

番木瓜組織培養兩性株嫁接苗繁殖、生長特性及效益評估¹

張明聰 呂俊堅²

摘 要

張明聰、呂俊堅·2000·番木瓜組織培養兩性株嫁接苗繁殖、生長特性及效益評估。台南區農業改良場研究彙報 37：40~55。

番木瓜實生苗中因無法得到 100% 的兩性株或由其中加以檢定區分，造成栽培兩性株之困擾。本研究以番木瓜台農 2 號品種之優良兩性株頂芽，經組織培養為檯生苗後，切取其頂梢，分別嫁接於台農 2 號及台農 5 號實生苗為砧木上，可成功獲得全兩性株之嫁接苗，其成活率會因最新發明的保濕措施而達 80% 以上。

台農 2 號/2 號嫁接苗及台農 2 號/5 號嫁接苗分別在定植後 5 個月及 5 個半月內比實生苗生長高大，但著花高度卻平均矮 26 公分，著花時期提早 1 個半月，之後之株高生長均比實生苗矮化。在著果及果實發育期，台農 2 號/2 號及台農 2 號/5 號嫁接苗植株之生長表現節間短、葉柄長、葉面積大、第 1 段著果高度較矮及著果較集中，著果量分別比實生苗植株高 10% 及 45%，且可方便於採收。初期生長之田間管理及採收果實工資可節省 17~32%。

不同砧木品種可影響接穗的生長、發育、產量及品質，但不影響植株花性表現。以台農 5 號及台農 2 號為砧木分別可提高產量 43% 及 3%；降低生產成本 8% 及 4%；增加收益 92% 及 14%；台農 5 號為砧木時，甜度平均降低 0.8° Brix。

關 鍵 字：番木瓜、組織培養、兩性株、嫁接、生長特性、產量、生產成本、效益評估。

接受日期：2000 年 1 月 17 日。

前 言

目前台灣地區番木瓜栽培面積達 3,925 公頃⁶⁾，而且全年均有果實生產，以提供穩定的鮮果消費市場，並且因有不耐貯運的特性，對政府加入世界貿易組織 (WTO) 後，成為少數具有競爭能力的熱帶果樹產業之一。

番木瓜植株之性別，可分為兩性株 (hermaphrodite)；開兩性花、可自然授粉、果型較長梨形，雌性株 (gynoecious)；開雌性花、需人工授粉、果型較圓形，雄性株 (androecious)；開雄性花、僅提供花粉、不結果，雌性株與兩性株所結之果實，形狀及產量均不同¹⁰⁾。依戴氏⁷⁾指出，番木瓜是不能以種子部位、大小、重量及苗高、葉型變化等，用來鑑定性別。Rao 等¹⁶⁾以物理的、化學的及栽培上的處理，亦無法對番木瓜苗期植株的性別加以區別，許多研究學者亦嚐試以 Disc PAGE 方法¹⁹⁾、RNA 與 histon protein¹⁵⁾ 或 protein 含量¹²⁾、或以 RAPD 及 DAF 分子標定方法²⁰⁾，來檢測或標定幼小植株性別表現，雖有相關的結果報告，但依舊無法應用於實際栽培之需求上。根據 Hafmeyr¹⁴⁾及 Storey¹⁸⁾試驗

¹ 行政院農業委員會台南區農業改良場研究報告第 257 號。本研究承行政院農業委員會 86,87,88 年經費補助，謹此誌謝。

² 台南區農業改良場研究員兼秘書、助理研究員。台南市 701 林森路一段 350 號。

結果，證明番木瓜性遺傳係依照孟德爾方式進行，可依人工授粉方法控制種子的性別比率，但品種後代採種時，亦仍無法獲得百分之百相同性別的種子。

因此，在台灣¹⁾或夏威夷²⁾栽培番木瓜，為了要生產兩性果而栽植兩性株，主要方法係採每一植穴種植2~3株實生苗，待生長之植株開花可辨別花性時，再將兩性株留下，其餘砍除，依此種種植方式會增加種苗費及初期管理之成本支出。Allan³⁾及張等³⁾以番木瓜側枝，扦插繁殖成扦插苗，可獲得與原來採穗母株同樣之性別表現，而提供同一花性如兩性株種苗，但因繁殖率相當低，亦無法達到商業化栽培之需求。張等³⁾以組織培養方式，在瓶內進行番木瓜優良兩性株之頂芽繁殖，再由增殖體構生苗(multiple shoot)的頂梢，微體扦插為扦插苗，可獲致大量均與原母株特性相同之種苗，進而可提供同一花性的組織培養扦插苗予農民栽培，但推廣以來，因組織培養扦插苗發根率與健化成活率不穩定，及常有幼苗發生變異與根系無明顯主根之缺點，使種苗業者及農民尚無法普遍接受。

為解決上述國內外栽培番木瓜長久以來所遭遇之問題，本研究計畫使用台農2號品種為材料，以組織培養方法，由優良兩性單株(母株)之頂芽，繼代繁殖為構生苗；因構生苗繼代繁殖時間短、可大量、無變異，以其頂梢做為接穗，依張等⁵⁾研發之嫁接技術，嫁接於番木瓜實生苗為砧木上，調查其成活率，並評估嫁接苗在田間之生長、發育、產量、產期、品質及效益等，以做為生產全兩性苗之依據，並期望早日解決番木瓜實生苗所產生的瓶頸。

材料及方法

一、番木瓜嫁接試驗

(一) 兩性株接穗之繁殖及砧木培育

以台農2號優良健康之兩性株，取其頂芽，依張等³⁾之組織培養方法繁殖為構生苗，再以構生苗繼續繼代增殖為構生苗。構生苗在瓶內生長至株高6cm、莖下端達直徑0.2cm以上且已有木質化時，剪取其3cm長之頂梢並帶有1~2枚展開葉片，以為嫁接用之接穗。此種構生枝供做接穗用之繼代培養時間約1個半月。

砧木品種分台農2號及台農5號，種子直接播種於4寸黑色塑膠軟盆(盆口直徑12cm)；盆中之培養土以田土：砂質土：有機質=2：1：1調配混合而成，實生苗培養管理2個月後，其莖粗達直徑0.4cm以上時，供嫁接砧木之用。

(二) 嫁接方法及管理

採劈接法(cleft grafting)，接穗長度3~4cm，接穗基部之硬度，以物性測定儀RHEO METER(FUDOH, NRM-2020J-CW)測定後分20~40g及40~90g等2種截切力。砧木留高度2~4cm將莖剪斷，再以鋒利刀片自切口中央向下切開約1cm；接穗基部做單面或雙面削皮1.5cm長，再將末端斜削0.3cm呈楔形，將接穗插入砧木中，再用小夾子(西瓜夾)固定之(圖1上)，小夾子可於嫁接後3星期取下。

