

三系雜交種青割玉米農藝性狀與 鮮草產量之研究¹

何千里 謝光照 曹文隆 盧煌勝²

摘要：本試驗以四個自交系（Hi28、TA85-58、TX601及TA82-36代號分別為A、B、C及D）、四個單雜交種（TNG1、TNG2、TNG3、TNG351代號分別為(E×F)、(G×F)、(I×J)及(K×L)）及其16個三系雜交種為材料，於1998年春作進行田間試驗。變方分析結果顯示，六項農藝性狀與鮮草產量在參試品系間均呈現顯著或極顯著。三系雜交種青割玉米之公頃鮮草產量與開花期、吐絲期及稈徑相關不顯著，而與株高、穗位高及單株葉面積呈顯著或極顯著正相關，此類性狀可作為選拔高產三系雜交種青割玉米之參考指標。參試材料中之單雜交種與三系雜交種之青割公頃鮮草產量平均值相近且無顯著差異。個別組合進行產量比較，以(E×F)×D (57,563 kg ha⁻¹)、(G×F)×D (53,625 kg ha⁻¹)及(I×J)×D (50,375 kg ha⁻¹)三個組合最高產，三組合均以自交系D (TA82-36)為親本雜交所得之三系雜交種組合，且此三個高產組合之雜種潛勢亦呈現超顯性。試驗結果顯示，只要慎選三系雜交種青割玉米親本，將可獲得高產潛力雜交後代，將之納入育種計畫對台灣青割玉米改良應有助益。

關鍵詞：青割玉米、單雜交種、三系雜交種、雜種潛勢。

前 言

農業上運用雜種優勢以進行增產，玉米是非常成功的作物之一。玉米為典型的異交作物，表現極端的近交弱勢及雜種優勢。在玉米育種上，一方面需避免近交弱勢的發生，另一方面必需充分發揮雜種優勢之潛力。玉米之育種目標又因飼料玉米、青割玉米、甜玉米及食用白玉米等而不一致，因此，選定親本之材料亦不同，然而依親本之材料性質，概可分為自交系、雜交種及族群等三類。雜交種則包括單雜交種、三系雜交種、雙雜交種及其他不同類型之雜交種^(1, 5, 6)。美國發展雜交玉米品種過程中，曾因自交系較弱，生產單雜交種子頗不經濟，乃以栽培雙雜交品種為主。爾後，由於育種家不斷的改良自交系，使單雜交種子生產量大為提高。單雜交品種之株高、穗位高、成熟期等農藝性狀較雙雜交品種整齊一致，能配合機械化栽培，產量亦高。故自1960年起單雜交品種逐漸取代雙雜交品種，目前美國及加拿大單雜交品種栽培面積佔90%，三系雜交種佔10%。三系雜交種之農藝性狀雖不若單雜交品種整齊，但其採種量高，且較能適應不良環境及粗放栽培⁽⁹⁾。國外許多學者曾以未經選拔的一些自交系為親本組成之單雜交種及三系雜交種飼料玉米作籽粒產量比較，試驗結果均顯示兩者間之籽粒產量平均值並無顯著差異，但部份個別組合之產量則呈現顯著差異^(11, 18, 22)。

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2076號。

2. 本所農藝系助理研究員、副研究員、助理研究員與研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

台灣雜交種青割玉米之種類，近年來育成之品種均偏向農藝性狀較整齊之單雜交種為主^(4,8)，然隨著國際貿易自由化，政府即將加入世界貿易組織 (WTO)，降低玉米生產成本勢在必行，故對環境適應性較廣，能利用較省工粗放栽培方式之三系雜交種青割玉米品種應值得嘗試。本試驗目的即在探討三系雜交種青割玉米之農藝性狀及青割鮮草產量之雜種潛勢表現，同時與單雜交種青割玉米作一初步的比較，以評估三系雜交種青割玉米之可行性。

材料與方法

本試驗以四個自交系、四個單雜交種作為親本（列表1）及其雜交而得之16個三系雜交種為材料，於1998年春在農試所進行試驗，田間採逢機完全區集設計，重複二次，四行區，行長5m，行株距80×20cm，公頃肥料用量為N:P₂O₅:K₂O = 200:90:60 kg/ha。氮素半量及磷、鉀肥全量作為基肥一次施用，另外氮肥半量於培土前施用。田間管理依照一般玉米栽培法行之，生育期間調查下列性狀：

