

金柑無毒化種苗生產檢疫與繁殖體系之建立¹

李國明 邱安隆²

摘要

為建立金柑無病毒健康種苗之繁殖體系，蒐集適合健康芽接用酸桔砧木種子，經高溫熱水處理，打破休眠，播種後成活株供砧木嫁接用，每公頃可節省砧木種苗費用 43,000 元。加強無病毒金柑芽體切接繁殖，利用編號 HF-1 健康原種品系分離培育出 HF-1~1 至 20 號等 12 種芽系。以無毒化接穗芽體進行嫁接，成活率 84.1%，山坡地試區株高顯著性地($p=0.05$)高於平地試區，單株結果量以平地試區編號 HF-1~9 號芽系 22 公斤與對照組比較具顯著差異($p=0.05$)，平地各芽系產量均高於山坡地試區品系，果重以山坡地試區之編號 HF-1~16 及平地栽培區 HF-1~15 號分別為 20.2 及 20.1 公克，顯著性地($p=0.05$)高於兩處其他品系，平地試區供試芽系果粒大於山坡地試區，果實糖度平地栽培與山坡地試區無顯著差異($p=0.05$)，兩處供試芽系果實酸度仍偏高。平地或山坡地健康苗試作區，植株園藝特性表現均顯著性地($p=0.05$)優於對照品種。

(關鍵詞：金柑、種苗生產、無病毒、繁殖體系)

前言

金柑(Kumquat)為芸香科(Rutaceae)金柑屬(*Fortunella*)，常綠灌木，因果色金黃美觀，又稱金橘或金棗，具經濟重要性(謔，1969；呂，1995)。金柑原產中國浙江省，於 1906 年由田代氏自日本引進台灣，主要栽培地區為宜蘭縣，佔全省栽培面積 90%以上，由於蘭陽平原三面環山，東臨太平洋，易形成濃霧，為金柑良好的生長環境，使金柑成為宜蘭的特產作物。依據農業統計年報(2004)資料，栽培面積 274 公頃，產量 4174 公噸歸屬雜柑類，以長實金柑〔*Fortunella margarita* (Lour) Swingle〕為主，該品種果形較長，具豐產特性，皮厚肉酸而種子多(李,1997)，主要供加工製作蜜餞。金柑開花習性可區分成三次主要開花期，其開花習性與一般柑橘類如桶柑、椪柑、柳橙及文旦柚等截然不同，獨自形成奇特之開花習性(李,1997)。因生長期及果實肥大期，常與果實成熟期及花芽分化期重疊，可由果實內外部生理或物理變化，作為不同階段成熟度採收之依據(李,1997)。

鑑於金柑自日本引進宜蘭地區栽培經 90 多年來未曾經過品種改良，植株與果實性狀變異性頗大，易感染各種病毒，因此健康苗木生產極為重要(呂,1995)。而蚜蟲類及木蝨更是傳播柑橘毒素病與黃龍病主要媒介昆蟲(羅和邱,1986)，且其他作物多種病毒也藉由蚜蟲傳播(McDonald et al., 2003)。柑桔普遍受黃龍病及數種毒素病感染而致樹齡縮短，植株矮化，產量偏低，嚴重者萎黃枯死(蘇,1988)。柑桔在熱帶與亞熱帶地區普遍感染黃龍病及病毒病，此類系統性病害由無性繁殖之種苗傳播並經媒介昆蟲或機械傳染，極易蔓延整區果園。因此以快速檢疫技術、無病毒種苗體制建立，如頂梢微體嫁接技術(Shoot-tip micrografting technology)或

熱治療法(Heat therapy)與大量健康種苗生產，係防治此病害首要對策(蘇等,1999 Tusa et al.,1998; Mann and Nauriyal, 1985; Raychandhuri et al., 1974)。一般植物病毒檢疫技術包含分生檢測、血清檢定法、光學或電子顯微鏡技術及生物檢定法等(Elliott et al., 1996; Hu et al., 1993; Ryu et al., 1995)。為防治黃龍病，新種苗木以採用無毒健康苗為佳(蔡,1991)，此類病害屬系統性，植株被感染後難以用葯劑治療，且其植株枝條、芽體永帶病原，不宜當苗木繁殖用之接穗，使用無毒化原種育苗是此類病害最基本防治法(蘇,1998)，配合柑桔種苗健康檢查執行流程要點辦理，才能落實金柑健康苗的繁殖與有效檢疫管理。

- 1.行政院農業委員會花蓮區農業改良場研究報告第 199 號。本試驗經費承中正農業科技社會公益基金會補助（計畫編號：91-中基-農-7、92-中基-農-3、93-中基-農-5）。
- 2.行政院農業委員會花蓮區農業改良場蘭陽分場副研究員及前助理研究員。

材料與方法

一、供試材料：

無毒化處理金柑品系原種編號 HF-1 系統，分離產生 20 個株系植株及其芽系嫁接繁殖之長實金柑幼株苗、酸桔種子與實生苗供試驗栽培所需。

二、試驗方法：

(一)砧木用酸桔實生苗培育：

利用酸桔種子，以 56℃ 溫湯處理 6~8 分鐘藉以打破休眠，播種於栽培穴盤(直徑 10 公分)，加強培育砧木用酸桔實生苗。並調查自行培育酸桔及嫁接所需成苗成本與選購已嫁接好之盆苗成本比較。