嫁接後隨即用400cc透明塑膠杯(杯口直徑9cm)罩住整個嫁接苗，杯口稍入盆中土壤表面(圖1下)，盆中土壤水分管理分土壤含水量10%、12%及14%等3種方式，於86年9月、87年9月、88年3月及88年10月分別在本場新化分場溫室中進行，每次嫁接苗數量200株以上，培養管理中無特殊之溫度控制。

(三) 調查項目

1. 嫁接成活率：調查嫁接後之存活百分率(%)。
2. 透明塑膠杯罩住嫁接苗後，杯內的相對濕度以Stow Away記錄，每半小時測試記錄1次，連續2日。

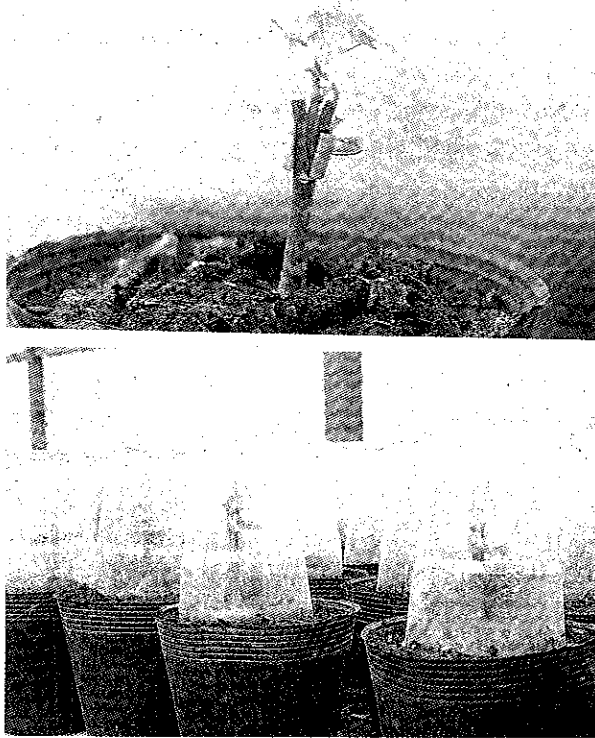


圖 1. 番木瓜劈接（上）及透明塑膠杯罩住嫁接苗之保濕措施（下）。

Fig. 1. Papaya grafting with cleft method (upper) and equipment of transparent PE cup for covering the grafting plants (lower).

二、番木瓜嫁接苗田間栽培試驗

(一) 試驗方法

試驗方法 2 號嫁接苗之田間栽培試驗園，設於台南縣大內鄉，面積 0.25 公頃，屬排水良好之砂質壤土，採網室栽培管理。作高畦，畦面均覆黑色塑膠布，行株距 2.7m×2m，每植穴嫁接苗種 1 株，台農 2 號組織培養扦插苗亦種 1 株，台農 2 號實生苗則種 3 株，後二者作為對照用，實生苗栽培至可辨別花性時，僅留兩性株 1 株，其餘均砍除之。田間排列依台農 2 號實生苗、台農 2 號/2 號嫁接苗、台農 2 號組織培養扦插苗、台農 2 號/5 號嫁接苗及台農 2 號實生苗之順序排列，各植 2 畦；種植株數分別為 79、94、87、75 及 54，於 87 年 11 月 20 日定植，栽培管理期間均依農戶之栽培管理方式行之；實生苗部分之管理，於 88 年 1 月 31 日進行拉倒矮化處理。結果期間除摘除畸形果外均不疏果。

(二) 調查項目及方法

1. 株高：約每 15 天 1 次，調查植株自地際部至頂葉之高度，每種苗每畦 10 株計 20 株，自 12 月 4 日至 6 月 4 日止。

2. 莖粗：以游標尺調查植株樹幹離地際部 20cm 高度處於 12 月 4 日及 6 月 4 日之直徑，每種苗每畦 10 株計 20 株。

3. 節間長：於著果期，每種苗每畦 10 株計 20 株，每株於第 1 段著果中，計算 1m 樹幹上之節數，以換算節間長。

4. 葉柄長及葉面積：於著果期，自植株頂端往下之第 10 葉序，調查其葉柄長及葉面積，每種苗每畦 10 株計 20 株。葉面積以長×寬之觀測值，依 $Y = -1.167 + 0.481X$ 之標準曲線圖換算之³⁾。

5. 始花期及高度：每種苗之植株有半數出現第 1 朵花蕾時為其始花期，其離地際部之高度為始花高度；每種苗每畦 10 株計 20 株。

6. 第 1 段著果高度：樹幹上第 1 段著果穩定後，分別量下端第 1 個果實及最頂端 1 個果實之離地際部高度，每種苗每畦 10 株計 20 株。

7. 產量及品質：於果實溝黃時開始採收，每種苗每畦 3 株計 6 株，每次採收秤重，並逢機選 10 粒，以乙烯（電土）催熟後以供品質分析。果肉甜度以屈折計測定之。果肉水分含量之測定，以（濕重－乾重）／濕重×100% 表示並代表果肉之果汁含量。

三、生產成本調查

- (一) 嫁接苗成本支出。
- (二) 嫁接苗自定植田間至開花著果期之部分田間管理工資。
- (三) 採收果實之工資。
- (四) 生產成本及收益。

結 果

一、嫁接成活率

番木瓜兩性株嫁接苗所需要之接穗，係以組織培養方法，將優良兩性植株之頂芽經繼代繁殖構生枝而得，其適合做為嫁接之接穗大小及硬度（即木質化情形），對嫁接成活率影響很大。民國 86 年 5 月進行初步嫁接嚐試時，接穗如短於 3cm 且莖基部直徑小於 0.2cm 及截切力小於 20g 時，均無法成活。民國 86 年 9 月至 88 年 10 月，經 2 年 4 次針對接穗大小、硬度及盆中土壤水分含量等加以調整，其嫁接之成活情形，由表一中可知，接穗長度 3~4cm、莖基部直徑 0.2~0.3cm 且截切力 20~40g 時，盆中土壤含水量如保持 14%，嫁接在台農 2 號砧木的成活率為 26%，嫁接在台農 5 號砧木上的成活率則為 30%；如將接穗基部的截切力培養至 40~90g 且盆中土壤含水量保持在 12% 時，則嫁接在台農 2 號及台農 5 號砧木上，可分別獲得 79% 及 68% 之成活率；另外如將盆中土壤含水量維持在 10% 時，嫁接在台農 2 號砧木上則可高達 80% 之成活率。

表 1. 番木瓜台農 2 號組織培養接穗之嫁接成活率。

Table 1. Surveys on survival rate of scions by tissue culture for grafting of *Carica papaya* cv Tainung 2.