表1. 八個參試親本之背景資料

Table 1. Backgrounds of the eight parents evaluated

| Code | Inbreds or Hybrids | Pedigree | Origin |
|-------|--------------------|-------------------------|--------------|
| A | Hi28 | Peru 330 derivative | Hawaii, USA |
| B | TA85-58 | XL678 derivative | TARI, Taiwan |
| C | TX601 | Yellow Tuxpon | Texas, USA |
| D | TA82-36 | H632G derivative | TARI, Taiwan |
| E × F | TNG1 | TA2808-176 × TA3651-377 | TARI, Taiwan |
| G × F | TNG2 | SW558 × TA3651-377 | TARI, Taiwan |
| I × J | TNG3 | SW646 × UH13 | TARI, Taiwan |
| K × L | TNG351 | TA80-2598 × TA80-1410 | TARI, Taiwan |

- 一、開花期 (days to flowering, DTF)：由播種日起至小區中50%植株達雄穗始花所需之日數。
- 二、吐絲期 (days to silking, DTS)：由播種日起至小區中50%植株達雌穗開始吐絲所需之日數。
- 三、株高 (plant height, PH)：為每小區逢機選取20株，由地表至雄穗主軸頂端的平均高度，以cm表示。
- 四、穗位高 (ear height, EH)：為每小區逢機選取20株，由地表至第一雌穗基部的平均高度，以cm表示。
- 五、單株葉面積 (leaf area, LA)：為每小區逢機選取20株，由頂端往下數第八片葉的長度與寬度的乘積，再乘以0.76及9.27所得的數值之平均數，以cm²/pt為單位⁽⁸⁾。
- 六、稈徑 (stalk diameter, SD)：為每小區逢機選取20株，量取地面第一節位中央的平均直徑，以mm表示。
- 七、公頃鮮草產量 (fresh weight, FW)：每小區由地表割下，稱其鮮重再換算成公頃鮮草產量，以kg表示。

以上調查資料先進行變方分析及平均值顯著性測驗，同時估算各性狀之雜種潛勢 (potence value, PV) 並以之顯性程度表示之⁽¹⁰⁾，其計算公式為： $PV = (F_1 - MP) / (HP - MP)$ ，F₁為雜交種，HP為該性狀值較高之親本，MP為兩親之平均。

