和麥蛾的卵產於穀物的表面，長成的幼蟲藉著咀嚼而進入穀物的內部，在穀物中變成蛹，最後成為成蟲。麥蛾長 0.3 至 0.4 吋，奶油色，只在幼蟲階段靠穀物為生。在美國南部各州尤為重要。以上兩種昆蟲都是極優秀的飛行專家。第一種（穀蠹）能蹂躪田間的穀物，這兩種的生命期與米象和穀象相似。

鋸胸扁蟲、角胸扁蟲和大穀盜蟲發育在穀物的外表。鋸胸扁蟲和角胸扁蟲在儲藏的穀物中是極普通的昆蟲。鋸胸扁蟲主要以破碎的子粒為食，其胸腔的側面有鋸齒。極易辨認。長度大約為 0.1 吋。角胸扁蟲在儲藏的穀物中為最小及最普遍的甲蟲之一。它生長在其他昆蟲為害過的穀物上。穀物的胚是它的主要的食物來源。

穀蛾翅膀的前半部有古銅的顏色。它的幼蟲酷愛種子的胚乳，並在穀物的表面留下銀色的細線。這種昆蟲只在穀倉的表面部分繁殖。嚴重地被騷擾過的穀物將在表面留下一層網狀物。大穀盜也對穀物的胚感興趣。它的長度相當大，大約 0.5 吋。其幼蟲和成蟲是以整個穀粒為食。從卵發育到成蟲要比其他的昆蟲慢些。它的幼蟲能鑽入木材而棲息在裡面。

在麵粉廠通常可以發現許多昆蟲。擬穀盜和外米偽步行蟲為其中的兩種。前者以穀類作物、麵粉、豆類和其他食物為食。後者則以穀物、羊毛織物、獸皮和其他昆蟲的屍體為食。

### 2. 穀物的溫度和水分含量

昆蟲最佳的繁殖溫度在 85 °F 和 90 °F 之間。溫度低於 70 °F 時，許多昆蟲的生長和生殖都將大為降低。45 °F 以下的溫度使許多昆蟲致死。昆蟲本身的發熱能使穀物溫度增至 105 °F 左右，更高的溫度將促使昆蟲死亡。140 °F 下維持十分鐘能殺死所有危害穀物的昆蟲。

穀物含水率高於 14% 時，昆蟲的繁殖力將增強。穀物含水率愈低，愈能免除昆蟲的為害。事實上，含水率低於 10% 時，很少昆蟲（或甚至沒有）能活動。

### 3. 昆蟲的控制

許多措施能限至或防止昆蟲在穀物中的蔓延達一年之久（或以上）。這個措施應該(1)穀物入倉前至少兩星期須徹底地清除所有的穀倉。(2)穀物須儲於構造良好的倉中(3)儲藏的穀物含水率須低(4)只儲藏清潔的

穀物(5)封閉所有鳥類和鼠類的穀倉入口(6)在指定的時間噴灑消毒劑(7)隨時通風冷卻穀物(8)每隔一月即檢視穀物和(9)發現昆蟲立即加以消毒。

新收穫的穀物是否需要燻蒸消毒係視穀物儲藏區域的氣候而定。在美國南部，穀物收穫兩週之內即需加以消毒。在北部各州只有當昆蟲侵入後才需要消毒。

以化學處理法控制昆蟲在穀物中的生長有許多不同的方法。粉狀或液狀的化學藥劑可與穀物混合，然後置入倉中。穀倉的表面可以油類處理以防止昆蟲的入侵。重於空氣的藥劑可噴灑於穀物的表面，然後，藉通風系統的循環作用可使藥劑流通於穀倉之間。由於對各種穀物的要求有不同的標準以及新的化學殺蟲劑不斷地被發現，用藥物控制害蟲的詳情並不在此加以介紹。

## (四) 蟎 (Mites) 和鼠類

### 1. 蟎 (Mite)

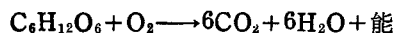
根據 Christensen 和 Kaufmann (1969) 的報告：在適當的氣候下，儲藏的穀物中大概能發現 80 多種的 mites。mite 所造成的損害尚未廣泛地與昆蟲加以比較。mite 與昆蟲的主要差異是 mite 需要比昆蟲更高的穀物含水率（13.5 至 15%）。然而，它能在相當低的溫度（大約 40 °F）下活動。目前，對危害穀物的 mite 知道的並不多。一旦獲得更多 mite 的資料後，它所造成的經濟損失可能比目前認識的要厲害得多。在低溫及減含水率下儲藏穀物可使 mite 的為害減至最低的程度。

### 2. 鼠類

鼠類在儲藏的穀物中能造成嚴重的損失。這些損失在美國要比其他開發中的國家來得少。在穀倉的四周撒以殺鼠劑及設置陷阱可用來對付此種動物。這些動物以穀物為生，並且能把黴菌及其他的微生物帶至穀物中。

