中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 37(2) : 196~206 (1988)

玉米品種間對矮化嵌紋病毒之反應[1]

鄧汀欽　楊一郎[2]

摘要　溫室苗期法抗病檢定超甜玉米品種 (Honey 236)，飼料玉米推廣品種 (臺南 16號、臺農351號和臺農 1 號)，選育中之玉米品系 (臺農育 TA85W—2)，及自交系 (TA80—1410) 等，結果顯示供試品種 (系) 對玉米矮化嵌紋病毒 B 型系統 (MDMV-B) 皆呈感病反應，但依發病百分率及發病速率來判斷，六個供試材料中以超甜玉米 Honey 236 最爲感病，臺農 1 號和 TA80—1410 最抗病。田間試驗發現玉米經 MDMV-B 感染後，對植株的開花期、吐絲期、株高、莖軸、鮮果穗及乾子粒產量都顯著延遲或減少，唯脫粒率不受影響。其中超甜玉米 Honey 236 的鮮果穗減產約32%，TA80—1410 的子粒產量損失約40%，爲反應最劇者；其次爲臺農351號、臺南16號、及臺農育 TA85W-2 之子粒產量損失各約爲29、27、24%；而臺農 1 號之子粒產量與對照組幾無差異，可謂爲耐病品種。另外，由田間病徵，及利用酵素結合抗體免疫分析 (ELISA) 測定罹病株的 MDMV-B 含量，發現各玉米品種 (系) 病徵嚴重程度與植株內病毒累積量及作物產量損失率成正相關。

臺灣玉米病毒有玉米矮化嵌紋病毒B型系統 (maize dwarf mosaic virus B strain, MDMV-B) 及甘蔗嵌紋病毒 (sugarcane mosaic virus, SCMV) 系統，以前者發生普遍且病原性强而最具重要性[2]。有關玉米品種被病毒感染所造成的損失，曾氏[1]報告臺南 5 號玉米接種甘蔗嵌紋病毒 D 型系統 (SCMV-D)，引起產量損失 5—25 %。在國外，則有多種結果，一般認爲早期被病毒感染，玉米生育所受的影響較大[26,29,30,38]；MDMV-A 影響玉米產量比 MDMV-B 較爲厲害[11,30]；品種間受病毒影響的程度亦有差異，而玉米減產比率從極微到46% [6,8,10,17,22,25,29,32,33]，甚至有報導甜玉米若完全感染 MDMV 後，有 100%損失的記錄[35]。因此有些學者建議利用耐病品種供疫區種植[8,22,25]，但亦有認爲需要完整的抗病性才有防治效果[17,32]。本研究係探討目前推廣與將要推廣之品種及試驗中之玉米品系對 MDMV-B 感染後的反應，比較對病毒的感受性及生育受影響的程度，作爲防治策略擬訂的參考及未來育種之用。

材料與方法

一、供試玉米品種 (系) 及病毒來源

供試玉米種子有超甜玉米 Honey 326 乃興農公司自美進口之雜交種子，親本不詳，購自市場；臺南16號，臺農 351號爲推廣品種，親本分別爲 (Ame III 29—5—3×UPCA—1—2—1) × (P10—2—3×P10—7—2) 及 TA80—2598×TA80—1410，購自種苗繁殖改良場；TA80—1410 爲臺農351號之父本自交系，由本所農場供應；臺農育 TA85W—2 及臺農 1 號親本分別爲 TA2808—174×TA2565—112 及 TA2808—176×TA3651—377，由本所農藝系提供。

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1408 號。

2.臺灣省農業試驗所植物病理系助理研究員、副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉

玉米矮化嵌紋病毒 B 型系統（MDMV—B），分離自罹病玉米[2]，在溫室中接種於臺南 5 號玉米上繁殖，並定期更新、保存備用。

二、温室苗期法（greenhouse seedling technique[24]）抗病性檢定

在溫室內以育苗箱播種玉米，至三葉苗期以病毒粗汁液（新鮮罹病葉片加10倍量 0.01M 磷酸緩衝液， pH7.0 ，磨製而成）行磨擦接種，每個品種 18株，逐日觀察並記錄發病率，根據接種後第七天及第十四天的發病率算出病害指數（disease index），並評定其抗感性等級[2]。

