

澎湖地區不同類別之收穫花生受黃麴菌及 黃麴毒素污染之比較研究

李協昌¹ 莊再揚²

1. 台北縣 行政院環境保護署環境檢驗所

2. 台北市 國立臺灣大學植物病蟲害學系

接受日期：中華民國 82 年 5 月 9 日

摘要

李協昌、莊再揚. 1993. 澎湖地區不同類別之收穫花生受黃麴菌及黃麴毒素污染之比較研究. 植病會刊 2:88-97.

依據莢果之外觀，將收穫之花生區分為四類，分別為正常期採收之健全花生（常健）、正常期採收之受傷花生（常傷）、延遲採收之健全花生（遲健）及延遲採收之受傷花生（遲傷）。比較不同生育期之該四類花生對黃麴菌污染率之差異。結果顯示，1990 年遲健及遲傷花生殼污染率隨生育期之增長而逐漸增加，常健及常傷者則無此趨勢，而四類花生仁之黃麴菌污染率均無明顯趨勢；1991 年花生殼之本菌污染率均高，四類花生間差異不大，而四類花生仁之污染率均隨生育期增長而增加，其中以遲健及遲傷者較為明顯。以溫度、濕度、土壤與花生等因子對不同生育期四類花生殼與花生仁之黃麴菌污染率分別作逐步迴歸分析，顯示相對濕度為影響花生殼及花生仁黃麴菌污染率之主要因子，其他各因子之影響則視處理而不同。以高效能液相層析儀（HPLC）分析 1990 與 1991 年不同生育期之四類花生受黃麴毒素污染情形，結果顯示花生採收期延遲時會助長遲健與遲傷二類花生在田間受黃麴毒素污染，而常健與常傷二類花生則均未受毒素污染。1990 及 1991 年試驗田之遲健及遲傷二類花生分別在母株播種後 213 及 215 天起偵測到黃麴毒素。1990 及 1991 試驗田花生之毒素濃度範圍在遲健分別介於微量（即毒素濃度低於偵測極限，但仍可辨識者。）～0.4 及微量～45 μg/kg，而在遲傷則分別介於微量～10 及微量～1,156 μg/kg。

關鍵詞：花生、黃麴菌、黃麴毒素、相對濕度、延遲採收。

緒言

花生生育期間，其莢果或果仁因受生物性傷害（7,13,18,23,26,29,34）、機械傷害或生理裂縫（8,9,17,19,23,33）、乾旱高溫（10,12,14,15,22,27,29,31,32）、延遲採收（16,17,25,27）或土壤型態差異（21,24,26）等因素影響，會促進黃麴菌及黃麴毒素污染花生。蔡和葉氏（5）發現澎湖花生受病蟲危害率達 24.9%，因而增加貯藏期間受黃麴菌污染之機會。土壤濕度的波動會造成成熟中花生的裂果，利於黃麴菌的感染（19），但乾旱及高溫均非影響黃麴菌污染收穫前花生仁之獨立因子，必須兩者互相配合，方會造成嚴重污染（12,22,31,32）。乾旱效應主要在於降低收穫前成熟花生仁的含水量，使有利於黃麴菌的污染（10,12,16,28,32）。

花生延遲採收將造成花生過熟（overmature）、莢果脫落及活力喪失等現象，使其易受黃麴菌污染（17）。

澎湖地區之土壤型態均為聚鋁鐵土（6），氣候特徵為高溫、年雨量僅有 1,000 公厘左右、蒸發量大於降雨量、多風且風力強勁，為臺灣省僅有之乾燥氣候區（4）。澎湖地區目前之花生栽培品種均為澎湖二號，該品種之特性為匍伏性、開花期長及耐乾旱，頗適合於旱象頻生之澎湖地區栽培，但對黃麴菌，卻為極感病品種（5）。李氏等（3）及翁氏等分別於 1985–1986 及 1990 年調查澎湖地區收穫與乾燥期間花生受黃麴毒素污染情形，供試 53, 58 及 20 件樣品之污染率分別為 34, 32.8 及 70%，毒素平均濃度分別為 82.0, 31.3 及 411 μg/kg。翁氏等調查之黃麴菌污染率則為 100%（未發表資料）。陳和李氏調查剛採收之花生受黃麴毒

素污染情形，供試 20 件樣品中有 35% 於收穫前即已受毒素污染，毒素平均濃度為 $405 \mu\text{g}/\text{kg}$ (未發表)。上述調查結果顯示，毒素污染均已超過國內訂定之安全容許量 $10 \mu\text{g}/\text{kg}$ ，其嚴重性不容忽視。然而，因澎湖 2 號花生品種之開花期長，故收穫之花生中包括過熟、脫落、成熟及未成熟者，且因澎湖地區土壤中白蟻猖獗(未發表資料)，收穫之花生復有外觀受傷與健全之別，前述研究者調查澎湖地區花生受黃麴菌及黃麴毒素污染情形時，並未將收穫之花生予以適當歸類分析，因此，各類收穫花生受黃麴菌及黃麴毒素污染之差異及嚴重性無從區辨，其調查結果對預防黃麴毒素污染有關工作之進行助益極為有限。本研究之目的係將收穫之花生依外觀作適當分類之後，分別調查其黃麴菌及黃麴毒素污染情形，進而研究影響黃麴菌污染花生之主要因子及各類收穫花生受黃麴毒素污染之差異，以作為預防黃麴菌及毒素污染花生有關預防工作之參考。

材料與方法

黃麴菌之分離與鑑定

由分布於馬公市、湖西鄉及白沙鄉之試驗田採集花生莢果，以鑑定黃麴菌種類。各試驗田採集 5-10 點，分別混合為一花生樣品，以選擇性培養基 M3S1B (Peptone, 5 g; Glucose, 10 g; KH_2PO_4 , 1 g; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.5 g; NaCl, 30 g; Difco agar, 20 g; Distilled water, 1 L; pH 5.3-5.4; Streptomycin sulfate, 50 mg; Chlortetracycline, 50 mg; Botran, 1 mg (溶於 3 ml Acetone))(20) 添加 Tergitol NP-7 (0.1%)(2) 後，以其分離黃麴菌，逢機挑取綠色或黃綠色菌落，移植於 Czapek's agar 培養基中，依據 Raper 和 Fennell 氏(30)的方法，鑑定黃麴菌及其種類。

