

昆蟲在黃麴毒素污染農產品中之角色*

N. W. Widstrom 著

徐 士 蘭** 譯

一、緒 言

由媒介昆蟲傳佈真菌是農產品受真菌毒素污染之重要原因之一。Lillehoj Zuber⁽³⁷⁾ 及 Shotwell⁽⁵⁴⁾ 曾提過由於昆蟲之攜帶真菌而使玉蜀黍受黃麴毒素污染，雖然昆蟲為害玉蜀黍或玉蜀黍生黴兩問題早被注意，但其間關係性究竟如何鮮為人知。1914年 Garman 及 Jewett⁽³⁸⁾ 的研究報告指出玉蜀黍穗被玉蜀黍穗蟲 (*Heliothis zea* Boddie) 為害後，許多種黴菌就可由傷口侵入，此項結論由 1917年 Bishopp⁽¹³⁾ 及 1942年 Koehler⁽³⁸⁾ 兩人的研究結果中也獲得證實。而第一篇有關昆蟲與黃麴黴菌間相關性的文獻是在 1920年由 Taubenhau⁽⁵⁷⁾ 提出，他強調已成熟的玉蜀黍必先有傷口，才會被黃麴黴菌感染，同時他發現生黴的玉蜀黍當馬料與馬所感染的疾病間似乎有某種關係存在。Christensen 及 Schneider⁽¹⁹⁾ 曾述及粟螟 (*Ostrinia nubilalis* Hübner) 為害玉蜀黍之同時，也為 *Aspergillus* spp. 及其他真菌開築一條入侵的通道，近年來有關玉蜀黍受昆蟲為害後感染黃麴黴菌產生黃麴毒素的研究報告陸續發表^(2, 16, 23, 30, 31, 32, 33, 34, 60, 62)，顯然此問題已頗受重視。

棉花受棉鈴腐敗菌 (boll-rotting fungi) 感染也與昆蟲為害直接有關。Brazzel⁽¹⁴⁾ 認為在棉鈴被棉鈴蟲 (common bollworm, *Heliothis armigera* Hübner) 為害產生傷口後才會被棉鈴腐敗菌寄生，但棉紅鈴蟲 (pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* Saunders) 為害，並不是導致棉鈴被 *Rizopus* spp. 及 *Penicillium* spp. 寄生之重要因子。

二、昆蟲—真菌—黃麴毒素間之關係

(一) 真菌毒素之殺菌效果

雖然黃麴黴菌對植物組織而言，不是一種具攻擊性的入侵菌類，但 *Aspergillus* spp. 可以引起植物組織腐爛，使農產品的品質降低，產生的毒素間接損害消費者的健康。*A. flavus* 及 *A. parasiticus* Speare 是兩種最常見可產生黃麴毒素的菌類。*A. flavus* 一般只產生黃麴毒素 B₁ 及 B₂，但 *A. parasiticus* 可產生黃麴毒素 B₁ B₂ G₁ 及 G₂，但也有許多品系 *A. flavus* 不會產生黃麴毒素。

有時 *Aspergillus* spp. 中某些種真菌其有毒

的代謝產物，可將與之接觸的昆蟲殺死⁽¹⁸⁾。Becker et al⁽¹¹⁾ 提出之報告論及某些品系之 *A. flavus* 並無毒性，但有些就有毒殺白蟻 (*Heterotermes indicola* Wasmann) 的能力。由 Sannasi 之試驗⁽⁵¹⁾，可得知一種造塚白蟻 (mound-building termite, *Odontotermes obsesns* Rambur) 被 *A. flavus* 感染後死亡率很高。Beard 及 Walton⁽⁹⁾ 提出當飼育之家蠅 (*Musca domestica* L.) 被 *A. flavus* var. *columnaris* Raper 及 Fennell 感染時，則棲羣無法維持，無法繼續飼養，同時他們發現由同樣芽胞分裂產生的真菌菌絲中，抽取水溶性的抽出液，可抑制其他幾種昆蟲的發育，甚至使之死亡⁽¹⁰⁾。Toscano 由將死的蚊子 (*Culex peus* Speiser) 之幼蟲體上分離出來的 *A. flavus* 所產生之毒素可導致 *C. peus* 及 *C. tarsalis* 幼蟲的死亡⁽⁵⁵⁾，當 *Chilo partellus* 幼蟲被 *A. flavus* 感染後也會造成死亡。⁽⁶⁾