三、病毒感染對田間玉米生長及產量之影響

田間試驗於1986年10月至1987年 2 月在本所 4 號試驗田進行，檢定 MDMV-B 對上述六個供試品種（系）之影響。採裂區設計（split-plot design），二行區，每區行長 6 公尺，行株距 75×50公分，每一品種爲一主區（mainplot），內分二副區（subplot），一副區之植株採行人工接種，另一副區則爲對照。三重複。接種方法乃田間供試植株於播種後 8 天，亦即 3 — 4 葉苗期，在葉片上灑 400 mesh 金鋼砂，再以棉花沾病毒粗汁液（新鮮罹病葉片加10倍量蒸餾水， w/v ，磨製而成）逐株擦拭葉片，一週後未出現病徵者再接種一次。田間管理則於播種同時及結穗前各施一次 3 %加保扶（Furandan）粒劑，並定期噴灑納乃得（Lannate）及嘉保信（Plantvax）以防蟲害及銹病等，其餘按照一般玉米田管理方式施肥、灌水。生長期間調查(1)開花期（days to tasseling）即試驗副區內半數的植株雄穗始花所需之日數，(2)吐絲期（days to silking）即副區內半數植株雌穗開始吐絲所需之日數。收穫時，在各副區內逢機取樣 10 株，調查以下項目，取平均值進行統計分析：(1)株高（plant height）即由地面至雄穗基部的高度，(2)莖軸（stalk diameter）即地面第一節莖部之直徑，(3)每株鮮果穗產量（green ear weight/plant）包括每株生產的果穗數及去苞葉後的果穗總產量，(4)子粒產量（grain yield）即果穗經曝曬乾燥後，以人工脫粒所得之子粒淨重，換算成各副區的產量，以 kg/ha 表示，(5)脫粒率（shelling rate）即每副區生產的子粒佔果穗乾重百分比（%）。

四、酵素結合抗體免疫分析（enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA）測定各品種（系）玉米株所含病毒濃度與罹病程度之關係

（1）直接法和間接法 ELISA 測定病毒濃度之比較

摘取溫室繁殖之 MDMV-B 感染的玉米葉片，切碎充分混合之後，以 10 倍量的 extraction buffer (0.01M PBS, pH 7.4，含0.05% Tween-20, 2% polyvinylpyrrolidone-40) 淬取汁液，再經 2 倍系列稀釋，進行夾層抗體法（直接法）酵素結合抗體免疫分析（DAS-ELISA）[39]。同時也以10倍量的 coating buffer (0.05M carbonate, pH9.6，含0.01% sodium azide) ，淬取汁液，同倍數稀釋，進行間接法酵素結合抗體免疫分析（indirect ELISA）[21]。試驗中所用之抗 MDMV-B 的 IgG 之製備與特性及 DAS-ELISA 之反應條件，在過去的報告已有詳述[3,12]，至於間接法所用的第二抗體是 goat anti-rabbit IgG alkaline phosphatase conjugate (Sigma No. A-8025) ，經1/1000稀釋後使用，其餘條件與 DAS-ELISA 類似。

（2）玉米品種（系）間病徵嚴重度與組織內病毒含量之比較

在試驗田中觀察各品種（系）玉米罹病株之病徵，待至成熟期在各試區逢機取樣 3 株，每個品種（系）共採樣 9 株，分別摘取莖頂下數第三葉、第七葉及新鮮花絲和幼嫩種子等部位，葉片再經打孔器剪成圓盤，花絲、種子則經充分混合後以10倍量之 extraction buffer 磨取汁液，進行 DAS-ELISA 。

結　果

一、温室苗期法抗病性檢定

抗性檢定的結果，六個供試品種（系）的病害指數偏高 (93—100)，皆屬感病性，但由接種後各品種（系）病勢發展速度之差異，如圖一所示，對 MDMV-B 的感受性之大小爲：超甜玉米 Honey

236>臺南16號>臺農351號>臺農育 TA85W-2>TA80-1410<>臺農 1 號。

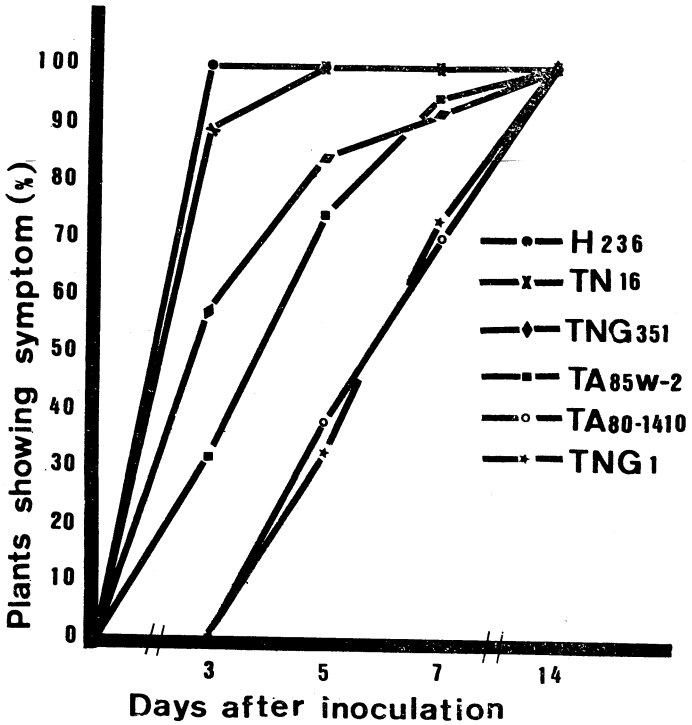


圖 1. 溫室苗期法接種玉米矮化嵌紋病毒B型系統，六個玉米品種（系）病勢發展之比較。

Fig. 1. Disease developments of six corn varieties/lines inoculated with B strain of maize dwarf mosaic virus (MDMV-B) by greenhouse seedling techique. H236=超甜236 (Honey 236), TN16=臺南16號 (Tainan 16), TNG351=臺農351號 (Tainung 351), TA85W-2=臺農育 TA85W-2 (TA85W-2), TNG1=臺農 1 號 (Tainung 1).