不同生育期之不同類別花生受黃麴菌污染之比較

於 1990 年 8 月 14 日(花生母株播種後 190 天)、8 月 24 日(200 天)、9 月 16 日(223 天)、及 10 月 6 日(243 天)；1991 年 9 月 28 日(215 天)、10 月 10 日(227 天)及 11 月 3 日(251 天)分別採集馬公市與湖西鄉 2 區試驗田及馬公市、湖西鄉與白沙鄉 4 區試驗田花生。花生樣品依莢果外觀區分為 4 類，分別為正常收穫期採收之健全花生(Regular harvest, healthy pod，簡稱 RH)－莢果仍與母株連接，外觀無病徵或傷口；正常收穫期採收之受傷花生(Regular harvest, wounded pod，簡稱 RW)－莢果外觀有病原微生物引起之明顯病徵或白蟻等害蟲啃食傷痕；延遲收穫之健全花生(Delayed harvest, healthy pod，簡稱 DH)－莢果已脫落或與母

株連接，但果柄已腐化，莢果外觀無病徵或傷口；延遲收穫之受傷花生(Delayed harvest, wounded pod，簡稱 DW)－莢果已脫落至土壤中或與母株連接，但果柄已腐化，莢果外觀有病原微生物引起之明顯病徵或白蟻等害蟲啃食傷痕。分別測定 4 類花生殼及花生仁之黃麴菌污染率，並比較不同生育期各類花生受黃麴菌污染之差異。

氣象及土壤等因子影響不同類別收穫花生黃麴菌污染率之探討

於前述之日期及試驗田採集花生時，同時採集莢果生長區土壤，測定花生仁水量、土壤含水量及土壤中之黃麴菌量，並計算每月花生採集日期前累計 1、2、3 及 4 週之花生根圈莢果生長區土壤溫度之平均值。另由澎湖氣象站取 1990 年 7 月至 1991 年 11 月之逐日氣象資料，計算每次花生採集日期前累計 1、2、3 及 4 週之日平均氣溫之平均值、日最高氣溫之平均值、日平均相對濕度之平均值、降雨量、降雨天數及蒸發量。上述因子與花生生育期(表一)分別對不同類別花生仁與花生殼(RH, RW, DH, DW)之黃麴菌污染率及全部花生仁與花生殼之黃麴菌污染率作相關性分析與逐步迴歸分析，以探討各類收穫花生受黃麴菌污染之影響因子。

表一、對不同類別收穫花生受黃麴菌污染率作相關性分析與逐步迴歸分析之溫度、濕度、土壤及花生等變數一覽表

TABLE 1. Summary of independent variables used for analyzing the percentage of peanut contaminated by the *Aspergillus flavus*

Variable ¹	Symbol
Temperature	
Mean air temperature	MAT(1-4)
Mean maximum air temperature	MAT(1-4)
Mean geocarposphere temperature	GT(1-4)
Humidity	
Mean RH (%)	MRH(1-4)
Accumulated precipitation (mm)	AP(1-4)
Day of precipitation	DP(1-4)
Accumulated evaporation (mm)	AE(1-4)
Soil	
Water content (%)	SW
<i>Aspergillus flavus</i> (propagule/g dry soil)	Af
Peanut	
Kernel water content (%)	KW
Days after planting	DAP

¹ Numbers (1-4) represent data from the 1 st week and the 2, 3, and 4-week intervals, respectively, before the date of sampling.

不同生育期之不同類別收穫花生受黃麴毒素污染之比較

於 1990 年 8 月 14 日(花生母株播種後 190 天)、8 月 24 日(200 天)、9 月 6 日(213 天)、9 月 16 日(223 天)、10 月 6 日(243 天)及 1991 年 9 月 28 日(215 天)、10 月 10 日(227 天)、11 月 3 日(251 天)分別各採集 4 區試驗田花生。依上述方式將採集之花生區分為四類後，儘速以烘箱在 45–50 °C 之溫度烘烤 72–96 小時，冷卻後再冷藏於 4 °C 之下備用。花生剝殼後研磨成粉末，取約 10.0 g 花生粉，經萃取及淨化等前處理步驟後，以高效能液相層析儀(HPLC)測定花生樣品中之黃麴毒素濃度(1)，比較在不同生育期之四類收穫花生受黃麴毒素污染情形之差異。

結 果

黃麴菌之分離與鑑定

由澎湖地區各試驗田採集之花生樣品，以選擇性培養基分離黃麴菌，鑑定結果顯示，均為 *Aspergillus flavus* Link，未發現 *Aspergillus parasiticus* Spear。

不同生育期之不同類別花生受黃麴菌污染之比較

正常收穫期採收之健全花生(RH)、正常收穫期採收之受傷花生(RW)、延遲收穫之健全花生(DH)及延遲收穫之受傷花生(DW)等四類收穫花生之殼與花

生仁在 1990 及 1991 年各生育期之污染率，分別如表二及表三。在 1990 年，全試驗田 DH 及 DW 二類花生仁污染率一般高於 RH 及 RW，在生育期達 223 天時，四類花生仁之污染率尚無明顯差異，但在生育期 243 天時，試驗田馬公 2 (Ma-Kung 2) 之 DW 及 DH 二類花生仁污染率則顯著增加；全試驗田 DH 及 DW 二類花生殼污染均高於 RH 及 RW，DH 及 DW 大致均隨生育期延長而明顯逐漸增加，而 RH 及 RW 則無增加之趨勢(表二)。1991 年四塊試驗田的調查結果(表三)顯示，全試驗田之花生仁均以 DW 污染率最高，其次依序為 DH 及 RH，RW 最低，四類花生仁污染率大致隨生育期延長而增加或增高至一定比率即不再增加；四類花生殼污染率在各生育期均很高，彼此間無明顯差異。

