

‘台農二號’番木瓜果實品質及礦物營養 之周年性變化

林玉茹¹⁾ 林慧玲²⁾

關鍵字：番木瓜、品質、礦物元素

摘要：本試驗自 2005 年 9 月起至 2006 年 11 月止調查雲林縣林內鄉栽植之‘台農二號’番木瓜果實品質之周年變化。每月取樣一次，果實採收後於 30°C 下催熟，2 日後調查。於 9 月至 11 月所採之果實果皮皆可正常轉色，而 12 月至 2 月者有轉色不良的現象，9 月至 11 月採收者亦可正常軟化，但 12 月以後果實硬度較高、後熟速率減緩。另外，糖度與礦物元素含量也以接近冬季者高於夏秋季，果肉質地及果皮轉色亦較佳。

前 言

番木瓜 (*Carica papaya* L.) 是台灣重要的熱帶水果之一。周年皆可生產，年產量高達 8 萬 8 千公噸，產值有 14 億元(94 年農業統計年報)，加上近幾年採收貯運技術漸漸成熟，使番木瓜果實具有潛力，為台灣 10 大經濟果樹之一，且深具外銷潛力。除鮮食外，還可作為飼料、加工醃漬品、果汁，其木瓜酵素廣泛應用於皮革軟化劑、啤酒澄清劑與肉類之嫩化劑，並廣泛利用於醫療保健(李和陳，2005)。

一般栽培與銷售以‘台農二號’為主，因果型大小較為適合，平均果重約 1100g。番木瓜之果肉柔軟，採收後不耐貯運，易發生品質劣變等生理障礙或病害，因此要如何確保番木瓜果實品質是目前產業的需解決之重要課題(謝，2001)。

台灣地處亞熱帶地區，番木瓜主要產區包含高屏、雲嘉等地，冬季低溫往往造成番木瓜品質劣變，包括後熟不易、果肉苦味，但其缺乏完整之調查研究，此外肥培管理影響

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系副教授，通訊作者。

果實內礦物元素含量，進而影響品質，因此本試驗調查果實內礦物元素週年變化，期能了解其間之相關性，以穩定番木瓜果實品質及市場供貨量。

材 料 與 方 法

(一) 材料來源

本試驗材料採自雲林縣林內鄉高姓果園，以‘台農二號’(Tainung No.2)番木瓜一年生植株果實為材料。自2005年8月31日起，至2006年11月3日止，每月進行採樣及調查。

(二) 試驗方法

選取成熟度為10~25%轉色(兩果溝轉黃)之果實，分為兩組，一組於採收當天即進行調查；另一組以適量電石(CaC_2)，置30°C恆溫箱進行催熟，兩天後再進行調查。每次調查20果。

(三) 調查項目及分析方法

1. 葉綠素螢光反應

果實先以暗處理(Dark adapted)至少30分鐘後，於赤道部位選取兩點，以攜帶式葉綠素螢光分析儀(Portable Chlorophyll Fluorometer, MiNi-PAM, Walz, Germany)測定。其所連接的探針利用特殊光纖(Special Fiberoptic 2010-F)瞬間提供測定光與飽和脈衝光，並由下列公式計算而得PS II活性，當PS II反應中心 F_0 為最小螢光釋放量， F_m 為螢光釋放最大值， $F_v = F_m - F_0$ ，以 F_v/F_m 之比值表示之。

2. 果皮顏色之測定

以手持式色差儀(Handy colorimeter, Nippon Denshoku 出品, Model NR-3000)測定果實赤道處兩點果皮之L、 a^* 、 b^* 、C、H值。L值表示明亮度；+a表示紅色，-a表示綠色；+b表示黃色，-b表示藍色；C值表示彩度；H值表示色相角。

3. 果肉顏色之測定

果實於全果距果頂1/3處(最寬處)橫切後，以上述2.器材測定果肉赤道部兩點之L、 a^* 、 b^* 、C、H值。

4. 硬度之測定

果實於全果距果頂1/3處(最寬處)橫切後，以手持式硬度計(Penetrometer F327)測定果實赤道兩端穿刺果肉時，單位面積內所需最大力量，以牛頓(N)表示之。平頭探針直徑為0.79cm。