Length	Scion size		Stock Varieties	Total plant let 1) grafted	Survival Rate (%)	Soil water content pod (%)	Date of grafting
	Diameter of Stem base	Cut force of stem base					
3~4cm	0.2~0.3cm	20~40g	Tainung2	330	26	14	Sept.,1997
			Tainung5	366	30		
3~4cm	0.2~0.3cm	40~90g	Tainung2	210	79	12	Sept.,1998
			Tainung5	210	68		
3~4cm	0.2~0.3cm	40~90g	Tainung2	690	80	10~11	Mar.,1999
3~4cm	0.2~0.3cm	40~90g	Tainung2	400	80	10	Oct.,1999

1) The grafted plantlets were covered with 400ml PE transparent cup for the purpose of keeping inside air moisture.

番木瓜嫁接後隨即以 400cc 透明塑膠杯罩住（圖 1 下），杯中很快會積有水氣，甚至杯壁均附著有水滴，由圖 2 中可知，經連續 2 日的測試結果，即使杯頂留有 1cm 直徑的圓洞，杯中之相對濕度均保持在 92~100% 之高濕度；但杯外的相對濕度 1 日之中就有 10 小時以上的 60% 低濕度。杯中之高濕度，能使接穗之葉片不致失水而凋落，平均 10~14 日即可將塑膠杯移走，再經約 14 日充分生長（圖 3 上左）及組織緊密結合後（圖 3 上右），即可定植於田間。

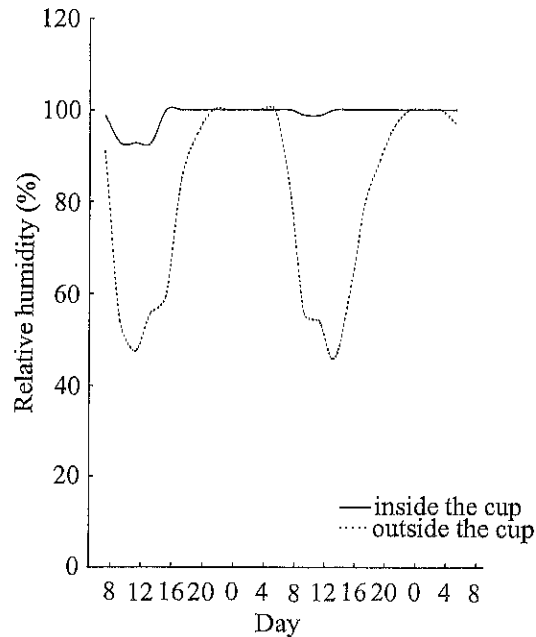


圖 2. 10%~12%土壤含水量之盆植番木瓜嫁接苗以透明塑膠杯罩住時杯內及杯外相對濕度之日變化。

Fig. 2. Diurnal change of relative humidity (%) inside or outside of the PE transparent cup during covering the papaya grafting plants which was growing in the pot with 10~12% of soil water content.

二、嫁接苗之初期生長及著花

番木瓜台農 2 號/2 號嫁接苗、台農 2 號/5 號嫁接苗、台農 2 號組培扦插苗及台農 2 號實生苗等定植時之植株大小，株高分別為 18cm、20cm、15cm 及 8cm；莖粗除實生苗為 2mm 外，其餘均為 4mm，顯然實生苗在定植時均比嫁接苗或扦插苗矮小；根系中無論是嫁接苗或實生苗均有明顯的主根，組培扦插苗則無（圖 4）。比較嫁接苗自定植後 6 個月中之株高生長情形，由圖 5 中可知，無論那一種種苗，均會隨著時間的推移而增高，但台農 2 號/5 號嫁接苗依序比台農 2 號/2 號嫁接苗及台農 2 號組培扦插苗高；而台農 2 號實生苗自定植後即最為矮小且於 1 月 30 日實施拉倒矮化生長，但於定植後 4 個月（4 月 4 日）、5 個月（5 月 4 日）及 5 個半月（5 月 20 日）之株高即分別高於台農 2 號組培扦插苗、台農 2 號/2 號嫁接苗及台農 2 號/5 號嫁接苗。表示嫁接苗無論是台農 2 號砧木或台農 5 號砧木，自定植後 5 個月或 5 個半月內均比實生苗生長高大，但之後即較為矮化；此種生長現象，對台農 2 號組培扦插苗而言，則表現在定植後 4 個月。

番木瓜嫁接苗接合處之生長情形，於定植後 2 個月時，其接穗及砧木之嫁接處雖已完全癒合，但上下仍未完全結合（圖 3 下左），至定植後 4 個月時，其接合處之生長已甚均勻，從外觀上已分辨不出嫁接之痕跡（圖 3 下右）。

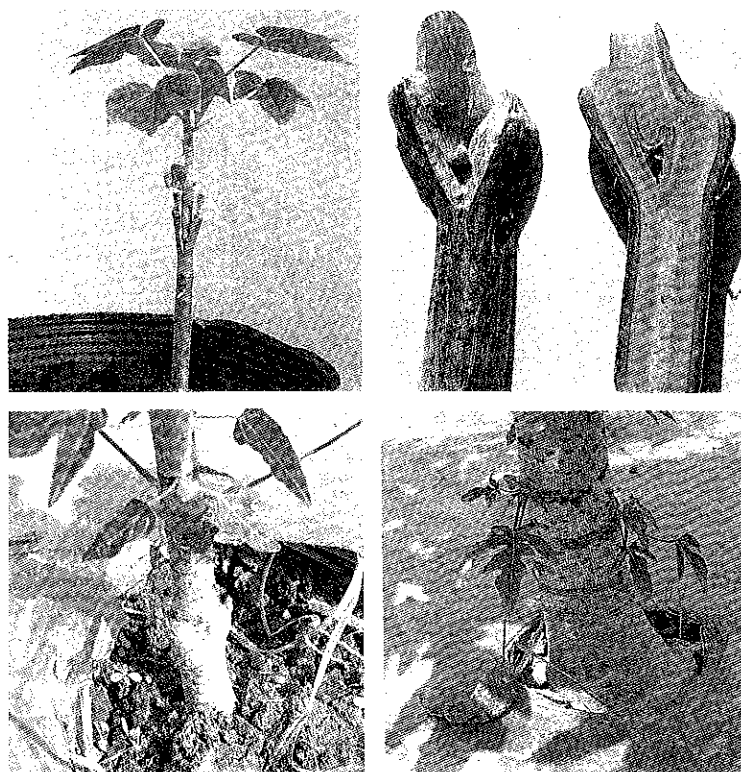


圖 3. 番木瓜嫁接之接合生長情形。

上左：嫁接後 30 日可定植於田間。

上右：嫁接後 30 日嫁接部位生長之縱切面。

下左：定植後 2 個月已大部份嫁接結合。

下右：定植後 4 個月完全嫁接結合。

Fig. 3. The steps of union growth of papaya grafting.

Upper left : The grafting, 30 days after being grafted, it could be transplanted in the field.

Upper right : Longitudinal sectioning of grafted area, the tissues were strongly knit together.

Lower left : The grafting plant for 2 months, grow very well with a most graft union after transplanting.

Lower right : The grafting for 4 months, grow very well with a perfect graft union after transplanting.