結果與討論

本試驗資料經變方分析結果，可知參試品系間除了開花期性狀達顯著外，其餘六個性狀均達極顯著差異（表2）。表示基因型間具有差異存在。八個親本（四個自交系及四個單雜交種）與16個三系雜交種各項性狀之平均值示如表3，八個親本中Hi28（代號A）、TA85-58（代號B）、TX601（代號C）及TA82-36（代號D）為自交系；TNG1（代號E×F）、TNG2（代號G×F）、TNG3（代號I×J）及TNG351（代號K×L）為單雜交種^(2,4,6,8)。(E×F)×A~(K×L)×D等16個組合係以八個親本中之自交系與單雜交種互交而得的三系雜交種。由表3各項性狀平均值顯示，公頃青割鮮草產量單雜交種平均值(46,250kg ha⁻¹)與三系雜交種平均值(45,570kg ha⁻¹)並無顯著差異，但均極顯著高於自交系之公頃青割鮮草產量平均值(28,141kg ha⁻¹)。若以個別組合進行比較，公頃青割鮮草產量最高之三組合別為(E×F)×D(57,563 kg ha⁻¹)、(G×F)×D(53,625 kg ha⁻¹)及(I×J)×D(50,375 kg ha⁻¹)，其均為三系雜交種組合，且以單雜交種與親本自交系D(TA82-36)之三系雜交組合，有較高之公頃青割鮮草產量。Stringfield⁽¹⁸⁾氏將單雜交種與三系雜交種試驗材料，依四個親本自交系Oh28、Oh51A、Ill. Hy及Oh28分類成單雜交種與三系雜交種各四群，試驗結果顯示親本自交系為Oh40B之三系雜交種此群之平均籽粒產量最高，又因許多學者^(7,10,21,23,24)均指出飼料玉米籽粒產量與青割鮮草產量呈現相當穩定之正相關，故其結果與本試驗相符合。同時亦顯示單雜交種若與適當的自交系組合成三系雜交種，對青割玉米產量的提昇，應具有正面的意義。單雜交種平均開花日數55.3天較自交系平均開花日數57.5天及三系雜交種平均開花日數57.6天較早開花；吐絲期之情形與開花期相似，以單雜交種平均吐絲日數57.0天較自交系平均吐絲日數58.5天及三系雜交種平均吐絲日數59.7天均較早吐絲，唯均未達顯著差異水準，與Stringfield氏⁽¹⁸⁾之試驗結果相符。單雜交種平均株高229cm與三系雜交種之平均株高228cm相近，與自交系平均株高197cm比較則顯著有較高之株高；單雜交種平均穗位高103cm與三系雜交種平均穗位高105cm則無顯著差異，與自交系平均穗位高80cm比較則顯著有較高之穗位，與株高呈現相同之結果，與Wright等氏⁽²⁵⁾將單雜交種及三系雜交種飼料玉米，分置於四個不同地點進行試驗，結果顯示單雜交種與三系雜交種之株高、穗位高、稈徑及籽粒產量等性狀，無論在四個地點總平均值或每個地點單獨平均值均無顯著差異，與本試驗之結果相同。單株葉面積與稈徑兩性狀均以單雜交種(6,706cm²pt⁻¹、24.05mm)最大，其與三系雜交種之單株葉面積(5,992cm²pt⁻¹)及稈徑(22.76mm)則無顯著差異，但均較自交系之單株葉面積(3,539cm²pt⁻¹)及稈徑(17.78mm)顯著較大。又由本參試材料所得之變方分析顯著性及LSD數值可推測三系雜交種各項農藝性狀與鮮草產量之變異性與單雜交種之變異性，其差異應不大。

表2. 八個親本及其三系雜交種之變方分析

Table 2. ANOVA of eight parents and their 3-way hybrids

| Source of Variation | df | Mean Squares | | | | | | |
|---------------------|----|-----------------|-------|---------|-----------|---------|-------------|---------|
| | | FW ^a | DTF | DTS | PH | EH | LA | SD |
| Block | 1 | 117,513 | 0.52 | 0.75 | 192.0 | 54.1 | 207,507 | 0.47 |
| Entry | 23 | 157,726,548** | 8.99* | 11.57** | 1,374.3** | 816.8** | 3,151,237** | 12.39** |
| Error | 23 | 9,583,545 | 1.82 | 2.35 | 194.3 | 98.2 | 4,372,359 | 2.26 |

*,** Significant at 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively.

^a FW: fresh weight; DTF: day to flowering; DTS: day to silking; PH: plant height; EH: ear height; LA: leaf area; SD: stalk diameter.