氣象及土壤等因子對不同類別收穫花生黃麴菌污染率之影響

同一塊田不同時期採集樣品，其土壤中黃麴菌密度及花生殼與花生仁受其污染的變異很大(表四)。比較花生莢果生長區土壤之黃麴菌量與花生殼及花生仁黃麴菌污染率之關係，將該土壤之黃麴菌量分別對於花生殼及花生仁黃麴菌污染率作相關性分析，結果顯示均無相關。以溫度、濕度、土壤及花生等因子對不同類別花生仁與花生殼作相關性與逐步迴歸分析，表五顯示，大部分溫度因子與各處理花生仁均達顯著性不等之負相關性，尤其與 DH，DW 及 Total (四類花生仁之總平均污染率) 三處理之顯著性均極高；僅花

表二、不同生育期之不同類別花生受黃麴菌污染之比較(1990)

TABLE 2. Comparison of percentage of contaminated pod and kernel with or without wounding harvested on different days after planting (1990)

Location	Treatment ¹	Contamination (%)							
		Kernel ³				pod ⁴			
		190 ²	200	223	243	190	200	223	243
Hu-Hsi 1	RH	3.0	0.5	4.7	—	12.5	25.9	6.8	—
	RW	3.7	0.0	6.2	—	12.5	8.3	6.3	—
	DH	3.1	2.0	2.6	—	59.4	75.2	86.5	—
	DW	4.6	3.1	6.4	—	51.8	69.5	99.0	—
Ma-Kung 2	RH	0.6	0.0	0.0	—	10.8	4.0	1.2	—
	RW	0.0	0.0	3.9	—	17.1	6.7	2.4	—
	DH	0.5	1.3	0.7	53.5	24.3	25.0	81.8	96.8
	DW	2.2	2.7	3.1	89.7	22.5	49.3	87.9	100.0

¹ Regular harvest, healthy pod (RH); Regular harvest, wounded pod (RW); Delayed harvest, healthy pod (DH); Delayed harvest, wounded pod (DW).

² Days after planting.

³ About 69–359 samples were tested.

⁴ About 35–210 samples were tested.

表三、不同生育期之不同類別花生受黃麴菌污染之比較(1991)

TABLE 3. Comparison of percentage of contaminated pod and kernel with or without wounding harvested on different days after planting (1991)

Location	Treatment ¹	Contamination (%)					
		kernel ³			pod ⁴		
		215 ²	227	251	215	227	251
Hu-Hsi 1	RH	34.1	29.2	37.3	100.0	98.9	94.2
	RW	24.0	21.3	33.3	87.3	88.7	94.0
	DH	64.6	62.1	63.1	100.0	100.0	100.0
	DW	100.0	100.0	94.6	100.0	100.0	100.0
Ma-Kung 4	RH	59.6	53.3	44.9	99.4	90.3	97.9
	RW	53.9	48.8	50.0	98.5	94.5	96.5
	DH	61.5	79.9	72.6	95.5	96.4	100.0
	DW	93.4	97.5	97.0	100.0	99.4	100.0
Ma-Kung 5	RH	21.5	42.0	13.3	93.2	93.5	91.7
	RW	13.7	39.4	19.6	82.3	83.6	87.5
	DH	30.1	61.5	65.8	94.9	100.0	100.0
	DW	36.3	83.3	92.1	97.0	100.0	100.0
Pai-Sha 3	RH	22.0	28.2	32.2	100.0	93.1	98.7
	RW	15.5	15.7	34.7	87.3	90.9	89.0
	DH	27.8	54.1	60.7	100.0	91.6	100.0
	DW	82.3	93.9	93.5	100.0	100.0	100.0

¹ Regular harvest, healthy pod (RH); Regular harvest, wounded pod (RW); Delayed harvest, healthy pod (DH); Delayed harvest, wounded pod (DW).

² Days after planting.

³ About 54–316 samples were tested.

⁴ About 50–223 samples were tested.

生採樣前累計3、4週之日平均氣溫之平均值(AT-3, AT-4)及累計1週之花生根圈莢果生長區土壤溫度之平均值(GT-1)與處理RH無相關。濕度因子方面，累計1-4週之蒸發量(AE 1-4)及累計2週之降雨量(AP-2)與各處理均無相關，累計1週之降雨天數(DP-1)與處理RH及RW亦無相關，其餘濕度因子與各處理均達顯著性不等之負相關性，其中累計1-4週之日平均相對濕度之平均值(MRH 1-4)與各處理均達極顯著以上水準。花生因子方面，花生播種後至採收之累積日數(DAP)與各處理均達顯著性不等之正相關性；而花生仁含水量(KW)與RH呈顯著正相關，但與DH及DW則呈顯著負相關。而土壤因子如土壤含水量(SW)及黃麴菌量(Af)與各處理均無相關性。表六顯示不同類別花生殼受黃麴菌污染與各因子之關係，溫度因子除累計1及2週之花生根圈莢果生長區土壤溫度之平均值分別與DH及DH, DW無相關外，其餘溫度因子與各處理均達顯著性不等之負相關性。濕度因子方面，除累計1-2週及4週之蒸發量與各處理均無相關外，其餘濕度因子大致均與各處理達顯著性不等之負相關