二、MDMV-B 對田間玉米生長與產量之影響

田間試驗結果（表一）顯示六個供試玉米品種（系）受 MDMV-B 感染後，其開花、吐絲期均顯著延後，而株高、莖軸、單株果穗數及鮮果穗重和子粒產量亦均顯著減少，唯有對脫粒率之影響較小，差異未達顯著水準。各品種（系）中，超甜玉米 Honey 236 的吐絲期、單株果穗數及鮮果穗重；臺南 16號的吐絲期及單株鮮果重；臺農351號的開花期、吐絲期、莖軸、單株果穗數及鮮果重、子粒產量； TA80—1410 的開花期吐絲期；和臺農 1 號的莖軸等均因病毒感染而延遲或減少且差異均達顯著水準。爲比較玉米品種間受 MDMV-B 影響的程度差異，將上述試區中的主區 (mainplot) 視爲一試區 (plot)，而六個品種（系）視爲處理 (treatments)，在試區內計算各項農藝性狀及產量因 MDMV-B 感染而減少的百分率，仍有三個重複（區組， blocks），整個試驗視爲完全逢機區組設計 (RCBD)，經最小差異顯著測驗，比較各供試品種（系）之結果，如表二所示， TA80—1410的成熟期延後及減產率 (39.81%) 均顯著高於其他品種；超甜玉米 Honey 236 雖然開花期不受影響，但其鮮果穗減產率 (31.91 %) 爲各品種（系）之冠，此兩者均爲最感病的品種；其次爲臺農351號、臺南16號及臺農育 TA85W-2 ，子粒減產率分別爲 29.27、26.88及24.18%；而臺農 1 號之損失率僅爲1.24%，與對照幾無差異。

表1. 玉米矮化嵌紋病毒B型系統感染對六個玉米品種（系）農藝性狀及產量之影響[1]。

Table 1. Effects of maize dwarf mosaic virus B strain (MDMV-B) on agronomic characters and yields of six corn entries

Corn variety/line	Treatment	Days to tasseling	Days to silking	Plant height (cm)	Stalk diameter (mm)	Green ear/plant		Grain yield (kg/ha.)	Shelling rate (%)
						Number	Weight(g)		
Honey 236	I[2]	53.00[3]	59.33**	114.20	17.37	1.37	194.00	942.2[4]	54.54
	H	53.00	56.33	113.30	18.67	1.77*	289.67*	1,533.3	54.00
Tainan 16	I	58.67	62.67*	175.30	20.53	1.07	271.50	3,431.1	75.63
	H	57.33	59.67	186.37	21.13	1.27	374.17**	4,742.2	73.32
Tainung 351	I	60.67*	68.33**	168.40	21.30	1.23	291.50	3,817.8	74.10
	H	58.00	65.00	180.13	22.80*	1.57*	387.33*	5,422.2*	74.76
TA80—1410	I	61.33**	74.00**	145.17	19.17	1.00	131.67	1,106.7	66.95
	H	57.33	67.33	152.73	19.90	1.17	188.83	1,866.7	69.29
TA85W-2	I	58.67	63.00	180.97	18.70	1.30	286.83	4,088.9	80.96
	H	57.67	62.00	186.90	19.57	1.50	354.17	5,417.8	80.49
Tainung 1	I	60.67	64.00	184.63	19.10	1.70	379.33	5,644.5	80.28
	H	59.33	64.33	200.07	21.07*	1.76	394.17	5,942.2	80.65
Mean	I	58.83**	65.22**	161.44	19.36	1.28	259.14	3,171.9	72.08
	H	57.11	62.44	169.92*	20.52**	1.51**	331.39**	4,154.1**	72.09

1) Planted on September 30, 1986.

2) I=artificial inoculation with MDMV-B on October 7 and October 16. H=noninoculated control.

3) Data are means of 30 plants (10 plants per subplot).
Experiment was a split plot design with corn entries as main plots and treatments as subplots, with three replicates of each plot.

4) Plant spacing 75×50cm.

*, **= Significantly different from corresponding control at 5% and 1% levels, respectively.

表2. 六個玉米品種（系）感染玉米矮化嵌紋病毒B型系統受影響的程度比較。

Table 2. Influence of six corn entries inoculated with maize dwarf mosaic virus B strain (BDMV-B).