番木瓜植株開始進入著花之時期，會因不同之種苗而有明顯的差異，由表二中得知，台農 2 號/2 號嫁接苗及台農 2 號/5 號嫁接苗其著花始期均在 2 月上旬，亦即自定植後 2 個半月即可著花，比台農 2 號組培扦插苗及台農 2 號實生苗分別提早 1 個月及 1 個半月，易言之，台農 2 號實生苗之著花期表現最晚。著花後檢視花性的表現，台農 2 號無論嫁接在台農 2 號或台農 5 號砧木上，均為 100% 的兩性株；台農 2 號組培扦插苗亦均為兩性株，台農 2 號實生苗之兩性株比率則為 67%，其他 33% 為雌性株。著花時之著花高度，無論是台農 2 號/2 號嫁接苗、台農 2 號/5 號嫁接苗或台農 2 號組培扦插苗等均比台農 2 號實生苗平均低 26cm；但株高卻比實生苗分別高出 30cm、40cm 及 13cm；樹幹生長除台農 2 號/5 號嫁接苗較大外，其餘均與實生苗相若。

綜上所述，台農 2 號/2 號嫁接苗及台農 2 號/5 號嫁接苗分別在定植後 5 個月及 5 個半月內比實生苗生長高大，但著花高度卻平均矮 26cm，著花始期提早 1 個半月，之後之株高生長均比實生苗矮化。另台農 2 號組培扦插苗的株高生長恰介於嫁接苗與實生苗之間的表現。



圖 4. 不同番木瓜苗之根系比較。

Fig. 4. Comparison of root system on different seedings of papaya. Left to right : Tainung 2/5 grafting with tap root system, Tainung 2/2 grafting with tap root system, Tainung 2 microcutting with fibrous root system and Tainung 2 true seedling with tap root system.

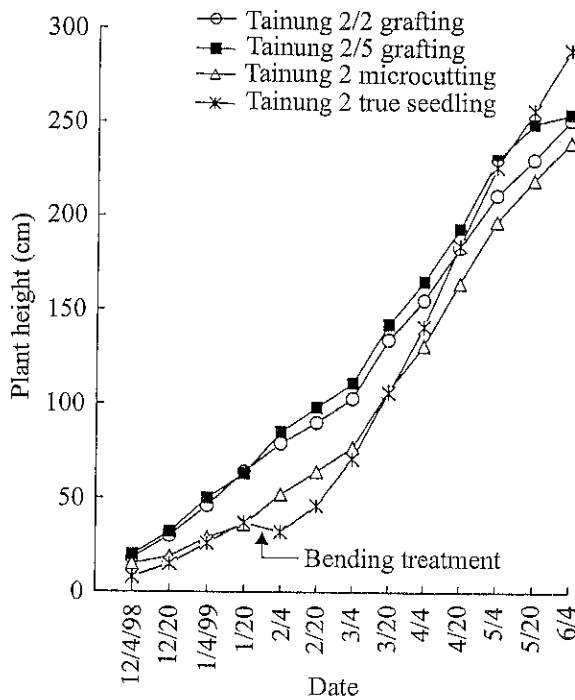


圖 5. 不同番木瓜種苗之株高生長比較。

Fig. 5. Growth comparison of plant height of different papaya seedlings.

表 2. 不同番木瓜種苗花蕾期之生長比較。

Table 2. The growth comparisons of different seedlings at flower initiation stage of *Carica papaya* L.

Seedlings	Date of flower ¹⁾ initiation	Flowering height (cm)	Sex expression (%) ⁴⁾		Plant height (cm)	Trunk diameter (cm)
			G	H		
Tainung2/2 grafting	Early Feb.	53 ± 1 ²⁾	--	100	129 ± 2	5.8 ± 0.1
Tainung2/5 grafting	Early Feb.	55 ± 1	--	100	139 ± 2	6.0 ± 0.1
Tainung2 microcutting	Early Mar.	53 ± 1	--	100	102 ± 3	5.0 ± 0.2
Tainung2 true seedling ³⁾	Middle Mar.	80 ± 1	33	67	89 ± 3	4.8 ± 0.1

1) The date of half plants with flower initiation.

2) Values ± SE.

3) The true seedlings were treated with bending for 2 months from late Jan. of 1999.

4) G : Gynoecious.

H : Hermaphrodite.

表 3. 番木瓜不同種苗果實發育期之植株生育。

Table 3. Surveys on the plant growth of different seedlings at fruit development stage of *Carica papaya* L.

Seedlings	Trunk diameter (cm)	Total growthe of plant height (cm)	Length of internode (cm)	Length of petiole (cm)	Single leaf area (cm ²)	Date of 1st fruiting skip	Height of 1st fruiting skip from row surface (cm)
Tainung2/2 grafting	12.4 ± 0.2	233 ± 2.2	2.7 ± 0.1	105 ± 1.2	3139 ± 80	Late Jun.	44 ± 1.8 – 174 ± 3.7
Tainung2/5 grafting	13.5 ± 0.2	247 ± 2.2	2.9 ± 0.1	106 ± 1.1	3221 ± 77	Late Jun.	50 ± 2.1 – 195 ± 3.7
Tainung2 microcutting	12.2 ± 0.2	224 ± 2.5	2.9 ± 0.1	97 ± 1.1	3212 ± 78	Late Jun.	41 ± 1.5 – 184 ± 3.2
Tainung2 true seedling	12.9 ± 0.2	280 ± 4.4	4.1 ± 0.1	96 ± 1.1	2537 ± 89	Late July	76 ± 3.1 – 236 ± 6.6

Values ± SE

三、嫁接苗之著果與植株生長

根據田間之調查，番木瓜植株上第 1 段果實完成著果之時期，台農 2 號嫁接苗及組培扦插苗均在 6 月下旬，比實生苗的 7 月下旬提早約 1 個月。此時期即為果實發育期，有關植株之生長情形，由表三之結果可知，樹幹生長以台農 2 號/5 號嫁接苗之 13.5cm 為最大，其次為台農 2 號實生苗之 12.9cm、台農 2 號/2 號嫁接苗及台農 2 號扦插苗分別為 12.4cm 及 12.2cm 為最小；株高之生長如與台農 2 號實生苗的 280cm 比較，台農 2 號/5 號嫁接苗、台農 2 號/2 號嫁接苗及組培扦插苗仍然分別矮 33、47 及 56cm；另由節間的長度表示時，亦以台農 2 號實生苗為最長達 4.1cm，台農 2 號嫁接苗或組培扦插苗則平均為 2.8cm，顯現出嫁接苗或組培扦插苗之矮化生長。至於葉片的生長，台農 2 號嫁接苗之葉柄比扦插苗及實生苗長 10cm，且單片葉面積平均大 25%（表三），為另一種嫁接苗之生長特性。

