

硬質玉米新品種「台農 7 號」之育成

謝光照^{1,*}

摘要

謝光照。2019。硬質玉米新品種「台農 7 號」之育成。台灣農業研究 68(2):177-188。

玉米 GX1M 與 Hi31 種原間存在籽粒產量之最高雜種優勢，乃將 GX1M 種原進行自交 5 代培育自交系，然後將自交授粉分離培育的自交系再與 Hi31 進行雜交生產、組合力評估及新品系產量比較試驗。新品系 1M10 × Hi31 與 1M15 × Hi31 與對照種「台農 1 號」等共進行 5 次新品系產量比較試驗，其中有 4 次新品系 1M10 × Hi31 其籽粒產量明顯較對照種「台農 1 號」高產，而 1 次與對照種「台農 1 號」無明顯差異。綜合試驗結果顯示，新品種「台農 7 號」(1M10 × Hi31) 具有籽粒產量 8 Mg ha⁻¹ 以上之潛力，以及豐產、中早熟、抗南方型銹病等特性。2017 年 5 月 8 日經行政院農業委員會農業試驗所研管會審查，通過將新品系 1M10 × Hi31 命名為硬質玉米「台農 7 號」。此新品種之形態特性為莖部及葉鞘綠色，莖基部為紅色，葉片深綠，葉片數約 16 片，花藥黃色、穎色及花絲紅色，果穗之苞葉包裹完全。果穗成熟期間植株上半部葉片尚綠色時，籽粒及苞葉已快速脫水，機械採收時籽粒不易破損，適合機械採收。每株穗數 1-2 枚，籽粒行數 14-16 行，籽粒呈馬齒型橘黃色，對南方型銹病具抗性。

關鍵詞：硬質玉米、熱帶型、溫帶型、新品系產量比較試驗。

前言

在玉米不同種原間之雜種優勢群中，如美國硬粒種 Lancaster surecrop 與馬齒種的 Iowa stiff stalk synthetic (BSSS) 分離出來的自交系及其雜交組合，具有最高之雜種優勢，存在馬齒種與硬粒種間之雜種優勢模式 (Hallauer & Malithano 1976)。在墨西哥及中南美洲也發現適合熱帶及亞熱帶地區栽培的 4 個優良小種複合群，分別為純熱帶型馬齒種的 Tuxpeno，純熱帶型硬粒種的 Cuban flint (CF)、半硬粒種的 Coastal tropical flint (CTF) 及混合種的 race ETO (Estacion Tulio Ospina)。Tuxpeno 與其他 3 個複合群間之雜交組合表現極高之雜種優勢，因此建立了加勒比海硬粒種與馬齒種間的雜種優勢模式 (Wellhausen 1978)。

中國大陸玉米栽培品種之種質以溫帶型玉米為主要育種來源，遺傳基礎愈益窄化，在產

量及抗病育種上遭遇瓶頸。近年來也引進熱帶型與亞熱帶型種原，利用其豐富的遺傳變異性和特殊的抗非生物性逆境、抗病蟲害，加上熱帶型與溫帶型地理隔離長年交流少，且遺傳差異大等因素，來擴大溫帶型玉米種質之遺傳基礎、適應性和增加抗病性，期望獲得更強之產量雜種優勢組合，後來驗證具有明顯的溫帶型與熱帶型異型間雜種優勢模式存在 (Hu *et al.* 1999; Chen *et al.* 2000; Li *et al.* 2001)。台灣飼料及青割玉米在不同粒型組合之籽粒產量及農藝性狀之表現，也發現異粒型間的組合 (馬齒種 × 硬粒種) 兼具有馬齒種與硬粒種的優點，如營養生長旺盛，葉片、株高及莖桿均大等特性 (Shieh & Thseng 1993)。

台灣硬質玉米育種目標須針對輪作耕作制度需求，新品種須為中早熟特性及具有抗銹病及豐產為目標進行品種選育。因此，擬定硬質玉米育種目標為中早熟特性、抗銹病、產量高

投稿日期：2018 年 10 月 15 日；接受日期：2019 年 1 月 21 日。

* 通訊作者：x486045@tari.gov.tw

¹ 行政院農業委員會農業試驗所作物組研究員。台灣 台中市。

於「台農 1 號」20% 以上、抗倒伏及適合機械採收。目前由於飼料用玉米台灣每年進口量在 450–500 萬公噸，台灣年休耕地卻高達約 20 萬公頃，在糧食安全與活化休耕田的政策之需求，行政院農委會農業試驗所重新啟動硬質玉米品種選育工作。

本研究目的在於應用新的雜種優勢群之玉米種原，選育具有中早熟、抗銹病及豐產特性之硬質玉米新品種，以供休耕地復耕種植飼料用玉米之用。

材料與方法

自交系培育

以一穗一行法，行長 6 m，行株距 0.80 m × 0.25 m，連續於春秋兩期作，進行 GX1M 種原人工自交 5 代培育自交系，以株型直立、具抗銹病性、雄穗外型分支多與花粉量多、雄穗與雌穗花期配合良好、長穗型、籽粒大且深度長、行數多、單穗型等多項性狀為選拔依據，選留 25 個外表型較佳之自交系。Hi31 為行政院農委會農業試驗所優良自交系，具有長穗型、籽粒大且深、中熟性、溫帶型及優良一般組合力之馬齒種。

新雜交組合之組合力檢定試驗與新品系產量比較試驗

新雜交組合之組合力檢定試驗：將 GX1M 種原進行自交系分離，選留培育至 S₅ 代之自交系 25 個，再與 Hi31 進行雜交種生產，然後加入對照種「台農 1 號」進行雜交種田間組合力評估。田間設計為完全逢機設計，2 重複，行長 6 m，單行區，行株距為 0.75 m × 0.25 m。三要素肥料量之公頃用量為 N : P₂O₅ : K₂O = 180 : 90 : 60 kg，基肥以台肥 39 號複合肥料 (N : P₂O₅ : K₂O = 12 : 18 : 12) 每公頃施 500 kg，即基肥每公頃施氮素 60 kg，磷肥 90 kg 及鉀肥 60 kg。其餘之氮素 140 kg，以硫酸銨 (N = 21%) 於玉米長至齊膝期 (約 50–60 cm) 當追肥施用，其餘之田管理按實際需要進行之。