A. flavus 及其產生的毒素除使昆蟲致死外，還會影響其他的生理作用。黃麴毒素 B₁ 及 G₁ 對家蠅具有化學不孕劑的作用，可產生暫時不孕的效

* 本文譯自：Widstrom, N. W. 1979. The Role of Insects and other Plant Pests in Aflatoxin Contamination of Corn, Cotton, and Peanuts --- A Review. J. Environ. Qual., Vol. 8, No. 1, pp5-11. (文中昆蟲係包括昆蟲、蠕類及線蟲)。

** 臺灣植物保護中心農藥毒理組研究助理。

果⁽⁴¹⁾。Matsumura 及 Knight⁽⁴⁰⁾ 認為真菌毒素具有發展為長久性昆蟲化學不孕劑的潛能。

Widstrom *et al.*⁽⁶²⁾ 以兩種分離出來的 *A. flavus* 及一種 *A. parasiticus* 飼餵玉蜀黍穗蟲使之受真菌感染，結果 *A. parasiticus* 導致 100% 的幼蟲死亡率，而兩品系 *A. flavus* 導致幼蟲的死亡率也兩倍高於對照組（見表 1.），成活之幼蟲羽化為成蟲產卵及卵的孵化率也受影響而降低（如 NRRL 3357）。

表 1. 以接種黴菌之食料飼餵玉蜀黍穗蟲 *Heliothis zea* 其幼蟲之死亡率及成蟲卵之孵化率

處 理	幼 蟲 死亡 率 %	孵 化 率 (%)	
		孵 2 天	孵 4 天
<i>A. parasiticus</i>	100	—	—
<i>A. flavus</i> (NRRL 3357)	89	2	—
<i>A. flavus</i> (NRRL 5520)	69	82	67
對照	33	36	83

Krishnamoorthy 及 Naidu⁽³⁹⁾ 將 *A. flavus* 接種到一種瓢蟲 *Epilachna vigintioctopunctata* (F.) 幼蟲體上，三天之內幼蟲全部死亡，若用含黴菌毒素的濾液噴施幼蟲，立即就會致死，因此建議由菌絲抽出的毒素及孢子混合使用，防治此害蟲。Sannasi 及 Amirthavalli⁽⁵²⁾ 以許多種方式將 *A. flavus* 接種處理 Indian velvet mite (*Pinothrombium gigas* Trouessart) 每次均可得到 50~100% 的死亡率，因此認為在防治此害蟲時 *A. flavus* 是一極具潛能而又有效的生物防治劑。

但若將玉米上分離出來的 *A. flavus*，接種感染以高粱為食之米象，結果並不會抑制米象的生育能力。由其他作物體分離出來之 *A. flavus* 則具有相當程度之抑制米象生殖之能力（表 2.）。

表 2. 由不同來源分離之 *A. flavus* 接種到以高粱為食之米象 *Sitophilus oryzae* 對其生殖能力之影響

<i>A. flavus</i> 之分離源	米象產生子代之平均植 (三次重覆)
花 生	15
米 象	83
玉 米	395
對 照 組	177

(二) 昆蟲可為生物檢定之工具

昆蟲對於不同的真菌或其代謝產物具有不同的敏感性，因此以其當做生物分析時的指示劑，可區別真菌的病原性，或測定真菌代謝物的濃度。

Brooks 及 Raun⁽¹⁵⁾ 由兩百隻以上的玉米害蟲體上分離了九屬真菌，其中包括 *Aspergillus* spp. 他們以粟螟 (*Ostrinia nubilalis* Hübner) 的死亡情況來測定區分各菌類的病原性。Gudauskas *et al.* 及 Murakoshi 分別以 *Heliothis virescens* (Fabricius)⁽²⁴⁾ 及家蠶 (*Bombyx mori* L.)⁽⁴⁴⁾ 的幼蟲做為指示生物，測定人工飼料中黃麴毒素的濃度。