Corn entry	Days to tasseling	Days to silking	Plant height	Stalk diameter	Ear weight	Ear number	Shelling rate	Grain yield
Honey 236	0c*	−5.35ab	−0.89	6.68	31.91a	23.56	−1.88	36.79ab
Tainan 16	−2.34bc	−5.09ab	5.51	2.68	27.20ab	14.83	−3.13	26.88ab
Tainung 351	−4.63ab	−5.16ab	6.52	6.40	24.95ab	19.88	0.89	29.27ab
TA80-1410	−6.99a	−9.86a	4.71	3.52	30.19ab	13.75	3.38	39.81a
TA85W-2	−1.75bc	−1.16bc	3.17	4.32	18.17ab	11.68	−0.59	24.18ab
Tainung 1	−2.40bc	0.41c	7.59	9.29	2.65b	3.60	0.41	1.24b

*Data are means of (noninoculated plot−inoculated plot/noninoculated plot) ×100 in 3 blocks (replicates).

Values in each column having common letters are not significantly different (P=0.05).

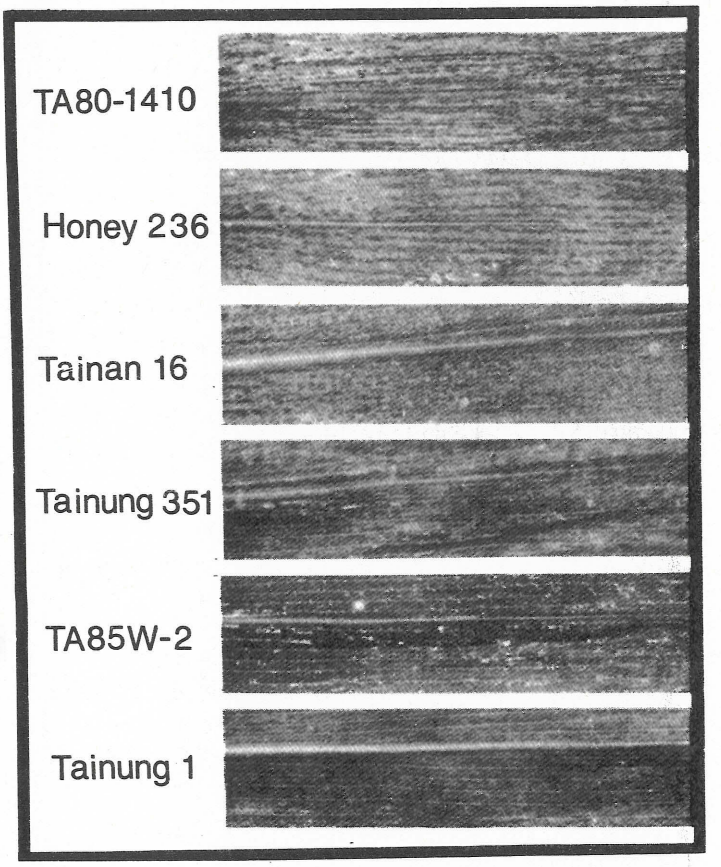


圖2. 六個玉米品種（系）感染玉米矮化嵌紋病毒B型系統，葉片所呈現的病徵之比較。（a）TA80—1410：嚴重退綠斑紋，（b）超甜236：退綠黃化，（c）臺南16號：黃斑嵌紋，（d）臺農351號：嵌紋，（e）臺農育 TA85W-2 ：脈綠嵌紋，（f）臺農 1 號：輕斑紋。

Fig. 2. Symptoms on leaves of six corn varieties/lines infected by B strain of maize dwarf mosaic virus. (a) severe chlorotic mottle on TA80—1410, (b) severe chlorosis on Honey 236, (c) chlorotic mottle on Tainan 16, (d) mosaic on Tainung 351, (e) mosaic with banding on TA85W-2, and (f) mild mottle on Tainung 1.

三、品種間罹病株病徵差異的比較

在田間苗期接種 MDMV-B 的六個玉米品種（系），都呈現嵌紋（mosaic）病徵，但病徵呈現的程度在品種之間有強弱之分。各品種同部位（莖頂下數第三葉）葉片之病徵，超甜玉米 Honey 236 和 TA80—1410 呈現較嚴重的退綠現象，而臺農 1 號僅有輕微嵌紋（圖二）。因此根據病徵呈現程度來判斷各品種（系）對 MDMV-B 的感受性，其大小順序爲 TA80—1410 ＞超甜 236＞臺南16號＞臺農351號＞臺農育 TA85W-2 ＞臺農 1 號。

四、ELISA 測定各品種（系）玉米株所含病毒的濃度比較

1.直接法和間接法 ELISA 之效果比較

利用 ELISA 測定罹病玉米植株之葉片粗汁液所含病毒濃度，結果如圖三，顯示間接法比直接法更爲敏感，但是其定量測定的有效範圍較窄，僅在病毒粗汁液稀釋 160X—1280X ；而直接法則可定量測定更大的範圍，即 10X—2560X 。試驗中兩種方法的對照組之讀值均偏低，無健康汁液干擾現象。另經接種試驗，病毒粗汁液的感染力之稀釋終點爲1/2560。