表3. 八個親本及其三系雜交種之七項性狀平均值

Table 3. Mean for seven traits of eight parents and their 3-way hybrids

| Inbred or hybrid | FW ² (kg ha ⁻¹) | DTF (day) | DTS (day) | PH (cm) | EH (cm) | LA (cm ² pt ⁻¹) | SD (mm) |
|--------------------|--|-----------|-----------|---------|---------|--|---------|
| A | 22125 | 57.5 | 59.5 | 174 | 71 | 2578 | 15.65 |
| B | 27063 | 56.5 | 58.5 | 183 | 74 | 3229 | 16.95 |
| C | 29313 | 54.5 | 54.5 | 203 | 70 | 3475 | 17.90 |
| D | 34063 | 61.5 | 63.5 | 228 | 98 | 5390 | 20.90 |
| Inbred mean | 28141 | 57.5 | 58.5 | 197 | 80 | 3539 | 17.78 |
| E × F | 46250 | 53.5 | 55.5 | 218 | 100 | 6993 | 23.00 |
| G × F | 48125 | 57.0 | 59.0 | 228 | 97 | 6492 | 23.50 |
| I × J | 46688 | 57.5 | 59.0 | 244 | 105 | 6857 | 24.05 |
| K × L | 41750 | 54.5 | 56.5 | 219 | 107 | 6827 | 24.95 |
| Single hybrid mean | 46250 | 55.3 | 57.0 | 229 | 103 | 6706 | 24.05 |
| (E × F) × A | 44625 | 55.0 | 56.5 | 217 | 94 | 6973 | 21.75 |
| (E × F) × B | 37188 | 57.0 | 59.0 | 193 | 72 | 5666 | 20.75 |
| (E × F) × C | 41563 | 55.5 | 57.5 | 219 | 103 | 6234 | 25.00 |
| (E × F) × D | 57563 | 57.5 | 59.5 | 261 | 133 | 6624 | 22.00 |
| (G × F) × A | 43125 | 55.0 | 57.0 | 213 | 105 | 5094 | 24.50 |
| (G × F) × B | 39688 | 57.5 | 59.5 | 204 | 74 | 6454 | 21.25 |
| (G × F) × C | 47250 | 57.5 | 59.5 | 223 | 101 | 5802 | 21.95 |
| (G × F) × D | 53625 | 61.0 | 63.5 | 272 | 136 | 6664 | 24.95 |
| (I × J) × A | 45313 | 55.5 | 57.0 | 251 | 118 | 6589 | 24.50 |
| (I × J) × B | 45000 | 58.0 | 60.0 | 204 | 76 | 5962 | 20.50 |
| (I × J) × C | 48625 | 58.5 | 60.5 | 217 | 92 | 5414 | 21.30 |
| (I × J) × D | 50375 | 59.0 | 61.0 | 249 | 123 | 6280 | 23.35 |
| (K × L) × A | 29375 | 60.0 | 62.0 | 177 | 93 | 3914 | 20.90 |
| (K × L) × B | 46250 | 56.0 | 57.0 | 217 | 100 | 6712 | 22.75 |
| (K × L) × C | 50000 | 59.0 | 61.0 | 241 | 109 | 6296 | 23.50 |
| (K × L) × D | 48125 | 60.0 | 62.5 | 260 | 138 | 5985 | 23.25 |
| 3-way hybrid mean | 45570 | 57.6 | 59.7 | 228 | 105 | 5995 | 22.76 |
| Grand mean | 42779 | 57.2 | 59.0 | 223 | 101 | 5704 | 22.15 |
| LSD 5% | 6405 | 2.8 | 3.2 | 29 | 21 | 1368 | 3.1 |
| LSD 1% | 8689 | 3.8 | 4.3 | 39 | 28 | 1856 | 4.2 |

² FW: fresh weight; DTF: day to flowering; DTS: day to silking; PH: plant height; EH: ear height; LA: leaf area; SD: stalk diameter.

十六個三系雜交種之雜種潛勢值列於表4，七項性狀中除了少數三系雜交組合之雜種潛勢值呈負值外，其餘大都呈現正值。其中公頃青割鮮草產量之雜種潛勢值超過+1.25，且屬超顯性之範圍的計有(E × F) × D、(G × F) × D、(I × J) × D及(K × L) × D等四個組合，此表示參試之四個單雜交種親本(E × F)、(G × F)、(I × J)及(K × L)與自交系親本D互交所產生之三系雜交組合均呈現超顯性。

十六個三系雜交種之七項性狀間的相關係數(表5)顯示，公頃青割鮮草產量除與開花期、吐絲期及稈徑之相關不顯著外，但與其他各項農藝性狀均呈現顯著或極顯著正相關。單株葉面積除了與公頃青割鮮草產量呈顯著正相關外，亦與株高及穗位高呈極顯著正相關。稈徑除與株高及穗位高呈顯著