新品系產量比較試驗：2013 年春作、秋作於雲林縣崙背鄉，2014 年秋作於嘉義縣朴

子市、台中市霧峰區進行新品系產量比較試驗，對照品種為「台南 24 號」與「台農 1 號」。田間設計為完全逢機設計，4 重複，行長 6 m，4 行區，行株距為 0.75 m × 0.25 m。肥料的施用量與施用方法與上述組合力檢定試驗相同。

玉米重要農藝性狀的調查項目

生育期間調查開花期 (days to tasseling)、吐絲期 (days to silking)、株高 (plant height)、穗位高 (ear height)、果穗乾重 (ear dry weight)、籽粒乾重 (kernel dry weight)、脫粒率 (kernel percentage)、穗長 (ear length)、穗徑 (ear diameter)、行數 (row number)、每行粒數 (kernel number per row)、百粒重 (100 kernel weight)、籽粒長度 (kernel length) 等性狀。調查方法如次：開花期：指播種日起至小區中 50% 植株達雄穗始花所需日數；吐絲期：指播種日起至小區中 50% 植株達雌穗開始吐絲所需日數；株高：植株雄穗開花後，每小區逢機取 10 株，由地面至雄穗頸節高度之平均值，以 cm 表示；穗位高：植株雌穗吐絲後，每小區逢機 10 株，由地面至最上位雌穗著生節位高度之平均值，以 cm 表示；果穗乾重：生理成熟期之果穗乾重，以 kg ha⁻¹ 表示；籽粒乾重：生理成熟期之籽粒乾重，以 kg ha⁻¹ 表示。脫粒率：籽粒乾重占果穗乾重的百分比 (%)。穗長：上述生理成熟期之 10 個逢機乾果穗，量其整穗長度之平均值，以 cm 表示；穗徑：上述生理成熟期之 10 個逢機乾果穗，量其果穗中間部位寬度之平均值，以 mm 表示；行數：計數上述生理成熟期 10 個逢機果穗行數之平均值；每行粒數：計數上述生理成熟期 10 個逢機果穗一行籽粒數之平均值；百粒重：生理成熟期逢機選取 100 粒乾籽粒重，以 g 表示；籽粒長度：生理成熟期之乾籽粒逢機選取 10 粒測量籽粒長度，以 mm 表示。將所獲得的數據進行變方分析與平均值比較 (LSD_{0.05})。

玉米抗南方型銹病抗病人工接種檢定

玉米抗病檢定測定方法：將銹病菌接種於 5–6 葉齡的玉米幼苗上。接種方式乃將所調製之病菌孢子懸浮液，噴霧接種於供試之玉米幼苗上，並以塑膠袋覆蓋，保濕 24 h 後取去。

南方型銹病在 24–28°C，經過 7–10 d 後調查其病斑面積率。抗病性判定：依台灣省政府農林廳 1991 年 8 月 12 日所訂定標準。

銹病之抗病檢定採用病斑等級判別：病斑依 Peterson scale (Peterson *et al.* 1948) 方法，調查葉部感染面積相對百分率 0–5%、6–10%、11–30%、31–60%、61–100%，分別表極度抗病性 (highly resistance; HR)、抗病性 (resistance; R)、中等抗病性 (moderate resistance; MR)、感病性 (sensitive; S) 及極度感病性 (highly sensitive; HS)。第一次試驗 2017 年 4 月 24 種植，5 月 8 日接種病菌，5 月 18 日調查。第二次試驗 2017 年 5 月 16 種植，6 月 2 日接種病菌，6 月 12 日調查。

玉米籽粒成分分析：玉米籽粒的成分分析委由台灣大學農化系賴喜美教授進行分析，分析項目包括水分含量 (moisture content)、灰分含量 (ash content)、可消化的纖維含量 (dietary fiber)、粗蛋白含量 (crude protein content)、粗脂肪含量 (crude fat content)、無氮碳水化合物含量 (N-free carbohydrate content) 及總澱粉含量 (total starch content) (American Association of Cereal Chemists 2000)。

結果

自交系培育

從 2010 年秋作至 2012 年秋作，將熱帶硬粒型 GX1M 種原進行人工自交 5 代培育自交系，於 2013 年將分離選留的 25 個外表型較佳之自交系進行兄妹交配繁殖種子，自交系分離過程中，以株型直立、具抗銹病性、雄穗外型分支多與花粉量多、雄穗與雌穗花期配合良好、長穗型、籽粒大且深度長、行數多、單穗型為選拔依據，選育外表型較佳且整齊一致之自交系。Hi31 為行政院農委會農業試驗所以往選留具有長穗型、籽粒大且深、中熟性、溫帶型馬齒種，一般組合力高之自交系。

新雜交組合之組合力檢定試驗

2012 秋作將 GX1M 種原自交培育至 S₅ 代之自交系 25 個，與 Hi31 進行雜交種生產。

25 個雜交種加入對照種「台農 1 號」進行籽粒產量組合力評估，顯示 25 個新的雜交組合其產量的表現明顯高於對照種「台農 1 號」(表 1)。參試雜交種之開花期介於 52–58 d，以 1M4 × Hi31 較晚開花，而對照種「台農 1 號」及 1M9 × Hi31、1M18 × Hi31 最早開花。參試雜交種吐絲期介於 56–59 d，以 1M4 × Hi31、1M15 × Hi31、1M17 × Hi31、1M19 × Hi31 及 1M25 × Hi31 較晚吐絲，而對照種「台農 1 號」最早吐絲。參試雜交種之株高介於 212–240 cm，以 1M6 × Hi31 及 1M23 × Hi31 表現較高，而 1M19 × Hi31 及 1M21 × Hi31 株高較矮。參試雜交種之穗位高介於 95–115 cm，以 1M1 × Hi31 及 1M6 × Hi31 表現較高之穗位高，而 1M7 × Hi31 穗位高較低。乾果穗重參試雜交種之表現介於 6.6–11.0 kg 9.6 m⁻²，以 1M15 × Hi31 及 1M10 × Hi31、1M20 × Hi31、1M24 × Hi31、1M25 × Hi31 具有較高之乾果穗重。籽粒乾重參試雜交種之表現介於 5.7–9.5 kg 9.6 m⁻²，以 1M15 × Hi31 具有最高之乾籽粒重，其次為 1M10 × Hi31、1M20 × Hi31、1M24 × Hi31、1M25 × Hi31 分別為 7.8、7.9、7.9 和 7.7 kg 9.6 m⁻²。參試雜交種之脫粒率介於 82.4–88.8%，以 1M12 × Hi31 具有最高之脫粒率。穗長參試雜交種之表現介於 15.0–19.0 cm，以 1M11 × Hi31、1M13 × Hi31、1M16 × Hi31、1M17 × Hi31 及 1M21 × Hi31 具有較長之穗長。穗徑之變異參試雜交種介於 46–52 mm，而行數的變異介於 14–18。參試雜交種之百粒重介於 37.4–48.2 g，以 1M17 × Hi31 及 1M18 × Hi31 具有較重之百粒重。參試雜交種之籽粒長度變異介於 11.6–14.3 mm，以 1M10 × Hi31 及 1M18 × Hi31 具有較長之籽粒。