(三) 昆蟲可為真菌的媒介

昆蟲活動時可將真菌及其孢子由一處攜帶至另一處，使原本健康的植物組織受真菌感染，雖然昆蟲本身也會被真菌寄生，若不足以致死，則其在植物組織為害時造成之傷口，菌類就可由傷口侵入植物體。Lillehoj 由玉米上採到幾千隻鱗翅目昆蟲，發現其中約有 25% 被 *A. flavus* 內寄生，因此玉米被蟲子咬傷的部位就成了真菌入侵及生長的溫床，進而產生毒素。Stephenson 及 Russell⁽⁵⁶⁾ 將由棉花上採集之盲椿 (*Lygus hesperus* Knight) 及 *Ghlorochroa sayi* Stal 行表面消毒，仍分別有 33% 及 37% 的蟲體可分離出 *A. flavus*。Ragunathan 等人⁽⁴⁷⁾ 發現米象 (rice weevil, *Sitophilus oryzae* L.) 蟲體上也常有 *A. flavus* 或其他種侵害貯存穀物的真菌，同時他發現除了卵期外米象之任何蟲期體上均可分離到 *A. flavus*。

Beal 及 Kais⁽⁸⁾ 指出地下白蟻 (subterranean termites, *Reticulitermes virginicus* Banks 及 *R. flavipes* Kollar) 可被 *A. flavus* 寄生。在奈及利亞北部有一屬小白蟻 *Microtermes* spp. 為害花生，同時將菌類帶入，使花生受黃麴毒素污染。蟎類也可散播花生的黃麴黴菌。Aucamp 發現有四種無氣門亞目的蟎類 (*Astigmatid mites* 分別屬於塵粉蟎 *Calopyphus* 及粉蟎 *Tyophagus* 兩屬)⁽⁷⁾，蟲體上常可分離到 *A. flavus*，此四種蟎類可攜帶菌類侵入花生組織內。

但昆蟲為害與真菌及其代謝產物，有時並沒有顯著的相關性。表 3 的資料是在南卡羅萊納州田間試驗之結果，似乎昆蟲為害與黃麴毒素污染間只有些微相關趨勢，且有幾個顯著的例外，如含有

550 ppb 黃麴毒素的玉米樣品，却是受蟲為害最少的。同樣 Lillehoj 等⁽³⁵⁾及 Widstrom 等⁽⁶⁰⁾也遭遇到此問題，無法確定昆蟲為害及真菌或毒素間之關係。

表 3. 不同試驗區之玉米樣品被昆蟲為害之程度對其受黃麴毒素污染之影響

玉米蟲害率(%)	黃麴毒素 B ₁ 之濃度 (ppb)
10	0
20	0
64	0
10	4
28	193
90	76
10	70
10	550

三、玉米害蟲與黃麴毒素污染問題

(一)田間為害

昆蟲及玉蜀黍穗上之菌類間之關係早為人知^(13, 23, 57)，但昆蟲在真菌入侵植物組織之過程中所擔任之特殊角色，却一直無法確定，直到玉蜀黍在收穫前發生黃麴毒素的問題後才逐漸被瞭解。Anderson 等人⁽²⁾之研究係最早提出昆蟲和田間病菌感染有關的文獻之一，他們在美國喬治亞州的西北部玉米田中，發現幾乎所有被黃麴毒素污染的玉米都已被昆蟲為害過，黃麴毒素就在受害的部位產生。但 Rambo 等人⁽⁴⁸⁾之試驗，在收穫前玉米受昆蟲為害之部位，雖被 *A. flavus* 感染，但並沒有黃麴毒素產生。

Lillehoj 等⁽³²⁾試驗發現被玉米穗蟲為害的玉米，產生黃麴毒素的比率較沒有蟲害的玉米高甚多。Fennell 等人⁽³²⁾之研究結果有蟲害的玉米感染 *A. flavus* 的機會有 63%，而沒有蟲害的玉米受感染的概率只有 2.5%。且另一試驗顯示受玉米穗蟲為害後感染 *A. flavus* 之比率 (37%) 較玉米螟蟲為害後之感菌率 (14%) 高。粟螟之為害也會使玉米被 *A. flavus* 感染⁽³¹⁾。