5. 可溶性固形物之測定

擠壓果肉收集果汁，以手持折射計(Hand refractometer, Atago, Model N1)，測定果汁中

全可溶性固形物(Total soluble solid, TSS)含量，單位以 °Brix 表示之。

6. 無機元素分析

在品質測定完畢後，取果實中段部位之果肉，以液態氮固定後置於凍箱備用。20 果中每 4 顆果實混合成 1 樣品，計 5 重複。

果肉以液態氮急速冷凍後，裝入塑膠袋內進行冷凍乾燥，約 3~4 天取出，樣品以研鉢磨成粉末再裝回封口袋，置於防潮箱中備用。

分析時，稱取 0.5 g 粉末置於坩鍋，放入灰化爐內 (muffle furnace)，先以 200 °C 加熱兩小時，再持續以 400 °C 加熱 1 小時，最後再以 550 °C 加熱兩小時使樣品完全灰化。待樣品冷卻後由灰化爐內取出，加入 5 ml、2 N HCl (Merck) 使樣品完全溶解後，以濾紙 (Whatman# 42) 過濾，過濾時以去離子水將坩鍋中殘留之灰分洗下，濾液定量至 25 ml 並混合均勻後，裝入 50 ml PE 塑膠瓶中保存待測。

以上濾液供鐵、錳、鋅及銅等元素之測定；鉀與鎂之測量取 0.1 ml 濾液加入 3.9 ml 去離子水稀釋 40 倍；而鈣之測定則取 0.1 ml 濾液加入 3.9 ml 去離子水及 1ml(w/v) 5% 氧化釧 (Lanthanum oxide)，振盪均勻後，以原子吸收儀 (Varian 20 Techtron atomic absorption spectrophotometer) 測定之。

磷之測定是採用鉬黃法 (Vanadate-molybdate yellow method)。取 1 ml 濾液加入 3 ml 去離子水及 1 ml 鉬黃試劑混合均勻後靜置 10 分，以分光光度計 (Spectrophotometer, Hitachi U-2000) 測定波長 470 nm 之吸光度。

氮之分析是採用 Micro-Kjeldahl 法。精稱 0.2 g 粉末，以 Toyo # 1 濾紙包裹樣品粉末，投入氮分解管中，並加入 1g 催化劑 (Merck 8030)，加入 4.5 ml 濃硫酸 (聯工公司)，置於分解爐上以 410 °C 加熱分解約 2.5~3 小時，直至樣品分解呈澄清之淡綠色溶液，取出待其冷卻後加入 15 ml 蒸餾水，然後將分解液倒入 Micro-Kjeldahl 裝置之燒瓶中，加入 20 ml 12 N NaOH，並以裝有 20 ml 含指示劑 (19 μM Bromocresol Green 及 25 μM Methyl Red) 之 2%、pH5.0 硼酸溶液之塑膠燒杯接取蒸餾出來的氨水，直至燒杯內溶液體積達到 50 ml 時取下，再以 1/14 N H₂SO₄ 標準酸滴定，計算氮之百分比含量。

結 果

一、催熟前後葉綠素螢光之季節性變化

催熟前葉綠素螢光反應之 Fv/Fm 比值，2005 年 9-12 月呈緩慢下降之趨勢，之後增加至 5 月，而後下降，10-11 月再度升高。催熟後於 2005 年 11 月至隔年 4 月螢光值普遍較低，1 月份之值則接近催熟前，以 2 月份最低，約為 0.4。螢光值下降率 (Reduced %) 方面以 11、4、6 月較高，高於 30%；1 月份下降率最低，5 月份亦只有 9.5% 下降率 (表 1)。

表 1. ‘台農二號’ 番木瓜催熟前後螢光值參數之季節性變化

Table. 1. Seasonal fluctuation of Fv/Fm of ‘Tainnung No. 2’ papaya fruit at harvest and after ripening.

Year	Month	Yield Fv/Fm		Reduced (%) ^x
		At harvest	After ripening	
2005	9	0.787 bcd ^z	0.660 b	16.00 de
	10	0.776 de	0.663 b	14.50 e
	11	0.761 fg	0.509 e	33.00 a
	12	0.736 i	0.524 de	28.50 abc
2006	1	0.698 k	0.722 a	- 3.60 f
	2	0.721 j	-- ^y	--
	3	0.742 hi	0.565 cd	23.60 bc
	4	0.748 ghi	0.502 e	32.70 a
	5	0.803 a	0.727 a	9.50 e
	6	0.781 cde	0.546 cde	30.20 ab
	7	0.795 abc	0.670 b	15.70 de
	8	0.768 ef	0.579 c	24.70 bc
	9	0.772 ef	--	--
	10	0.753 gh	0.586 c	22.20 cd
	11	0.797 ab	0.673 b	15.60 de

^z Mean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

^y No data.