番木瓜第 1 段果實在樹幹上之高度，由表三中可知，不同種苗間的表現具有明顯的差異。台農 2

號/2 號嫁接苗之第 1 段著果高度為自離地際部 44cm 至 174cm 為最低，其他分別為台農 2 號組培扦插苗 41cm 至 184cm、台農 2 號/5 號嫁接苗 50cm 至 195cm、台農 2 號實生苗則達 76cm 至 236cm。如以第 1 著果段的長度而言，台農 2 號/2 號嫁接苗為 130cm，台農 2 號組培扦插苗 143cm，台農 2 號/5 號嫁接苗 145cm，台農 2 號實生苗則為 160cm。

番木瓜台農 2 號嫁接苗在著果及果實發育期之生育綜合表現，比台農 2 號實生苗矮粗、節間短、葉柄長、葉面積大，第 1 段著果之始果高度平均矮 29cm 及最末端果實高度平均矮 51cm 且著果較集中（圖 6），其完成著果的時間提早 1 個月。另台農 2 號組培扦插苗除株高生長較矮及葉柄較短外，均與嫁接苗具有相同的生長及著果特性。



圖 6. 番木瓜嫁接苗（左）及實生苗（右）之第 1 段著果高度比較。

Fig. 6. Comparison of fruiting height of 1st fruiting skip between graftings (left) and true seedlings (right).

四、產期、產量及品質

番木瓜果實採收期，會因栽培不同種苗而有先後之別，由表四可知，台農 2 號/5 號嫁接苗及台農 2 號組培扦插苗其採收期均自 7 月下旬開始而至 11 月下旬結束，比台農 2 號實生苗之 9 月上旬開始而至 11 月下旬提早 1 個半月，其第 1 段果實之產量分別為每株 67.8、94.3 及 80.6kg，分別比實生苗之 65.9kg 高出 3%、43% 及 22%，且果實在樹幹著生之高度，均為離地面 2m 以下，甚方便於採收；但實生苗的果實則有 37% 位於 2m 以上之高度，採收必須借助其他工具，頗為費工。番木瓜之果實產量，若以果粒數表示時，由表三及表四可知，台農 2 號/2 號嫁接苗之第 1 段著果長度 130cm 可採收平均果重 628g 之果實 108 粒，平均每公尺樹幹結 83 粒；台農 2 號/5 號嫁接苗之第 1 段著果長度 145cm 可採收平均果重 664g 之果實 142 粒，平均每公尺樹幹結 98 粒；台農 2 號組培扦插苗之第 1 段之著果長度 143cm 可採收平均果重 650g 之果實 124 粒，平均每公尺樹幹結 87 粒；台農 2 號實生苗之第 1 段著果長度則為 160cm 可採收平均果重 672g 之果實 98 粒，平均每公尺樹幹結 61 粒。由此顯示，番木瓜台農 2 號以嫁接苗方式栽培，可增加著果密度及提高著果量，其產量以台農 5 號為砧木時，比實生苗增加 43%，以台農 2 號為砧木時亦可增加 3%；台農 2 號組培扦插苗則介於二種嫁接苗之間。

番木瓜果實品質以可溶性固形物及果汁含量來表示時，由表四中可知，台農 2 號/2 號嫁接苗、台農 2 號組培扦插苗及台農 2 號實生苗之糖度很相近，分別為 12.4、12.7 及 12.1° Brix，而台農 2 號/5 號嫁接苗則稍低為 11.6° Brix；果汁含量分別為 88.4、88.2、89.1 及 89.6%，亦頗相近。台農 2 號番木瓜以台農 5 號品種為砧木嫁接時，糖度有稍低之趨勢。

表 4. 番木瓜第 1 段果實之產量及品質。
Table 4. Surveys on the yield and quality of 1st fruiting skip of *Carica papaya* L.

Seedlings	Fruit yield per plant										
	Fruiting 2)		2m height from basal stem		2~2.5m height from basal stem		Total		Fruit Ave. wt. (g)	Harvest Period	°Brix
No.	Kg	No.	Kg	No.	Kg	No.	Kg	(%)			
Tainung2/2 Grafting	83±3.4 ¹⁾	108 (163%)	67.8	-----	-----	108±4.4 (110%)	67.8 (103%)	628	7/25~11/30	12.4	88.4
Tainung2/5 grafting	98±3.7	142 (226%)	94.3	-----	-----	142±3.8 (145%)	94.3 (143%)	664	7/25~11/30	11.6	89.6
Tainung2 Microcutting	87±3.4	124 (193%)	80.6	-----	-----	124±4.8 (127%)	80.6 (122%)	650	7/25~11/30	12.7	88.2
Tainung2 true seedling	61±5.6	62 (100%)	41.7	36	24.2	98±4.1 (100%)	65.9 (100%)	672	9/1~11/30	12.1	89.1

1) Values ± SE.

2) Values shows the number of fruit on 1m length of stem.

五、生產成本及收益

(一) 開花前田間管理及果實採收工資比較

番木瓜嫁接苗每株價格如以 25 元計算（即包括接穗 8 元、砧木 4 元、嫁接工資 3 元及利潤與消耗 10 元），每植穴植 1 株，每公頃 2,000 株需種苗費 50,000 元；而每植穴需植 3 株實生苗之每公頃種苗用量為 6,000 株，每株以 3.8 元計算則僅為 22,800 元，因此每公頃的種苗費，嫁接苗比實生苗高出 27,200 元（表五）。唯種苗定植後之管理，如僅比較至著花期之初期栽培管理，由表五中可知，定植時的打洞及種植，植嫁接苗時每公頃可比植實生苗節省 2,000 元；灌溉工資節省 32,000 元；植嫁接苗不需拉倒矮化，可節省 6,000 元；嫁接苗因均為兩性株，亦不需選擇砍伐，可節省 3,000 元，因此，種植嫁接苗後包括種苗費及初期田間管理，比種植實生苗每公頃可節省 18% 之成本支出；另種植組培扦插苗時亦復如此。

至採收果實時，因嫁接苗或組培扦插苗第 1 段果實的最高著果高度均低於 2m 以下，容易進行手採，每人每天可採 1,200kg，如每日工資以 800 元計算，則每公斤果實採收工資為 0.7 元；實生苗的著果高度有 63% 低於 2m 以下，採收工資相同，但其餘的 37% 則高於 2m 以上，採收時必須借助其他採收工具，其採收量每人每天僅 360kg，每公斤的採收工資高達 2.2 元，易言之，採收實生苗之果實時，平均每公斤需 1.2 元。因此，採收果實所需之工資，會隨產量及著果高度而不同，由表五中可知，每公頃的採收工資以實生苗的 158,160 元（產量 131,800kg）為最高，其次分別為台農 2 號/5 號嫁接苗 132,020 元（產量 188,600kg）、台農 2 號組培扦插苗 112,840 元（產量 166,200kg）及台農 2 號/2 號嫁接苗 94,920 元（產量 135,600kg）。

不同番木瓜種苗之開花前田間管理工資及種苗費與採收果實所需工資合計比較時，栽培台農 2 號/2 號嫁接苗比實生苗節省 32%，其次分別為台農 2 號組培扦插苗及台農 2 號/5 號嫁接苗的 25% 及 17%。

表 5. 不同番木瓜種苗費及開花前田間管理與果實採收工資之比較。

Table 5. The comparisons of seedling cost and wages for field management before flowering and fruit harvest of *Carica papaya* L. (NT\$/ha).