乾果穗表現最高產的 5 個新雜交組合與對照種「台農 1 號」(5.3 kg 9.6 m⁻²) 比較，其乾果穗重表現在 8.8–11.0 kg 9.6 m⁻² 間，其果穗乾重較「台農 1 號」增產率介於 67–109%。籽粒乾重表現最高產的 5 個新雜交組合與對照種「台農 1 號」(4.4 kg 9.6 m⁻²) 比較，其籽粒乾重表現在 7.7–9.5 kg 9.6 m⁻² 間，其籽粒乾重較「台農 1 號」增產率介於 75–115%。最高產的 5 個新雜交組合其脫粒率、穗徑、百粒重都

表 1. 2012 年秋作硬質玉米 GX1M 種原所培育之自交系與 Hi31 種原雜交組合農藝性狀之平均值 (台中霧峰)。
Table 1. Mean values of agronomic traits of the crosses GX1M inbred line × Hi31 from yield trial at Wufeng District of Taichung City in the fall crop of 2012².

Cross	Days to tasseling (d)	Days to silking (d)	Plant height (m)	Ear height (m)	Dry ear weight (kg 24 m ⁻²)	Kernel weight (kg 24 m ⁻²)	Kernel percent (%)	Ear length (m)	Ear diameter (mm)	Row number (No.)	100-kernel weight (g)	Kernel length (mm)
1M1 × Hi31	54	57	2.26	1.14	6.9	5.9	85.5	0.172	50	14.0	44.0	13.0
1M2 × Hi31	57	58	2.17	1.05	6.9	6.1	88.4	0.180	48	15.2	41.0	12.7
1M3 × Hi31	56	58	2.26	1.03	7.1	6.1	85.9	0.164	51	16.0	45.8	13.1
1M4 × Hi31	58	59	2.29	1.04	7.0	6.1	87.1	0.180	51	16.4	43.2	13.3
1M5 × Hi31	55	57	2.28	1.08	7.0	6.1	87.1	0.182	51	16.0	41.8	13.5
1M6 × Hi31	56	58	2.39	1.15	7.8	6.7	85.8	0.164	47	15.2	37.4	13.6
1M7 × Hi31	54	56	2.26	0.95	7.0	6.0	85.7	0.182	50	14.0	47.0	13.9
1M8 × Hi31	55	58	2.26	0.99	7.9	7.0	88.6	0.178	51	15.2	43.0	13.2
1M9 × Hi31	53	56	2.25	1.00	6.6	5.7	86.3	0.176	50	14.8	43.8	13.3
1M10 × Hi31	55	56	2.32	1.10	8.8	7.8	88.6	0.172	51	15.6	45.6	14.3
1M11 × Hi31	55	56	2.34	1.11	7.2	6.2	86.1	0.184	51	15.8	42.2	12.5
1M12 × Hi31	56	58	2.25	1.05	7.2	6.4	88.8	0.178	50	15.2	43.8	13.4
1M13 × Hi31	54	56	2.21	0.99	7.4	6.1	82.4	0.184	49	15.6	44.8	12.5
1M15 × Hi31	56	59	2.22	1.00	11.0	9.5	86.3	0.166	49	15.6	45.8	12.5
1M16 × Hi31	54	56	2.30	1.10	7.5	6.5	86.6	0.184	51	16.8	40.4	13.9
1M17 × Hi31	57	59	2.26	1.11	6.6	5.7	86.3	0.190	48	16.0	47.8	13.4
1M18 × Hi31	52	55	2.17	1.03	7.2	6.2	86.1	0.180	52	17.6	48.2	14.0
1M19 × Hi31	56	59	2.13	0.98	7.4	6.3	85.1	0.150	49	15.2	44.6	13.9
1M20 × Hi31	54	56	2.20	1.05	8.9	7.9	88.7	0.200	50	15.6	47.4	13.9
1M21 × Hi31	55	58	2.12	1.05	7.7	6.7	87.0	0.184	48	15.6	38.6	13.3
1M22 × Hi31	55	57	2.17	0.97	6.7	5.7	85.0	0.170	48	16.4	40.8	12.6
1M23 × Hi31	56	57	2.40	1.05	7.4	6.3	85.1	0.164	46	14.8	42.4	12.3
1M24 × Hi31	55	57	2.32	1.05	9.0	7.9	87.7	0.166	49	16.0	43.2	13.4
1M25 × Hi31	56	59	2.24	1.04	8.9	7.7	86.5	0.182	51	16.8	48.2	12.9
1M26 × Hi31	54	57	2.19	1.11	7.4	6.2	83.7	0.182	51	18.0	40.6	11.6
'Tainung 1'	53	55	2.15	1.03	5.3	4.4	83.8	0.159	46	16.0	40.4	12.3
LSD _{0.05}	2	2	0.15	0.12	0.8	0.7	2.5	0.120	2	1.2	2.5	1.2

² Planting date: 09/19/2012; harvest date: 02/20/2013.