(二)無毒化處理之金柑芽系繁殖及供應無毒母樹接穗芽體：

由獲取編號 HF-1 芽系無毒化處理之接穗芽體，利用 1 年生酸桔當砧木，嫁接繁殖單株 256 株，利用該材料擴大循環嫁接繁殖原種，芽系盆栽單株栽植於溫室內，並進行檢疫追蹤，如檢疫發現有病毒者立即移出燒毀或掩埋處理。健康株提供青果社及一般果苗繁殖戶無病接穗，加速健康種苗更新作業。

(三)健康金柑種苗試作：

於金柑主要栽培地區，包括宜蘭縣礁溪鄉匏崙與林美兩地，選定排水良好之平地及山坡地，以健康管理法辦理金柑不帶毒素病之柑苗栽培兩處，每處面積 0.3 公頃，供試材料為芽系編號 HF-1-1、HF-1-2、HF-1-3、HF-1-5、HF-1-8、HF-1-9、HF-1-10、HF-1-11、HF-1-12、HF-1-15、HF-1-16、HF-1-17、HF-1-18、HF-1-19、HF-1-20 等共計 15 芽系與對照一般品種長實金柑比較，每芽系 8~9 株，採順序排列，行株距 5×4 公尺，以百慕達草進行草生栽培，每株施特 1 號有機質肥料，加強灌排水管理及整枝修剪作業，以充分發揮植株優良特性。

三、調查項目：

以酵素鏈結免疫分析法(Enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA)及聚合酵素連鎖反應

(Polymerase chain reaction, PCR)進行黃龍病(Greening organism, GO)及病毒病(Citrus tristeza virus, CTV)檢定(蘇等,1999)，並進行優良母樹及健康苗試作之各項園藝性狀調查，包括果實大小、果長、果寬、果皮厚度、種子數、榨汁率、糖度、酸度、糖酸比、開花習性、成熟度及酸桔實生苗成活率。

四、試驗地點：

宜蘭縣礁溪鄉林美地區、行政院農業委員會花蓮區農業改良場蘭陽分場(宜蘭縣三星鄉)、國立台灣大學(台北市大安區)。

結果與討論

一、建立金柑無病毒健康種苗繁殖系統

健康種苗，首重母樹選拔及植株是否為無病毒，加予脫毒及檢疫，另外配合柑橘品系保護計劃(Citrus clonal protection program, CCPP)，有利於選育出豐產、質優之母樹(Bureau of citrus budwood registration, 1999; Lee and Navarro, 1999)為建立柑桔類無病毒健康種苗繁殖體系之模式，其主要工作包括(1)蒐集適合金柑無病毒芽體嫁接砧木，即利用酸桔種子，經 56℃ 高溫熱水處理，將酸桔種子浸水 6~8 分鐘，打破休眠再播種，以提高種子發芽率，成活率達 87.3%，大量繁殖酸桔實生幼苗於溫網室內，共獲得成活株數 960 株，以供嫁接用砧木，每公頃可節省種苗費用 43,000 元。(2)與台大植病系合作，培育粒大長實金柑優良品種，經芽體脫毒及病毒檢疫合格之芽接苗，利用盆栽方式，種植於溫網室內，目前已培育大型盆栽母樹原種 100 株，以充實無病毒芽系(Bud-line)母樹株，提供青果合作社及農民團體等種苗繁殖所需之接穗用材料，全年供應接穗 5000 個芽體，以加速健康種苗之繁殖。一般病原檢定依病原傳播方式而異，由接穗、機械及媒介昆蟲傳播之病原，分別為每年及三年檢定一次(Lee and Navarro, 1999)。(3)利用本場蘭陽分場溫室內自行培育之無病毒金柑母樹為材料，進行芽體切接繁殖，本期作從 92 年 1 月 1 日開始到 1 月 31 日，選取溫室 HF-1~1 至 HF-1~20 號芽系原種母樹適合供嫁接芽體之新梢，陸續選定 HF-1~1 等 12 個芽系單株，共嫁接成活 256 芽體，削芽接成活率 84.1%，本項芽接作業於溫室內進行，對溫度及濕度條件均優於室外，自芽接後 14 天到 16 天均可達萌芽，其中以 HF-1~9 號之芽系成活率達 100%，除 HF-1~15 號芽系成活率 67.5%，其他芽系之芽接成活率介於 70~96.7%之間（表一），綜合上列成果，可實際應用在建立金柑無病毒健康種苗繁殖系統，並建立降低嫁接砧木生產成本及確保無特定病毒種苗之供應。

表 1、金柑無毒健康苗原種 HF 系統之芽系繁殖情形

Table 1. Reproduction of virus free bud-lines kumquat at HF healthy foundation system.

Virus-free bud-line No.	Grafting date (Month/Day)	Day from graft to germination	Survival percentage (%)	Survival seedling
HF-1~1	1/6~30	16	83.3	19

HF-1~2	"	16	86.7	20
HF-1~3	"	15	90.0	28
HF-1~5	"	15	92.5	29
HF-1~8	"	16	80.0	18
HF-1~9	"	14	100.0	30
HF-1~10	"	14	96.7	23
HF-1~11	"	15	70.0	15
HF-1~15	"	16	67.5	19
HF-1~18	"	14	73.3	16
HF-1~19	"	14	76.7	17
HF-1~20	"	14	93.3	22
Total			84.1	256