性。土壤因子與各處理均無相關性。花生因子方面，花生播種後至採收之累積日數與各處理均達顯著性不等之正相關性；花生仁含水量則與RH, DW分別達顯著之正或負相關。表七顯示，花生仁與花生殼之迴歸方程式均達極顯著以上水準。影響花生仁受黃麴菌污染的因子較單純，但影響花生殼受黃麴菌污染的因子則較為複雜。花生仁RH及Total之主要影響因子均為累計1週之日平均相對濕度之平均值；RW, DH及DW之主要影響因子則均為累計2週之日平均相對濕度之平均值。花生殼RH, RW, DH, DW及Total(四類花生殼之總平均污染率)之主要影響因子分別為累計2週之日平均相對濕度之平均值、累計3週之降雨天數、花生播種後至採收之累積日數；累計3週之日平均相對濕度之平均值、累計3週之日最高氣溫之平均值(MAT-3)；累計2、4週之日平均相對濕度之平均值、累計3週之降雨天數；累計2、4週之日平均相對濕度之平均值、累計3週之降雨天數；以及累計2、4週之日平均相對濕度之平均值、土壤含水量。

表四、花生莢果生長區土壤之黃麴菌量與花生殼及花生仁黃麴菌污染率之關係

TABLE 4. The relationship between propagule density of *Aspergillus flavus* in geocarposphere soil and percentage of pod and kernel contaminated by *Aspergillus flavus*

Sampling date	Contamination (%)																	
	Propagule/g dry soil					Kernel ²					Pod ³							
	HH1 ¹	MK2	MK3	MK4	MK5	PS3	HH1	MK2	MK3	MK4	MK5	PS3	HH1	MK2	MK3	MK4	MK5	PS3
8/14/1990	304	160	37	—	—	—	3.3	1.0	0.3	—	—	—	40.0	19.5	12.6	—	—	—
8/24/1990	2003	512	42	—	—	3391	1.7	1.3	2.0	—	—	54.9	55.2	26.0	29.8	—	—	78.0
9/6/1990	763	91	22	—	—	2650	10.6	7.7	0.3	—	—	8.6	44.4	94.4	9.8	—	—	47.8
9/28/1991	864	—	—	1538	623	9934	58.0	—	—	68.4	25.2	43.4	97.8	—	—	98.3	92.0	90.4
10/10/1991	1030	—	—	2887	2631	1275	59.3	—	—	73.1	55.4	53.6	98.2	—	—	95.3	94.6	94.4
11/3/1991	2109	—	—	1674	4072	4123	60.1	—	—	70.8	56.4	64.4	97.9	—	—	99.0	95.9	97.1

¹ HH1 : 湖西1 (Hu-Hsi 1); MK2-5 : 馬公2-5 (Ma-Kung 2-5); PS3 : 白沙3 (Pai-Sha 3).² About 50-359 samples were tested.³ About 35-220 samples were tested.

表五、不同類別花生仁黃麴菌污染率對不同變數之相關性分析

TABLE 5. Correlation of different variables with peanut kernel contaminated by *Aspergillus flavus*

Variable ¹	Contamination (%)					Total
	RH ²	RW	DH	DW		
Temperature						
AT-1	-0.501 * ³	-0.602 **	-0.734 ***	-0.681 **	-0.676 **	
AT-2	-0.509 *	-0.611 **	-0.741 ***	-0.692 **	-0.688 **	
AT-3	-0.442 NS	-0.562 *	-0.690 **	-0.633 **	-0.641 **	
AT-4	-0.411 NS	-0.539 *	-0.663 ***	-0.606 **	-0.616 **	
MAT-1	-0.522 *	-0.614 **	-0.745 ***	-0.698 ***	-0.686 **	
MAT-2	-0.550 *	-0.639 **	-0.767 ***	-0.723 ***	-0.709 ***	
MAT-3	-0.501 *	-0.606 **	-0.730 ***	-0.680 **	-0.678 **	
MAT-4	-0.477 *	-0.586 *	-0.716 ***	-0.663 **	-0.665 **	
GT-1	-0.508 NS	-0.591 *	-0.711 **	-0.679 **	-0.629 **	
GT-2	-0.540 *	-0.618 *	-0.715 **	-0.676 **	-0.609 **	
GT-3	-0.635 *	-0.676 *	-0.851 ***	-0.833 ***	-0.792 ***	
GT-4	-0.567 *	-0.621 *	-0.764 ***	-0.734 **	-0.694 **	
Humidity						
MRH-1	-0.777 ***	-0.738 ***	-0.921 ***	-0.916 ***	-0.905 ***	
MRH-2	-0.771 ***	-0.764 ***	-0.912 ***	-0.924 ***	-0.904 ***	
MRH-3	-0.769 ***	-0.766 ***	-0.927 ***	-0.931 ***	-0.912 ***	
MRH-4	-0.718 ***	-0.741 ***	-0.892 ***	-0.876 ***	-0.849 ***	
AP-1	-0.502 *	-0.480 *	-0.538 *	-0.561 *	-0.567 *	
AP-2	-0.317 NS	-0.366 NS	-0.345 NS	-0.399 NS	-0.430 NS	
AP-3	-0.679 **	-0.662 **	-0.759 ***	-0.809 ***	-0.794 ***	
AP-4	-0.639 **	-0.676 **	-0.766 ***	-0.757 ***	-0.737 ***	
DP-1	-0.459 NS	-0.396 NS	-0.504 *	-0.520 *	-0.511 *	
DP-2	-0.647 **	-0.639 **	-0.710 ***	-0.767 ***	-0.764 ***	
DP-3	-0.662 **	-0.627 **	-0.740 ***	-0.785 ***	-0.747 ***	
DP-4	-0.645 **	-0.677 **	-0.807 ***	-0.797 ***	-0.783 ***	
AE-1	0.300 NS	0.237 NS	0.376 NS	0.344 NS	0.355 NS	
AE-2	0.266 NS	0.404 NS	0.530 NS	0.481 NS	0.545 NS	
AE-3	0.686 NS	0.630 NS	0.730 NS	0.777 NS	0.767 NS	
AE-4	0.156 NS	0.233 NS	0.241 NS	0.246 NS	0.258 NS	
Soil						
SW	0.022 NS	0.097 NS	0.037 NS	-0.049 NS	0.035 NS	
Af	0.212 NS	0.217 NS	0.251 NS	0.421 NS	0.356 NS	
Peanut						
KW	0.590 **	0.097 NS	-0.459 *	-0.550 **	-0.246 NS	
DAP	0.508 *	0.606 *	0.721 ***	0.702 ***	0.749 ***	

All individual variables are defined in Table 1.