比對照種「台農 1 號」高 (表 2)。

新品系籽粒產量比較試驗

2013 春作將雜交種組合力評估試驗所選取籽粒較高產的 4 個雜交組合，與對照種「台農 1 號」及「台南 24 號」於雲林崙背試區進行新品系產量比較試驗 (表 3)。結果顯示，在開花期與吐絲期的表現，1M10 × Hi31、1M15

× Hi31、1M20 × Hi31 表現與「台農 1 號」及「台南 24 號」相近，而 1M24 × Hi31 則較晚 2–3 d。4 個新雜交組合其株高在 231–246 cm 間，與對照種「台農 1 號」(235 cm) 及「台南 24 號」(241 cm) 無明顯差異。穗位高的表現 4 個新雜交組合在 115–126 cm 間，與對照種「台農 1 號」(130 cm) 及「台南 24 號」(106 cm) 無明顯差異。4 個新雜交組合其籽粒產量介於 5,762–8,273

表 2. 2012 年秋作硬質玉米優良雜交組合之農藝性狀之平均值 (台中霧峰)。

Table 2 Mean values of agronomic traits from yield trial for the new hybrids at Wufeng District, Taichung City in the fall crop of 2012^z.

Cross	Ear dry weight (kg 9.6 m ⁻²)	Ear dry weight (%)	Kernel weight (kg 9.6 m ⁻²)	Kernel weight (%)	Kernel percent (%)	Ear length (m)	Ear diameter (mm)	Ear row (No.)	100 kernel weight (g)	Kernel length (mm)
1M10 × Hi31	8.8	167	7.8	177	88.6	0.172	51	15.6	45.6	14.3
1M15 × Hi31	11.0	209	9.5	215	86.3	0.166	49	15.6	45.8	12.5
1M20 × Hi31	8.9	169	7.9	179	88.7	0.200	50	15.6	47.4	13.9
1M24 × Hi31	9.0	171	7.9	179	87.7	0.166	49	16.0	43.2	13.4
1M25 × Hi31	8.9	169	7.7	175	86.5	0.182	51	16.8	48.2	12.9
'Tainung 1' (ck)	5.3	100	4.4	100	83.8	0.159	46	16.0	40.4	12.3
LSD _{0.05}	0.8	-	0.7	-	2.5	0.120	2	1.2	2.5	1.2

^z Planting date: 09/19/2012; harvest date: 02/20/2013.

表 3. 2013 年春作硬質玉米新品系產量比較試驗農藝性狀之平均值 (雲林崙背)。

Table 3. Mean values of agronomic traits from yield trial for the new hybrids at Lunbei Township, Yunlin County in the spring crop of 2013^z.

Cross	Days to tasseling (d)	Days to silking (d)	Plant height (m)	Ear height (m)	Kernel weight (kg ha ⁻¹)	Kernel percent (%)	Ear length (m)	Ear diameter (mm)	100-kernel weight (g)	Row number (No.)	Rust (1-5)
1M10 × Hi31	61	63	2.45	1.16	8,273	86.6	0.218	43	28.2	16.8	1
1M15 × Hi31	61	63	2.46	1.25	8,111	85.3	0.222	43	28.4	15.2	1
1M20 × Hi31	61	63	2.38	1.15	7,257	87.4	0.236	47	27.8	16.0	1
1M24 × Hi31	64	65	2.31	1.15	5,762	84.8	0.212	47	28.2	14.8	1
'Tainan 24'	61	63	2.41	1.06	6,418	80.5	0.226	48	32.8	12.4	1
'Tainung 1'	61	63	2.35	1.30	6,981	86.1	0.220	45	28.6	14.0	4
LSD _{0.05}	2	2	0.25	0.18	930	2.1	0.250	2	2.0	1.6	1

^z Planting date: 03/18/2013; harvest date: 06/30/2013.

kg ha⁻¹，其中 1M10 × Hi31 (8,273 kg ha⁻¹) 與 1M15 × Hi31 (8,111 kg ha⁻¹) 較對照種「台農 1 號」(6,981 kg ha⁻¹) 增產率分別為 18.5% 及 16.1%；且亦較對照種「台南 24 號」(6,418 kg ha⁻¹) 增產率分別為 28.9% 及 26.3% (表 3)。1M20 × Hi31 表現與對照種相近，而 1M24 × Hi31 表現較對照種低產。4 個新雜交組合其脫粒率在 84.8–87.4% 間，表現較對照種「台南 24 號」高，但與「台農 1 號」無明顯差異。4 個新雜交組合其穗長在 21.2–23.6 cm 間，與對照種無明顯差異。百粒重的表現 4 個新雜交組合與「台農 1 號」相近，但較「台南 24 號」小。4 個新雜交組合行數表現在 14.8–16.8 間，較「台南 24 號」行數 (12.4) 多。田間銹病自然發病等

級，4 個新雜交組合與「台南 24 號」均為 1 級 (無病斑)，而「台農 1 號」為 4 級，顯然此 4 個新組合對銹病為害有明顯抗性。

2013 年秋作選 1M10 × Hi31 及 1M15 × Hi31，與「台南 24 號」、「台農 1 號」等 4 個於雲林崙背試區進行新品系產量比較試驗。8 月 13 日播種，苗期 (5–6 葉齡) 階段遇連續 10 d 下雨造成田間積水，影響苗期生長，致整個植株生物產量減少，無法發揮中早熟品種特性。開花期與吐絲期的表現，1M10 × Hi31、1M15 × Hi31 表現與「台農 1 號」及「台南 24 號」相近。2 個新雜交組合株高分別為 164 cm 與 177 cm，與對照種「台農 1 號」(178 cm) 及「台南 24 號」(189 cm) 無明顯差異。穗位高的表

現，2 個新雜交組合分別為 69 cm 與 83 cm，與對照種「台農 1 號」(83 cm) 及「台南 24 號」(72 cm) 無明顯差異。2 個新雜交組合其籽粒產量分別為 5,627 與 5,734 kg ha⁻¹，其中 1M10 × Hi31 (5,734 kg ha⁻¹) 與 1M15 × Hi31 (5,627 kg ha⁻¹) 與對照種「台農 1 號」(5,507 kg ha⁻¹)、「台南 24 號」(5,867 kg ha⁻¹) 無明顯差異(表 4)。2 個新雜交組合其脫粒率為 79.8%，與對照種「台南 24 號」高及「台農 1 號」無明顯差異。2 個新雜交組合其穗長分別為 16.3 與 17.9 cm，與對照種無明顯差異。百粒重的表現，2 個新雜交組合與「台農 1 號」及「台南 24 號」相近。行數 2 個新雜交組合表現分別為 14.6 與 14.8 間，較「台南 24 號」行數(12.0)多。田間銹病自然發病等級，2 個新雜交組合與「台南 24 號」均為 1 級(無病斑)，而「台農 1 號」為 3 級，顯然 1M10 × Hi31 與 1M15 × Hi31 新組合對銹病為害有明顯抗性。