(二)人為為害及模擬蟲害

自然界中之蟲害並不定期發生，且同時因地為害的程度也不一致，因此若要進一步研究植物——昆蟲——真菌——黃麴毒素四者間的關聯性，必須

要能控制住自然環境中昆蟲的棲羣密度或昆蟲為害的狀況，但此狀況極不易控制，試驗時只好以人為方式模擬蟲害發生的程度，以確定蟲害與真菌感染間之關係。

真菌侵入玉米穀粒時，遭遇到的第一個障礙即為玉米堅實不易破裂的外表組織。由 Calvert 等人⁽¹⁷⁾之試驗結果得知黃麴毒素產生之程度與玉米外表皮之厚薄有關。外皮薄的雜交種玉米黃麴毒素發生率較外皮厚的玉米低。Rambo 等人⁽⁴⁹⁾將 *Aspergillus* spp. 接種在玉米穀粒上，結果有傷口的玉米較易被 *Aspergillus* spp. 感染。Lillehoj 等人⁽³⁶⁾比較 *A. flavus* 及 *A. parasiticus* 在玉米有傷口或沒有傷口兩種情況下，菌絲侵入感染之程度，結果發現以人工模擬蟲害處理的玉米受黃麴毒素之污染較對照組嚴重 (表 4)。不同試驗地區感染率有差別，主要是因各地的地理環境、氣候及其他影響因子，有利或不利於菌絲之侵入或生長發育。

但被 *A. flavus* 寄生並不一定表示已產生黃麴毒素。Widstrom 及 Wilson 之試驗結果 (表 5)，在 1976 年玉蜀黍吐絲後第 56 天，玉蜀黍穗受 *A. flavus* 之感染率幾乎達 100%，但受黃麴毒素污染率只有 53%。

表 4. 比較玉蜀黍穗在人為傷口及沒有傷口兩種狀況下受 *A. flavus* 感染後產生黃麴毒素之玉蜀黍穗數。⁽³⁶⁾

採樣日期	處理	美國地區				合計
		伊利諾州	密蘇里州	德州	喬治亞州	
雌穗吐絲後 35 天	人為傷口	0	2	2	6	10
	對照組	0	0	1	0	1
雌穗吐絲後 50 天	人為傷口	0	1	0	9	10
	對照組	0	1	1	2	4
雌穗吐絲後 65 天	人為傷口	0	1	0	12	13
	對照組	0	0	1	4	5
雌穗吐絲後 90 天	人為傷口	0	2	2	23	27
	對照組	0	0	0	11	11
合計	人為傷口	0	6	4	50	60
	對照組	0	1	3	17	21

* 每次每區各試驗組調查取樣 32 穗。

表 5. 田間試驗玉蜀黍受真菌之感染率及黃麴毒素產生之程度

採樣日期	玉蜀黍穗之感染率 (%)		玉蜀黍穗受黃麴毒素污染率 (%)	
	1975	1976	1975	1976
雌穗吐絲後 25 天	—	43	—	16
雌穗吐絲後 40 天	—	74	—	28
雌穗吐絲後 56 天	95	96	31	53
雌穗吐絲後 86 天	—	—	—	38

* 1975 年每次調查取樣 195 穗。

1976 年每次調查取樣 159 穗。

Widstrom 等人⁽⁶⁰⁾之研究發現粟螟為害玉蜀黍後造成黃麴毒素污染之概率較玉蜀黍穗蟲或秋行軍蟲 (fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* Smith) 更高 (表 6)。雖然玉蜀黍穗蟲為害後玉米受 *A. flavus* 之感染率較高, 但產生黃麴毒素之平均濃度較低。

Widstrom 等人⁽⁵⁰⁾及 Lillehoj 等人⁽³³⁾, 發現使用殺蟲劑不但可以有有效的防除玉米害蟲且可減少玉米受黃麴毒素污染之機會, 但只能減少到某種程度, 並不能完全根除蟲害及黃麴毒素之污染 (表 7.)。