RH: Regular harvest, healthy pod; RW: Regular harvest, wounded pod; DH: Delayed harvest, healthy pod; DW: Delayed harvest, wounded pod.

NS: Not significant; *: Significant ($p < 0.05$); **: Significant ($p < 0.01$); ***: Significant ($p < 0.001$).

表六、不同類別花生殼黃麴菌污染率對不同變數之相關性分析

TABLE 6. Correlation of different variables with peanut pod contaminated by *Aspergillus flavus*

Variable ¹	Contamination (%)				
	RH ²	RW	DH	DW	Total
Temperature					
AT-1	-0.638 *** ³	-0.664 **	-0.538 **	-0.520 **	-0.576 **
AT-2	-0.648 **	-0.679 **	-0.541 *	-0.507 *	-0.578 **
AT-3	-0.564 *	-0.598 **	-0.508 *	-0.483 *	-0.537 *
AT-4	-0.537 *	-0.569 *	-0.480 *	-0.456 *	-0.509 *
MAT-1	-0.671 **	-0.691 **	-0.550 *	-0.536 *	-0.592 **
MAT-2	-0.702 **	-0.729 ***	-0.560 *	-0.523 *	-0.602 **
MAT-3	-0.634 **	-0.664 **	-0.559 *	-0.539 *	-0.590 **
MAT-4	-0.61 **	-0.636 **	-0.540 *	-0.527 *	-0.573 **
GT-1	-0.638 *	-0.656 **	-0.490 NS	-0.507 *	-0.563 *
GT-2	-0.719 *	-0.757 **	-0.480 NS	-0.466 NS	-0.558 *
GT-3	-0.832 ***	-0.856 ***	-0.660 **	-0.673 **	-0.767 ***
GT-4	-0.775 ***	-0.803 ***	-0.591 *	-0.610 *	-0.695 **
Humidity					
MRH-1	-0.881 ***	-0.908 ***	-0.726 ***	-0.699 ***	-0.793 ***
MRH-2	-0.945 ***	-0.953 ***	-0.795 ***	-0.777 ***	-0.852 ***
MRH-3	-0.936 ***	-0.953 ***	-0.752 ***	-0.714 ***	-0.817 ***
MRH-4	-0.875 ***	-0.904 ***	-0.660 **	-0.630 **	-0.731 ***
AP-1	-0.542 *	-0.595 **	-0.526 *	-0.433 NS	-0.532 *
AP-2	-0.422 NS	-0.445 NS	-0.523 *	-0.473 *	-0.500 *
AP-3	-0.887 ***	-0.884 ***	-0.664 **	-0.612 **	-0.727 **
AP-4	-0.773 ***	-0.815 ***	-0.646 **	-0.564 *	-0.671 **
DP-1	-0.510 *	-0.559 *	-0.226 NS	-0.083 NS	-0.295 NS
DP-2	-0.837 ***	-0.839 ***	-0.699 ***	-0.653 **	-0.742 ***
DP-3	-0.880 ***	-0.869 ***	-0.559 *	-0.496 *	-0.640 **
DP-4	-0.783 ***	-0.827 ***	-0.607 ***	-0.512 *	-0.654 **
AE-1	0.224 NS	0.275 NS	0.136 NS	0.083 NS	0.182 NS
AE-2	0.340 NS	0.377 NS	0.323 NS	0.316 NS	0.370 NS
AE-3	0.890 ***	0.885 ***	0.481 *	0.411 NS	0.584 **
AE-4	0.235 NS	0.290 NS	0.122 NS	-0.031 NS	0.130 NS
Soil					
SW	-0.151 NS	-0.740 NS	-0.013 NS	-0.099 NS	0.141 NS
Af	0.460 NS	0.419 NS	0.405 NS	0.365 NS	0.337 NS
Peanut					
KW	0.545 *	0.071 NS	-0.408 NS	-0.462 *	-0.058 NS
DAP	0.615 **	0.640 **	0.718 ***	0.747 ***	0.733 ***

¹ All individual variables are defined in Table 1.² RH: Regular harvest, healthy pod; RW: Regular harvest, wounded pod; DH: Delayed harvest, healthy pod; DW: Delayed harvest, wounded pod.³ NS: Not significant; *: Significant ($p < 0.05$); **: Significant ($p < 0.01$); ***: Significant ($p < 0.001$).

不同生育期之不同類別花生受黃麴毒素污染之比較

1990年不同生育期各類花生大部未受黃麴毒素污染，僅試驗田馬公2及湖西5 (Hsi-Yu 5)之延遲採收花生受黃麴毒素污染(表八)，1991年採樣者之結果

類似1990，亦祇在延遲採收的花生受黃麴毒素污染(表九)。1990及1991年試驗田之DH及DW二類花生分別在母株播種後213天及215天起偵測到黃麴毒素。1990及1991試驗田花生之毒素濃度範圍在DH分別介

表七、溫度、濕度、土壤及花生等變數對不同類別花生黃麴菌污染率之逐步迴歸分析

TABLE 7. Stepwise regression of temperature, humidity, soil and peanut variables on percentage of kernel and pod contaminated by *Aspergillus flavus*

Treatment ¹	Regression equation ²	R ²	Significant
Kernel (RH)	$Y = 204.244 - 2.254X_1$	0.602	$p < 0.001$
Kernel (RW)	$Y = 224.234 - 2.501X_2$	0.601	$p < 0.001$
Kernel (DH)	$Y = 438.612 - 4.932X_2$	0.886	$p < 0.001$
Kernel (DW)	$Y = 616.412 - 6.910X_2$	0.860	$p < 0.001$
Kernel (Total)	$Y = 334.596 - 3.697X_1$	0.821	$p < 0.001$
Pod (RH)	$Y = 1353.245 - 12.218X_2 + 4.462X_6 - 1.491X_8$	0.894	$p < 0.001$
Pod (RW)	$Y = 504.023 - 8.810X_3 + 10.034X_5$	0.985	$p < 0.001$
Pod (DH)	$Y = 437.500 - 11.250X_2 + 6.491X_4 + 5.359X_6$	0.837	$p < 0.001$
Pod (DW)	$Y = 455.879 - 12.143X_2 + 7.082X_4 - 6.862X_6$	0.927	$p < 0.001$
Pod (Total)	$Y = 341.928 - 9.491X_2 + 6.034X_4 + 1.523X_7$	0.849	$p < 0.001$

¹ RH: Regular harvest, healthy pod; RW: Regular harvest, wounded pod; DH: Delayed harvest, healthy pod; DW: Delayed harvest, wounded pod.² Y: Contamination (%) X₁: MRH-1, X₂: MRH-2, X₃: MRH-3, X₄: MRH-4, X₅: MAT-3, X₆: DP-3, X₇: SW, X₈: DAP. Variables are defined in Table 1.

表八、不同生育期之不同類別花生仁受黃麴毒素污染之比較(1990)

TABLE 8. Comparison of aflatoxin contamination of kernel among various treatments at different days after planting (1990)

Location	Treatment	Aflatoxin ($\mu\text{g}/\text{kg}$)				
		190	200	213	223	243
Hu-Hsi 1	RH	ND ¹	ND	ND	ND	—
	RW	—	—	ND	ND	—
	DH	ND	ND	ND	ND	—
	DW	ND	ND	ND	ND	—
Ma-Kung 2	RH	ND	ND	ND	ND	—
	RW	ND	—	ND	ND	—
	DH	ND	ND	Trace ²	ND	ND
	DW	ND	ND	Trace	ND	ND
Ma-Kung 3	RH	ND	ND	—	—	—
	RW	ND	ND	—	—	—
	DH	ND	ND	ND	—	—
	DW	ND	ND	ND	—	—
Hsi-Yu 5	RH	—	—	—	ND	—
	RW	—	—	—	ND	—
	DH	—	—	—	4	—
	DW	—	—	—	10	—

¹ ND: Not detectable; —: Not tested.² Trace: Aflatoxin concentration was lower than detection limit (1.02 $\mu\text{g}/\text{kg}$).於微量~0.4及微量~45 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，而在 DW 則分別介於微量~10及微量~1,156 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

討 論

澎湖地區之降雨大多屬於短暫間歇性。1990年在花生生育期190, 200, 223及243天之累計前4週降雨量(mm)/降雨天數分別為110/8, 225/14, 267/13及119/7；1991年在花生生育期215, 227及251天之累計前4週降雨量(mm)/降雨天數分別為71.3/7, 66.8/6及0.3/3。上述資料顯示，1990年花生生育期降雨量及降雨天數均高於1991年。雖然本試驗進行期間並無連續乾旱之氣候條件，但澎湖地區溫度高、濕度低、風力強(4)，土壤溫度可高達38.5°C以上，因此，降雨後土壤水分即迅速散失，短時間內即恢復乾旱狀態。土壤濕度之變化呈現極端波動現象。Graham氏等(19)報導指出，在土壤濕度變化頻繁時，成熟中的莢果易發生裂果，因而助長黃麴菌的侵入。本研究將花生區分為四類—RH, RW, DH及DW。DH即Diener氏等(17)報導中所稱之過熟花生，在澎湖地區土壤濕度變化頻繁情況下，該類花生可能普遍存有視覺無法偵測之微小裂縫。另外，RH及RW亦可能有目視不到的微小裂縫產生。Sanders氏等(32)報告，無論乾旱、低溫乾旱、高溫灌溉及灌溉處理之不同等級健全花生仁與受傷花生仁之黃麴菌污染率均

表九、不同生育期之不同類別花生仁受黃麴毒素污染之比較(1991)

TABLE 9. Comparison of aflatoxin contamination of kernel among various treatments at different days after planting (1991)

Location	Treatment	Aflatoxin ($\mu\text{g}/\text{kg}$)		
		215	227	251
Hu-Hsi 1	RH	ND ¹	ND	ND
	RW	ND	ND	ND
	DH	ND	Trace ²	ND
	DW	1156	Trace	ND
Ma-Kung 4	RH	ND	ND	ND
	RW	ND	ND	ND
	DH	Trace	ND	ND
	DW	ND	557	ND
Ma-Kung 5	RH	ND	ND	ND
	RW	ND	ND	ND
	DH	ND	ND	ND
	DW	ND	ND	ND
Pai-Sha 3	RH	ND	ND	ND
	RW	ND	ND	ND
	DH	45	2.1	ND
	DW	Trace	2.8	ND

¹ ND: Not detectable.

² Trace: Aflatoxin concentration was lower than detection limit (1.02 $\mu\text{g}/\text{kg}$).

隨生育期增長而增加或增加至一定比率即不再提高，且受傷者之污染率均高於健全者。1990年生育期223天以前各類別花生仁污染率均低，243天以後DH及DW污染率始明顯增加，且DW大於DH。與Sanders的研究結果並不相符，探究其原因，可能1990年花生生育期降雨量及降雨天數較多，土壤濕度之變化較不激烈，因而莢果裂傷現象較少發生之緣故，或其他微生物發揮拮抗作用，減少黃麴菌的感染機會。RH與RW花生殼污染率在各生育期均無顯著差異，表示與母株連接之莢果在適當土壤濕度時仍保有先天抗病性；DH及DW花生殼污染率則隨生育期增長而增加，可能與莢果脫落活力漸失，利於黃麴菌污染有關。1991年各類花生仁與花生殼污染率均高於1990年者，且均隨生育期增長而增加或增加至一定比率即不再升高。與Sanders氏等(31)的研究結果相符。1991花生生育期中降雨量及降雨天數均少，土壤濕度變化激烈，可能造成普遍裂果(19)，或乾旱高溫使花生先天抗病性喪失或降低以及拮抗微生物受抑制等(11)，因而利於黃麴菌之感染。莢果生長區黃麴菌量與花生殼、花生仁污染率關係之研究，顯示彼此間無相關性。可能黃