^x Reduced (%)= $\left[\frac{\text{Fv/Fm at harvest} - \text{Fv/Fm after ripening}}{\text{Fv/Fm at harvest}} \right] \times 100\%$

二、催熟前後硬度之季節性變化

木瓜果實在催熟前的硬度均高，約 200N，尤其是 1 月及 2 月採收者、甚至到 5 月份，難以手持式硬度計測到其硬度。但在催熟後發現硬度有隨著月份增加而升高的趨勢，顯示越到冬季需要的催熟時間可能越長。以 12~5 月份果實催熟後硬度較高，夏季 6、7、8 及 9 月份果實催熟後硬度普遍較低，果實可迅速軟化。另外 2 月份果實因為催熟兩天後仍未轉色、硬度仍高，因此多催熟一天，所以其硬度比起 1 月份有稍低的趨勢（圖 1）。

三、催熟前後可溶性固形物之季節性變化

可溶性固形物(糖度)變化無論催熟前後，趨勢一致。於 2005 及 2006 年多以 9~11、12

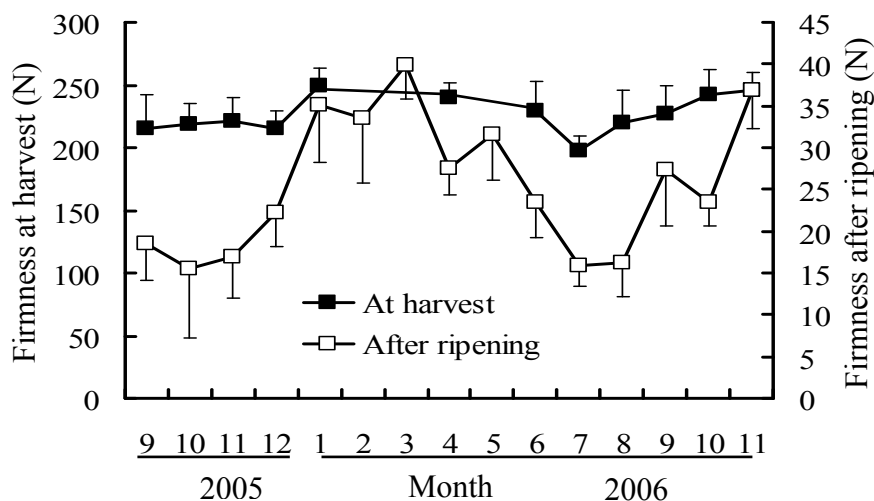


圖 1. '台農二號'番木瓜果實催熟前後硬度之季節性變化。

Fig. 1. Seasonal fluctuation of firmness of 'Tainung No.2' papaya fruit at harvest and after ripening. Vertical bars represent \pm SD. (----- firmness > 250N)

月採收之果實，有較高之糖度，但 2005 年 10 月份採收之果實，由於當年從 8、9 月底均有颱風的關係(泰利 9/1，卡努 9/11，龍王 9/30)，所以 10 月初採果時測量到的糖度最低，12 月份則因為天氣轉晴，所以反而有比較高的糖度。隔年隨著低溫之來臨，糖度也明顯越來越低。至 4~6 月份，尤其 6 月份之果實糖度最低，多維持在 9-10 °Brix。週年變化以 7 至 12 月份糖度較高，有明顯上升之趨勢(圖 2)。