2014 年秋作選 1M10 × Hi31 及 1M15 ×

Hi31 與「台南 24 號」、「台農 1 號」等 4 個於嘉義朴子市進行新品系產量比較試驗(表 5)。試驗結果顯示，開花期與吐絲期的表現，1M10 × Hi31、1M15 × Hi31 表現與「台農 1 號」相近，分別為 50 d 及 52 d。2 個新雜交組合株高分別為 228 cm 與 230 cm，與對照種台農 1 號(225 cm)無明顯差異。穗位高的表現，2 個新雜交組合分別為 85 cm 與 80 cm，與對照種「台農 1 號」(94 cm)無明顯差異。籽粒產量 1M10 × Hi31 (8,508 kg ha⁻¹) 與 1M15 × Hi31 (8,062 kg ha⁻¹) 較對照種「台農 1 號」(6,555 kg ha⁻¹) 高產，分別較對照種增產 29.7% 及 22.9%(表 5)。新雜交組合 1M10 × Hi3 與 1M15 × Hi31 其穗長分別為 21.2 cm 與 18.7 cm，與對照種「台農 1 號」(19.3 cm)無明顯差異。百粒重的表現，1M10 × Hi3 新雜交組合與「台農 1 號」相近，而 1M15 × Hi31 明顯的低於「台農 1 號」。2014 秋作田間無論銹病發生，2 個新雜交組合與「台農 1 號」均為 1 級(無

表 4. 2013 秋作硬質玉米新品系比較試驗農藝性狀之平均值(雲林崙背)。

Table 4. Mean values of agronomic traits from yield trial for the new hybrids at Lunbei Township, Yunlin County in the fall crop of 2013².

Cross	Days to tasseling (d)	Days to silking (d)	Plant height (m)	Ear height (m)	Kernel weight (kg ha ⁻¹)	Kernel percent (%)	Ear length (m)	Ear diameter (mm)	100-kernel weight (g)	Row number (no.)	Rust (1-5)
1M10 × Hi31	54	55	1.64	0.69	5,734	79.8	0.163	44	27.0	14.8	1
1M15 × Hi31	54	56	1.77	0.83	5,627	79.8	0.179	46	30.2	14.6	1
'Tainan 24' (ck1)	54	55	1.89	0.72	5,867	79.5	0.188	47	31.4	12.0	1
'Tainung 1' (ck2)	53	53	1.78	0.83	5,507	83.3	0.157	4	28.0	14.2	3
LSD _{0.05}	2	3	0.23	0.17	756	2.5	0.210	2	2.3	1.4	1

² Planting date: 08/13/2013; harvest date: 11/22/2014.

表 5. 2014 年秋作硬質玉米新品系比較試驗農藝性狀之平均值(嘉義朴子)。

Table 5. Mean values of agronomic traits from yield trial for the new hybrids at Puzi of Chiayi County in the fall crop of 2014².

Cross	Days to tasseling (d)	Days to silking (d)	Plant height (m)	Ear height (m)	Kernel weight (kg ha ⁻¹)	Kernel percent (%)	Ear length (m)	100-kernel weight (g)	Rust (1-5)
1M10 × Hi31	50	52	2.28	0.85	8,508	129.7	0.163	27.0	1
1M15 × Hi31	50	52	2.30	0.80	8,062	122.9	0.179	30.2	1
'Tainung 1' (ck)	50	52	2.25	0.94	6,555	100.0	0.157	28.0	3
LSD _{0.05}	2	2	0.23	0.17	1,172	-	0.210	2.3	1

² Planting date: 09/05/2014; harvest date: 01/13/2015.

病斑)。

2014 年秋作選 1M10 × Hi31 及 1M15 × Hi31，與對照種「明豐 3 號」、「明豐 103」、「台南 24 號」、「台農 1 號」等 4 個於台中霧峰試區進行新品系產量比較試驗(表 6)。試驗結果顯示，開花期的表現，1M10 × Hi31、1M15 × Hi31 表現與「台南 24 號」、「台農 1 號」相近，分別為 57 d 及 58 d。吐絲期的表現，1M10 × Hi31、1M15 × Hi31 表現與「台南 24 號」、「台農 1 號」相近，分別為 59 d 及 61 d。2 個新雜交組合株高分別為 245 cm 與 235 cm，與 4 個對照種無明顯差異。穗位高的表現，2 個新雜交組合分別為 125 cm 與 115 cm，與對照種「台農 1 號」無明顯差異。籽粒產量 1M10 × Hi31 (10,625 kg ha⁻¹) 與 1M15 × Hi31 (10,420 kg ha⁻¹) 較對照種「台農 1 號」(8,959 kg ha⁻¹) 高產，分別較對照種增產 18.5% 及 16.3% (表 6)，同時較對照種「台南 24 號」及「明豐 103 號」高產，但與「明豐 3 號」無明顯差異。新雜交組合 1M10 × Hi3 其穗長分別為 19.6 cm，與對照種「台農 1 號」(18.6 cm) 無明顯差異。新雜交組合 1M15 × Hi31 穗長為 20.2 cm，較對照種「台農 1 號」(18.6 cm) 長。穗徑以對照種「台農 1 號」最細，其於品系間無明顯差異。百粒重的表現，1M10 × Hi3 新雜交組合與「台農 1 號」相近，而 1M15 × Hi31 明顯的高於「台農 1 號」。2014 秋作台中霧峰地區田間無銹病發生，2 個新雜交組合與對照種均為 1 級(無病斑)。