麴菌對花生之污染有其臨界菌量，此臨界菌量則視土壤濕度、溫度、微生物等性質而異，需進一步探討。

溫度、濕度及花生等因子對各類花生作逐步迴歸分析結果，花生採收前累計1週相對濕度(71.3%~90.9%)或2週相對濕度(73.4%~89.3%)為影響花生仁污染率之最重要因子；在花生殼方面，除了累計採收前2週或以上相對濕度外，尚包括累計採收前3週之降雨天數與最高氣溫平均值等重要影響因子。因此經由相對濕度應可預估黃麴菌污染花生仁情形，此與前述灌溉田及非灌溉田花生仁污染結果(1)均顯示土壤濕度可能是黃麴菌污染花生仁之最大關鍵因素，由花生殼污染率之迴歸方程式，推論黃麴菌污染花生殼之關鍵因素可能較為錯綜複雜。花生仁與花生殼污染率之逐步迴歸方程式之顯著性均達極顯著以上($P<0.001$)，表示其預測效用頗高，但仍需作田間確切評估。

上述氣象資料顯示1990花生生育期降雨量及降雨天數均高於1991年，但生育期中均無長期連續乾旱之氣候狀況，屬高頻率之短暫乾旱。1990及1991年各生育期之不同類別花生受黃麴毒素污染情形，顯示僅部分延遲採收之健全(DH)與受傷(DW)受污染，以1991者較為嚴重，此與上述降雨差異應有密切關係。1990年樣品中，受毒素污染率為15.4% (2/13)，DH及DW之毒素濃度分別為微量~4及微量~10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，後者受污染較嚴重；1991年樣品中之毒素污染率為50% (6/12)，DH及DW之毒素濃度分別為微量~45及微量~1,156 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，亦以DW較為嚴重。顯示正常期採收之花生(RH及RW)均未受毒素污染，而延遲採收受傷者之毒素污染率及毒素濃度值高於延遲採收過熟花生，與前人研究(24,35,36)有相符之處。Dickens和Pattee氏(14)報導指出，在32°C，且花生仁含水量低於30%時，黃麴菌易產毒。然而Dickens和Pattee氏(14)報告中亦可發現花生仁含水量48~49%時，於60~72小時之內亦可產生毒素(12~24 $\mu\text{g}/\text{kg}$)。本研究中受毒素污染樣品於採收時之花生仁含水量在1990及1991年分別為47.9~77%及31.9~62.9%；莢果區平均土壤溫度分別為29.8~30.7°C及28.1~30.1°C，與Dickens和Pattee氏之研究結果類似。由表八與表九可歸納出澎湖花生在生育期200天內採收可能為安全採收期。

謝 辭

本研究承 行政院農業委員會80-農建-7.1-糧-85 (12)與81-農建-12.2-糧-28 (3)計畫經費補助，以及高雄區農業改良場林順臺先生在田間試驗方面諸多協助，謹此申謝。