Items	wages							Total	Indes (%)
	Cost of seedling	Making hole and transplanting	Irrigation	Bending	Selective cutting	Harvest			
Tainung2/2grafting	50,000 ¹⁾	4,000	16,000	-----	-----	94,920 ³⁾	164,920	68	
Tainung2/5grafting	50,000	4,000	16,000	-----	-----	132,020	202,020	83	
Tainung2microcutting	50,000	4,000	16,000	-----	-----	112,840	182,840	75	
Tainung2true seedling	22,800 ²⁾	6,000	48,000	6,000	3,000	158,160	243,960	100	

1) 2,000 planting holes per 1 hectar that is transplanted with 1 grafting or microcutting (NT \$ 25 for each) in each hole.

2) 2,000 planting holes per 1 hectar that is transplanted with 3 true seedlings (NT \$ 3.8 for each) in each hole.

3) Based on the harvest fee of 1.2 and 0.7 NT dollars per 1kg for true seedling and grafting or microcutting respectively.

(二) 總生產成本與收益

栽培網室番木瓜不同種苗時，除種苗費、開花前田間管理工資及採收果實工資因而有差異外，其他如整地、作畦、PE 塑膠布畦面覆蓋、搭設網室、灌水、施肥、病蟲害防治、除草及網室拆除等所需栽培成本均為相同，經調查結果，自種植至果實採收完畢之 13 個月期間均需 755,540 元，因此，比較每公頃合計所需之總生產成本時，亦以栽培實生苗的 999,500 元為最高（表六），栽培台農 2 號/2 號嫁接苗則可節省 8%，其次台農 2 號組培扦插苗為 6%，台農 2 號/5 號嫁接苗則為 4%。

番木瓜之市場交易價格，以 7 月至 12 月之共同運銷結果，平均為每公斤 15 元，以此計算每公頃之總收入及收益時，會因不同種苗之不同生產量而差異頗大，台農 2 號實生苗每公頃產量 131,800kg，總收入 1,977,000 元，收益達 977,500 元；台農 2 號/5 號嫁接苗產量 188,600kg，總收入 2,829,000 元，收益比實生苗增加 92% 計 1,871,440 元為最高；其次台農 2 號組培扦插苗產量 166,200kg，總收入 2,418,000 元，收益亦比實生苗增加 51% 計 1,479,620 元；台農 2 號/2 號嫁接苗產量 188,600kg，總收入 2,829,000 元，收益則比實生苗增加 14% 計 1,113,540 元（表六）。

表 6. 網室栽培不同番木瓜種苗之生產成本及純收益比較。

Table6. The comparisons of production cost and net profit for planting different seedlings of *Carica papaya* L. in net house.

Seedlings	Production cost ¹⁾		Estimated fruit yield (kg/ha)	Total income ³⁾ (NT \$/ha)	Net profit	
	(NT \$/ha)	Index (%)			(NT \$/ha)	Index (%)
Tainung2/2grafting	920,460	92	135,600 ²⁾	2,034,000	1,113,540	114
Tainung2/5grafting	957,560	96	188,600	2,829,000	1,871,440	192
Tainung2microcutting	938,380	94	166,200	2,418,000	1,479,620	151
Tainung2true seedling	999,500	100	131,800	1,977,000	977,500	100

1) A same total of 755,540 NT dollars for planting different seedlings is included for ground making (5,000), furrowing (3,000), mulching with PE cloth (6,500), net house construction (560,000), fertilizers (104,400), pest control (25,600), irrigation (16,000), weeding (11,040) and net house removal (24,000).

2) The values are the total fruit yield of 2,000 plants per hectare.

3) Based on the average fruit price of 15 NT dollars per kg.

綜合產量及成本分析結果，栽培台農 2 號嫁接苗，無論以台農 5 號或 2 號為砧木，均可比栽培台農 2 號實生苗分別降低 8% 及 4% 的生產成本，且增加收益達 92% 及 14%；另台農 2 號組培扦插苗的生產成本及收益，則介於此二種嫁接苗之間。

討 論

番木瓜以嫁接方法進行營養繁殖時，依 Ramkhelawan 等¹⁴⁾之研究結果，用生長 75 日的植株，分別取用為砧木或接穗，其嫁接成活率，以頂端劈接法 (terminal wedge) 的 100% 分別優於嵌木芽接法 (chip budding) 的 85% 及側接法 (side grafting) 的 75%，劈接法可以成為商業化營養繁殖番木瓜

種苗之最佳方法。陳等²⁾調查番木瓜嫁接苗之生長時，其所使用的嫁接苗，是以盆栽的實生苗，於株高 30cm 高時，採用劈接法將頂梢切下嫁接於自根的砧木上。因此本研究為了結合番木瓜組織培養全兩性穢生枝與實生苗具有主根能使根系生長較深及固定作用較大的優點，亦採劈接法，以穢生枝頂梢為接穗嫁接於實生苗為砧木上。組織培養穢生枝生長至可以做為接穗材料的枝梢狀況，應在長約 6cm 及基部達 40g 以上截切力時，期間約 6 週，比起一般穢生枝繼代培養僅需 3 週的時間增加 1 倍。此種嫁接苗繁殖方式可以大量生產同一性別的種苗，而且均具有表現主根的特性，但由於所使用的接穗材料來自組織培養，與前述學者所使用較成熟植株為嫁接材料之比較，植體相當幼嫩，自瓶中移出切取後，如無任何保護，經 3~5 分鐘即開始失水凋萎，因此，嫁接完成後，需隨即以 400cc 透明塑膠杯罩住整個植株；因杯口稍有壓入土壤表面，杯中的相對濕度，會由杯口範圍的土壤水分蒸發而得到很高的濕度，此種濕度可以維持接穗與砧木在未接合成活前，接穗之葉片不致凋落，成為決定番木瓜嫁接是否能成功的首要條件，此與 Allan⁸⁾ 取番木瓜之側枝扦插繁殖為扦插苗時，葉片周圍的空氣中相對濕度，必須借著噴霧以維持 85% 以上時，才能使葉片不致脫落而容易成活的現象，頗有異曲同工之效。

本研究進行嫁接苗培養過程中，盆中土壤水分之管理，如保持在很濕潤的 14% 土壤含水量時，很容易造成砧木地際部或接穗與砧木接合部腐爛而死亡，其腐爛死亡率達 70~74%；但如土壤含水量保持在 10~12% 時，則嫁接苗腐爛率可降低至 20~32%，此現象可能是土壤中水分含量過高時，根壓過高，根部吸收大量水分往上運輸後，因接穗尚未與砧木接合成活而無法因蒸散作用打通體內水分流通所造成，亦可能易由 *Phytophthora* 之感染所引起，真正原因有待進一步探討。