## (五) 呼吸作用

並非所有的穀物損失皆由外面的因素像黴菌、昆蟲等造成。任何的生物（包括穀物）都能進行呼吸作用。在呼吸過程中，穀物中的六碳糖被氧化而生成 CO<sub>2</sub> 和水分：



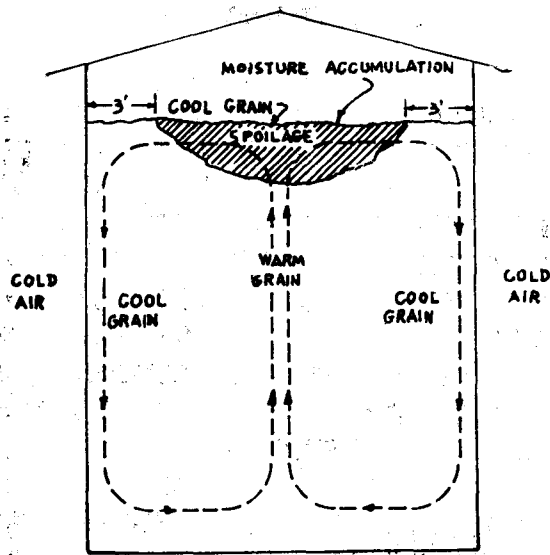
除了穀物外，黴菌也進行呼吸作用。在儲藏的穀物中要區別此二種的呼吸作用並非一件簡單的事。



Hummel (1954) 得到結論：潮濕穀物所生的熱主要來自黴菌的呼吸作用而非穀物本身。含水率 18 至 20 % 無黴菌的穀物呼吸作用不會快於含水率 12 % 的穀物，因此將不產生發熱現象。濕穀的生熱現象主要來自黴菌的呼吸作用。

### 六 水分轉移

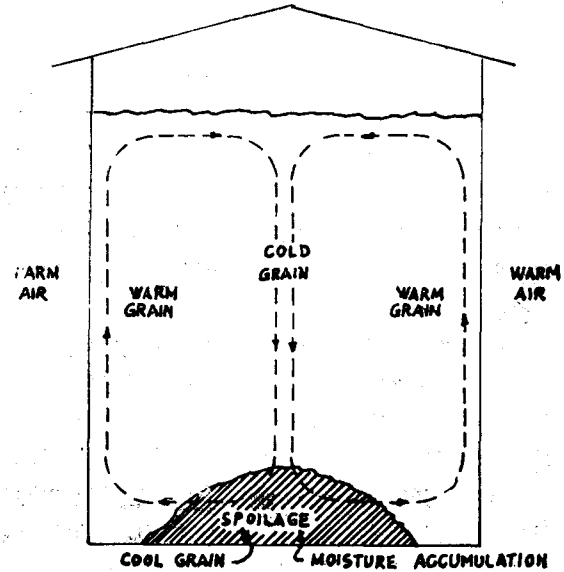
如果穀物儲藏的情形不變的話，「適當地收穫、乾燥和儲藏將維持穀物品質一段相當長的時間」這話是正確的。然而不幸的是穀物的環境溫度能改變穀物的儲藏狀況。穀物是在高溫下加以儲藏，秋天來臨時，倉外的氣溫與倉內有顯著的差異。倉壁附近的空氣和穀物因受氣溫的影響，溫度因此降低，由於溫度的下降，空氣藉自然對流而往下移動。然後流經穀倉的底部再往上移動經過穀倉溫暖的中心區域。當空氣



圖四 空氣在溫暖的穀倉中（外界的溫度低於穀倉的溫度）對流的情形

流經穀層之際，它吸取了部分水分。這些水分能在穀倉上方一至二呎處凝結起來（見圖四）。這些水分如不立時除去，損壞即將發生。

在早春，與上述相反的情形可能會發生。穀倉內溫度低於外界的氣溫，穀倉中心空氣先往下方移動，然後沿牆壁往上移動。水分可能會積聚在穀倉的底部（見圖五）。



圖五 空氣在低於外界氣溫的穀倉內流動的情形

自然對流所引起的水分轉移能藉消除穀倉與外界的溫度差而防止。這能藉秋天慢速冷卻穀物及春天加溫的通風過程來完成。通風 (Aeration) 與對流乾燥 (convection drying) 很相似。差異在於所使用空氣的數量。對流乾燥每蒲式耳每分鐘的風量須多於 5 立方呎。通風時每蒲式耳每分鐘的風量需小於 1/50 立方呎。

## 農 工 消 息

本會於 58 年為配合中國工程師學會工程手冊之編訂，成立農業工程手冊編輯委員會，推請本會理事徐田璋先生為主任委員，分別聘請學驗豐富之會員執筆編寫，迄 65 年九月止共分期印出農業工程手冊計四種公開發售，歡迎本會會員郵購作為參考，計開：

編號	編 題	編 寫 者	售 價
1.	農業氣象與水文	易任、王如意	80.00
7.	排水工程	施嘉昌	30.00
9.	渠道工程	徐田璋	80.00
10.	灌溉管理	林俊惠、徐田璋	15.00