二、嫁接用金柑砧木培育及其成本分析

鑑於金柑嫁接用砧木以酸桔實生苗為最佳材料，但因一年生之酸桔實生穴盆苗售價 50 元，不符合經濟效率。故採行蒐集酸桔種子經高溫熱水處理，打破休眠後再播種於育苗盤內，發芽伸長葉片達 3~5 葉片，即移植於 35 公分高之育苗盆內，栽培介質用壤土佔 50%，泥炭土佔 30%，蛭石及真珠石各佔 10%，栽培介質 100 公斤填加 3%之特 1 號有機複合肥料均勻混合，經播種粒數 1100 粒，於移植後成活株數為 960 株（圖一），發芽成活率 87.3%，所蒐集之酸桔種子費用低，如以一個育苗鉢加上栽培介質，成本費用 8 元，嫁接費用 6 元，培育一株酸桔實生苗成本費用分析約在 14 元左右，農民自行培育砧木再嫁接每公頃費用僅 7,000 元，如購買酸桔每株需 50 元，一株金柑種苗售價 100 元，每公頃以 500 株計算，種苗費用支出需 5 萬元，每公頃果農可節省種苗費用 4 萬 3 仟元左右（表二）。一些種苗繁殖園業者，往往偏愛利用廣東檸檬為砧木嫁接柑桔類植株，雖然種植後初期 3~5 年生育較快，可惜廣東檸檬為砧木所嫁接培育之柑桔類植株，其砧木不耐疫病(黃,2000)，樹齡縮短，為最大缺點。如自行培育酸桔，可確保真正所需之酸桔砧木供應無缺，且降低生產成本及延長柑桔類植株樹齡。



圖一、供嫁接金柑無病毒健康芽體用砧木酸桔實生苗。

Fig. 1. Virus-free seedling of *Citrus Sunki* to be used as root-stack.

表二、金柑苗之選購與自行培育成本比較

Table 2. Culture cost of kumquat seedling by grafted.

砧木 種類	Reproduction type	Production cost (NT dollars/plant)	Graft cost (NT dollars/plant)	Total (NT dollars)
酸桔	選購盆苗(1 年生)	100(成苗)	—	100
	自行培育苗	8(砧木)	6	14

三、金柑原種植株病毒病及黃龍病檢疫

溫室內無病毒健康母樹編號 HF-1~1 至 HF-1~20 系統單株葉片樣本 (表三)，分二次取金柑芽系母樹原種植株葉片進行檢疫，本項檢疫作業委由台灣大學植物病理暨微生物學系名譽教授蘇鴻基博士技術指導，經樣本檢疫，原種健康母樹均呈現不帶萎縮病毒(CTV)與黃龍病原(GO)。

表三、金柑芽系原種植株樣本檢疫結果

Table 3. Indexing of pathogen-free kumquat bud-lines.

Virus-free bud-line No.	CTV ^z /ELISA	GO ^z /PCR
HF-1~ 1 至 5 號	—	—
HF-1~ 6 至 10 號	—	—
HF-1~11 至 15 號	—	—
HF-1~16 至 20 號	—	—

^zCTV is citrus tristeza virus; GO is greening organism. / Indexing methods : ELISA, Enzyme-linked immunosorbent assay ; PCR, Polymerase chain reaction.

四、金柑健康苗平地與山坡地試作園藝特性

利用經溫室內無病毒健康母樹接穗用芽體，將切接繁殖具一年生健康苗移植於田間，於主要栽培區設置兩處試作圃，一處為山坡地，一處為平地，每處面積 0.3 公頃，以草生栽培、充份施用有機質肥料、灌排水管理及整枝修剪作業，以充份發揮植株優良特性，並依植物保護手冊推薦噴施 9.6%益達胺系統性藥劑，以有效防治木蝨及蚜蟲等病毒病媒介昆蟲。經平地試作區健康苗試作，礁溪鄉匏崙平地栽培區供試 15 個品系之株高，超過 180 公分以上之芽系有編號 HF-1~11、HF-1~12、HF-1~17、HF-1~18 號芽系 (表四)，HF-1~10 號株高 135.7 公分及 HF-1~19 號株高 145.3 公分最矮，其餘 9 品系的株高介於 155~175 公分，對照品種株高則為 150 公分，顯示新品系健康苗之生長發育快速；莖粗調查，以編號 HF-1~11 號平均 6.3 公分及編號 HF-1~20 號平均 5.4 公分顯著性地($p=0.05$)優於其他供試品系，其餘供試品系之莖粗則介於 4.4~5.3 公分，與對照種之莖粗僅 3.2 公分呈顯著差異($p=0.05$)；樹冠寬以編號 HF-1~17 號達 210.7 公分展幅最大，其次為編號 HF-1~2 號 205.0 公分，上列兩者品系顯著性地($p=0.05$)優於其他供試品系，其餘供試品系樹冠寬介於 155~195 公分，試驗之供試品系均

顯著性地($p=0.05$)大於對照品種，樹冠展幅在品系間呈顯著差異，顯示金柑健康種苗品系確實發育較一般栽培之長實金柑好且快，樹冠展幅寬、植株發育好，有助於金柑生產力之提昇；調查各品系分支數均達 3.8~7.5 支，對照品種分支數為 6 支。經調查單株平均結果量，超過 20 公斤以上之品系有編號 HF-1-5 號、HF-1~9 號、HF-1~15 號等 3 個品系，果實特性為粒大且長，上述 3 品系單株產量分別為 20.1 公斤、22.0 公斤及 20.8 公斤，其次為編號 HF-1-3 號單株產量 19.5 公斤及編號 HF-1~10 號芽單株產量 18.9 公斤表現均顯著性地($p=0.05$)優於其他供試品系，其餘供試品系單株產量介於 10.5~16.6 公斤，對照品種單株僅 3.2 公斤，這些結果顯示各品系之整體園藝特性及產量均優於對照品種，值得推廣給果農栽培。

表四、金柑健康苗芽系於平地試作園藝特性

Table 4. Horticultural characteristics of health kumquat bud-lines grown on level-land.