組織培養扦插苗經種植於田間後與實生苗比較，依 Drew¹³⁾ 及張等³⁾ 之調查結果，生長初期之植株極為旺盛，幼年期較短；即提早著花，著花高度較低。本研究番木瓜嫁接所使用之接穗，與張等³⁾ 研究組織培養扦插苗生長特性時為同一來源之材料，此種台農 2 號雖以嫁接方式為嫁接苗，其與台農 2 號實生苗之比較結果，亦與台農 2 號組織培養扦插苗具有相同生長特性之趨勢，但又比扦插苗之生長較為旺盛，著花時間提早半個月；此其中，不同嫁接砧木之表現，又以台農 5 號砧木比台農 2 號砧木之生長較為高大，易言之，台農 5 號生長比台農 2 號旺盛的品種特性，均影響到接穗的生長，但不會影響接穗的花性表現，兩性株嫁接苗無論嫁接在台農 5 號或台農 2 號砧木上，其植株的性別均為 100% 的兩性株。

以株高生長而言，台農 2 號嫁接苗或扦插苗自定植田間後 4 個月內均比實生苗較高大，此可能由於定植時苗高已多 7~12cm，且接穗係由組織培養而來所形成。但自植株於著果期以後，實生苗之株高生長已漸漸分別比嫁接苗或扦插苗快速；其中如實生苗植株無實施拉倒矮化處理，其快速超越生長的時期可能會提早，於第 1 段著果完成期，實生苗植株高度生長量比嫁接苗和扦插苗高出 37~56cm，顯示番木瓜種苗經嫁接後，具有矮化生長之效果。有關番木瓜經嫁接後能使矮化生長的研究報告不多，僅如陳等²⁾ 及 Ramkhalawan 等¹⁶⁾，而該等研究之嫁接材料，均用本身已成長植株之頂梢回接至自根的砧木上而成，確有矮化效果，此種技術亦已在日本琉球的網室番木瓜栽培予以嚐試利用（筆者參加琉球園藝產業研習之心得）。

番木瓜嫁接苗在田間生長後，其結合處之痕跡，經 4 個月已無法從外觀加以區別，亦即上下生長均勻，且樹幹的大小在著果期比較時，與扦插苗或實生苗植株均極相似。惟樹幹上節間的長度則有明顯的區別，實生苗植株節間長 4.1cm，比嫁接苗或扦插苗平均長 1.4cm，易言之，嫁接苗或扦插苗植株每公尺樹幹上比實生苗植株多 13 節，即多 13 片葉，且葉片之葉柄較長 10cm，葉面積多 25%，形成嫁接苗植株葉片向外擴伸而有生長矮壯的現象，此種嫁接苗植株葉片之生長在樹幹節間縮短後，仍表現葉柄較長葉面積亦較大的現象 (Babu, et al., 1989)¹¹⁾，實屬正常的發育。因此在同一行株距情形下，嫁接苗應比實生苗加寬為宜，以避免枝葉發生重疊。

番木瓜嫁接苗提早著花及降低著花高度之特性，亦同樣表現在著果期及著果高度。第 1 段果實完

成著果的時間，嫁接苗及扦插苗植株比實生苗植株提早 1 個月，著果高度平均低 31cm。又第 1 段果實之長度，實生苗植株長於嫁接苗或扦插苗達 21cm，此與樹幹之節間較長有密切的關係，亦影響將來採收果實時，有著高度上採收較不易之困擾。

台農 2 號番木瓜以組培扦插苗栽培，依張等³⁾ 的研究結果，其產期及產量均比實生苗提早且較高。本研究調查之台農 2 號組培扦插苗，其產期及產量比實生苗提早 1 個半月採收及增加 22% 產量而亦獲致相同的結果，當台農 2 號組培扦插的材料使用為接穗而嫁接於台農 2 號或台農 5 號實生苗為砧木上時，此種嫁接苗的果實採收期及產量表現，亦與組培扦插苗具有相同的特性，即提早採收及提高產量；惟在提高產量方面，台農 5 號砧木的 43% 確優於台農 2 號砧木的 3%，易言之，不同砧木間對番木瓜嫁接苗之果實產量影響頗大。又果實糖度之品質方面，因台農 5 號品種平均為 10.5° Brix，而台農 2 號則平均高達 12 度⁴⁾，品種間即有糖度上之差異，以致本研究以台農 5 號做為砧木時，極可能影響到接穗台農 2 號的糖度，由平均 12.4 度降為 11.6 度。

台農 2 號番木瓜之兩性果比雌性果肉厚及產量較高且不必人工授粉，深受消費者及生產者喜愛，一般栽培時，為了生產兩性果，只有栽培兩性株，但依實生苗繁殖時卻無法得到全兩性株，只有靠改善栽培法才能達成，其方法包括 1 植穴種 3 株，俟植株開花可辨別花性時，再選擇間伐而留 1 株兩性株，及為了降低開花著果高度，拉倒矮化處理亦為必須處理之技術，而完成比項工作之時間約需 4 個月，每公頃需增加管理工資達 43,000 元，如果栽培全兩性嫁接苗或組培扦插苗時，則可全部避免支出。

番木瓜之採收適期為溝黃期，其發育及成熟係由下往上順序發展，採收時亦循序漸上，採多次進行，為確保果實品質，均以手採為主，但著果高度如為人體高度所不及時，仍需借助其他採收輔助工具如梯子或長臂採果網袋。因此，果實採收之效率即隨著果高度而不同，一般人體高度所及之果實，1 日平均可採 1,200kg，而非人體高度所及之部分，則 1 日平均僅採 360kg，效率之差異頗大，所以番木瓜之著果高度約在 2m 以下者，甚方便於採收。

番木瓜因有病毒病 (virus disease) 之為害，在抗病品種及有效防治藥劑尚未發明以前，網室栽培番木瓜仍為確保產量及品質之最佳方法，由於網室搭建及採除的成本相當高，每公頃需達 584,000 元，為提高收益，番木瓜以網室栽培必須研究如何降低生產成本及提高產量才能達成。本研究研發之嫁接苗，經 13 個月之試驗結果，以台農 5 號及台農 2 號為砧木分別可降低生產成本 8% 及 4%；提高產量 43% 及 3%；增加純收益 92% 及 14%；另外以組培扦插栽培時亦可降低 6% 生產成本、提高 22% 產量及增加 51% 純收益。