表 6. 三種昆蟲為害玉蜀黍後, 發生真菌感染區及產生之黃麴毒素之濃度

昆 蟲	受真菌感染區	黃麴毒素 E ₁ 之濃度 (ppb)
玉米穗蟲	17	22
粟 螟	13	65
秋行軍蟲	9	35

表 7. 不同試驗地區以殺蟲劑控制玉蜀黍害蟲對黃麴毒素濃度之影響

地 區	黃麴毒素濃度 (ppb)	
	殺蟲劑處理組	對 照 組
喬治亞州	4	9
佛羅里達州	8	26
南卡羅萊納州	3	18

殺蟲劑的使用, 抗蟲品種的栽植雖可防治昆蟲的為害, 減少玉米受黃麴毒素的污染, 並不能直接證實昆蟲在真菌感染及黃麴毒素污染過程中所擔任

之角色, 有待更進一步的試驗證實其間的關聯性。

四、棉花害蟲與黃麴毒素污染問題

雖然在 1960's 年代末期棉花感染黃麴毒素之問題已產生, 但棉作物上之昆蟲活動性及黃麴毒素產生間之關係並不廣受重視, 因為要增加棉花之產量, 已使用了大量殺蟲劑或其他防治方法來防除害蟲。

Kiyomoto 及 Ashworth⁽³⁷⁾ 在 San Joaquin Valley 做試驗發現棉紅鈴蟲 (pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* Saunders) 是當地棉花作物之重要害蟲, 棉莢受其傷害後, 可被 *A. flavus* 侵入寄生。Ashworth 等人⁽⁵⁾ 在較早所做之試驗資料顯示, 一齡的棉紅鈴蟲之幼蟲, 在棉鈴上不會傳佈 *A. flavus*, 但老熟幼蟲為害棉鈴就可導致真菌入侵寄生。由表 8 可以明顯的看出棉紅鈴蟲為害愈烈, 黃麴黴菌之感染也愈嚴重, 黃麴毒素的濃度也愈高。

表 8. 棉紅鈴蟲之為害對棉籽受黃麴黴菌感染及黃麴毒素含量之影響

棉 鈴 之 處 理	受 <i>A. flavus</i> 之感染率 (%)	棉籽中黃麴毒素之濃度 (ppb)
對 照 組	0	12
每一棉鈴接種兩粒卵	7	1914
每一棉鈴接種十粒卵	9	5337

其他如椿象及姬椿象⁽⁵³⁾ 在幼棉植株上活動, 可傳佈 *A. flavus*。Stephen 及 Russell 在棉苞及棉葉的樣品上均可分離到 *A. flavus*。

根據 1965 及 1969 年 Ashworth⁽³⁾ 之試驗報告指出棉籽被黃麴毒素污染多半是還沒收穫時在田間已被感染。1968 年在南加州試驗顯示棉紅鈴蟲之為害會增加棉籽內黃麴毒素的含量, 增加棉籽受污染之機會。McMeans 及 Brown⁽³³⁾ 在加州及亞利桑那州之試驗也得到同樣之結果, 因此他們建議, 若要減少棉籽受黃麴毒素污染, 應該防治棉紅鈴蟲。Russel 等人⁽⁵³⁾ 之試驗也發現棉紅鈴蟲的為害與黃麴毒素的濃度成正相關 (表 9)。Hamsa 及 Ayres 認為防治棉鈴象鼻蟲 (boll weevil, *Anthonomus grandis* Boheman) 可減少棉花受黃麴毒素污染。同時他們也提出一個觀點, 即以種子或穀粒樣品照射紫外光而出現黃綠色

螢光，並不能確實偵測其即為黃麴毒素污染的樣品，因為植物受昆蟲為害的部位本身也會產生此種螢光，若以此方式判斷黃麴毒素之存在與否，會產生極大的誤差。

表 9. 棉籽受棉紅鈴蟲為害對黃麴毒素含量之影響

年代	棉紅鈴蟲之為害率 (%)	黃麴毒素之濃度 (ppb)
1971	10	214
	16	620
	60	1302
1972	22	388
	26	439
	56	994
1973	7	25
	13	18
	40	154

棉花之蟲害若嚴重則黃麴毒素污染之機會也增加，但棉花受黃麴毒素污染並不是全由蟲害引起，故即使有效的控制蟲害，只可能減少黃麴毒素污染至某種程度，並不能完全解決黃麴毒素產生的問題。由 McMeans 等人⁽³⁹⁾之試驗可得知即使減少棉紅鈴蟲之為害達最小限度，也不一定保證能使黃麴毒素的含量低於某種程度以下(表 10)。