No. of health bud-lines	High of plant (cm)	Thickness of trunk (cm)	Canopy across (cm)	No. of branches	Unit Yield (kg/plant)
HF-1~1	165.0 ^{deZ}	4.9 ^{cd}	155.7 ^e	5.0 ^e	16.1 ^e
HF-1~2	160.0 ^{ef}	4.5 ^{ef}	205.0 ^a	5.0 ^e	13.0 ^g
HF-1~3	155.3 ^{fg}	4.9 ^{cd}	170.3 ^d	4.1 ^f	19.5 ^{cd}
HF-1~5	170.0 ^{cd}	4.6 ^{def}	170.0 ^d	7.5 ^a	20.1 ^{bc}
HF-1-8	165.0 ^{de}	4.4 ^{ef}	175.0 ^{cd}	7.0 ^b	14.5 ^f
HF-1~9	170.3 ^{cd}	5.1 ^{bc}	195.3 ^b	4.8 ^e	22.0 ^a
HF-1~10	135.7 ⁱ	4.3 ^f	170.7 ^d	5.8 ^d	18.9 ^d
HF-1~11	180.3 ^{ab}	6.3 ^a	180.0 ^c	5.0 ^e	16.6 ^e
HF-1~12	180.0 ^{ab}	4.3 ^f	140.3 ^f	4.0 ^f	14.3 ^f
HF-1~15	170.3 ^{cd}	5.3 ^b	170.0 ^d	5.1 ^e	20.8 ^b
HF-1~16	170.0 ^{cd}	4.9 ^{cd}	170.3 ^d	5.0 ^e	10.9 ^h
HF-1~17	180.0 ^{ab}	4.7 ^{de}	210.7 ^a	3.8 ^f	13.8 ^{fg}
HF-1~18	185.7 ^a	4.9 ^{cd}	190.0 ^b	5.2 ^e	10.5 ^h
HF-1~19	145.3 ^h	4.7 ^{de}	170.7 ^d	6.5 ^c	11.6 ^h
HF-1~20	175.0 ^{bc}	5.4 ^b	180.3 ^c	5.0 ^e	12.8 ^g
對照品種(CK)*	150.0 ^{gh}	3.2 ^g	130.3 ^g	6.0 ^d	3.2 ⁱ

^ZData in the same column followed by different letters were significantly ($p=0.05$) different by Duncan's new multiple range test.

*對照品種為一般長實金柑。

經採收調查其果實特性（表五），單果重方面，平均超過 18 公克以上品系計有 HF-1-3、HF-1~5、HF-1~9、HF-1~10 及 HF-1~15 號等，其中 HF-1~15 號單果重達 20.1 公克，具豐產粒大之優良特性（圖二），其餘品系介於 15.0~17.9 公克，對照品種長實金柑之單果重為 14.8 公克，顯示新品系單果重均超過對照品種甚多，金柑果實一般單果重可分大果（18~22 公克）、

中果（13~17 公克）及小果（低於 13 公克者），中果比率約佔 70%，中、小果金柑主要用途供應蜜餞加工原料，大果粒者單價高，果實外觀漂亮，為鮮食市場及供應年節祭拜之用，鮮食金柑果實富含維生素 C，近年來鮮食市場需求量正逐漸增加，果重在各品系間呈顯著差異；果長以編號 HF-1~15 號達 4.1 公分最高，其餘介於 3.5~4.0 公分；各品系之果寬則無顯著性差異($p=0.05$)；果皮厚度介於 2.3~3.1 公厘，對照品種果皮厚度為 2.4 公厘；種子數各品系介於 0.9~1.3 粒，對照品種種子數為 1.2 粒；果汁率調查最高者計有編號 HF-1~1、HF-1~2、HF-1~3、HF-1~5、HF-1~9、HF-1~10 及 HF-1~15 號品系均超過 60%以上，其餘則介於 52.0~59.6%，對照品種果汁率 50.1%最低；果實糖度測定超過 11°Brix 以上之品系計有編號 HF-1~3、HF-1~5、HF-1~9、HF-1~10、HF-1~12、HF-1~15、HF-1~16 號等 7 品系，其餘介於 10.0~10.8°Brix 之間，對照品種果實糖度 10.3°Brix 低於其他多數品系，果實如果糖度高，有利於鮮食市場行銷；酸度測定則以編號 HF-1~20 號為 1.53%最低，而 HF-1-16 號酸度達 2.89%最高，對照品種的酸度為 1.87%，均顯示金柑果實酸度比一般柑桔類明顯偏高，供應蜜餞加工廠加工用原料甚為適合。

表五、金柑健康苗平地試作果實特性

Table 5. Fruiting characters of healthy Kumquat seedlings grown on level-land.