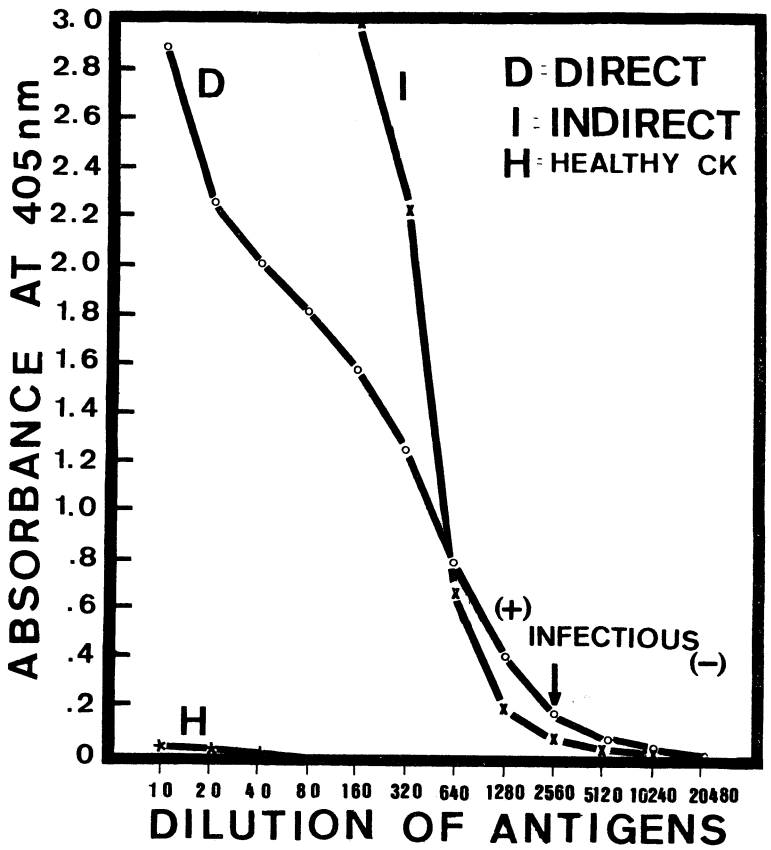


圖3. 比較直接法和間接法酵素結合抗體免疫分析對玉米矮化嵌紋病毒B型系統在玉米粗汁液內的定量測定。

Fig. 3. Comparison of direct (DAS) and indirect ELISA to the detection of maize dwarf mosaic virus B strain (MDMV-B) in corn leaf sap.

2.病毒在各品種（系）組織內濃度的差異

利用 DAS-ELISA ，在各玉米品種（系）罹病株之葉片、花絲及種子都可以測出病毒的存在。而且發現上位第三葉的病毒含量偏高，品種（系）之間無甚差異；但第七葉的病毒含量高低次序是：

超甜玉米 Honey 236 >臺農育 TA85W-2 >臺南16號>臺農 1 號>臺農351號> TA80—1410；鮮嫩的花絲之病毒濃度高低順序是：超甜玉米 Honey 236 >臺南16號>臺農351號> TA80—1410>臺農育 TA85W-2 >臺農 1 號；幼種子的病毒含量高低順序則是：超甜玉米 Honey 236>TA80—1410 >臺農育 TA85W-2 >臺農351號>臺農 1 號>臺南16號（圖四）。

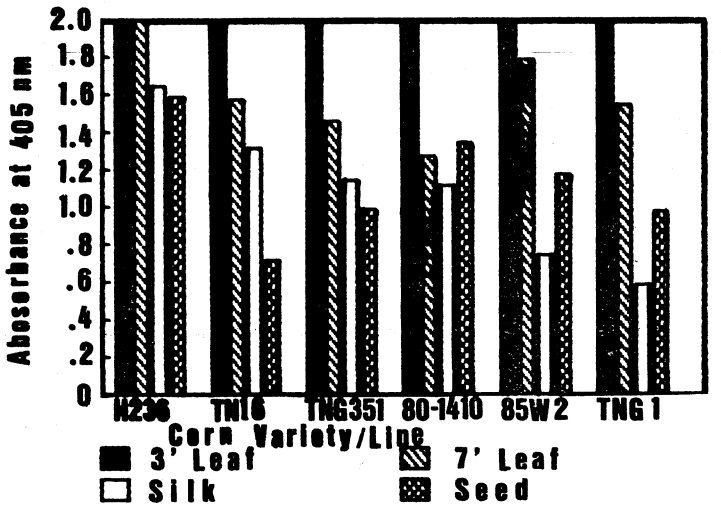


圖4. 六個玉米品種（系）感染玉米矮化嵌紋病毒B型系統，以酵素結合抗體免疫分析在葉、花絲及種子中所測得之病毒反應值。

Fig. 4. ELISA values (A405nm) of maize dwarf mosaic virus B strain (MDMV-B) from infected leaves, silks, and seeds of six corn varieties/lines.
H236=超甜 236 (Honey 236), TN16=臺南16號 (Tainan 16), TNG351=臺農351號 (Tainung 351) 80—1410=TA80—1410, 85W2=臺農育 TA85W-2 (TA85W-2), TNG1=臺農 1 號 (Tainung 1).