表 4. 16 個三系雜交種七項性狀之雜種潛勢估值

Table 4. Potence values of seven traits for sixteen 3-way hybrids

| 3-way Hybrid | FW ² (kg ha ⁻¹) | DTF (day) | DTS (day) | PH (cm) | EH (cm) | LA (cm ² pt ⁻¹) | SD (mm) |
|--------------|--|-----------|-----------|---------|---------|--|---------|
| (E × F) × A | 0.87 | -0.25 | -0.50 | 0.93 | 0.58 | 0.99 | 0.66 |
| (E × F) × B | 0.56 | 1.33 | 1.33 | -0.41 | -1.20 | 0.30 | 0.56 |
| (E × F) × C | 0.45 | 3.00 | 5.00 | 1.13 | 1.17 | 0.57 | 1.78 |
| (E × F) × D | 2.85 | 0.00 | 0.00 | 7.95 | 27.00 | 0.54 | 0.45 |
| (G × F) × A | 0.62 | -9.00 | -9.00 | 0.44 | 1.68 | 0.29 | 1.26 |
| (G × F) × B | 0.25 | 3.00 | 3.00 | -0.06 | -1.00 | 0.98 | 0.31 |
| (G × F) × C | 0.91 | 1.40 | 1.22 | 0.57 | 1.30 | 0.54 | 0.45 |
| (G × F) × D | 1.78 | 0.78 | 1.00 | 17.50 | 7.70 | 1.31 | 2.12 |
| (I × J) × A | 0.89 | -0.73 | -9.00 | 1.19 | 1.75 | 0.88 | 1.11 |
| (I × J) × B | 0.84 | 2.00 | 5.00 | -0.30 | -0.90 | 0.49 | 0.00 |
| (I × J) × C | 1.22 | 1.67 | 1.67 | -0.33 | 0.23 | 0.15 | 0.11 |
| (I × J) × D | 1.58 | -0.25 | -0.11 | 1.61 | 5.67 | 0.21 | 0.56 |
| (K × L) × A | -0.26 | 2.67 | 2.67 | -0.89 | 0.23 | -0.37 | 0.13 |
| (K × L) × B | 1.56 | 0.50 | -0.50 | 0.86 | 0.60 | 0.94 | 0.45 |
| (K × L) × C | 2.33 | 4.30 | 5.50 | 3.61 | 1.14 | 0.68 | 0.59 |
| (K × L) × D | 2.66 | 0.57 | 0.71 | 8.65 | 8.00 | -0.17 | 0.16 |

²FW: fresh weight; DTF: day to flowering; DTS: day to silking; PH: plant height; EH: ear height; LA: leaf area; SD: stalk diameter.

表 5. 十六個三系雜交種之七項性狀間的相關

Table 5. Correlation coefficients among seven traits of sixteen 3-way hybrids

| Traits | FW ² | DTF | DTS | PH | EH | LA |
|--------|-----------------|---------|--------|---------|---------|-------|
| DTF | 0.241 | | | | | |
| DTS | 0.245 | 0.986** | | | | |
| PH | 0.771** | 0.168 | 0.193 | | | |
| EH | 0.614** | 0.226 | 0.245 | 0.884** | | |
| LA | 0.414* | -0.308 | -0.326 | 0.482** | 0.251 | |
| SD | 0.209 | -0.239 | -0.205 | 0.522** | 0.510** | 0.290 |

*,** Significant at 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively.

²FW: fresh weight; DTF: day to flowering; DTS: day to silking; PH: plant height; EH: ear height; LA: leaf area; SD: stalk diameter.

正相關外，與其他性狀之相關均不顯著。開花期僅與吐絲期呈極顯著之正相關。此結果與何等氏⁽³⁾以單雜交種青割玉米為材料之試驗結果相同，顯示無論單雜交種或三系雜交種之青割玉米鮮草產量與株高、穗位高及單株葉面積均呈現顯著之正相關。

台灣自推廣單雜交種玉米品種之後，其單位面積產量確已較舊有品種高出許多^(4,8)。為順應國際貿易自由化，未來應朝產量之突破及降低生產成本的方向發展。有鑑於此，我們必需利用各種雜種模式，以育成更高產及省工之青割玉米品種。本試驗以四個自交系及四個單雜交種為親本進行互交產生三系雜交組合，以探討三系雜交種青割玉米的可行性。參試之四個單雜交親本，因考慮凡優良新品種一經育成應加速且大量繁殖雜交種子，以爭取時效。欲改善三系雜交種採種時效及經濟問題，故採用均通過命名，並由台灣省種苗改良場已大量繁殖種子且具有一定程度的潛力及適應性之 TNG351、