引用文獻

1. 李協昌. 1992. 澎湖花生田黃麴菌之生態研究. 國立台灣大學植物病蟲害學研究所碩士論文。
2. 李協昌、莊再揚. 1992. 澎湖花生田黃麴菌之分布與消長. 植病會刊 1:174-183。
3. 李國欽、李宏萍、翁憲慎、莊耀森. 1986. 台灣不同地區花生中黃麴毒素含量之調查. 行政院農業委員會出版, 台北. 61頁。
4. 張仲民. 1989. 普通土壤學. 茂昌圖書有限公司, 台北. 604頁。
5. 蔡阿輝、葉忠川. 1985. 落花生黃麴毒素污染與抗病篩選之研究. 中華農業研究 34:79-86。
6. 謝兆申、王明果. 1989. 台灣土壤. 臺中市國立中興大學土壤調查試驗中心. 205頁。
7. Amin, P. W. 1985. Major field and storage insect pests of groundnut in India and their control. ICRISAT Groundnut Improvement Program Occasional Paper 2/85, 37 pp.
8. Ashworth, L. J. Jr., and Langley, B. C. 1966. The relationship of pod damage to kernel damage by molds in Spanish peanut. Plant Disease Reporter 48: 875-878.
9. Ashworth, L. J. Jr., Schroeder, H. W., and Langley, B. C. 1965. Aflatoxins: Environment factors governing occurrence in Spanish peanut. Science 148:1228-1229.
10. Blankenship, P. D., Cole, R. J., Sanders, T. H., and Hill, R. A. 1984. Effect of geocarposphere temperature on preharvest colonization of drought stressed peanuts by *Aspergillus flavus* and subsequent aflatoxin contamination. Mycopathologia 85:69-74.
11. Cole, R. J., Sanders, T. H., Blankenship, P. D., and Hill, R. A. 1984. Environmental conditions required to induce preharvest aflatoxin contamination of peanuts. Pages 294-299 in: Proceeding Sixth International Biodeterioration Symposium, Washington, D. C.
12. Cole, R. J., Sanders, T. H., Hill, R. A., and Blankenship, P. D. 1985. Mean geocarposphere temperatures that induce preharvest aflatoxin contamination of peanuts under drought stress. Mycopathologia 91:41-46.
13. Dickens, J. W. 1977. Aflatoxin occurrence and control during growth harvest and storage of peanut. pages 99-105 in: Mycotoxins in Human and Animal Health, Pathotox Publishers Inc., Illinois, U.S.A.
14. Dickens, J. W., and Pattee, H. E. 1966. The effect of time, temperature and moisture of aflatoxin production in peanuts inoculation with a toxin strain of *Aspergillus flavus*. Tropical Science 8:11-22.
15. Diener, U. L., and Davis, N. D. 1973. Deterioration of peanut seed quality caused by fungi. pages 523-557 in: Peanut-Culture and Uses. American Peanut Research and Education Association, Inc., Stillwater, Okla.
16. Diener, U. L., Cole, R. J., Sanders, T. H., Payne, C. A., Lee, L. S., and Klich, M. A. 1987. Epidemiology of aflatoxin formation by *Aspergillus flavus*. Annual Review of Phytopathology 25:249-270.
17. Diener, U. L., Jackson, C. R., Cooper, W. E., Stipes, R. J., and Davis, N. D. 1965. Invasion of peanut pods in the soil by *Aspergillus flavus*. Plant Disease Reporter 49:931-935.
18. French, J. C., and Morgan, L. W. 1972. The damage and control of the lesser cornstalk borer, *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) on peanuts. Pages 41-42 in: Proceedings of American Peanut Research and Education Association IV.
19. Graham, J. 1982. Aflatoxin in peanuts: Occurrence and control. Queensland Agricultural Journal 20:112-119.
20. Griffin, G. J., Ford, R. H., and Garren, K. H. 1975. Relation of *Aspergillus flavus* colony growth on three selective media to recovery from naturally infested soil. Phytopathology 65:704-707.
21. Griffin, G. J. Garren, K. H., and Taylor, J. D. 1981. Influence of crop rotation and minimum tillage of the population on *Aspergillus flavus* group in peanut field soil. Plant Disease 65:898-900.
22. Hill, R. A., Blankenship, P. D., Cole, R. J., and Sanders, T. H. 1985. Effects of soil moisture and temperature on preharvest invasion of peanut by the *Aspergillus flavus* group and subsequent aflatoxin development. Applied and Environmental Microbiology 45:628-633.
23. McDonald, D., and Harkness, C. 1967. Aflatoxin in the groundnut nut crop at harvest in Northern Nigeria. Tropical Science 9:148-161.
24. Mehan, V. K., Mayee, C. D., Jayanthi, S., and McDonald, D. 1991. Preharvest seed infection by *Aspergillus flavus* group fungi and subsequent aflatoxin contamination in groundnuts in relation to soil types. Plant and Soil 36:239-248.
25. Mehans, V. K., McDonald, D., Ramakrishna, N., and Williams, J. H. 1986. Effects of genotype and date of harvest on infection of peanut seed by *Aspergillus flavus* and subsequent contamination with aflatoxin. Peanut Science 13(2):1-5.
26. Mehan, V. K. 1987. The aflatoxin contamination problem in groundnut-control with emphasis on host plant resistance. Pages 1-30 in: ICRISAT the Regional Plant Protection Group Meeting, Zimbabwe, India.
27. Mixon, A. C. 1980. Potential for aflatoxin contamination in peanut (*Arachis hypogaea* L.) before and soon after harvest - a review. Journal Environmental Quarterly 9:344-349.

28. Pettit, R. E. 1986. Incidence of aflatoxin in groundnuts as influenced by seasonal changes in environmental conditions-A review. Pages 163-174 in: ICRISAT, Proceedings of an International Symposium, 21-26 Aug. 1985, Patancheru, India.
29. Pettit, R. E., Taber, R. A., Schroeder, H. W., and Harrison, A. L. 1971. Influence of fungicides and irrigation practice on aflatoxin in peanuts before digging. Applied Microbiology 22:629-636.
30. Raper, K. B., and Fennell, D. L. 1965. The genus *Aspergillus*. Williams & Wilkins Co., New York. 686 pp.
31. Sanders, T. H., Cole, R. J., Blankenship, P. D., and Hill, R. A. 1985. Relation of environmental stress duration to *Aspergillus flavus* invasion and aflatoxin production in preharvest peanuts. Peanut Science 12: 90-93.
32. Sanders, T. H., Hill, R. A., Cole, R. J., and Blankenship, P. D. 1981. Effect of drought on occurrence of *Aspergillus flavus*. Journal of American Oil Chemist's Society 58:966-970.
33. Schroeder, H. W., and Ashworth, L. J. Jr. 1965. Aflatoxins in Spanish peanut in relation to pod and kernel conditions. Phytopathology 55:464-465.
34. Widstrom, N. W. 1979. The role of insects and other plant pests in aflatoxin contamination of corn, cotton, and peanuts-a review. Journal Environmental Quarterly 8:5-11.

ABSTRACT

Lee, H. C.¹, and Chuang, T. Y.² 1993. Comparison of *Aspergillus flavus* and aflatoxin contamination among various types of peanut harvest at Penghu. Plant Pathol. Bull. 2:88-97.
 (1. National Institute of Environmental Analysis, Taipei, Taiwan. 2. Department of Plant Pathology and Entomology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan)

The percentage of kernel contaminated by *Aspergillus flavus* increased when the development of peanut plants was lengthened. The following four types of peanut based on the appearance of pod shells at harvest were designated: regular harvest, healthy pod (RH); regular harvest, wounded pod (RW); delayed harvest, healthy pod (DH); and delayed harvest, wounded pod (DW). In 1990 contamination of pod shells of DH and DW but not RH and RW increased with increasing time of development of peanut. However, there was no apparent trend of contamination among four types of kernel. In 1991, contamination of pod shells was high. Again there were no differences among four types of peanut plants. Contamination of kernels also increased with increasing time of development of peanut. When the correlations of various factors including temperature, humidity, soil properties, and peanut types with contamination of pod shells and kernels from four types of peanut from different development stages were analyzed, it was found that the major factor affecting contamination rate of pod shells or kernels was relative humidity. Effect of other factors on contamination varied with different treatments. Analysis of aflatoxin in four types of peanuts harvested at different stages showed increase in aflatoxin contamination when peanut harvest was delayed. Aflatoxin concentration of contaminated peanut ranged from trace to 1156 µg/kg.

Key words: Peanut, *Aspergillus flavus*, aflatoxin, relative humidity, delayed harvest.