討 論

在本試驗條件下，玉米感染 MDMV-B 後所發生的反應，對田間生育的影響較顯著的有開花期及吐絲期延後，株高及莖軸減小，穗及子粒減產等，但是脫粒率受影響較小，雖然國外報導一般甜玉米受此類病毒感染而影響最大的就是穗的發育及子粒的充實性 [5,8,24,30,35]，但是本試驗所使用的甜玉米品種，超甜玉米 Honey 236 ，卻無嚴重不稔現象，甚至在脫粒率的數據上還比健康對照略高；至於其他品種（系）的農藝性狀和產量受影響之結果就和前人報告類似 [1,6,8,24,30]。由株高、莖軸、果穗數的減少可知 MDMV-B 對玉米的生物產量之影響，但是在經濟產量方面，引起超甜玉米 Honey 236 鮮果穗減少31.91%，TA80—1410 乾子粒產量減少39.81%，其次臺農351號、臺南16號和臺農育 TA85W-2 乾子粒產量分別損失 29.27、26.88、24.18 %，而臺農 1 號只有 1.24%的減產率，可見品種間反應的差異極大。由於 MDMV-B 造成的嵌紋病徵主要出現在葉片，而一般相信此類病徵是葉綠體被破壞，葉綠素減少所致，其結果必然使光合作用效率降低 [9]；此外，試驗中也發現 MDMV-B 罹病株的葉片面積比健株小（數據未列出），因此在病株的生理上光合產物的供應受到限制，而玉米的產量已確知密切受光合作用效率的影響 [40]。臺農 1 號玉米接種 MDMV-B，除了病徵較輕微無退綠現象外，由株高及莖軸減小的程度得知其生物產量顯著降低，但最後的經濟產量（乾子粒收穫量）只降低1.24%，差異不顯著，表現耐病性，這或許和本品種之光合產物在「供源一轉運一積儲」系統中 [4]，能把較高比率的產物分配於收穫部位(子粒)有關。以上產量損失的估計係在試驗的條件下進行，亦即接種 MDMV-B 的試區之植株在苗期就100%感染的情況之下所得的結果，可視爲如

同 Scott 和 Rosenkranz [33] 所謂的病原之直接效應，其間並無健株的田間競爭之間接效應，雖然如此，由試驗的產量損失率已可看出 MDMV-B 對現有栽培玉米品種的潛在威脅，尤其是超甜玉米所受的影響，在此情況下，臺農 1 號在產量方面卻表現得相當「耐病」，值得進一步觀察試驗，以確定利用該品種來防治 MDMV-B 的效果。

Kuhn 和 Smith [18] 發展的病害指數系統能把各品種玉米在溫室苗期抗 MDMV 檢定的結果充分反映到田間病勢發展與產量影響。試驗中供試的六個玉米品種（系）在溫室苗期抗病檢定時都屬感病反應，但是由接種後近期內各品種（系）的發病速率及百分率來看，仍可發現超甜玉米 Honey 236 的感受性最高，而相對的 TA80—1410 及臺農 1 號有較高的抵抗性，這種感病或抗病的特性反映到田間試驗的結果，超甜玉米 Honey 236 和臺農 1 號都能符合正相關；惟有 TA80—1410 的抗性到田間對 MDMV-B 的感染反呈負相關，其罹病株的成熟期落後甚多，產量損失率最高，病徵是嚴重的退綠嵌紋。這原因是 TA80—1410 爲一自交系，其抗病性僅表現在苗期對接種的 MDMV-B 有較低的罹病率與較長的潛伏期，可是一旦發病，植株的反應就極爲厲害，受影響的程度更甚於其他感病品種的植株，尤其本試驗係採强力接種方式（人工接種 2 次），整個接種試區 100%的植株發病，致有此結果。玉米對 MDMV 或 SCMV 的感受性，除了族群的發病率與罹病個體的發病速率之表現外 [7,8,14,18,22,27,28,31,34]，還可由病徵的嚴重程度 [5,13,17,20,36] 和病毒在玉米體內繁殖的濃度 [7,16,19,36,37] 表示出來，進而利用這些特性來作抗病檢定的依據，本研究使用之六個玉米品種（系），除了 TA80—1410 的特例外，其中最感病的超甜玉米 Honey 236 和最抗病的臺農 1 號都能符合這些原則，至於其他品種的抗病能力差異有限，上述各項特性的表現雖互有出入，但不致影響整個抗病檢定系統的合理性，且能充分反映到田間生育與產量之表現。此外，在利用 ELISA 反應值來比較各玉米品種（系）之罹病株內 MDMV-B 累積量時，發現所有玉米品種（系）的花絲及新鮮種子均有相當濃度的病毒存在，因此在探討 MDMV-B 對玉米的影響時，關於 MDMV-B 在罹病株內的分佈及種子帶毒與種子傳播病毒之可能性，均值得詳加研究。

誌　謝

本研究承行政院農業委員會及臺灣省政府農林廳76農建—8.1糧—67(5)計畫補助經費，本所農場技工簡高都先生負責田間管理，本研究室簡秀芳小姐協助調查及試驗工作，文成之後又蒙農藝系呂宗佳博士斧正，謹此一併致謝。