2015 年秋作 1M10 × Hi31 及 1M15 × Hi31，與對照種「明豐 3 號」、「明豐 103」、「台南 24 號」、「台農 1 號」等於台中霧峰區進行新品系產量比較試驗(表 7)。試驗結果顯示，開花期的表現，以「台南 24 號」與「台農 1 號」最早，其次為 1M10 × Hi31、1M15 × Hi31，最晚為「明豐 3 號」與「明豐 103 號」。吐絲期的表現呈現相同趨勢，以「台南 24 號」與「台農 1 號」最早，其次為 1M10 × Hi31、1M15 × Hi31，最晚為「明豐 3 號」與「明豐 103 號」。2 個新雜交組合株高分別為 228 cm 與 226 cm，與 4 個對照種無明顯差異。穗位高的表現，2 個新雜交組合分別為 98 cm 與 102 cm，與 4 個對照種「台農 1 號」無明顯差異。籽粒產量的表現 1M10 × Hi31 (8,356 kg ha⁻¹)、1M15 × Hi31 (8,331 kg ha⁻¹) 與對照種「明豐 3 號」(8,304 kg ha⁻¹)、「明豐 103 號」(8,595 kg ha⁻¹) 間無明顯差異；但較對照種「台農 1 號」(6,160 kg ha⁻¹) 高產，分別增產 35.6% 及 35.2%；同時較對照種「台南 24 號」分別高產 13.4% 與 13.0%。新雜交組合 1M10 × Hi3 及 1M15 × Hi31 其脫粒率較高。穗長參試品系介於 16.4–18.7 cm，以「明豐 3 號」最短，較長者為「明豐 103 號」及「台南 24 號」。穗徑以對照種「台農 1 號」最細，其餘品系間無明顯差異。穗徑的表現，1M10 × Hi31 與 MF103 最粗。參試品系的行數介於 13.0–15.6，以 1M10 × Hi3 最多，而「台南 24 號」行數最少。2015 秋作台中霧峰

表 6 2014 秋作硬質玉米新品系與對照種農藝性狀之平均值(台中霧峰)。

Table 6. Comparison of mean values of agronomic traits of the new hybrids from yield trial at Wufeng District of Taichung City in the fall crop of 2014^a.

Cross	Days to tasseling (d)	Days to silking (d)	Plant height (m)	Ear height (m)	Kernel weight (kg ha ⁻¹)	Kernel percent (%)	Ear length (m)	Ear diameter (mm)	Row number (no.)	100-kernel weight (g)	Rust (1–5)
1M10 × Hi31	58	61	2.45	1.25	10,625	84.9	1.96	50	16.0	37.0	1
1M15 × Hi31	58	61	2.35	1.15	10,420	84.9	2.02	50	16.0	43.4	1
‘Mingfeng 3’	63	66	2.20	1.15	9,730	84.6	1.62	51	15.2	36.2	1
‘Mingfeng 103’	63	65	2.45	1.15	9,318	83.2	1.75	51	16.2	35.4	1
‘Tainan 24’	57	59	2.45	1.10	9,500	82.4	1.90	50	14.5	37.6	1
‘Tainung 1’	58	61	2.45	1.25	8,959	85.9	1.86	47	16.0	36.0	1
LSD _{0.05}	3	3	0.25	0.20	1,121	2.0	0.13	2	2.0	3.0	1

^a Planting date: 10/09/2014; harvest date: 03/19/2015.

表 7. 2015 秋作硬質玉米新品系與對照種農藝性狀之平均值 (台中霧峰)。

Table 7. Comparison of mean values of agronomic traits of the new hybrids from yield trial at Wufeng District of Taichung City in the fall crop of 2015^z.

Cross	Days to tasseling (d)	Days to silking (d)	Plant height (m)	Ear height (m)	Kernel weight (kg ha ⁻¹)	Kernel percent (%)	Ear length (m)	Ear diameter (mm)	Row number (no.)	Rust (1-5)
1M10 × Hi31	55	57	2.28	0.98	8,356	87.6	1.78	49	15.3	1
1M15 × Hi31	55	57	2.26	1.02	8,311	86.6	1.76	48	14.6	1
‘Mingfeng 3’	59	62	2.03	0.99	8,304	87.5	1.64	48	14.0	1
‘Mingfeng 103’	57	58	2.29	0.97	8,596	84.4	1.84	50	15.6	1
‘Tainan 24’	54	55	2.34	0.93	7,368	84.2	1.87	47	13.0	1
‘Tainung 1’	54	54	2.20	0.99	6,160	85.4	1.77	47	14.0	3
LSD _{0.05}	2	2	0.27	0.20	1,025	2.2	0.15	2	2.0	1

^z Planting date: 09/15/2015; harvest date: 01/25/2016.

地區田間銹病發生等級，除對照種「台農 1 號」為 3 級外，其餘 1M10 × Hi31、1M15 × Hi31、「明豐 3 號」、「明豐 103 號」與「台南 24 號」均為 1 級 (無病斑)。

「台農 7 號」採種親本花期配合度及採種量調查

親本花期配合度調查：2015 年秋作，於農試所 48 號田進行試驗，9 月 15 日播種，父本 Hi31 於 11 月 10 日雄穗開始開花；母本 1M10 於 11 月 12 日吐絲，父本花期長有 10 d，授粉配合良好。2016 年秋作，於農試所 20 號田進行試驗，8 月 9 日播種，父本 Hi31 於 10 月 3 日雄穗開始開花；母本 1M10 於 10 月 4 日吐絲，父本雄穗開花期長 9 d，授粉配合良好。

「台農 7 號」採種量試驗：2016 年秋作，於農試所 20 號田進行試驗，9 月 21 日播種，父本 Hi31 於 11 月 21 日，母本 1M10 於 11 月 26 日吐絲，每分地可採收種子 150 kg。2016 年秋作，於農試所 20 號田進行試驗，10 月 13 日播種，父本 Hi31 於 12 月 29 日雄穗開始開花，母本 1M10 於 2017 年 1 月 4 日吐絲，每分地可採收種子 200 kg。

玉米抗南方型銹病田間自然發病等級與人工接種抗病檢定：2014 年春作至 2016 年秋作新品系比較試驗，調查田間銹病自然發病情形顯示新品種「台農 7 號」無病斑發生，均為 1 級，呈現極抗；而「台農 1 號」除 2014 年秋作田間

無銹病發生外，其餘 3 年為 3 或 4 級，呈現感病現象 (表 8)。2017 春作於溫室進行玉米抗南方型銹病抗病性人工接種檢定，結果顯示「台農 7 號」為極抗，而「台農 1 號」為極感 (表 9)。

「台農 7 號」籽粒營養成分分析：「台農 7 號」以乾籽粒進行分析，水分占 11.91%，其餘成分則以乾物質為基準進行分析，顯示粗蛋白為 7.68%，粗脂肪為 4.52%，灰分為 1.45%，總可消化性纖維為 14.06%，無氮碳水化合物為 72.29%，總澱粉含量為 68.27%。可知「台農 7 號」的營養成分之粗蛋白、灰分及可食用纖維量的百分比相較於「台農 1 號」低外，其餘粗脂肪、無氮碳水化合物及總澱粉含量均較「台農 1 號」來的高 (表 10)。

硬質玉米「台農 7 號」育種程序

本試驗之硬質玉米「台農 7 號」育種程序

表 8. 「台農 1 號」與「台農 7 號」田間銹病自然發病等級。

Table 8. Rankings of disease resistance to *Puccinia polysora* in the field.