表 10. 兩不同之蟲害防治計劃對棉籽中黃麴毒素濃度之影響

年代	黃麴毒素之濃度 (ppb)			
	出現螢光之種子		沒有螢光之種子	
	A*	B**	A	B
1971	63,356	56,343	223	35
1973	56,596	789	23	N.D.***

* A: 棉紅鈴蟲之為害率在 5% 或以上。

** B: 棉紅鈴蟲之為害率在 5% 以下。

*** N. D.: 無法測出 (Non-detectable)。

五、花生害蟲與黃麴毒素污染問題

花生其果實生長在土壤中，害蟲大多數為生長在土壤中之蟲類。土壤害蟲的為害並非導致花生受黃麴毒素污染的主要原因，因為其他如機械傷害，或生長時自然的裂縫，造成黃麴毒素污染的問題更嚴重。若栽植外殼堅實，不易崩裂受外傷的花生品種，則 *A. flavus* 侵入困難，受黃麴毒素污染機

會較少。

玉蜀黍蛀莖螟 (cornstalk borer, *Elasmopalpus lignosellus* Zeller) 是花生的害蟲之一，具傳佈真菌的能力^(4, 20)。Schroeder 及 Ashworth⁽⁵³⁾ 試驗以不同方式造成花生殼破裂，結果機械的傷害或自然破裂等因素使花生受黃麴毒素污染之程度較有蟲害的更嚴重(表 11)。

表 11. 不同原因造成之花生殼損傷對花生內黃麴毒素含量之影響

花生殼破裂原因	黃麴毒素之含量 (ppb)
機械傷害	< 500 但 > 100
腐敗或昆蟲為害	< 5
生長裂縫	> 2,000

除玉米蛀莖螟外，其他如南方玉蜀黍根蟲(一種金花蟲, southern corn rootworm, *Diatrobra undecimpunctata howardi* Barber) 也會為害花生。Porter 及 Smith⁽⁴⁶⁾ 發現被昆蟲為害的花生受真菌寄生的概率大。Diener 等人⁽²¹⁾之試驗結果也得知昆蟲之為害可增加花生被 *A. flavus* 感染之機會。Perry⁽⁴⁵⁾ 發現一種小白蟻 (microtermes) 之為害，可導致花生植株死亡。另有一種昆蟲可傳佈真菌，使花生受黃麴毒素污染，因此 Perry 認為做好蟲害防治工作可減少黃麴毒素的污染。

蟎類及線蟲並不屬於昆蟲類，但會為害花生。Aucomp 研究發現有幾種蟎類身上有許多真菌的孢子，他認為蟎類在某種狀況下可穿過花生的外殼，以花生仁為食，同時將真菌孢子帶入。而蟎類亦可傳佈 *A. flavus* 感染玉米⁽²²⁾。

許多研究報告均提及線蟲與花生黃麴毒素污染有關^(12, 26, 41, 42, 43)，這些線蟲包括根瘤線蟲 (root-knot nematode, *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood)，根腐線蟲 (lesion nematode, *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey) Filipjev & Sch. Stek) 及 *Meloidogyne hepla* Chitwood，但這些文獻所提供之資料，並不足以證實線蟲與 *A. flavus* 之入侵或黃麴毒素之污染有密切關聯。由 Minton 及 Jackson 之研究結果(表 12) 就可看出同時接種線蟲與 *A. flavus* 到

土壤中花生受黃麴黴菌感染之概 率 和 單 獨 接 種 *A. flavus* 到 土 壤 中 相 差 不 多。

表 12. 土壤不同處理方式對花生受黃麴黴菌感染之影響

土 壤 處 理	每顆花生之菌落數*
黃麴黴菌 (<i>Aspergillus flavus</i>)	128 ^{a,b}
根瘤線蟲 (<i>Meloidogyne arenaria</i>)	78 ^{a,b}
根瘤線蟲+黃麴黴菌	147 ^b
對 照 組	53 ^a