參考文獻

1. 曾建銘　1980・臺灣玉米嵌紋病研究。玉米研究中心研究彙報 14：43—53。
2. 鄧汀欽　1985・玉米矮化嵌紋病毒B型系統之鑑定與抗病檢定。中華農業研究 34：195—206。
3. 鄧汀欽　1987・臺灣玉米矮化嵌紋病毒B型系統與甘蔗嵌紋病毒系統之病原性，血清學及其發生之研究。植保會刊 29：123—133。
4. 盧淑華，朱德民，呂宗佳　1986・光合產量「供源—轉運—積儲」與玉米產量的關係。科學農業 34：10—16。
5. Agrawal, K. C., B. L. Renfro, and S. P. Raychaudhuri. 1969. Inheritance of resistance in maize to maize mosaic virus in India. Phytopathology 59：1015. (abstract).
6. Antignus, Y. 1937. Comparative study of two maize dwarf mosaic virus strains infecting corn and johnsongrass in Israel. Plant Disease 71：687-691.
7. Anzola, D., C. P. Romaine, L. V. Gregory, and J. E. Ayers. 1982. Disease response of sweet corn resistant to maize dwarf mosaic virus. Phytopathology 72：601-604.
8. Arny, D. C., C. R. Grau, and P. E. Suleman. 1980. Occurrence of maize dwarf mosaic in Wiscosin and reaction of sweet corn plant introduction accessions and commercial hybrids. Plant Disease 64：85-87.

9. Carr, A. J. H. 1984. Infection by viruses and subsequent host damage. Pages 199-209 *in* Wood, R. K. S. & G. J. Jellis eds. Plant Diseases: infection, damage and loss. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 327pp.

10. Cole, H., D. R. Mackenzie, and C. D. Ercegovich. 1968. Maize dwarf mosaic-interactions between virus-host-soil pesticides for certain inoculated hybrids in Pennsylvania field plantings, Series 1. main effects of virus and chemicals on yield. Plant Dis. Reptr . 52 : 545-549.

11. Cole, H., D. R. Mackenzie, J. S. Boyle, and C. D. Ercegovich. 1969. Maize dwarf mosaic-effects of virus strains A and B on yield and interaction effects of atrazine and the virus on yield. Plant Dis. Reptr. 53 : 340-344.

12. Deng, T. C., and C. H. Huang. 1986. Purification and antiserum preparation of maize dwarf mosaic virus. J. Agric. Res. China 35 : 350-359.

13. Dollinger, E. J., W. R. Findley, and L. E. Williams. 1970. Resistance of inheritance to maize dwarf mosaic virus in maize (*Zea mays* L.). Crop. Sci. 10 : 412-415.

14. Findley, W. R., R. Louie, J. K. Knoke, and E. J. Dollinger. 1977. Breeding corn for resistance to virus in Ohio. Pages 123-128 *in* L. E. Williams, D. T. Cordon and L. R. Nault. eds. Proc. Int. Maize Virus Dis. Colloq. and Workshop, 16-19 Aug., 1976. Ohio Agric. Res. Dev. Cent., Wooster. 145pp.

15. Johnson, G. R. 1971. Analysis of genetic resistance to maize dwarf mosaic disease. Crop. Sci. 11 : 23-24.

16. Jones, R. K., and S. A. Tolin. 1972. Concentration of maize dwaf mosaic virus in susceptible and resistant corn hybrids. Phytopathology 62 : 640-644.

17. Josephson, L. M., J. W. Hilty, J. M. Arnold, H. C. Kincer, and J. R. Overton. 1969. Grain yield of corn reduced by maize dwarf mosaic virus infection. Plant Dis. Reptr. 53 : 61-63.

18. Kuhn, C. W., and T. H. Smith. 1977. Effectiveness of a disease index system in evaluating corn for resistance to maize dwarf mosaic virus. Phytopathology 67 : 288-291.

19. Lei, J. D., and G. N. Agrios. 1986. Mechanisms of resistance in corn to maize dwarf mosaic virus. Phytopathology 76 : 1034-1040.

20. Loesch, P. J., and M. S. Zuber. 1967. An inheritance study of resistance to maize dwarf mosaic virus in corn (*Zea Mays* L.) . Agron. J. 59 : 423-426.

21. Lommel, S. A., A. H. McCain, and T. J. Morris. 1982. Evaluation of indirect enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. Phytopathology 72 : 1018-1022.

22. Louie, R., L. L. Darrah. 1980. Disease resistance and yield loss to sugarcane mosaic virus in east African-adapted maize. Crop Sci. 20 : 638-640.

23. Louie, R. 1986. Effects of genotype and inoculation protocols on resistance evaluation of maize to maize dwarf mosaic virus strains. Phytopathology 76 : 769-773.

24. Martin, T. J., and H. L. Hackerott. 1982. Greenhouse seedling technique to determine the reaction of sorghum to maize dwarf mosaic virus strain A. Crop Sci. 22 : 1255-1256.

25. Mikel, M. A., C. J. D'Arcy, A. M. Rhodes, and R. E. Ford. 1981. Yield response of sweet corn to maize dwarf mosaic virus. Plant Disease 65 : 900-901.