TNG1、TNG2、TNG3等品種為親本材料，因此採種上能較經濟且迅速的將三系雜交種子轉移至栽培者手中。青割玉米產量不僅是要求籽粒產量單一性狀的表現，而以整株各部位之綜合性狀的表現作為選拔之依據，Troyer and Hallauer⁽¹⁷⁾及Yamaguchi⁽²⁶⁾表示早熟種飼料玉米有較低的籽實產量，但本試驗及何等⁽³⁾之試驗中均顯示青割玉米的產量與開花期及吐絲期相關不顯著，此是飼料玉米與青割玉米間材料之差異，抑是試驗環境及參試材料不同所造成，值得進一步探討。Helms and Compton⁽¹³⁾及Yamaguchi⁽²⁶⁾認為具有較高大的植株及較高之穗位，其產量較高。一般而言，株高與葉片數呈顯著正相關，較多的葉片數則單株葉面積較大^(3,15)。玉米供源的大小由單株葉面積及光合作用活性所構成，其中葉片為最主要之供源器官，葉面積大小能直接影響供源之大小^(16,27)。本試驗之三系雜交種青割玉米品系與何等⁽³⁾之單雜交玉米之試驗均呈現具有較高之株高、穗位高及單株葉面積，其公頃青割鮮草產量較高。由表3之平均值得知，單雜交種與三系雜交種之公頃鮮草產量相近，但以個別組合的產量作比較，卻以(E×F)×D、(G×F)×D及(I×J)×D等三個組合最高，且均為與親本自交系D(TA82-36)組合之三系雜交種，同時此三組合亦均有較高之雜種潛勢值。

綜合上述之結果，顯示三系雜交種青割玉米公頃鮮草產量與株高、穗位高及單株葉面積呈顯著或極顯著正相關。參試材料中最高產之(E×F)×D、(G×F)×D及(I×J)×D三個組合均以自交系D為親本，且均呈現超顯性，其中(E×F)×D顯著高產於現有之單雜交種，故三系雜交種青割玉米之選拔，只要慎選親本，其產量應有改進之空間。

引用文獻

1. 呂宗佳、謝光照、何千里、莊周瑞。1986。馬齒種及硬粒種玉米自交系雜種優勢及組合力之全互交分析。中華農業研究 35: 145-164。
2. 呂宗佳、盧煌勝、劉孔生、謝光照、何千里。1989。單雜交玉米台農1號之育成。中華農業研究 38: 1-18。
3. 何千里、謝光照、盧煌勝。1994。玉米莖葉性狀與青割產量之全互交分析。中華農業研究 43: 17-28。
4. 何千里、謝光照、盧煌勝。1998。青割玉米台農3號之育成。中華農業研究 47: 187-203。
5. 湯文通。1967。作物育種之原理與實施。第116-127頁。國立台灣大學農藝系。中華民國，台灣，台北。
6. 萬雄、呂宗佳、盧煌勝、何千里。1986。單雜交玉米台農三五一號之育成。中華農業研究 35: 11-22。
7. 謝光照、何千里、呂宗佳、劉孔生、盧煌勝。1994。青割玉米單雜交種台農2號之育成。中華農業研究 43: 354-372。
8. 盧煌勝、何千里、謝光照。1996。不同檢定親及族群對玉米籽粒與青割產量性狀間關係之影響。中華農業研究 45: 137-146。
9. 蕭冬瓊、劉清。1987。玉米單株葉面積與全株葉面積之簡易估算法。中華農業研究 36: 276-282。
10. Allen, M. S., K. A. Oneil, D. G. Maize, and J. Beck. 1991. Relationship among yield and quality traits of corn hybrid for silage. J. Dairy Sci. 74: (suppl. 1) 221.
11. Eberhart, S. A., and A. R. Hallauer. 1968. Genetic effects for yield in single, three-way, and double-cross maize hybrids. Crop sci. 8: 377-379.
12. Griffing, B. 1950. Analysis of quantitative gene action by constant parent regression and related techniques. Genetics 35: 303-321.
13. Helms, T. C., and W. A. Compton. 1984. Ear height and weight as related to stalk lodging in maize. Crop Sci. 24:923-924.
14. Pinter, L. 1986. Ideal type of forage maize hybrid (*Zea mays* L.). In: Breeding of Silage Maize (O. Dolstra and P. Medema, eds.), pp. 123-150. Pudoc. Wageningen.
15. Rood, S. B., and D. J. Major. 1981. Diallel analysis of leaf number, leaf development rate, and plant height. Crop. Sci. 21: 867-873.
16. Sprague, G. F., and W. T. Thomas. 1967. Further evidence of epistasis in single and three-way cross yields of maize (*Zea mays* L.). Crop Sci. 7: 355-356.
17. Sprague, G. F., and J. Dudley. 1988. Corn and corn improvement. 3rd ed. Amer. Soc. Agron. Modison, Wisconsin, USA.
18. Stringfield, G. H. 1950. Heterozygosis and hybrid vigor in maize. Agron. J. 42: 145-151.