No. of health bud-line	Fruit weight (g)	Fruit length (cm)	Fruit widene ss (cm)	Peel thickness (mm)	No. of seeds (粒)	Fruit juice (%)	Sugar content (°Brix)	Acidity (%)	°Brix/ Acidity
HF-1~1	17.9 ^{dz}	3.7 ^{bcd}	2.7 ^a	2.7 ^{a-d}	1.1 ^{ab}	64.8 ^{bc}	10.0 ^f	2.27 ^{bc}	4.4 ^{efg}
HF-1~2	16.5 ^f	3.6 ^{cd}	2.8 ^a	2.5 ^{cd}	1.3 ^a	66.1 ^{abc}	10.7 ^{cde}	2.70 ^a	4.0 ^{fg}
HF-1~3	18.8 ^c	3.9 ^{abc}	2.7 ^a	3.0 ^{ab}	1.0 ^{ab}	68.3 ^a	11.2 ^b	2.75 ^a	4.1 ^{efg}
HF-1~5	18.9 ^c	3.8 ^{a-d}	2.8 ^a	2.9 ^{abc}	1.2 ^{ab}	66.8 ^{ab}	11.0 ^{bc}	2.37 ^b	4.6 ^{de}
HF-1~8	17.8 ^d	3.7 ^{bcd}	2.7 ^a	2.4 ^d	0.9 ^b	57.9 ^{ef}	10.3 ^{ef}	2.35 ^b	4.4 ^{efg}
HF-1~9	19.3 ^b	3.9 ^{abc}	2.8 ^a	3.1 ^a	0.9 ^b	60.1 ^{de}	11.7 ^a	1.84 ^{de}	6.4 ^a
HF-1~10	19.5 ^b	4.0 ^{ab}	2.9 ^a	3.1 ^a	1.0 ^{ab}	60.9 ^{de}	11.8 ^a	2.84 ^a	4.2 ^{efg}
HF-1~11	16.8 ^{ef}	3.7 ^{bcd}	2.6 ^a	2.6 ^{bcd}	1.3 ^a	59.6 ^{de}	10.7 ^{cde}	2.15 ^{bcd}	5.0 ^{cd}
HF-1~12	17.0 ^e	3.6 ^{cd}	2.8 ^a	3.0 ^{ab}	1.0 ^{ab}	58.4 ^{ef}	11.0 ^{bc}	1.98 ^{cde}	5.6 ^b
HF-1~15	20.1 ^a	4.1 ^a	2.9 ^a	3.0 ^{ab}	1.1 ^{ab}	63.0 ^{cd}	11.0 ^{bc}	1.95 ^{de}	5.6 ^b
HF-1~16	15.0 ^h	3.5 ^d	2.6 ^a	3.1 ^a	1.0 ^{ab}	55.8 ^{fg}	11.7 ^a	2.89 ^a	4.0 ^{fg}
HF-1~17	15.5 ^g	3.5 ^d	2.6 ^a	2.6 ^{bcd}	0.9 ^b	57.8 ^{ef}	10.3 ^{ef}	2.69 ^a	3.8 ^g
HF-1~18	15.8 ^g	3.6 ^{cd}	2.6 ^a	2.5 ^{cd}	1.1 ^{ab}	52.0 ^h	10.8 ^{bcd}	2.84 ^a	3.8 ^g
HF-1~19	16.5 ^f	3.7 ^{bcd}	2.7 ^a	2.4 ^d	1.3 ^a	53.1 ^{gh}	10.7 ^{cde}	1.69 ^{ef}	6.3 ^a
HF-1~20	17.5 ^d	3.7 ^{bcd}	2.8 ^a	2.3 ^d	1.1 ^{ab}	52.8 ^{gh}	10.4 ^{def}	1.53 ^f	6.8 ^a
對照品種 (CK)*	14.8 ^h	3.5 ^d	2.6 ^a	2.4 ^d	1.2 ^{ab}	50.1 ^h	10.3 ^{ef}	1.87 ^{de}	5.5 ^{bc}

^zData in the same column followed by different letters were significantly ($p=0.05$) different by Duncan's new multiple range test.

*對照品種為一般長實金柑。



圖二、具豐產與果實粒大金柑無病毒健康苗 HF-1~15 芽系。

Fig. 2. High productive and big fruit of virus-free Kumquat bud-line, HF-1~15.

山坡地設置地點在礁溪鄉林美地區，以比較平地及山坡地種植金柑對其生長發育之影響，經調查山坡地試作區植株園藝特性（表六），株高方面，超過 200 公分以上品系計有編號 HF-1~1 及 HF-1~10 號品系，其餘介於 140.0~193.3 公分，對照品種株高為 115 公分，植株顯著性地($p=0.05$)較其他品系矮，株高在山坡地表現比平地栽培區有較高的現象，可能山坡地因受地形日照限制，較為徒長；莖粗調查，以編號 HF-1~3 號及 HF-1~8 號平均 4.7 公分優於其他供試品系，其次為編號 HF-1~11 號平均 4.6 公分，編號 HF-1~18 號平均 2.3 公分最差，其餘各品系莖粗介於 3.5~4.4 公分，對照品種莖粗為 2.9 公分，各品系莖粗整體發育表現要比平地栽培區差；樹冠寬以編號 HF-1~1 及 HF-1~3 號分別 198.3 公分及 175.0 公分展幅最大，樹冠寬度超過 160 公分者另有編號 HF-1~8、HF-1~9、HF-1~11、HF-1~16 號等 4 品系，以編號 HF-1~18 號樹冠寬僅 101.7 公分最差，對照品種樹冠寬為 110 公分，整體表現亦與平地栽培區一樣，各健康種苗品系均顯著性地($p=0.05$)優於對照品系，以健康種苗之生長勢發育狀況要比一般栽培品種表現良好；單株平均產量以編號 HF-1-9 號最高，達 20.5 公斤，其次為 HF-1~15 及 HF-1~5 號品系，分別為 19.4 及 19.3 公斤，編號 HF-1~17 號單株產量與對照品種均顯著性地($p=0.05$)低於其他供試品系；綜合上列結果，山坡地試作之健康苗開花結果數比平地試作區少，可能因山坡地土壤條件較差，表土有機質肥料較缺乏及日照時數較少，雖築有等高線栽培，但草生栽培生長較差，影響金柑生長發育及開花，未來仍值得繼續觀察。

表六、金柑健康苗試作於山坡地之園藝特性

Table 6. Horticultural characteristics of health kumquat bud-lines grown on sloped-land.

No. of health bud-lines	Height of plant	Thickness of trunk	Canopy across	No. of branches	Unit Yield (kg/plant)
-------------------------	-----------------	--------------------	---------------	-----------------	-----------------------

	(cm)	(cm)	(cm)		
HF-1~1	225.0 ^{aZ}	4.4 ^{abc}	198.3 ^a	6.3 ^b	6.8 ^g
HF-1~2	180.0 ^{fg}	3.6 ^g	155.0 ^e	4.7 ^e	9.4 ^f
HF-1~3	190.3 ^{cde}	4.7 ^a	175.0 ^b	5.3 ^d	16.5 ^d
HF-1~5	168.3 ^h	4.3 ^{bcd}	155.0 ^e	5.3 ^d	19.3 ^b
HF-1~8	153.3 ⁱ	4.7 ^a	170.0 ^{bc}	5.7 ^{cd}	10.8 ^e
HF-1~9	176.7 ^g	3.7 ^{fg}	160.0 ^{de}	6.0 ^{bc}	20.5 ^a
HF-1~10	203.3 ^b	4.1 ^{cde}	128.3 ^h	5.7 ^{cd}	17.4 ^c
HF-1~11	183.3 ^{efg}	4.6 ^{ab}	160.0 ^{de}	6.3 ^b	11.0 ^e
HF-1~12	191.7 ^{cd}	4.0 ^{def}	128.3 ^h	7.3 ^a	5.8 ^h
HF-1~15	186.7 ^{c-f}	4.0 ^{def}	131.7 ^{gh}	6.3 ^b	19.4 ^b
HF-1~16	183.3 ^{efg}	3.6 ^g	165.0 ^{cd}	6.3 ^b	7.5 ^g
HF-1~17	193.3 ^c	3.8 ^{efg}	151.7 ^e	5.7 ^{cd}	4.3 ⁱ
HF-1~18	140.0 ^j	2.3 ⁱ	101.7 ^j	4.7 ^e	5.4 ^h
HF-1~19	185.0 ^{def}	3.7 ^{fg}	136.7 ^{fg}	5.7 ^{cd}	9.6 ^f
HF-1~20	183.3 ^{efg}	3.5 ^g	141.7 ^f	4.7 ^e	10.2 ^{ef}
對照品種(CK)*	115.0 ^k	2.9 ^h	110.0 ⁱ	3.8 ^f	3.9 ⁱ

^ZData in the same column followed by different letters were significantly ($p=0.05$) different by Duncan's new multiple range test.

*對照品種為一般長實金柑。

金柑健康苗於山坡地試作各品系之果實特性（表七），果重方面，平均超過 18 公克以上芽系為編號 HF-1~8、HF-1~16、HF-1~18 號芽系，以編號 HF-1-2 號平均果重僅 12.5 公克，屬小果粒，其餘供試芽系之單果重介於 13.3~17.9 公克，對照品種單果重為 13.3 公克，屬中小果型品系；果長調查各品系介於 3.3~4.1 公分，對照品種果長為 3.3 公分；果寬則介於 2.5~2.8 公分，與對照品種為 2.6 公分無顯著性($p=0.05$)差異，果粒小者自然果長及果寬較小；果皮厚度超過 3 公厘以上之品系，計有編號 HF-1~8、HF-1~9、HF-1~15、HF-1~16、HF-1~17、HF-1~18 號等 6 個芽系，其餘芽系果皮厚度介於 2.5~2.9 公厘，對照品種果皮厚度為 2.3 公厘，一般金柑果皮具有甜度，果皮薄則果實酸度增加，反之則甜度增加；果實種子數除編號 HF-1~17、HF-1~15 號分別為 0.8 及 0.9 粒，其餘供試品系均介於 1.1~1.8 粒，對照品種種子數則達 1.9 粒；果汁率方面，以編號 HF-1~20 及 HF-1~11 號分別為 67.2%及 67.1%最高，而 HF-1-1 號果汁率僅 34.4%，其餘則介於 46.2~66.5%，對照品種之果汁率 46.5%亦屬較低，果汁率低表示果粒小、果皮厚、果肉少、汁也少，不利鮮食市場之行銷通路；果實糖度測定結果，超過 11°Brix 以上之品系計有編號 HF-1~8、HF-1~15、HF-1~16、HF-1~17、HF-1~18、HF-1~19、HF-1~20 號等品系，其餘供試芽系糖度介於 10.5~10.9°Brix，對照品種糖度為 10.0°Brix，供試 15 個品系糖度均超過 10°Brix 以上，顯示山坡地試作果實糖度高，因果粒較小，果皮較厚，而糖度增加；酸度測定則以編號 HF-1~9 及 HF-1~10 號平均分別 1.89 及 1.93%

較低外，其餘各品系之酸度介於 1.96~2.67%，對照品種酸度亦高達 2.65%，顯示果實偏酸，金柑酸度主要分佈於果肉，高於其他柑桔類果實，如能從土壤改良、肥培管理方面力求改善，多施有機質肥料，應有利於新鮮果實品質提高及消費市場行銷，以提高鮮食金柑多用途，促進金柑利用多樣化。

表七、金柑健康苗試作於山坡地果實特性

Table 7. Fruiting characters of healthy Kumquat seedlings grown on sloped-land.

No. of health bud-line	Fruit weight (g)	Fruit length (cm)	Fruit widenes s (cm)	Peel thicknes s (mm)	No. of seeds (粒)	Fruit juice (%)	Sugar content (°Brix)	Acidity (%)	°Brix/ Acidity
HF-1~1	14.4 ^{defz}	3.5 ^{bcd}	2.6 ^a	2.7 ^{bcd}	1.2 ^{c-g}	34.4 ⁱ	10.8 ^{de}	2.15 ^{ef}	5.0 ^{cde}
HF-1~2	12.5 ^f	3.3 ^d	2.5 ^a	2.6 ^{cd}	1.5 ^{a-d}	63.5 ^c	10.7 ^{def}	2.66 ^{ab}	4.0 ^{gh}
HF-1~3	13.3 ^{ef}	3.4 ^{cd}	2.5 ^a	2.6 ^{cd}	1.2 ^{c-g}	60.9 ^e	10.6 ^{def}	2.51 ^{ab}	4.2 ^{fgh}
HF-1~5	15.1 ^{cde}	3.7 ^{a-d}	2.6 ^a	2.5 ^{cd}	1.8 ^{ab}	66.5 ^{ab}	10.4 ^f	2.31 ^{de}	4.5 ^{d-g}
HF-1~8	18.2 ^b	3.9 ^{ab}	2.8 ^a	3.2 ^{ab}	1.4 ^{b-e}	54.0 ^f	11.2 ^b	1.97 ^{gh}	5.7 ^a
HF-1~9	16.9 ^{bc}	3.9 ^{ab}	2.7 ^a	3.0 ^{abc}	1.6 ^{abc}	46.2 ^h	10.9 ^{cd}	1.89 ^h	5.8 ^a
HF-1~10	14.2 ^{def}	3.6 ^{bcd}	2.6 ^a	2.8 ^{a-d}	1.1 ^{d-g}	62.2 ^d	10.6 ^{def}	1.93 ^h	5.5 ^{abc}
HF-1~11	17.9 ^b	3.9 ^{ab}	2.7 ^a	2.6 ^{cd}	1.2 ^{c-g}	67.1 ^a	10.5 ^{ef}	2.11 ^{fg}	5.0 ^{cde}
HF-1~12	13.9 ^{def}	3.5 ^{bcd}	2.5 ^a	2.5 ^{cd}	1.4 ^{b-e}	60.9 ^e	10.9 ^{cd}	2.15 ^{ef}	5.1 ^{bcd}
HF-1~15	15.8 ^{cd}	3.8 ^{abc}	2.6 ^a	3.3 ^a	0.9 ^{fg}	51.1 ^g	11.2 ^b	1.96 ^{gh}	5.7 ^{ab}
HF-1~16	20.2 ^a	4.1 ^a	2.9 ^a	3.0 ^{abc}	1.0 ^{efg}	46.0 ^h	11.7 ^a	2.67 ^a	4.4 ^{e-h}
HF-1~17	17.8 ^b	3.8 ^{abc}	2.8 ^a	3.2 ^{ab}	0.8 ^g	50.3 ^g	11.9 ^a	2.36 ^{cd}	5.0 ^{cde}
HF-1~18	18.5 ^{ab}	3.9 ^{ab}	2.8 ^a	3.0 ^{abc}	1.3 ^{c-f}	62.7 ^{cd}	11.7 ^a	2.04 ^{fgh}	5.7 ^{ab}
HF-1~19	14.2 ^{def}	3.6 ^{bcd}	2.6 ^a	2.9 ^{abc}	1.5 ^{a-d}	66.0 ^b	11.3 ^b	2.49 ^{bc}	4.5 ^{d-g}
HF-1~20	15.4 ^{cd}	3.7 ^{a-d}	2.6 ^a	2.9 ^{abc}	1.2 ^{c-g}	67.2 ^a	11.1 ^{bc}	2.37 ^{de}	4.7 ^{def}
對照品種 (CK)*	13.3 ^{ef}	3.3 ^d	2.6 ^a	2.3 ^d	1.9 ^a	46.5 ^h	10.0 ^g	2.65 ^{ab}	3.8 ^h

^zData in the same column followed by different letters were significantly ($p=0.05$) different by Duncan's new multiple range test.

*對照品種為一般長實金柑。

經本場在礁溪鄉主要產區勘查，發現以平地水田區所栽植之金柑植株枯死特別嚴重，山坡地栽培之金柑植株枯死較少，可能與土壤排水不良所引起疫病（Brown rot, *Phytophthora citrophthora* Leonian）防治病害措施包括選擇地勢較高，排水性良好之地區種植金柑，同時於每年 10 月至隔年 3 月噴施下列任一藥劑，包括 27.12%三元硫酸銅水懸劑 800 倍，80%福賽得可濕性粉劑 200 倍，76.5%銅滅達樂可濕性粉劑 1000 倍或 53%鋅錳右滅達樂水分散性粒劑 500 倍（楊,2004；邱,2002）疫病防治，另選用抗疫病砧木品種(Fagoaga et al., 2001)，並將砧

木嫁接處調高到 20~25 公分，減少感染病菌，有助於金柑正常生長發育。加強金柑無毒化健康苗繁殖體系之建立，促進健康苗試作栽培，全面推動健康苗更新，是健全綜合管理金柑栽培之基本方式。

結論

積極建立金柑無病毒種苗檢疫與繁殖體系模式，並蒐集適合金柑嫁接用酸桔砧木種子，大量培育酸桔實生苗，每公頃可節省種苗費用 43,000 元成本。利用編號 HF-1~20 系統品系單株母樹培育大型盆栽母樹原種 100 株，培育於溫室內，接受檢疫追蹤，保持無病毒健康種苗，並繁殖健康株，供應青果社及種苗業者嫁接用接穗來源，而健康苗之試作，配合田間健康管理技術，可降低植株病毒病為害。健康苗經三年試作，以平地試作區各芽系表現優於山坡地試作區，經選育 HF-1-15 號芽系具豐產與果實粒大之特性，表現佳。期間承蒙台灣大學植物病系蘇鴻基教授利用病毒分子診斷試劑檢測，試區已建立金柑無病毒健康母樹園。未來可與青果社等農民團體建立金柑產業合作模式，充份供應金柑無病毒接穗芽體，加速無病毒種苗更新；長期發展目標，期能配合果樹產業結構調整計畫，帶動產業發展，不論對種苗業者與果農間，均能尋求互利雙贏的目標，以提高金柑產業未來競爭力。

誌謝

感謝財團法人中正農業科技社會公益基金會經費贊助，及國立台灣大學植物病理暨微生物學系蘇鴻基教授給予審查，謹此一併致謝。

參考文獻

- 1.呂明雄 1995 台灣農家要覽農作篇(二) p.17-24 財團法人豐年社編著 台北。
- 2.李國明 2004 金柑農產品產銷市場概況暨開放兩岸貿易之影響分析 p.48-69 大陸農產品進口產業損害預警監測季報 台灣經濟研究院編印第二期 台北。
- 3.李國明 2001 宜蘭地區金柑病毒病現況及因應對策 花蓮區農業改良場農業專訊 35:20-23。
- 4.李國明 1998 金柑加工原料採收後應如何催色與貯藏 台灣農業 34(4): 53-54。
- 5.李國明 1997 金柑果實採收適期及其催色貯藏試驗 花蓮區農業改良場研究彙報 13: 35-45。
- 6.邱安隆 林慶元 安寶貞 2002 金柑疫病病菌生態及防治 植物保護學會會刊 44: 365(摘要)。
- 7.黃阿賢 2000 柑橘砧木之特性與栽培上之利用 中國園藝 36(2): 133-146。
- 8.楊秀珠 2004 金柑疫病 植物保護手冊 p.320-321 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所編印。
- 9.蔡雲鵬 1991 柑桔主要病蟲害病徵與綜合防治 p.31-32 行政院農業委員會編印。

10. 譚克終 1969 柑桔栽培學第四版 國立編譯館主編 中正書局發行 台北。
11. 蘇鴻基 張武男 黃新川 程永雄 1999 亞太地區國家熱帶果樹無病毒種苗生產檢疫技術與繁殖體系之國際合作與交流 p.64 行政院農業委員會農業試驗所編印。
12. 蘇鴻基 1998 柑桔種苗健康檢查執行流程 p.1-5 國立台灣大學植物病理學系編印。
13. 蘇鴻基 1988 柑橘無毒健康苗栽培保護要點 p.1-8 行政院農業委員會編印。
14. 羅幹成 邱瑞珍 1986 台灣柑橘害蟲及其天敵圖說 p.9-18 台灣省農業試驗所特刊第 20 號 台灣省農業試驗所出版。
15. 行政院農業委員會 2004 農業統計年報 p.82-83 行政院農業委員會編印。
16. Bureau of Citrus Budwood Registration. 1999. Citrus budwood protection program. p.31. Division of plant industry, Florida Department of Agriculture and Consumer Service. USA.
17. Elliott, M. S., Zettler, F. W., Zimmerman, M. T., O. W. Jr. Barnett, and M. D. LeGrande. 1996. Problems with interpretation of serological assays in a virus survey of orchid species from Puerto Rico, Ecuador, and Florida. Plant Dis. 80: 1160-1164.
18. Fagoaga, C., Rodrigo, I., Conejero, V., Hinarejos, C., Tuset, J. J., Arnau, J., Pina, J. A., L. Navarro, and L. Peña. 2001. Increased tolerance to *Phytophthora citrophthora* in transgenic orange plants constitutively expressing a tomato pathogenesis related protein PR-5. Mol. Breeding 7: 175-185.
19. Hu, J. S., S. Ferreira, S. M. Wang, and M. Q. Xu. 1993. Detection of cymbidium mosaic virus, odontoglossum ringspot virus, tomato spotted wilt virus, and potyviruses infecting orchids in Hawaii. Plant Dis. 77: 464-468.
20. Lee, R. F., P. S. Lehmen, and L. Navarro. 1999. Nursery practices and certification programs for budwood and rootstocks. p.35-48. In: Timmer, L. W. and Duncan, L.W.(eds.) Citrus Health Management. APS Press. Minnesota, USA.
21. Mann, S. S. and J. P. Nauriyal. 1985. Thermal injury to citrus buds. Acta Hort. 158: 197-201.
22. McDonald, S. A., Halbert, S. E., S. A. Tolin, and B. A. Nault. 2003. Seasonal Abundance and Diversity of Aphids (Homoptera: Aphididae) in a Pepper Production Region in Jamaica. Environ. Entomol. 32(3): 499-509.
23. Tusa, N. and L. Radogna. 1988. Micrografting technology for recovering three virus/affected “femminello” lemon clones. Acta Hort. 227: 104-106.
24. Raychandhuri, S. P., Narini. T. K., Ghosh, S. K., S. M. Vishwanath, and D. Kumar. 1974. Recent studies on citrus greening in India. p.53-57. In L. G. Weathers and M. Cohen (eds.). Proc. 6th conf. Int. Organisation of Citrus Virol.
25. Ryu, K. H., K. E. Yooh, and W. M. Park. 1995. Detection by RT-PCR of cymbidium mosaic virus in orchids. J. Phytopathol. 143: 643-646.