26. Mikel, M. A., C. J. D'Arcy, A. M. Rhodes, and R. E. Ford. 1981. Yield loss in sweet corn correlated with time of inoculation of maize dwarf mosaic virus. Plant Disease, 65 : 902-904.

27. Mikel, M. A., C. J. D'Arcy, A. M. Rhodes, and R. E. Ford. 1984. Genetics of resistance of two dent corn inbreds to maize dwarf mosaic virus and transfer of resistance into sweet corn. Phytopathology 74 : 467-473.

28. Persley, D. M., I. F. Martin, and R. S. Greber. 1981. The resistance of maize inbred lines to sugar-

cane mosaic virus in Australaia. Aust. J. Agric. Res. 32 : 741-748.

29. Rosenkranz, E., and G. E. Scott. 1978. Effect of plant age at time of inoculation with maize dwarf mosaic virus on disease development and yield on corn. Phytopathology 68 : 1688-1692.
30. Scheifele, G. L. 1969. Effects of early and late inoculation of maize dwarf mosaic virus strain A and B on shelled grain yields of susceptible and resistant maize segregates of a three-way hybrid. Plant Dis. Reptr. 53 : 345-347.
31. Scheifele G. L., and C. C. Wernham. 1969. Further evidence supporting the hypothesis that two genetic systems control disease reaction to maize dwarf mosaic virus strains A and B. Plant Dis. Reptr. 53 : 150-151.
32. Scott, G. E., and L. R. Nelson, 1972. Effectiveness of resistance in maize to maize dwarf mosaic, Agron. J. 64 : 319-320.
33. Scott, G. E., and E. Rosenkranz. 1981. Effect of field distribution of maize dwarf mosaic-diseased corn plants on yield. Plant Disease 65 : 802-803.
34. Scott, G. E., and E. Rosenkranz. 1982. A new method to determine the number of genes for resistance to maize dwarf mosaic in maize. Crop Sci. 22 : 756-761.
35. Straub, R. W. and C. W. Boothroyd. 1980. Relationship of corn leaf aphid and maize dwarf mosaic disease to sweet corn yields in southeastern New York. J. Econ. Entomol. 73 : 92-95.
36. Thompson, D. L., and T. T. Hebert. 1970. Development of maize dwarf mosaic symptoms in eight phytotron environments. Phytopathology 60 : 1761-1764.
37. Tu, J, C., and R. E. Ford. 1970. Maize dwarf mosaic virus infection in susceptible and resistant corn: virus multiplication, free amino acid concentrations, and symptom severity. Phytopathology 60 : 1605-1688.
38. Uyemoto, J. K., L. E. Claflin, D. L. Wilson, and R. J. Raney. 1981. Maize chlorotic mottle and maize dwarf mosaic viruses : Effect of single and double inoculations on symptomatology and yield. Plant Disease 65 : 39-41.
39. Voller, A., D. E. Bidwell, and A. Bartlett. 1976. Enzyme immunoassays in diagnostic medicine: Theory and practice. Bull. World Health Organ. 53 : 55-65.
40. Wallace, D. H., J. L. Ozbun, and H. M. Munger. 1972. Physiological genetics of crop yield. Advan. Agron. 24 : 97-142.

Disease Responses of Corns Inoculated With B Strain of Maize Dwarf Mosaic Virus[1]

Ting-Chin Deng and I-Lang Yang[2]

Summary

One super sweet corn (Honey 236), three released feed corn (Tainan 16, Tainung 351, and Tainung 1), one breeding line of feed corn hybrid (TA85W-2), and one inbred line (TA80—1410) were comparatively tested in this study. All entries were equally rated 'susceptible' to B strain of maize dwarf mosaic virus (MDMV-B) as tested by greenhouse seedling technique, however, on the basis of infection percentages and incubation periods, Honey 236 was the most susceptible, but Tainung 1 and TA80—1410 were the most resistant. The results of a split-plot designed field experiment indicated that all inoculated plants not only significantly delayed in days to tasseling and silking, but also reduced in plant height, stalk diameter, ear number, green ear weight, and dry grain yield; but shelling rate was not significantly different from noninoculated plants. The inoculated plants of Honey 236 reduced 32% in green ear and TA80—1410 yielded 40% less dry grain than noninoculated plants, both of them were considered as severely influenced by the virus, however, the dry grain yields from inoculated plants of Tainung 1 was only 1% less than noninoculated plants, therefore, the latter one should be considered as a 'tolerant' cultivar. Under the same conditions, dry grain yield loss from other varieties were estimated as follows: 24% (TA85W-2), 27% (Tainan 16), and 29% (Tainung 351). In additions, the syptom severity of six corn entries as observed in the field, were positively correlated to virus contents of plant tissues from ELISA results, and yield losses.

1. Contribution No. 1408 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Assistant Plant Pathologist and Associate Plant Pathologist, respectively, Department of Plant Pathology, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng 41301, Taichung, Taiwan, Republic of China.