結 論

生產番木瓜台農 2 號全兩性嫁接苗的方法，是以組織培養兩性繼生枝，經 6 週培養，枝梢長達 6cm 及莖基部直徑 0.2cm 或截切力達 20g 以上即可剪取 3cm 長做為接穗，採劈接法，將接穗嫁接於盆栽實生苗為砧木上，再以透明塑膠杯罩住整個嫁接苗，經 10~14 日保濕培養後，再經 14 日即可定植於田間，此期間盆中介質之土壤含水量應保持在 10~12%，則嫁接成活率可達 80% 以上。

台農 2 號嫁接苗定植於田間後 5~5.5 個月內之生長表現，比台農 2 號實生苗高大，但著花高度較矮 26cm，著花始期提早 1 個半月。著果及果實發育期後，嫁接苗植株的生長反而比實生苗矮粗、葉柄長、葉面積大、第 1 段果實之著果長度較短且著果高度較矮。

不同砧木對接穗影響之比較時，台農 5 號全生育期間比台農 2 號高大，著果部位較高。台農 2 號嫁接苗與台農 2 號組培扦插苗均為同一來源材料，但經嫁接後之生長即表現較為高大，尤其以台農 5 號為砧木時，更為明顯，且著花亦較早，產量較高。

栽培台農 2 號全兩性嫁接苗一植穴種 1 株，如以台農 5 號或台農 2 號為砧木，分別可提高產量 43

% 及 3% ; 降低生產成本 8% 及 4% ; 增加收益 92% 及 14% ; 台農 5 號為砧木時糖度平均降低 0.8° Brix 。

引用文獻

1. 王德男。1984。木瓜栽培。農民淺說 271A—園藝 54。臺灣省政府農林廳編印。
2. 陳世保。沈傳傑。楊耀祥。1998。番木瓜嫁接植株之生長。興大園藝 23(2) : 35~46。
3. 張明聰。廖松淵。1994。番木瓜扦插繁殖及生長結實特性之研究。中國園藝 40(1) : 11~28。
4. 張明聰。1996。台灣熱帶地區木瓜產業經營及展望。台灣熱帶地區果園經營管理研討會專刊。高雄區農業改良場編印。
5. 張明聰。呂俊堅。1997。木瓜嫁接苗繁殖技術之開發。農業世界 167 : 34~36 農業世界雜誌社編印。
6. 臺灣省政府農林廳。1999。臺灣農業年報。
7. 戴邦本。1967。木瓜栽培。指導員手冊 050B—園藝 12。臺灣省政府農林廳編印。
8. Allan, P. 1964. Papaws grown from cutting. Farming in S. A. 39(11) : 35~40。
9. Akamine, E. K., W. Yee, G. M. Aoki, F. H. Haramoto, R. B. Hino, O. V. Holtzmann, R. H. Hamilton, J. T. Ishida, J. H. Keeler, and H. Nabasone. 1970. Papaya in Hawaii. Cooperative extension service circular 436。
10. Arkle, T. D. J. and H. Y. Nakasone. 1984. Floral differentiation in the hermaphrodite papaya. Hort Science 19 : 832~834。
11. Babu, R. C., S. Mohandass, L. Veerannah and M. Nagarajan. 1989. Leaf area in relation to petiole length in papaya. South Indian Horticulture 37(1) : 48~49。
12. Drew, R. A. 1988. Rapid clonal propagation of papaya *in vitro* from mature field-grown trees. HortScience 23(3) : 609~611。
13. Dutta, P. K. and B. C. Mazumdar. 1989. Studies on the protein content of male and female papaya (*Carica papaya* L.) trees. South Indian Horticulture 37(5) : 295。
14. Hofmeyr, J. 1938. Genetical studies of *Carica papaya* L. S. Afr. J. Sci. 35 : 300~304。
15. Nandi, A. K. and B. C. Mazumdar. 1990. Biochemical differences between male and female papaya (*Carica papaya* L.) trees in respect of total RNA and the histone protein level. Indian Biologist 22(1) : 47~50。
16. Ramkhelawan, E. and N. Baksh. 1998. Vegetative propagation of papaya (*Carica papaya* L.) in Trinidad. Tropical fruits newsletter 29 : 9~11。
17. Rao, O. P., R. N. Singh and B. P. Singh. 1985. Sex identification in papaya through colorimetric tests and morphological characters of leaf petiole. Prog. Hort. 17 : 340~ 346。
18. Songpol, S., J. F. Robert, J. Marcelle, D. Rod, L. Wendy and W. G. Michael. 1998. Developing molecular markers for sex prediction in papaya (*Carica papaya* L.). Proc. Int. Symp. Biotechnology, Tropical and subtropical species. Acta Hort. 461 : 141~148。
19. Sriprasertsak, P., S. Burikam, S. Attathom and S. Piriyaawong. 1988. Determination of cultivar and sex of papaya tissue derived from tissue culture. Kasetsart J. Natural Sciences 22(5) : 24~29。
20. Storey, W. B. 1938. Segregation of sex types in Solo papaya and their application to the selection of seed. Amer. Soc. Hort. Sci. 35 : 83~85。

The Growth Characteristics and Efficiency Evaluation of *Carica papaya* L. in Tissue Culture Hermaphroditic Grafting Plants¹

Chang M. T. and C. J. Lu²

Summary

In order to propagate the hermaphroditic seedlings for the production of hermaphroditic fruits of *Carica papaya* cv. Tainung 2 in Taiwan, a system of grafting techniques were studied since January, 1996 until December, 1999. The hermaphroditic scions were entirely propagated from tissue cultured shoot and grafted on the rootstock of true seedlings in Tainung 2 and Tainung 5 respectively with cleft method. Meanwhile, a total of 80% of survival rate were resulted from a simply new developing equipment of using transparent PE cup as a natural keeper of air moisture while covering the whole grafting.

Comparing with Tainung 2 true seedlings, the Tainung 2 graftings, whether it were grafted on Tainung 2 or Tainung 5 rootstocks, were growing vigorously with earlier flower initiation and lower the height in a period of 5~5.5 months after transplanting and then became dwarfish growth. The plant growth of graftings at the fruiting stage appeared special characteristics of shorter internode, longer petiole, more leaf area, lower fruiting height and heavy fruiting density than that in true seedlings. The lower fruiting had a convenience with ease harvesting operation.

The plant growth, development, fruit yield and quality of grafting plants were effected by different stock varieties. The use of rootstock of Tainung 5 and Tainung 2 increased fruit yield by 43% and 3% ; decreased cost of production by 8% and 4% ; increased net profit by 92% and 14% respectively, while the total soluble solid of Tainung 5 rootstock grafting fruit showed a slightly decrease by 0.8° Brix.

Key words : Papaya, Tissue culture, Hermaphrodite, Grafting, Growth characteristics, Yield, Production cost, Efficiency evaluation.

Accepted for publication : January 17, 2000

¹ Contribution No. 257 from Tainan District Agricultural Improvement Station.

² Researcher and Secretary, and Assistant Researcher, respectively. Tainan DAIS. 350 Linsen Rd. section 1, Tainan city 701, Taiwan, R.O.C.