Year	Variety	
	‘Tainung 7’ (1M10 × Hi31)	‘Tainung 1’
2014 Spring	1 ^z	4
2014 Fall	1	1
2015 Fall	1	3
2016 Fall	1	3

^z 1: highly resistance (HR); 2: resistance (R); 3: moderate resistance (MR); 4: sensitive (S); 5: highly sensitive (HS).

表 9. 玉米「台農 7 號」與「台農 1 號」幼苗抗南方型銹病抗病性檢定結果。

Table 9. The results of disease resistance test of 'Tainung 7' and 'Tainung 1' against *Puccinia polysora*.

Variety	Percentage of lesion area (%)					LSD ^z	
	I	II	III	IV	Average ^y	5%	1%
'Tainung 7'	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 (HR)	a	A
'Tainung 1'	80.0	76.3	78.8	75.0	77.5 (HS)	b	B

^z LSD (least significant difference) test.

^y HR: highly resistance; HS: highly sensitive.

表 10. 硬質玉米全穀之一般成分及總澱粉含量。

Table 10. The compositions and total starch contents of whole corn grain in 'Tainung 7' and 'Tainung 1'.

Variety	Moisture content (%)	Crude protein (%)	Crude Fat (%)	Ash (%)	Dietary fiber (%)			N-free carbohydrate ^z (%)	Total Starch ^y (%)
					Insoluble dietary fiber (IDF)	Soluble dietary fiber (SDF)	Total soluble dietary fiber (TDF)		
'Tainung 7'	11.91 ± 0.03	7.68 ± 1.18	4.52 ± 0.16	1.45 ± 0.02	12.22	1.84	14.06	72.29	68.27 ± 0.81
'Tainung 1'	7.55 ± 0.18	8.75 ± 0.51	4.16 ± 0.06	1.52 ± 0.01	16.59	3.15	19.74	65.83	62.37 ± 2.30

^z N-free carbohydrate (%) = 100 - (Crude protein + Crude fat + Ash + Total dietary fiber).

^y Total starch was determined by American Association of Cereal Chemists (AACC Method 76-13).

如下：2009 年春作種原收集；2009 年秋作至 2011 年秋作連續 5 代自交培育自交系；2012 年春作繁殖親本自交系及生產測交種；2012 年秋作測交種組合力檢定；2013 年春作至 2015 年秋作新品系產量比較試驗；2015 年秋作親本花期配合度調查；2016 年秋作「台農 7 號」採種試驗；2014 年春作至 2016 年秋作田間銹病自然發病等級調查；2017 年春作 (5 月 8 日、6 月 2 日接種) 玉米抗銹病人工接種檢定；2017 年春作委託台大農化系賴喜美教授分析「台農 7 號」籽粒成分；2017 年 5 月 8 日農試所研管會通過新品系 1M10 × Hi31 命名為硬質玉米「台農 7 號」。

討論

近年由中南半島泰國及中國大陸廣西省等地區引進熱帶型與亞熱帶型種原，利用其豐富的遺傳變異性和特殊的抗非生物性逆境、抗病蟲害特性，且遺傳差異大等因素，來擴大台灣硬質玉米種質之遺傳基礎、適應性和增加抗病性。Shieh & Chen (2017) 以 4 個溫帶型及

5 個熱帶型自交系，與新引入中國大陸廣西省之 2 個玉米種原為材料，探討籽粒產量方面是否存在較高之雜種優勢。試驗結果發現，溫帶型馬齒種與熱帶型硬粒種不同型間具明顯的雜種優勢，就籽粒產量雜種優勢表現結果，顯示 Hi31 × GX1F、Hi31 × GX1M、UH13 × GX1F 等 3 個組合屬溫帶型馬齒種與熱帶型硬粒種不同粒型間之雜種優勢群，可為飼料用玉米籽粒產量育種應用材料。

利用 Hi31 與 GX1M 種原間存在最高籽粒產量之雜種優勢表現，乃將 GX1M 種原進行自交 5 代培育自交系，然後將選留自交系再與 Hi31 進行雜交種生產、組合力評估及新品系產量比較試驗。25 個雜交種組合力評估，顯示 25 個新的雜交組合其產量的表現明顯高於對照種「台農 1 號」，最高產的 5 個新雜交組合其籽粒乾重表現在 7.7–9.5 kg 9.6 m⁻² 之間，其籽粒乾重較「台農 1 號」增產率介於 75–115%。同時，其脫粒率、穗徑、百粒重都比對照種「台農 1 號」高。

在 2013 年春作選取籽粒最高產的 4 個新雜交組合，加上對照種「台農 1 號」及「台南 24

號」於雲林崙背進行新品系產量比較試驗，顯示 4 個新雜交組合其籽粒產量介於 5,762–8,273 kg ha⁻¹，其中 1M10 × Hi31 (8,273 kg ha⁻¹) 與 1M15 × Hi31 (8,111 kg ha⁻¹) 較對照種「台農 1 號」(6,981 kg ha⁻¹) 增產率分別為 18.5% 及 16.1%；且亦較對照種「台南 24 號」(6,418 kg ha⁻¹) 增產率分別為 28.9% 及 26.3%。而 2013 年秋作選取 1M10 × Hi31 及 1M15 × Hi31 與「台南 24 號」、「台農 1 號」於雲林崙背試區進行新品系產量比較試驗，2 個新雜交組合之籽粒產量分別為 5,627 與 5,734 kg ha⁻¹，與對照種「台農 1 號」(5,507 kg ha⁻¹)、「台南 24 號」(5,867 kg ha⁻¹) 無明顯差異 (表 4)。主要因 2013 年 8 月 13 日播種，苗期 (5–6 葉齡) 生長時期遇連續 10 d 下雨造成田間積水，影響苗期生長，致整個植株生物產量減少，無法發揮中早熟品種特性。