19. Tollenaar, M., and R. B. Hunter. 1983. A photoperiod and temperature sensitive period for leaf number of maize. *Crop Sci.* 23: 457-460.
20. Troyer, A. F., and A. R. Hallauer. 1968. Analysis of a diallel set early flint varieties of maize. *Crop Sci.* 8: 581-584.
21. Vattikonda, M. R., and R. B. Hunter. 1983. Comparison of grain yield and whole-plant silage production of recommended corn hybrids. *Can. J. Plant Sci.* 63: 601-609.
22. Weatherspoon, J. H. 1970. Comparative yields of single, three-way, and double crosses of maize. *Crop. Sci.* 10: 157-159.
23. Wolf, D. P., J. G. Coors, K. A. Albrecht, D. J. Underlander, and P. R. Carter. 1993a. Forage quality of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. *Crop Sci.* 33: 1353-1359.
24. Wolf, D. P., J. G. Coors, K. A. Albrecht, D. J. Underlander, and P. R. Carter. 1993b. Agronomic evaluations of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. *Crop Sci.* 33: 1359-1365.
25. Wright, J. A., A. R. Hallauer, L. H. Penny, and S. A. Eberhart. 1971. Estimating genetic variance in maize by use of single and three-way crosses among unselected inbred lines. *Crop. Sci.* 11: 690-695.
26. Yamaguchi, J. 1974. Varietal traits limiting the grain yield of tropical maize. II. The growth and yield of tall and short varieties. *Soil Sci. Plant Nutr.* 20(2): 145-154.
27. Yamaguchi, J. 1974. Varietal traits limiting the grain yield of tropical maize. IV. Plant traits and productivity of tropical varieties. *Soil Sci. Plant Nutr.* 20(3): 287-304.

Studies on the Agronomic Traits and Forage Yield of Three-way Cross Forage Maize Hybrids¹

Chan-Lee Ho, Guang-Jauh Shieh, Wen-Long Tsaur and
Hung-Shung Lu²

Summary

Four inbred lines, namely, Hi28 (A), TA85-58 (B), Tx601 (C) and TA82-36 (D), and four single cross hybrids, namely, TNG1 (E × F), TNG2 (G × F), TNG3 (I × J) and TNG351 (K F × L), and their sixteen three-way cross hybrids of forage maize were evaluated for agronomic traits and forage yield in the spring crop of 1998. Results of analysis of variance showed that days to flowering, days to silking, plant height, ear height, leaf area, stalk diameter and forage fresh weight were significantly correlated among these twenty-four genotypes. The forage fresh weight was positively correlated to plant height, ear height and leaf area, but it was not correlated to days to flowering, days to silking and stalk diameter in three-way cross hybrids. The relationships may be used as selection indicators in three-way cross hybrid breeding program. No significant differences were found between forage fresh weight produced from single cross hybrids and three-way cross hybrids. Among three-way cross hybrids, (E × F) × D (57,563 kg ha⁻¹), (G × F) × D (53,625 kg ha⁻¹) and (I × J) × D (50,375 kg ha⁻¹) were the better combinations in terms of forage fresh weight. These three hybrids were all crossed with the inbred line D, and expressed a higher hybrid potency value and an over dominance character. Results suggest that a higher forage production hybrid can be made from three-way cross breeding by selecting parental lines with high-yield potential.

Key words : Forage maize, Single cross hybrid, Three-way cross hybrid, Potence value.

1. Contribution No.2076 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Respectively, Assistant Agronomist, Associate Agronomy, Assistant Agronomist and Senior Agronomist, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan.