麻豆文旦柚果實發育之研究

林芳存[1]　林宗賢[2]

[1]嘉義農專園藝科講師

[2]臺灣大學園藝學系教授

摘　要

本試驗以臺灣省雲林縣斗六市賴先生果園之麻豆文旦爲材料，測定果實發育期間鮮重、乾重、水分含量、縱橫徑、可溶性固形物及可滴定酸含量之變化，並以高效能液相層析法分析果汁中可溶性醣類及有機酸之變化。果實生長發育由體積、鮮乾重、縱橫徑調查結果發現，果實生長曲線可能爲單S型曲線，果實初期發育以果皮爲主，之後果球快速發育，可溶性固形物於花後12週後迅速累積，並於花謝後24週達最高點，花謝後26週後迅速下降；酸度隨果實發育逐漸下降。果皮顏色於果實生長初期變化不大，於花後28週迅速轉黃。果肉裂瓣於花後14週出現。

關鍵詞：麻豆文旦柚、果實發育

前　言

柑橘爲本省最大宗之園藝作物，栽培面積和總產量，躍居經濟果樹類之首，加上新品種引進、貯藏技術的配合，幾乎全年皆有柑橘供應市場。近年來，本省柑橘卻遭遇過嚴重之滯銷問題，其中原因雖多，以品質不佳爲主因。加上水果開放進口的壓力下，國內的果品必遭受更大的威脅，如此內憂外患，其後果足堪憂慮。因此，如何提高柑橘果實品質，乃爲目前極爲重要課題之一。文旦 (*Citrus grandis Osbeck*) 爲柚類中的一個品種，原產於中國大陸華南，相傳於乾隆53年 (1788年)，由黃灌氏由廣東引入台灣，種植於台南縣安定鄉，1850年由郭藥氏再引植於台南縣麻豆鎮，所產果實品質優於安定鄉所產果實，之後此果揚名而稱之爲麻豆文旦[2]。栽培至今已有二百多年的歷史[2]，爲台灣著名的特產之一，成熟期又恰逢中秋節，特成爲本省應節果品。近年來栽培面積有逐年增加趨勢，至81年底止栽培面積已高達5,207公頃，僅次於柳橙、碰柑、桶柑名列柑橘類栽培面積的第四位[4]。爲本省重要經濟果樹之一。

果實中糖酸含量的多寡及比率，被認爲是決定果實品質最重要的因子，在美國甜橙販賣中，更以糖的含量多寡來決定價格。在含量上受品種、土壤狀況、栽培技術和氣候條件因素之影響[18]。醣類以果糖、葡萄糖和蔗糖三類爲主，在不同種類果實中，以及果實發育期間三者之比例與含量也不同，其中柑橘、鳳梨、香蕉等大多數果樹的果汁內以蔗糖爲主。荔枝在果實發育初期三種糖類含量相近，但至採收期果糖與葡萄糖含量較蔗糖高[24]。有機酸方面，種類更爲繁多，如枸橼酸 (citric acid)、蘋果酸 (malic acid)、酒石酸 (tartaric acid) 和草酸 (oxalic acid) 等多種，如蘋果、梨等薔薇科大都以蘋果酸爲主；葡萄以酒石酸爲主，且於果實發育期間變化不大，柑橘類多以枸橼酸爲主[16]。

麻豆文旦在本省栽培雖有兩百多年的歷史，但有關栽培管理及果實生理特性的研究資料甚

少且目前栽培遍及台灣各地，各產區間的環境氣候條件差異甚大，對開花期、果實生長發育及採收期影響頗大[7]，導致果實品質參差不齊。因此了解果實發育生長期間各項形質的變化，據以推測果實生長期間各項生理、生化反應，以建立果實生長發育的基本資料，爲當務之急。故本研究著重在探討麻豆文旦果實生長發育期間各項形質的變化，以求建立生化觀點的成熟度標準。

材料與方法

1.材料

本試驗自82年3月上旬至10月上旬於雲林斗六市賴姓專業果農所管理之13年生麻豆文旦（*Citrus grandis* Osbeck cv. Ma－Tou Wentan）果園中進行。

2.實驗方法

⑴生長曲線之調查：

a.花粉收集：

授粉用花粉係於授粉前一天，在嘉義地區柑橘園收集即將開放的白柚（*Citrus grandis* Osbeck cv. Pei－Yu）和麻豆文旦之花苞，分別除去花瓣後取出花藥，置於不透水紙袋內，放入置有乾燥矽膠的玻璃瓶中，促進花藥成熟開裂備用。

b.人工授粉：

選擇有葉花序枝（leafy inflorescence），除保留即將綻放一朵外，其餘未開或已開花朵全部摘除，授粉時剝開花瓣，去除花朵內所有花藥，再分別以上述所搜集的花粉以毛筆沾花粉加以人工授粉後，套以白色耐水紙袋，並標記。各授粉60朵花，於授粉二週後摘除紙袋，依一般果樹管理方式管理。每隔一週以游標尺測量其果徑（包括縱徑、橫徑），並於果實上標記，每次測量時均在同一地方，於花謝四週後，各留15果做爲測量之材料。

⑵果實發育期間形質變化之分析：

於上述試驗果園中，選擇有葉花序枝上同時開放的花朵並標示之，於花謝後每隔二週，逢機取樣一次，每次取20粒果實，送回實驗室進行下列各項品質調查及分析。實驗分析以個體爲單位，分析項目如下：

a.果重：測至最近之公克數。

b.果實體積：測定時將天秤上置一盛水之容器，天秤歸零後將果實放入，利用一固定器將果實輕壓入固定水面下，扣除固定器體積重後，所得重量爲果實體積。果實壓入水面下時，注意不得碰到容器壁，以減少誤差。

c.果實比重：由前二項計算而得，比重＝果重／體積。

d.果皮厚度：果實橫切二半，於赤道處以游標尺測量果皮厚度。

e.果球率：即果實除去果皮後所剩之果球重，所佔果重的比率，稱之果球率（percentage of pulp ball）

f. 果汁率：果球剝瓣後以國際牌電動榨汁機榨汁過濾後，稱其果汁重，果汁重佔果實重量的百分率稱爲果汁率。

g. 表皮色澤：取果實赤道帶三點，以 Nippon 1005DP 型色差計測定 L 、a 、b 值，再求其平均值。L 值代表色澤亮度，其值介於 0 ～ 100 即黑至白的亮度；a 值代表紅綠互補色值，其值介於 －50 ～ ＋50 ，即綠至紅的色值；b 值代表黃藍互補色值，其值介於 －50 ～ ＋50 ，即藍至黃的色值。

h. 含水量測定：將果實之果皮和果球分別稱重，是爲鮮重；後置入送風式的烘箱（Oven）中，以 65 ℃烘至恆重爲止，稱其所剩之重量爲乾物重，另以下式計算含水量：

$$\text{含水量}(\%) = \frac{\text{鮮重} - \text{乾物重}}{\text{鮮重}} \times 100\%$$

i. 總可溶性固形物：俗稱糖度，以手提曲折糖度計測定，以° Brix 表示。

j. 可滴定酸：取 5CC. 果汁加水至 50CC. 以 0.1N NaOH 標準液滴定至 pH8.1 並換算成枸椽酸含量的百分比。

k. 醣類分析：果實榨汁後，取其混合汁液，先以濾紙過濾，再以 12,000rpm ，離心 35 分鐘之後，取澄清液先經 Sep －pack 過濾後，再以 0.4 μ m 薄膜過濾，置於 －20 ℃下冷凍備用。分析時取出解凍後，取 10 μ l 注入高效能液相層析儀（HPLC）中分析 ，HPLC 條件如下[19,20,21]：

①分離管柱：Waters Carbohydrate Analysis Column（填充物爲 aminopropylmethyl －isilyl bond amorphous silica amorphous silica 粒子直徑 5 μ m）。

②移動相：（Mobile phase）：氰甲烷（Acetonitrile）/ 去離子水＝ 80 / 20（V / V）。

③移動相流速 :1.0ml / min 。

④檢測器：Waters 410 Differential Refractometer 。

⑤記錄器：Shimadzu C － R6A 。熱感式記錄積分儀。

l. 有機酸分析：前處理同醣類分析。其 HPLC 條件如下[51,52]：

①分離管柱 :Waters U －Bondapak C －18 columm（30cm × 3.9 mm ，粒子大小 5 μ m）。

②移動相（Mobile phase ）：2 % KH2PO4 溶液，以 H3PO4 調 pH 至 2.0 。

③移動相流速：0.8ml / min 。

④檢測器：Zn 燈，214nm 的濾光片及感光器，機型爲 Waters 441 Absorbance Detec－tor 。

⑤記錄器：Shimadzu C － R6A 。熱感式記錄積分儀。

結　果

麻豆文旦果實橫、縱徑及各部鮮乾重及體積變化的生長曲線爲典型的單 S 型曲線（圖 1 、2 、3 、4 、5）。果實於花謝後 8 週內，鮮重的增加完全來自果皮鮮重的增加，花謝 8 週後果肉鮮重迅速的增加，至花謝 16 週時果皮和果肉各佔果實鮮重的 50 %，之後，果球鮮重佔全果

鮮重百分率持續增加，果皮鮮重佔全果百分率則持續下降（圖6）。果球鮮重於花謝8週至30週均持續增加，乾重於花謝8週至22週迅速增加，之後爲持平穩（圖2、7、8、9、10）。果皮鮮重於果實生育期間持續增加，以花後8週前增加較快，且此時重量已達果實生育期間果皮總重的60％左右，乾重於花後12週前增加較快，之後增加趨於平穩（圖3、7、8、9、10）。

在果實生長調查中，以相對生長速率（relative growth rate）來說，無論全果實或果皮或果球，於果實生長發育期間，其鮮乾重的增加均爲下降型式，果皮於花後8週前迅速下降，果球則於花後16週前迅速下降（圖9、10）。由絕對生長速率（absolute growth rate）來看，發現於花謝後4－12週爲果皮快速發育期，之後生長趨緩；果球於花後9－23週快速生長，乾重於23週後迅速下降（圖7、8）。可見麻豆文旦果實生長初期，以果皮發育爲主，之後果球再快速生長。並於花後14週產生裂瓣現象。

果汁率則於花謝10週後才逐漸累積，到花後24週達最高量，且於果實生長後期有稍微下降的趨勢（圖6）。果實體積在果實生長期間均持續增加，其變化情形與果實鮮重變化相似，但增加幅度較鮮重大（圖4）。比重在花後2－4週迅速下降，花後10週緩慢回升，至花後28週達最高點之後又稍爲下降（圖11），此時果實有浮皮出現。果實含水量在整個果實生長期間均持續的上升；果球水分含量於花謝6週後的變化與全果相似，但含量較高；果皮水份含量，於花後2－6週間快速增加，之後隨果實生長而持續下降（圖11）。果皮顏色於花謝20週前變化不大，20週後果皮逐漸由濃綠色轉爲淡綠色再轉爲黃綠色，至花謝28週後整個果實變爲淺黃色（圖13）。

麻豆文旦果實果汁中可溶性固形物濃度，於花謝12週後快速累積，花謝後20－26週間達高峰穩定狀態，其後迅速下降。可滴定酸於本試驗測定期間均持續下降（圖14）。果實中所含總可溶性固形物量，亦隨果實生長期間大量累積，於花謝後24週達最高量，之後迅速下降，但其下降速率較濃度爲緩（圖15）。果汁中主要可溶性糖爲蔗糖、果糖和葡萄糖，其中以蔗糖含量最高變化也較大，於花謝14週後開始快速的累積，而於花謝22週時達最高量，之後快速下降。果糖和葡萄糖在含量上的變化較小，且在整個果實生長期間，二者的量幾乎相近，但於果實生長中期以後皆有上升之現象；蔗糖是麻豆文旦果汁內主要糖類，在整個果實生長期間總糖量的變化過程中，幾乎與蔗糖含量變化相似。蔗糖含量最高可達總糖量的70％左右（圖16）。在果實生長期間以手持曲折計所測的可溶性固形物含量均較HPLC測定的總糖量高（圖14、16）。在有機酸成分中，本實驗以HPLC分析結果除枸橼酸（citric acid）、蘋果酸（malic acid）二種含量較多，且變化較大外，其餘的有機酸含量均甚低。枸橼酸和蘋果酸含量在測試期間，皆隨果實生長而減少（圖17）。

以白柚授粉的麻豆文旦果實較自花授粉的果實具有較大的縱橫徑（圖5），及縱橫徑比（圖18），且初期的生長速率亦較快（圖19、20）。

討　論

麻豆文旦果實的生長曲線，無論是以果實鮮重、乾重、體積或外觀之縱橫徑等因子觀之，皆呈和蘋果[10]、梨[11]、荔枝[24]、桶柑[3]及楊桃[5]等相似之單s型字型（Single sigmoid）曲線（圖1、2、3、4、5）。在相對生長速率的圖中，無論果球或果皮於果實生長發育期

間，均呈下降的趨勢。而在絕對生長速率的圖中，雖有起伏變化，但仍可明顯看出，果皮及果球於果實生長發育初期，均呈上升的趨勢，於花謝8週後果皮的生長速率則迅速下降，但果球仍持續生長並維持一段時間後才緩慢下降。生長曲線之調查工作若於田間進行，易受氣候因子的影響。本試驗由於調查工作是於田間進行，故各曲線間稍有起伏的現象。但並沒有和雙S字型曲線一樣的停滯期，而麻豆文旦果實的生長在生長發育期間並沒有停止，因此麻豆文旦果實的生長曲線應爲單S型的曲線。

麻豆文旦果實從解剖學上可區分爲外果皮、中果皮和內果皮等三部分，汁胞則由內果皮內側細胞突起發育而成。由果實的生長速率，發現花謝後5－13週爲果皮的急劇生長期，花謝後9－23週爲果球的急劇生長期，可見麻豆文旦果實生長初期，以果皮發育爲主，之後，汁胞快速發育形成所謂的果球（pulp ball），其重佔果實鮮重百分率亦隨之增加，最後維持在60％左右，此時果皮鮮重佔果實鮮重百分率逐漸下降，且在汁胞發育的同時果汁含量亦逐漸累積（圖6）。由於汁胞的快速發育，且每一汁胞由內皮處向果心軸方向的生長，因此於花謝後14週即發現果實有裂瓣的現象。一般經由自花授粉或單爲結果的麻豆文旦果實，並沒有發現種子，但經由白柚授粉的麻豆文旦果實則含有大量的種子，且其裂瓣數顯著減少。推測此一裂瓣現象似乎與果實內種子有無與中心維管束的分化或發育程度或品種有關。一般裂瓣的果實，其裂瓣處汁胞在果實成熟採收，發現有所謂俗稱〝乾米〞的現象，影響品質且不受消費者歡迎。白柚授粉雖可有效降低裂瓣的發生，然經授粉後的果實變大且重，又含大量種子，在一般無籽的品種上，反而造成品質低劣。於當前極力提高果品品質的目標下，對於如何改善此一果實發育初期所產生的裂瓣現象，成爲麻豆文旦栽培上極爲重要的一環。是否可適當的控制種子數，不讓種子數太多，又可防止裂瓣的發生，值得繼續進一步探討。

蔗糖是各種植物轉運、能量代謝及其他化合物代謝的基質。本實驗中，麻豆文旦果汁中各種糖類含量以蔗糖爲主，就生化觀點，果實發育初期，所有的生化反應以合成結構性化合物爲主，如果膠、纖維素、蛋白質等，當光合產物由葉片運至果實內，大都用於能量代謝與結構性化合物合成的反應，故果實初期糖的累積較少；至生長後期果實逐漸成熟，果實的發育趨近完全，又枝梢的生長停止，果實可分配到較多的碳水化合物，果實可有效的蓄積糖類，因此於花謝後14週快速的累積，並於花謝26週後又迅速的下降，包括可溶性固形物含量及果實內固形物總量均下降（圖15、16）。而其果球乾物重的絕對生長速率，於花謝23 週後突然急速下降（圖8）。顯示，此時可溶性固形物不再繼續累積，果實縱切後於果腔內中心維管束處發現有膠質物。推測是否與糖的再運轉或其它生化反應有關，值得深入探討。由（圖16）來看，果糖、葡萄糖二種糖的含量在整個果實生長期間相當平穩，且二者的量幾幾近相等，可能在糖類的轉化代謝中，二種糖的來源主要是蔗糖經由中性轉化酵素（Neutral invertase）的水解而來[14]，經此水解後的果糖，再轉爲其他代謝的基質而快速降解，故含量於生長期間均少。

柑橘果汁內有機酸的來源，一般認爲有二：一爲果實本身以葉片運轉而來的糖類，經呼吸循環反應合成；二爲果實本身二氧化碳固定而來[12,28]二者假說的反應皆經過TCA循環，各種循環的中間之代謝產物，如：蘋果酸、檸檬酸、異檸檬酸、烏頭酸、α－酮戊二酸等酸皆可在麻豆文旦果實內找到；琥珀酸，在一些柑橘類果汁內可發現[22,25,26]，又八卷氏[6]以不同柑橘類果汁，甚至同一柑橘品種之果汁，以陽離子交換樹脂的分析方法，亦發現有己二酸（adipic acid）、戊二酸（glutaric acid）、丙酮酸（pyruvic acid）等酸，但這些有機酸在本

實驗中並未發現。另外，本實驗中卻發現少量的酒石酸（tartaric acid），且隨果實發育期有上升之趨勢，張氏[3]在桶柑果實亦發現有少量的酒石酸，但在其它報告中並未提及。諸如以上種種結果的差異，可能是由於實驗分析方法及品種間的不同所造成的。

對於有機酸含量變化的原因，果汁中早期酸含量高，是由於果實尚在快速發育，呼吸作用旺盛，各種代謝酸含量豐富，隨果實漸趨成熟，果實肥大果汁量增加後的稀釋作用[27]，加上各種代謝降低，一些有關有機酸合成酵素活性逐漸降低[23,28]，且有機酸亦能行糖合成反應，更加速有機酸含量的消退；因此，在果實發育過程中，酸的含量隨果實成熟逐漸下降。柑橘類果汁中的有機酸以橘橼酸爲主，次爲蘋果酸。在麻豆文旦果實中橘橼酸及蘋果酸均較一般柑橘果汁中的有機酸低，且兩者呈相等的下降趨勢；各種有機酸含量不同的現象，乃是各種有機酸的合成與降解酵素間的活性無法同步所造成的[28]。

利用HPLC與手提曲折糖度計及pH滴定所測的糖、酸成分含量是不同的；手提曲折糖度計測定的原理是利用光的折射，所有能改變折射的物質，皆可干擾測定的數值，尤以有機酸影響更大[17]。果實發育早期，各種生理生化反應能力甚強，化合物含量甚高，糖類僅佔少部分；至生長後期果實成熟，水分含量比率提高，糖分大量蓄積，醣類的比率增加，因此以HPLC所測的值遠小於手提曲折糖度計所測的值，故稱手提曲折糖度計所測的值爲〝總可溶性固形物〞更能顯示出二者的差別。有機酸存在的可能型式有游離酸和結合酸二種，滴定法只能測出游離型的酸，在柑橘類果實中，結合酸的含量佔總有機酸比率高達30％左右[6,7]，果實發育早期，結合酸的含量更高[9]，HPLC在果實發育的任一時期所測的值皆大於滴定法所測的酸值。若以糖酸成分和含量的變化來決定麻豆文旦果實的成熟度，確知採收適期時，手提曲折糖度計是一項簡單易行的測量儀器，因其測定的總可溶性固形物含量的變化與HPLC所測總糖含量變化是一致的，均在花謝後20週已達最高量，且於花謝後26週迅速下降（圖15、16），且可滴定酸亦已降至0.4～0.5％之間，因此，花謝20週後至花謝26週間是麻豆文旦採收較佳的時期。麻豆文旦主要用於鮮食，所以果肉的質地直接影響風味，顯示，麻豆文旦果實肉質的重要性，且直接受果汁率的影響。依（圖8）曲線看出，其果汁率在花謝24週達最高量，於花謝26週後又逐漸下降。果肉顏色於花謝28週後，轉爲黃褐色，果皮顏色於花謝20週後，逐漸由濃綠色轉爲淡綠色再轉爲黃綠色。綜合上述，麻豆文旦最佳的採收期，建議以花謝24週前、後一週爲宜。爲配合中秋節消費習慣，可適度的調整其採收期，但不宜過早或太晚採收，以免影響果實品質。

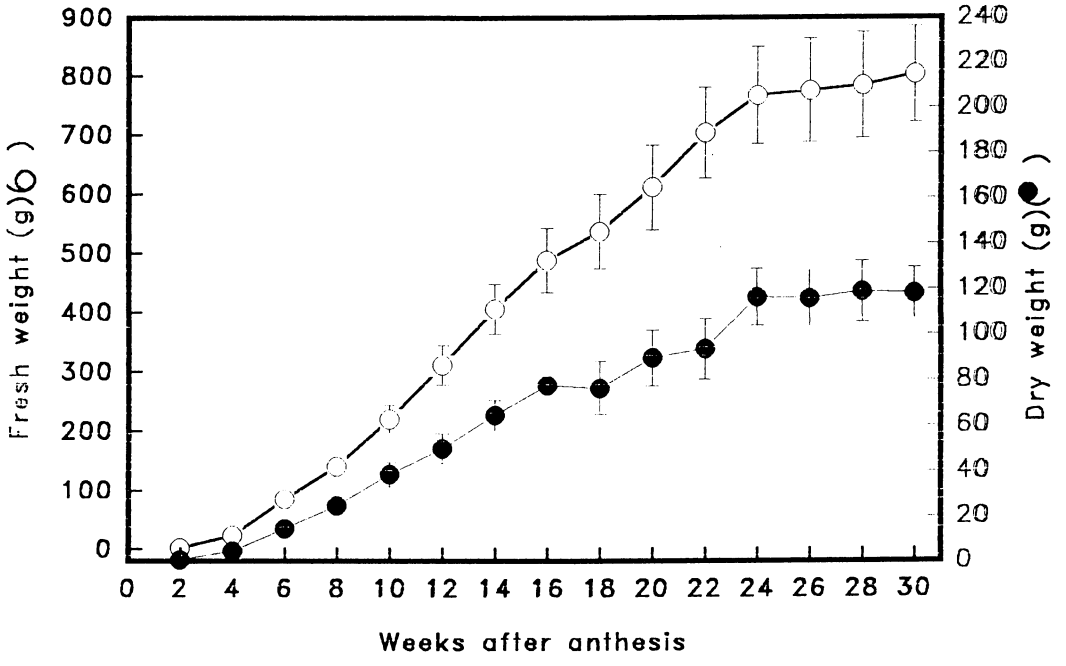


Fig. 1. Developmental changes in fresh and dry weight of whole 'Ma-tou' wentan fruits.

圖1. 麻豆文旦果實發育期間鮮乾重之變化

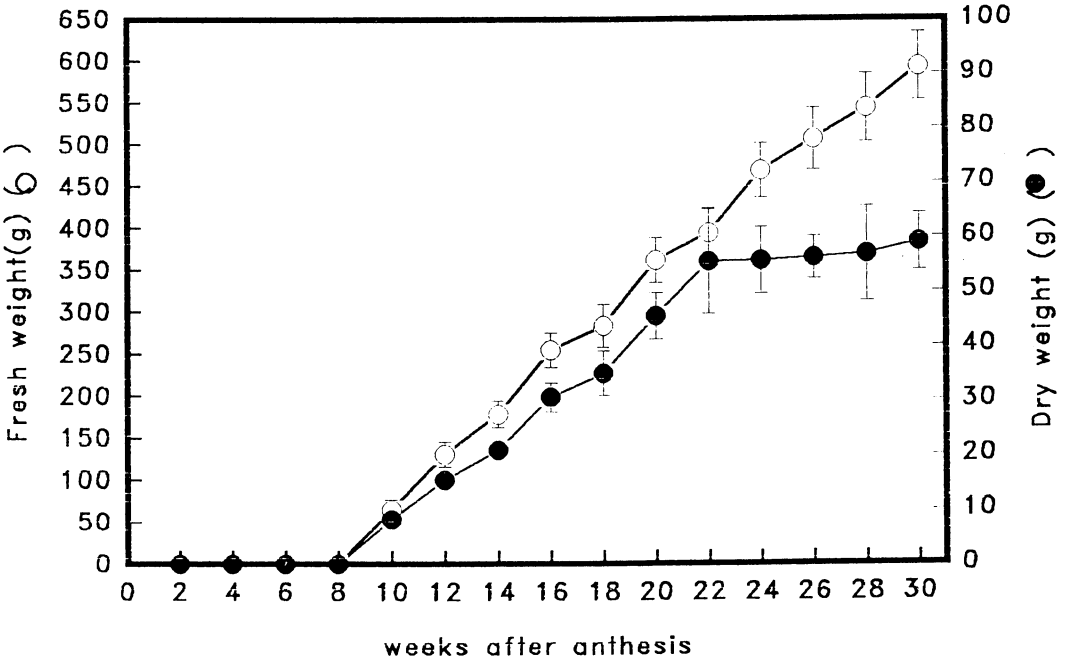


Fig. 2. Developmental changes in fresh and dry weight of pulp ball of 'Ma-tou' wentan fruits.

圖2. 麻豆文旦果實發育期間果球鮮乾重之變化

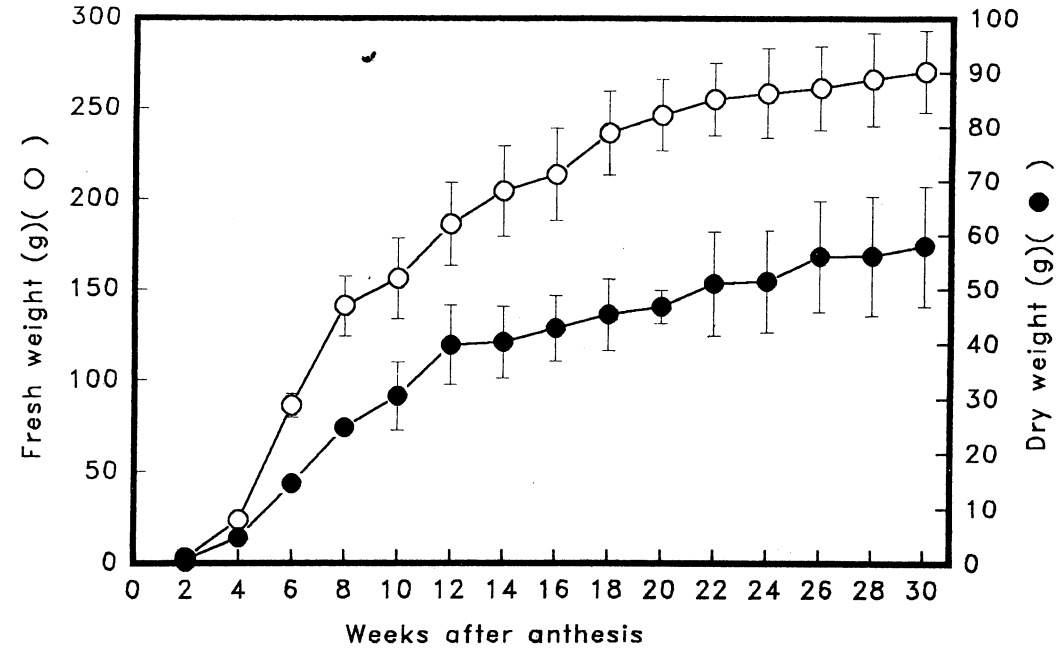


Fig. 3. Developmental changes in fresh and dry weight of rind of 'Ma-tou' wentan fruits.

圖3. 麻豆文旦果實發育期間果皮鮮乾重之變化

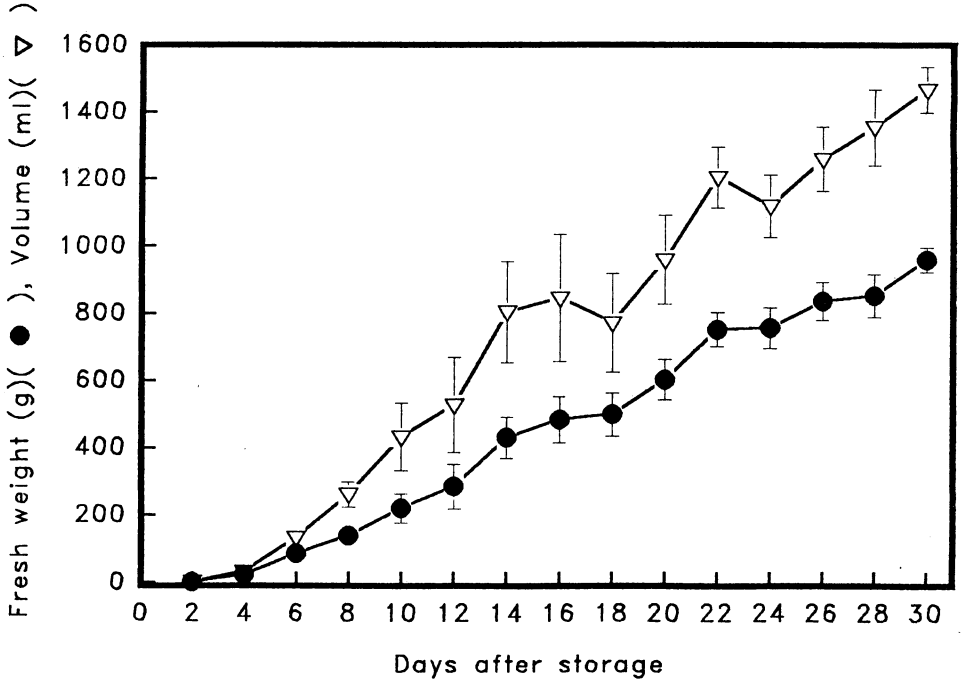


Fig. 4. Developmental changes in fresh weight and volume of 'Ma-tou' wentan fruits.

圖4. 麻豆文旦果實發育期間體積和鮮重之變化

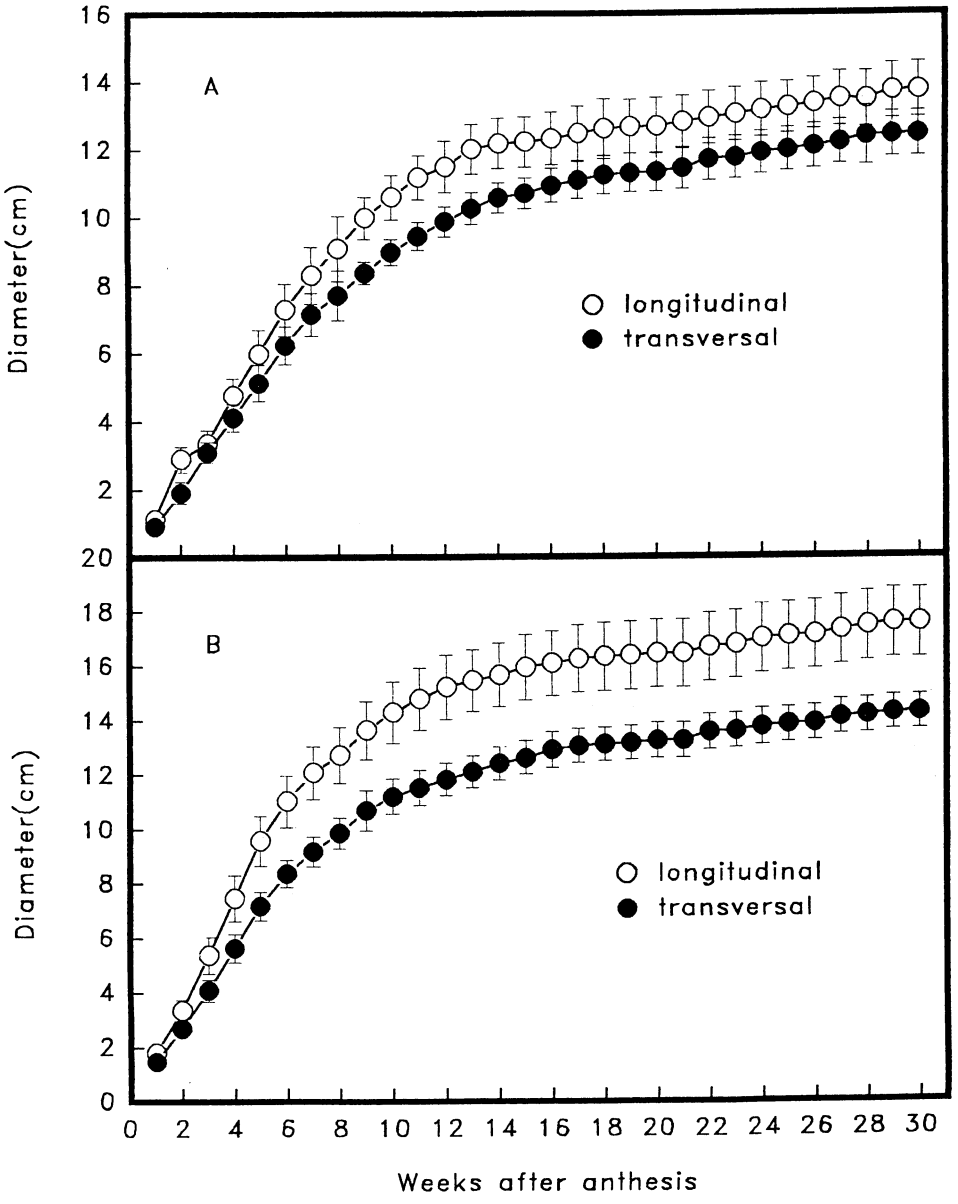


Fig. 5. Developmental changes in diameter of 'Ma-tou' wentan fruits. (A) self pollinated (B) pollinated with "Pei-yu" (*C. grandis* Osbeck.)

圖5. 麻豆文旦果實發育期間縱橫徑之變化

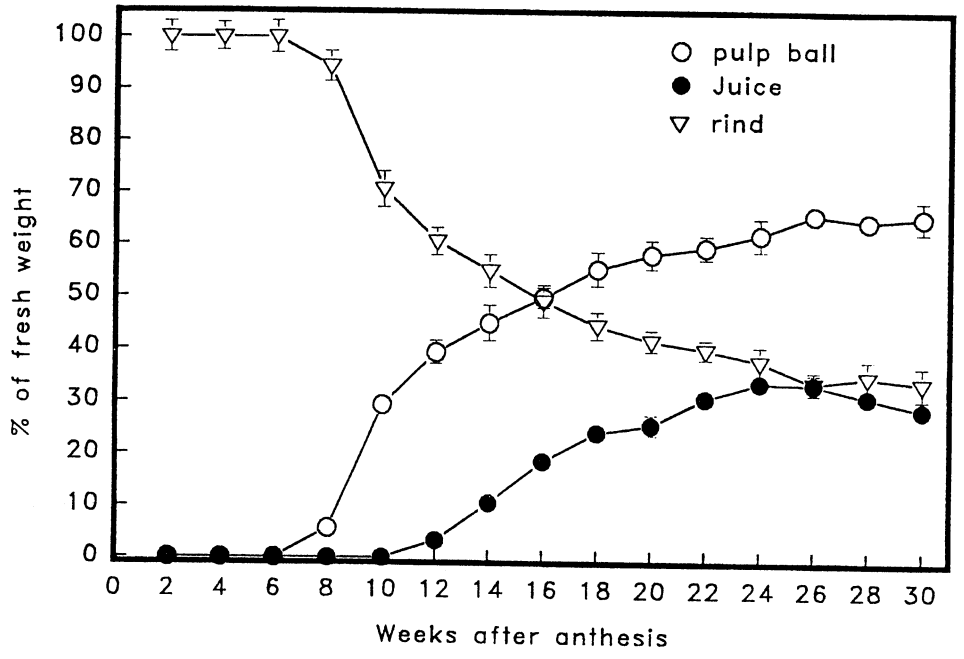


Fig. 6. Developmental changes in percentage of fresh weight of 'Ma-tou' wentan fruits.

圖6. 麻豆文旦果實發育期間果皮、果球和果汁百分率之變化

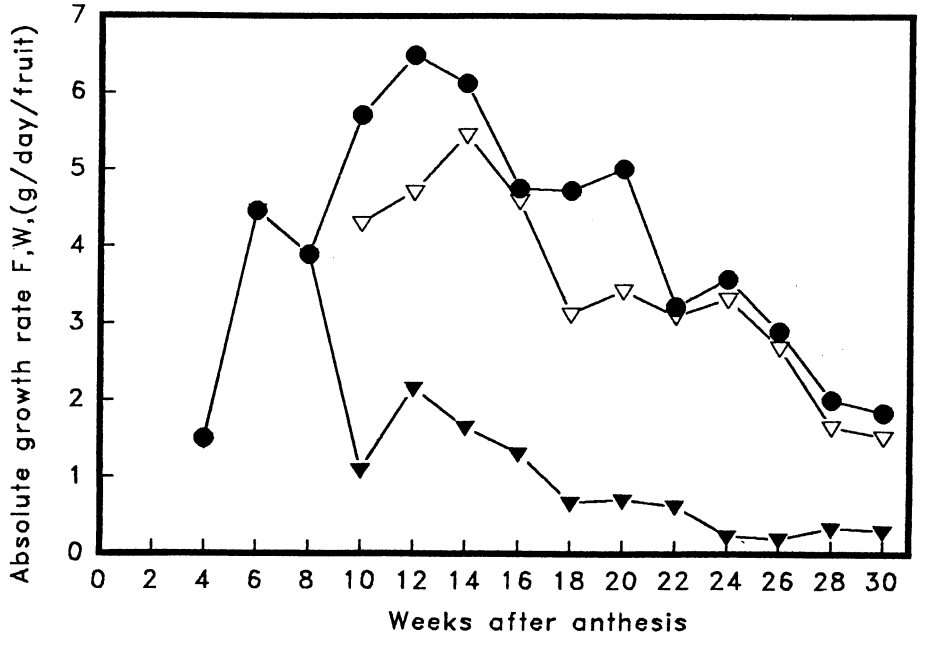


Fig. 7. Developmental changes in absolute growth rate of 'Ma-tou' wentan fruits. ● = fruit, ▼ = rind, ▽ = pulp.

圖7. 麻豆文旦果實發育期間鮮重絕對生長速率之變化

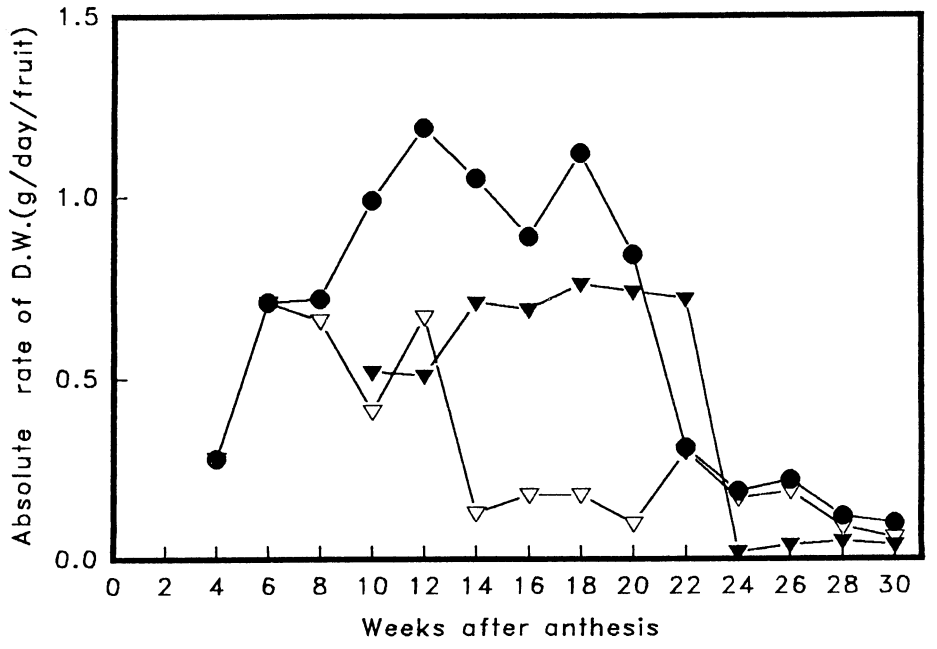


Fig. 8. Developmental changes in relative growth rate of 'Ma-tou' wentan fruits. ● = fruit, ▽ = rind, ▼ = pulp.

圖8. 麻豆文旦果實發育期間乾重絕對生長速率之變化

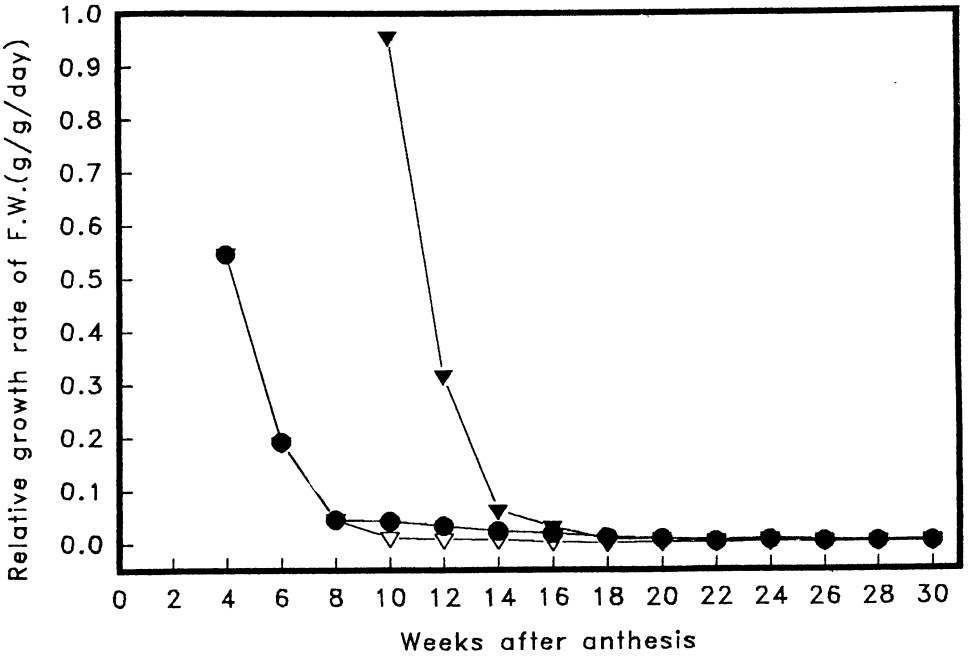


Fig. 9. Developmental changes in relative growth rate of 'Ma-tou' wentan fruits. ● = fruit, ▽ = rind, ▼ = pulp.

圖9. 麻豆文旦果實發育期間鮮重相對生長速率之變化

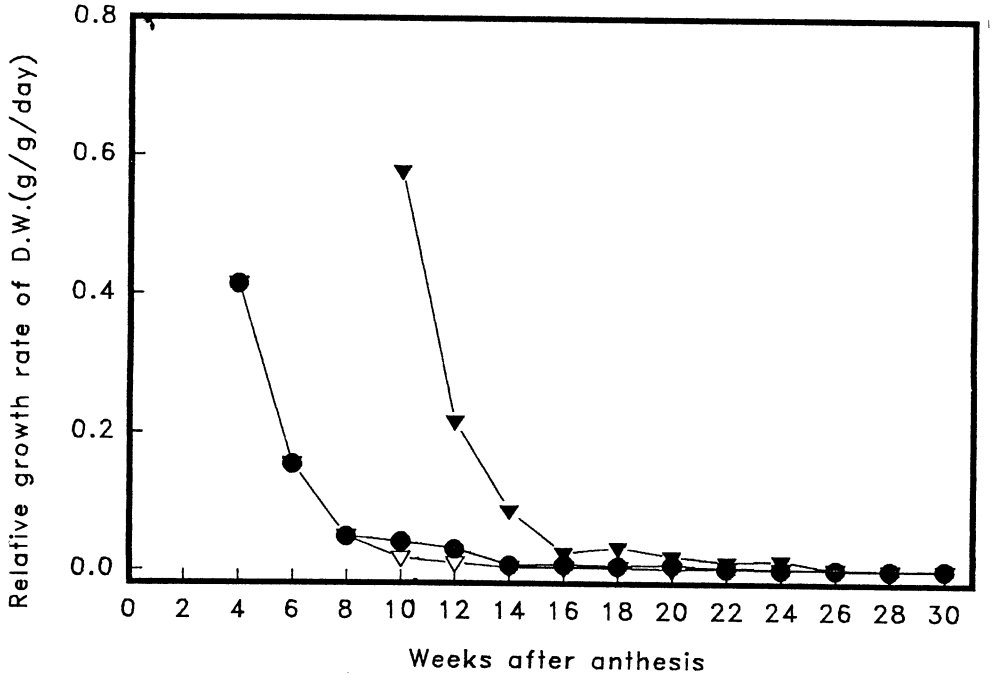


Fig. 10. Developmental changes in relative growth rate of 'Ma-tou' wentan fruits. ● = fruit, ▽ = rind, ▼ = pulp.

圖 10. 麻豆文旦果實發育期間乾重相對生長速率之變化

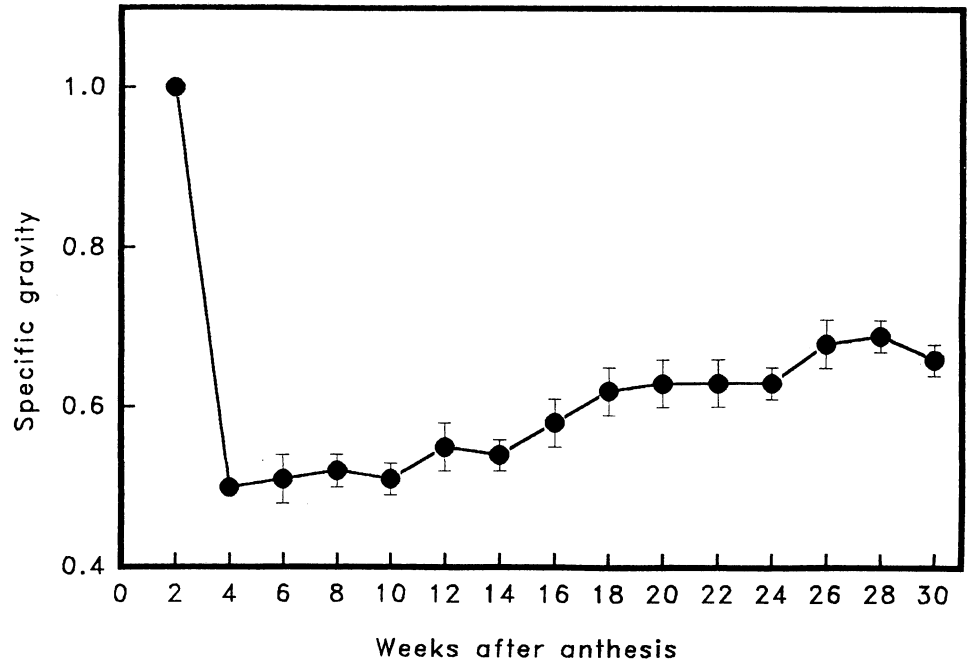


Fig. 11. Developmental changes in specific gravity of 'Ma-tou' wentan fruits.

圖 11. 麻豆文旦果實發育期間果實比重之變化

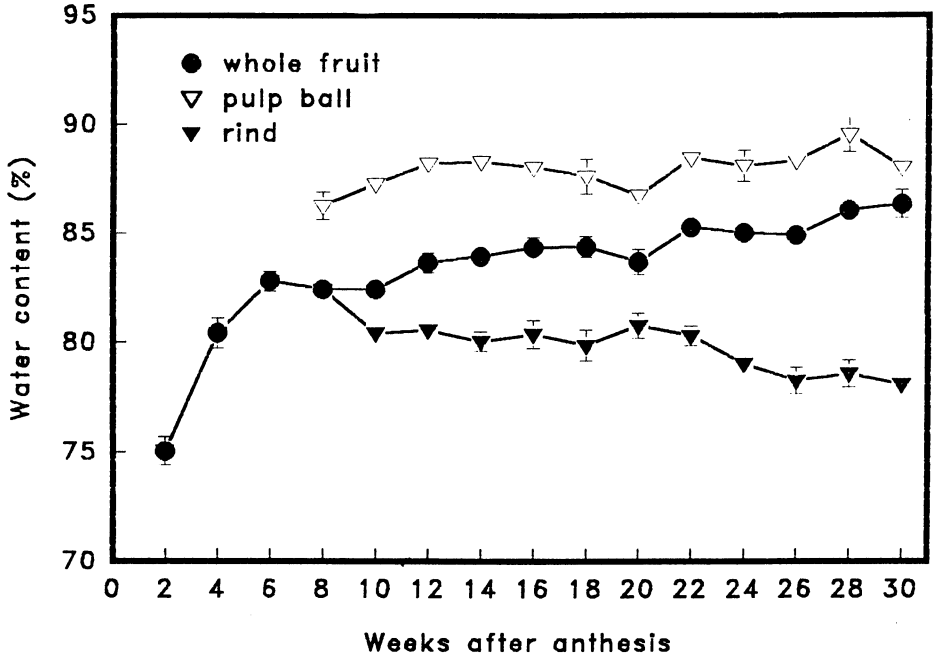


Fig. 12. Developmental changes in water content of 'Ma-tou' wentan fruits.

圖12. 麻豆文旦果實發育期間果實、果球和果皮水份含量之變化

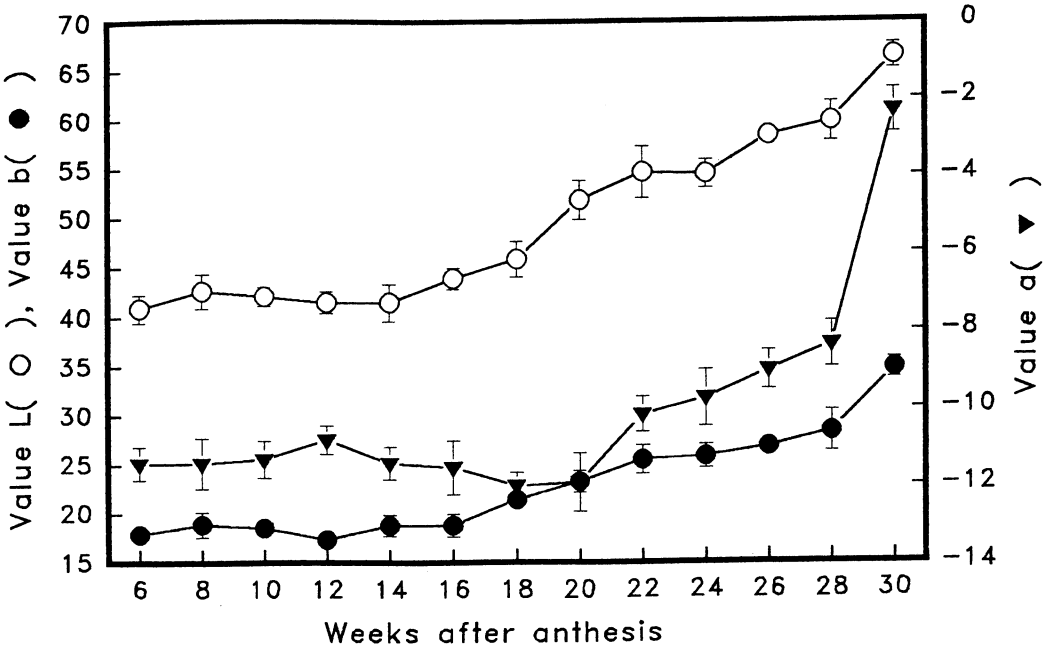


Fig. 13. Developmental changes in rind color of 'Ma-tou' wentan fruits.

圖13. 麻豆文旦果實發育期間果皮顏色之變化

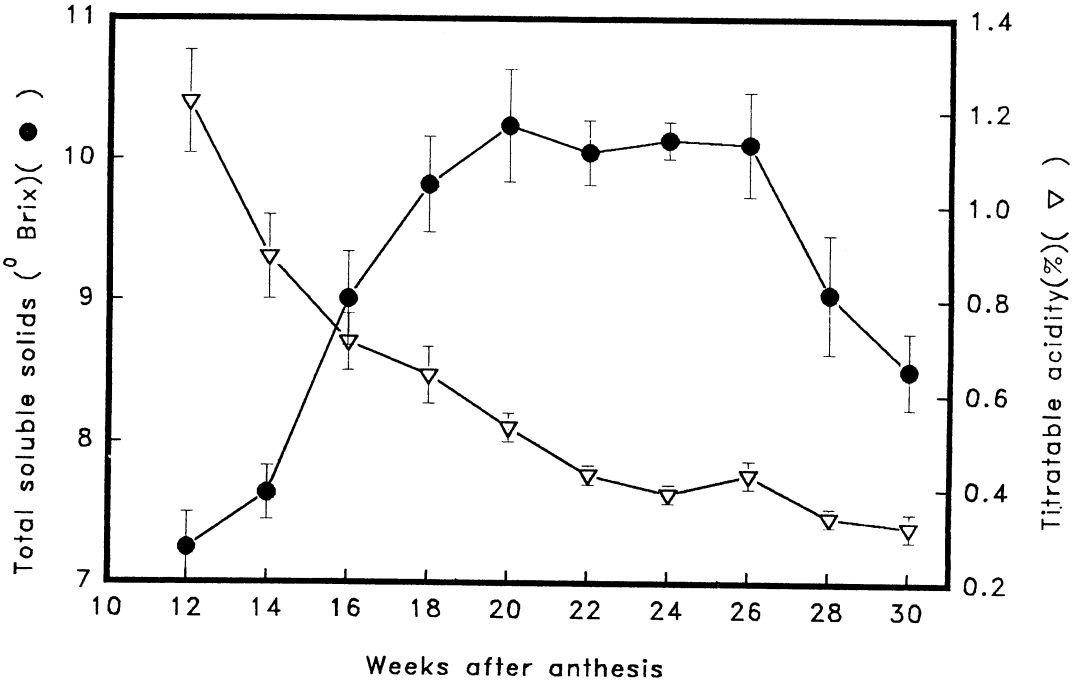


Fig. 14. Developmental changes in total soluble solids and titratable acidity of 'Ma – tou' wentan fruits.

圖 14. 麻豆文旦果實發育期間糖度和酸度之變化

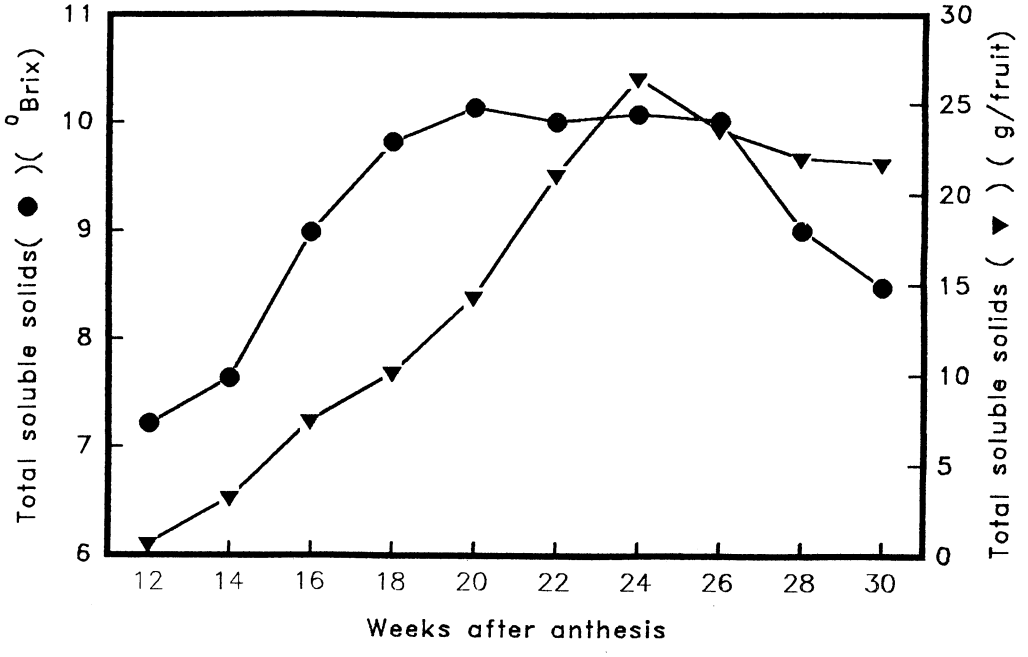


Fig. 15. Developmental changes in total soluble solids of 'Ma – tou' wentan fruits.

圖 15. 麻豆文旦果實發育期間可溶性固形物含量之變化

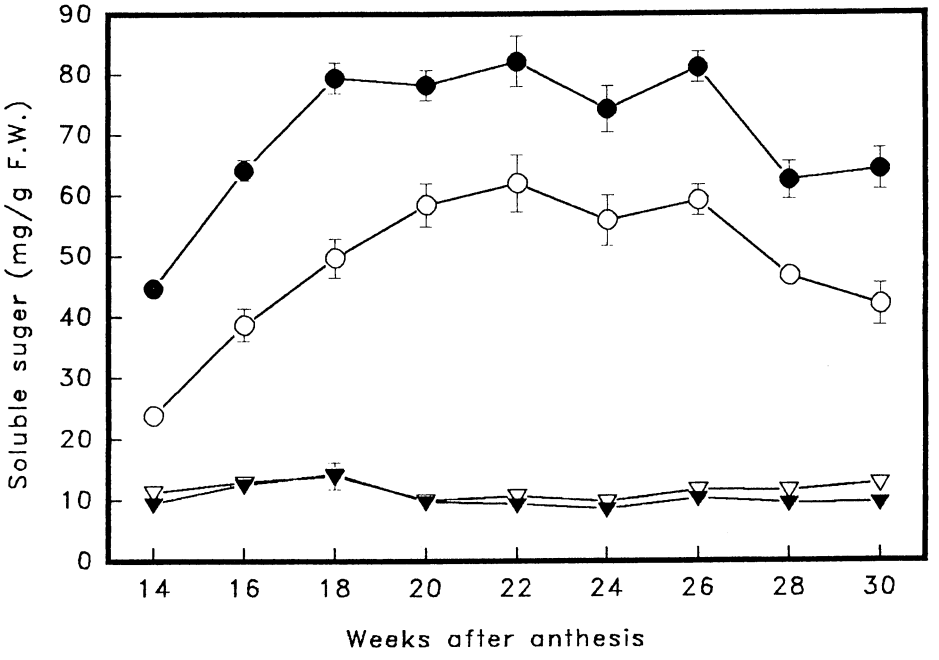


Fig. 16. Developmental changes in soluble sugars of 'Ma-tou' wentan fruits. ● =total sugar; ○ =sucrose; ▽ =fructose; ▼ = glucose.;

圖 16. 麻豆文旦果實發育期間可溶性醣含量之變化

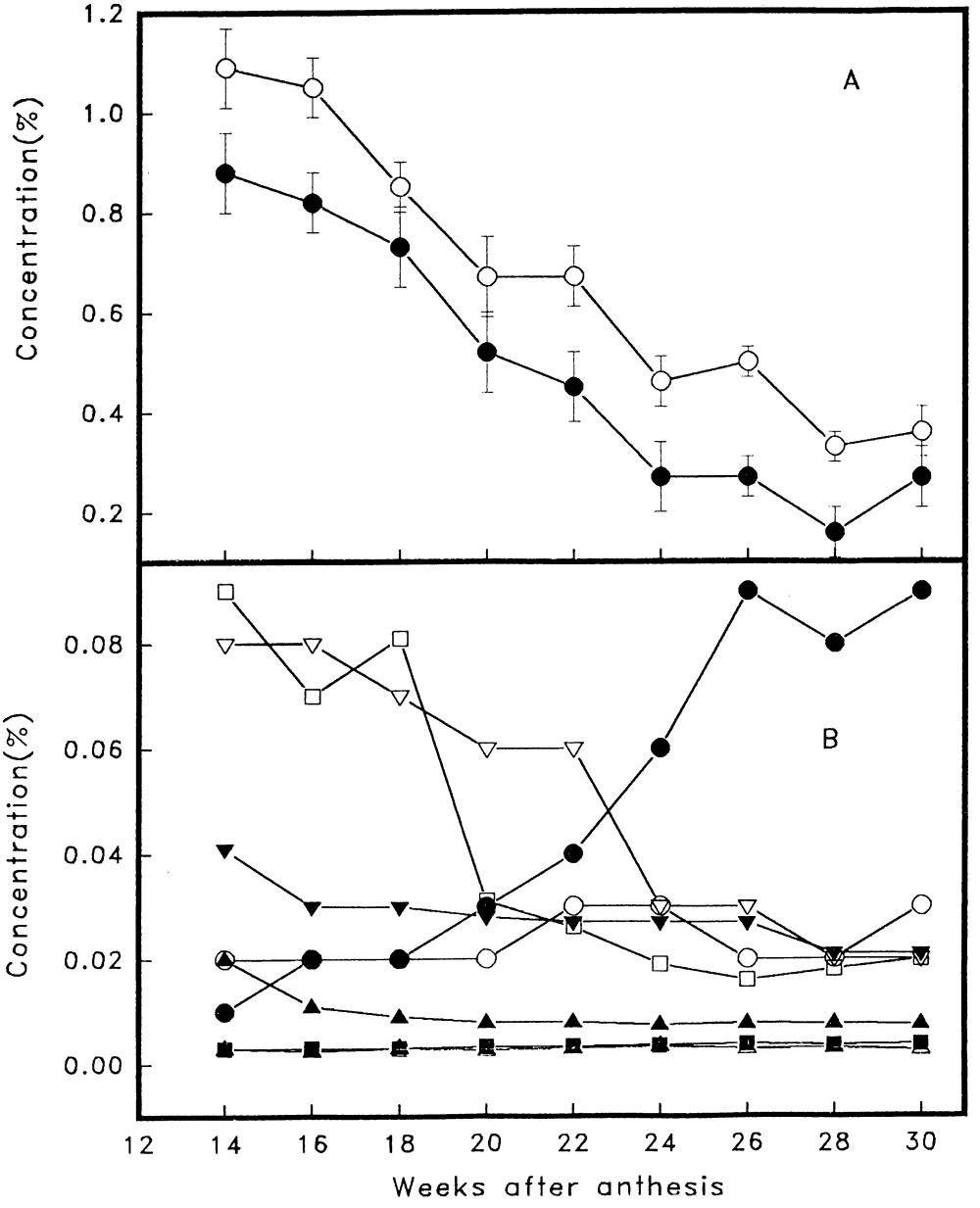


Fig. 17. Developmental changes in organic acids of 'Ma-tou' wefruits. (A) ○ = citric acid , ● = malic acid. (B) ○ = isocitricic acid , ● = tartaric acid , ▽ = aconitic acid , ▼ = oxalic acid , □ = glucuronic acid , ■ = ascorbic acid , ▲ = acetic acid , △ = -ketoglutaric acid.

圖 17. 麻豆文旦果實發育期間有機酸含量之變化

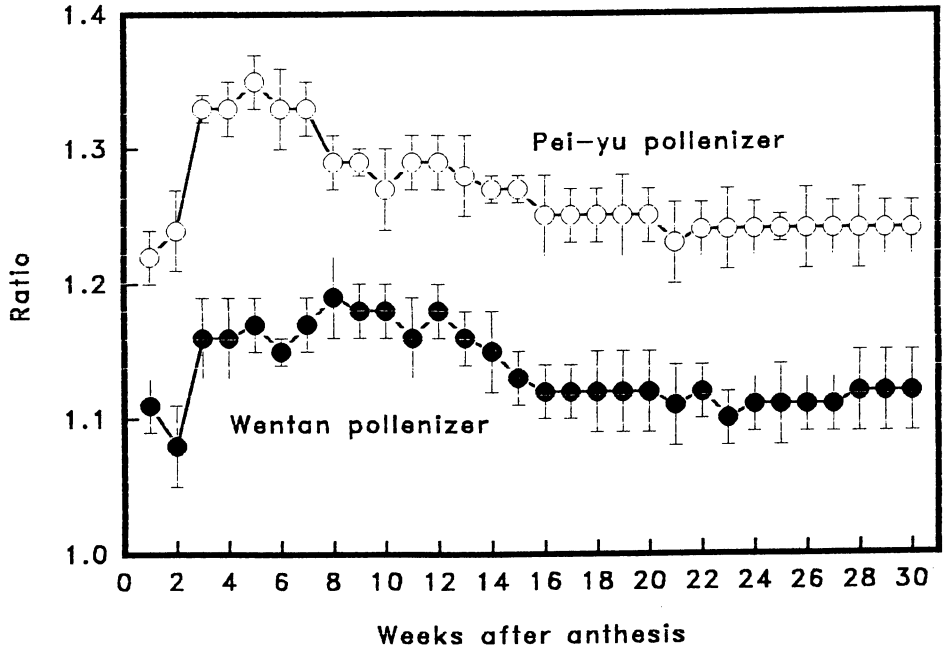


Fig. 18. Developmental changes in longitudinal / transversal diameter ratio in 'Ma-tou' wentan frults pollinated with 'Pei-yu' (*C. grandis* Osbeck) or 'Ma-tou' wentan pollens.

圖 18. 麻豆文旦果實發育期間縱橫徑比之變化

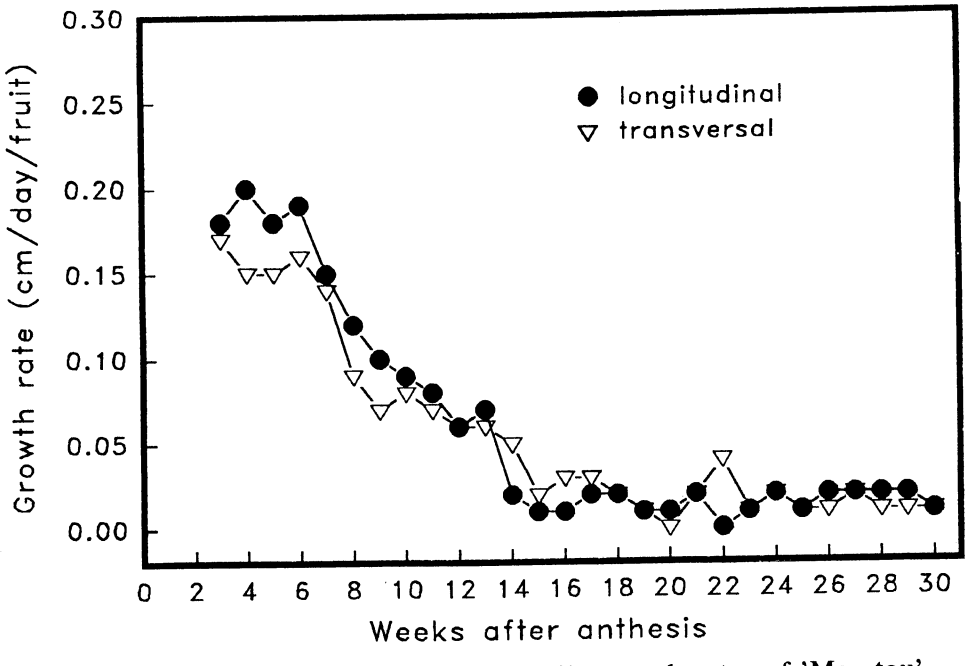


Fig. 19. Developmental changes in daily growth rates of 'Ma-tou' wentan fruits.

圖 19. 麻豆文旦果實發育期間縱橫徑生長速率之變化

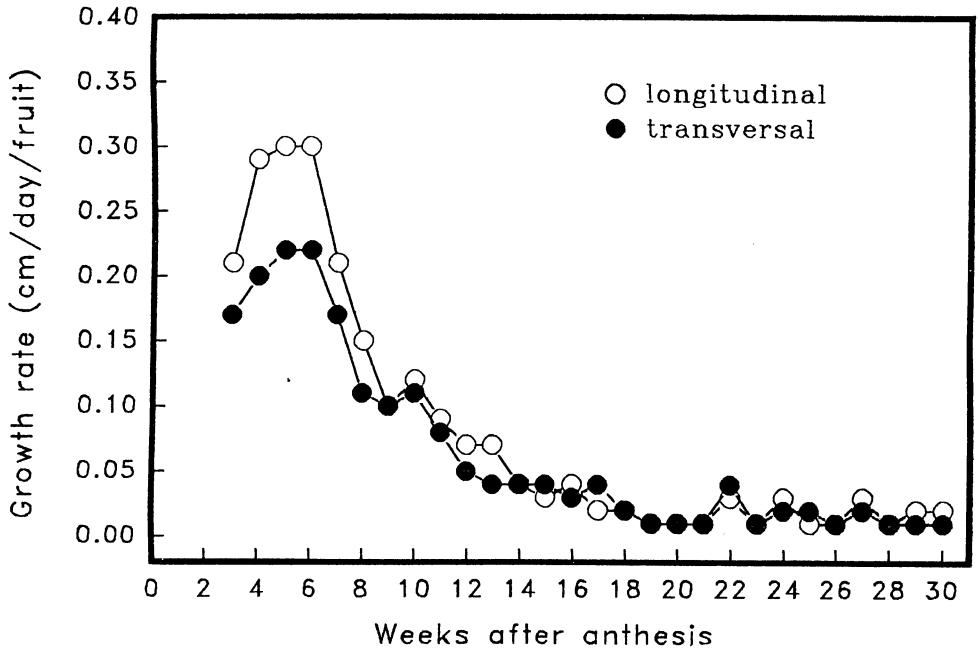


Fig. 20. Developmental changes in growth rates in 'Ma-tou' wentan frults pollinated with 'Pei-yu' (*C. grandis* Osbeck)

圖20. 白柚授粉的麻豆文旦果實發育期間縱橫徑生長速率之變化

參考文獻

1. 莊南山。1954。麻豆文旦。科學農業 2:23－26。
2. 張淑賢。李峰憲。吳婉麗。1987。氣溫與降雨量對本省主要椪柑產區之果實品質與柑樹營養狀況之影響。中華農學研究 36:75－86。
3. 張錦興。1992。影響果樹光合作用及桶柑果實品質因子之研究。臺灣大學園藝學研究所碩士論文。
4. 臺灣省農林廳。1992。臺灣農業學報。
5. 謝慶昌。1985。楊桃果實生長調查及採收後處理之研究。國立台灣大學園藝學研究所碩士論文。
6. 八巻良和。1987。數種 ミカンウ果汁にお汁る全酸，ならびに結合酸濃度間の相關關係。園學雜 56:263－267。
7. 八巻良和。1988。ミカン類果汁酸度の種類間差異および酸濃度間。酸濃度‰カソウム濃度間の關係。園學雜 56:457－469。
8. 泉秀實。伊東卓爾。吉田保治。1990。樹冠内、外層の著果位置。別にみた ンシコミカン果實の發育中における糖 スコルビン酸含量にフひこ.園學雜 58:877－883。
9. 崎山亮三。1970。數種の果汁にお 汁る發育中の酸含量の變化。園學雜 39:124－129。
10. Bain, J. M. and R. N. Robertson. 1951. The physiology of growth in apple fruits. I. cell size , cell number and fruit development. Aust.J.Sci.Res. Bull. 4:75－91。
11. Bain , J. M. 1961. Some morphological, anatomical and physiological changes in the pear fruit (Pyrus communis V. Willians Bon Chretien) during development and following harvest. Austral.J. Bot.9:99－129。
12. Clark,R. B. and A. Wallace. 1963. Dark CO2 fixation in organic acid synthesis and accu－mulation in citrus fruit vesicles. Pro. Amer. Soc. Hort. Sci.83:322－332. fruits. Ann. Rev. Plant. Physiol. 27:507－528。
13. Cameron, J. W. and R. K. Soost. 1977. Acidity and total solids in citrus hybrids and advanced crosses involving acidless orange and acidless pummelo. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102:198－201。
14. Echeverria, E. and J. Valich. 1988. Carbohydrate and enzyme distribution in protplasts from valencia orange juice sacs. Phytochem.27: 73－76。
15. Echeverria, E. and J. Valich. 1989. Enzymes of sugar and acid metabolism in stored valencia oranges. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114 :445－449。
16. Harding, P. L. and W. E. Lewis. 1941. The relationship of size of fruit to solids , acid and volume of juice in principal varieties of Florida orange. Proc. Fla. State Hort. Soc. 54:52－56。
17. Higby, W. K. and A. A. Ricke. 1963. Refractometric measurement of soluble solids in orange juice. Food Techn. 648:138－141。
18. Hulme, A. C. 1970. The biochemistry of fruits and their products. Vol. 1. Academic Press, London. PP. 1－118。

19. Lilleland, O. 1934. A growth study of cherry fruit. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 32:291 – 294 。

20. Li, B. W., and P. J. Schuhmann. 1983 Sugar analysis of fruit juices : content and method. J. Food. Sci.48:633 。

21. Marloth, R. H. 1950. Citrus growth studies . Fruit growth and internal quality changes. J. Hort. Sci. 25:235 – 248 。

22. Monselise, S. P., and D. Galily. 1979. Organic acid in grapefruit fruit tissues. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104:895 – 897 。

23. Matsumoto, A. and S. Shiraishi. 1981. Seasonal changes in organic acid levels in satsuma mandarin fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 49:519 – 522 。

24. Paull, R. E., N. J. Chen and J. Deputy. 1984. Litchi growth and composit – ional changes during fruit development. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109:817 – 821 。

25. Sasson, A. and S. P. Monselise. 1977. Organic acid composition of "Shamouti" oranges at harvest and during prolonged postharvest storage. J. Amer. Soc. Hort. Sci.102:331 – 336 。

26. Shaked, A. and D. hasdai. 1985. Organic acids in the juice of developing nucellar and oldline clone shamouti oranges. J. Hort. Sci. 60:563 – 568 。

27. Ting, S. V., and H. M. Vines. 1966. Organic acid in the juice vesicles of Flori – da."Hanlin" orange and Marsh seedless grapefruit. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 88:291 – 297 。

28. Yen, C. R. 1987. Assimilate partitioning and enzymes of organic acid metabolism in fruit of calamondin and low – acid grapefruit. PhD Diss., Univ. of Florida ,Gainesllle 。

討　論

花蓮農改場劉昭雄先生問：

麻豆文旦於花開後十四週會有裂瓣發生，是何原因？

林芳存教授答：

這個問題較複雜，這次赴大陸，發現大陸上没有裂瓣現象，而且文旦或白柚也都没有種子。這次調查的果園，如果用白柚花粉授粉，不會裂瓣，如果不用白柚來授粉，就會裂瓣，其眞正原因，相當複雜，無法很深入回答，請見諒。

陸之琳顧問問：

文旦食用部份發生乾砂粒原因爲何？

林芳存教授答：

可能因氮肥過多生長過於旺盛所致。

Studies on Growth of 'Ma-tou' Wentan (*Citrus grandis* Osbeck cv. 'Ma-tou') Fruits

Fan-Tswen Lin[1] *and Tzong-Shyan Lin*[2]

[1]Instructor, Dept. of Horticulture, National Chia-Yi Institute of Agriculture
[2]Professor, Dept. of Horticulture, National Taiwan University

Summary

This experiment was to investigate the fruit growth and development of 'Ma-tou' wentan (*Citrus grandis* cv. 'Ma-tou' Wentan). The fruit growth pattern showed "single sigmoid" curve based on fruit volum, fresh weight, dry weight and fruit diameter. The fruit peel grew faster than the pulp at the early stage of growth ; However, at the later stage the pulp grew faster than the peel. The total soluble solids (TSS) accumilated quickly after 12 weeks of anthesis and reach the maximal amount after 24 weeks of anthesis and then declined gradually. Titrable acidity decreased during the fruit development. There was no change in rind color during the fruit growth ,but rind turned light yellow at the later development stage. The segment began to split after 14 weeks of anthesis.

Key words: 'Ma-tou' Wentan, Fruit development.