2014 年秋作選取 1M10 × Hi31 及 1M15 × Hi31，與「台南 24 號」、「台農 1 號」等於嘉義朴子市試區進行新品系產量比較試驗，顯示 1M10 × Hi31 (8,508 kg ha⁻¹) 與 1M15 × Hi31 (8,062 kg ha⁻¹) 其籽粒產量較對照種「台農 1 號」(6,555 kg ha⁻¹) 高產，分別較「台農 1 號」增產 29.7% 及 22.9%。2014 年秋作選 1M10 × Hi31 及 1M15 × Hi31，與對照種「明豐 3 號」、「明豐 103」、「台南 24 號」、「台農 1 號」等 4 個於台中霧峰區進行新品系產量比較試驗，籽粒產量 1M10 × Hi31 (10,625 kg ha⁻¹) 與 1M15 × Hi31 (10,420 kg ha⁻¹) 較對照種「台農 1 號」(8,959 kg ha⁻¹) 高產，分別較對照種增產 18.5% 及 16.3%，同時較對照種「台南 24 號」及「明豐 103 號」高產，但與「明豐 3 號」無明顯差異。

2015 秋作霧峰試區，籽粒產量的表現 1M10 × Hi31 (8,356 kg ha⁻¹)、1M15 × Hi31 (8,331 kg ha⁻¹)，與對照種「明豐 3 號」(8,304 kg ha⁻¹)、「明豐 103 號」(8,595 kg ha⁻¹) 間無明顯差異；但較對照種「台農 1 號」(6,160 kg ha⁻¹) 高產，分別增產 35.6% 及 35.2%；同時較對照種「台南 24 號」分別高產 13.4% 與 13.0%。

硬質玉米在台灣呈現異粒型間的組合 (馬齒種 × 硬粒種)，兼具有馬齒種與硬粒種的優點，如營養生長旺盛，葉片、株高及稈莖均大

等特性 (Shieh & Thseng 1993)。新品系 1M10 × Hi31 與 1M15 × Hi31 共進行 4 次的新品系產量比較試驗，其中 3 次其籽粒產量明顯較對照種「台農 1 號」高產，1 次與對照種「台農 1 號」無明顯差異。顯示「台農 7 號」(1M10 × Hi31) 新品系有馬齒種與硬粒種之雜種優勢，具有中早熟、抗銹病與豐產特性。

「台農 7 號」品種特性

「台農 7 號」品種之形態特性為莖部及葉鞘綠色，莖基部為紅色，葉片深綠，葉片數約 16 片，花藥黃色，穎色及花絲紅色，果穗之苞葉包裹完全。果穗成熟期間，植株上半部葉片尚綠色時，籽粒及苞葉已快速脫水，機械採收時籽粒不易破損，適合機械採收。每株穗數 1–2 枚，籽粒行數 14–16 行，籽粒呈馬齒型橘黃色，對南方型銹病具抗性。

引用文獻

- American Association of Cereal Chemists. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 10th ed. American Association of Cereal Chemists. Saint Paul, MN. 1200 pp.
- Chen, Y. H., L. M. Wang, and J. R. Dai. 2000. Potential of germplasm improvement using tropical, subtropical inbred lines for Chinese temperate germplasms of maize. *J. China Agric. Univ.* 5:50–57. (in Chinese with English abstract)
- Hallauer, A. R. and D. Malithano. 1976. Evaluation of maize varieties for their potential as breeding populations. *Euphytica* 25:117–127.
- Hu, X. A., F. L. Wu, L. M. Wei, and B. Zhao. 1999. Research and utilization for tropical and subtropical corn germplasms. *J. Abroad Agric. Grains Crop* 19:5–10. (in Chinese with English abstract)
- Li, X. H., S. Z. Xu, and J. S. Li. 2001. Combining ability of ten tropical and subtropical maize populations. *J. Maize Sci.* 9(1):1–5. (in Chinese with English abstract)
- Peterson, R. F., A. B. Campbell, and A. E. Hannah. 1948. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. *Can. J. Res.* 26:496–500.
- Shieh, G. J. and F. S. Thseng. 1993. Effects of crop seasons on combining ability performance of grain yield and agronomic traits with respect to combinations between different kernel type in maize. *J.*

- Agric. Res. China 42:356–369. (in Chinese with English abstract).
- Shieh, G. J. and Y. R. Chen. 2017. Studies on heterotic patterns of horneous endosperm corn in Taiwan. J. Taiwan Agric. Res. 66:15–25. (in Chinese with English abstract).
- Wellhausen, E. J. 1978. Recent developments in maize breeding in the tropics. p.59–84. *in*: Maize Breeding and Genetics. (Walden, D. B., ed). Wiley. New York. 794 pp.

Development of New Horneous Maize Hybrid 'Tainung 7'

Guang-Jauh Shieh^{1*}

Abstract

Shieh, G. J. 2019. Development of new horneous maize hybrid 'Tainung 7'. J. Taiwan Agric. Res. 68(2):177–188.

In the new maize germplasm heterotic group assessment trial, it has been known that Hi31 and GX1M varieties had the best kernel yield in the heterotic group from the field experiment. As a result, five generations of self-crossing from the GX1M variety were conducted to breeding inbred lines, which were then crossed with Hi31 to produce hybrids for the combination assessment and yield trials. Results from 25 hybrids combination assessment trials showed that yields of all 25 hybrids were significantly higher than control variety 'Tainung 1'. The dry kernel yields of the top five highest new combinations were between 7.7–9.5 kg 9.6 m⁻², from 75% to 115% higher than 'Tainung 1'. From yield trials of the five new maize varieties, the dry grain yield of 1M10 × Hi31 was four times higher than the control variety 'Tainung 1'. The 'Tainung 7' (1M10 × Hi31) new hybrid had high grain yield potential up to 8 Mg ha⁻¹ with *Puccinia polysora* rust resistance and early maturity. The morphology of 'Tainung 7' is described as follows: the colors of stem and leaf sheath are green, the color of leaf blade is dark green, the anther is yellow, the spikelets are light red and silk are red. The number of leaves per plant is 16, number of ears per plant is 1–2, and number of kernel rows per ear is 14–16. The color of kernel is orange. The husk covers the ear completely and the decreasing rate of kernel water content is fast in the maturity stage.

Key words: Horneous, Tropical, Temperate, Combining ability.

Received: October 15, 2018; Accepted: January 21, 2019.

* Corresponding author, e-mail: x486045@tari.gov.tw

¹ Research Fellow, Crop Science Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.