* 不同英文字母表示統計上達到顯著水準

六、積穀害蟲與黃麴毒素污染問題

有關米、麥等積存穀物之蟲害與黃麴毒素間關聯性之研究文獻甚少。Ragunathan A, N. 等人曾提及貯藏之米、麥受黃麴黴菌感染與米象之為害有關。米穀收穫後貯存期間昆蟲在其中活動，可以增加菌類之感染，使黃麴毒素污染之問題更趨嚴重。因為昆蟲生活在積穀中可形成「熱點 (hot spots)」此種環境狀況有利於黴菌生長及毒素產生，昆蟲活動時可攜帶黴菌到沒有受感染的穀物上，由傷口侵入寄生進而產生毒素。有關各種作物

不同昆蟲之為害與黴菌感染或毒素產生之間的關聯，有待進一步研究。

七、結 語

近年來有關農產品生菌發黴與昆蟲之關係頗受重視。由於某些寄生植物體之真菌會產生黃麴毒素或其他有毒的代謝產物，對動、植物有相當的毒害效應，故有些研究建議以此類 的真菌及其有毒的代謝物當做殺蟲劑使用，因為它除了具有直接的殺蟲效果外，又為昆蟲的一種穩定的化學不孕劑 (chemosterilants)，對於許多種昆蟲而言是一極具發展潛能而又有效的生物防治劑。而黃麴毒素污染農產品時昆蟲所擔任之角色，是使植物組織易於罹受真菌之感染。粟螟、玉米穗蟲及秋行軍蟲等昆蟲已確知可傳佈黃麴黴菌，感染尚未採收之玉米，使之受黃麴毒素污染。棉鈴鈴蟲及棉鈴象鼻蟲為害棉花及其種子，且可使之受黃麴黴菌感染。但至目前為止尚無具體結論性文獻證實花生上之害蟲與黃麴毒素污染有正面的關連。因此在玉蜀黍棉花作物上，做好害蟲防治工作同時也可減少黃麴毒素之污染，但在花生上則預期收效不彰。

引 用 文 獻 (略)

稻田施用含爐渣增產效果

行政院農業發展委員會昨天表示，經過全省各地田間試驗及長期觀察與示範，證實中鋼公司含矽爐渣可改善水稻發育，抑制病蟲害，並可提高低產水稻田的生產量。農發會說，民國六十四年，前農復會曾與農試所及各區農業改良場合作，對全省 120 處稻田土壤的生產潛力加以測定，同時探查土壤生產力的限制因素，發現矽酸缺乏為水稻低產的主要原因。民國六十六年，在東部縱谷探查水稻胡麻葉枯病低產土壤的肥力因素時；也發現矽酸缺乏與水稻罹病率及其低產有密切關係。農發會指出，使用爐渣以提高低產稻田生產量的試驗，可溯自五十年開始。當時農業單位陸續發現北部強酸性土壤中，甚多對爐渣產生效應，因而在五十八年間，曾由農林廳及省農會合作，在全省 54 個鄉鎮舉辦小型示範。由於當時稻穀每公斤僅四元五角，而由省農會進口的爐渣每公噸為 1,300 元，施用爐渣所獲增產稻米價值與支出成本相差無幾，故未能引起農家興趣，推廣受阻。近年來由於稻穀

價格較前顯著提高，而且中鋼公司六十六年開工以來，生產大量的爐渣，改良稻田的時機已臻成熟。前農復會遂於六十六年四月，商請農林廳共同召開省產矽酸肥料應用及推廣問題座談會，隨即自六十六年二期作起，設置十處省產爐渣長期連用觀察區，並自民國六十七年一期作開始，辦理大面積稻田施用爐渣效果示範。該項工作本年將進入第三年，示範面積達一萬公頃，所需爐渣原料由中鋼公司免費提供，而佔爐渣成本大部分的碾細、包裝、運輸等費用，也由中鋼補助一半以上。農發會估計，目前本省缺矽稻田面積約 10 萬公頃，每公頃每年施用爐渣一次 2 公噸，全年需 20 萬公噸，這個數目需要多久才能達到，與穀價、爐渣成本以及推廣情形有密切關係。今後穀價如能繼續調整，政府對於爐渣價格如能補助一部分，則推廣可望加速，面積也會隨着擴大。農發會說，目前本省缺矽的十萬公頃稻田使用矽渣後，保守的估計，至少可增產 45,000 公斤的稻穀，價值達六億元。(69年1月28日中央日報)