四、催熟前後果皮顏色之季節性變化

L 值(明亮度)於催熟前以 2005 年 12 月及隔年 1、3 月採收者最高，催熟後則以 2006 年 2、3、6 月者較高、7-11 月則低於其他月份，催熟前平均 41.33，催熟後約增至 50.2。a 值較低的月份多集中於 11-4 月間，此時後熟轉色所需時間較久，而以 1 月份最低，一般 6~12 月份採收者之 a 值一般較高(6 月份最高)，此時期催熟後果皮顏色變化較多。催熟前後 b 值由 2005 年 9 月-11 月呈些微下降，之後持續增加至隔年 6 月，至 10 月間再度下降，以 6-7 月、9-11 月下降或上升較為明顯(圖 3)。C 值(chroma)以 1 月份及 10 月最低，5~9 月多較高，催熟前後多從 9-11 月些微下降，之後至 6 月份持續增加，接著是另一波減少之趨勢。催熟後色相角(Hue angle)則以 12 月及 1 月較高，其曲線變化多與 C 值相反(圖 4)。綜合以上來看，12 月、1 月及 2 月較低溫季節時，番木瓜果實催熟後果皮轉色及後熟均較慢，冬季低溫期轉色較差，夏季較高溫度時轉色較佳。

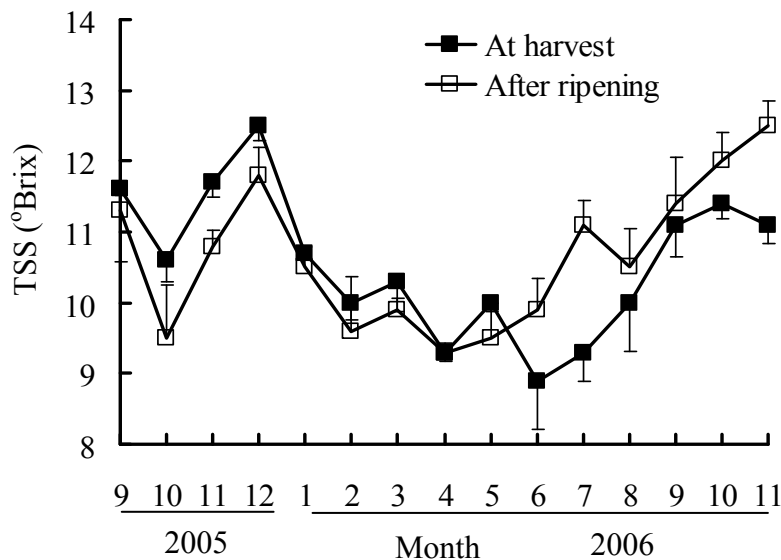


圖 2. '台農二號'番木瓜果實催熟前後糖度之季節性變化。

Fig. 2. Seasonal fluctuation of total soluble solid (TSS) of 'Tainung No.2' papaya fruit at harvest and after ripening. Vertical bars represent \pm SD.

五、催熟前後果肉顏色之季節性變化

L 值以 2006 年 7 月採收者最高，催熟前為 62.3，催熟後為 52.2，1-3 月者次之，催熟後則後者反為最高，而兩年間 9-11 月 L 值多低於其他月份，2006 年 7 月之後呈現明顯下降。催熟前後 a*、b*、C 值以 2006 年 1-3 月最低，後熟時較不易轉色，4 月份之後慢慢增加，至 10 月以後降低，前一年 9-12 月亦有越來越低之傾向。色相角仍與前述變化相反，於 2006 年 1-3 月反而最高，接近 60 (圖 5、6)。

六、催熟前後果肉及果皮礦物元素之周年變化

於 2005 年 9 月 2 日開始進行調查，至 2006 年 11 月 5 日止，共調查 15 個月，分析番木瓜果實採收當日及催熟後果肉中元素之週年性變化。圖 7 顯示氮、磷、鉀濃度之變化，果肉中周年氮濃度以 2005 年 9-11 月最高，分別為 0.9、0.96、1.01%，其餘月份多低於此值，2006 年 1 月份濃度最低，僅 0.57%，與最高值之差距約為 2 倍，之後月份中氮濃度漸漸增加且漸趨平穩，果肉中平均氮濃度為 0.8，催熟前後無太大差異。磷無論催熟前後，果肉以 2006 年 9 月最高、5 月最低。2005 年 12 月至隔年 3 月呈現較低傾向。果肉磷濃度多在 0.1% 以下，似有隨低溫季節降低、而越近高溫季節增加之趨勢。果肉以 2005 年 11 月及 2006 年 4 月鉀濃度最高，含 1.74-2.2%。另外 2005 年 12 月份起至翌年 3 月濃度較低，約 1.15-1.55%，至 5、6 月濃度更低，約 0.94-0.17%，7-10 月間增加至 1.34-1.65%，11 月份又降至約 1.39%，兩年間同樣 11 月份顯示相當大之差異。

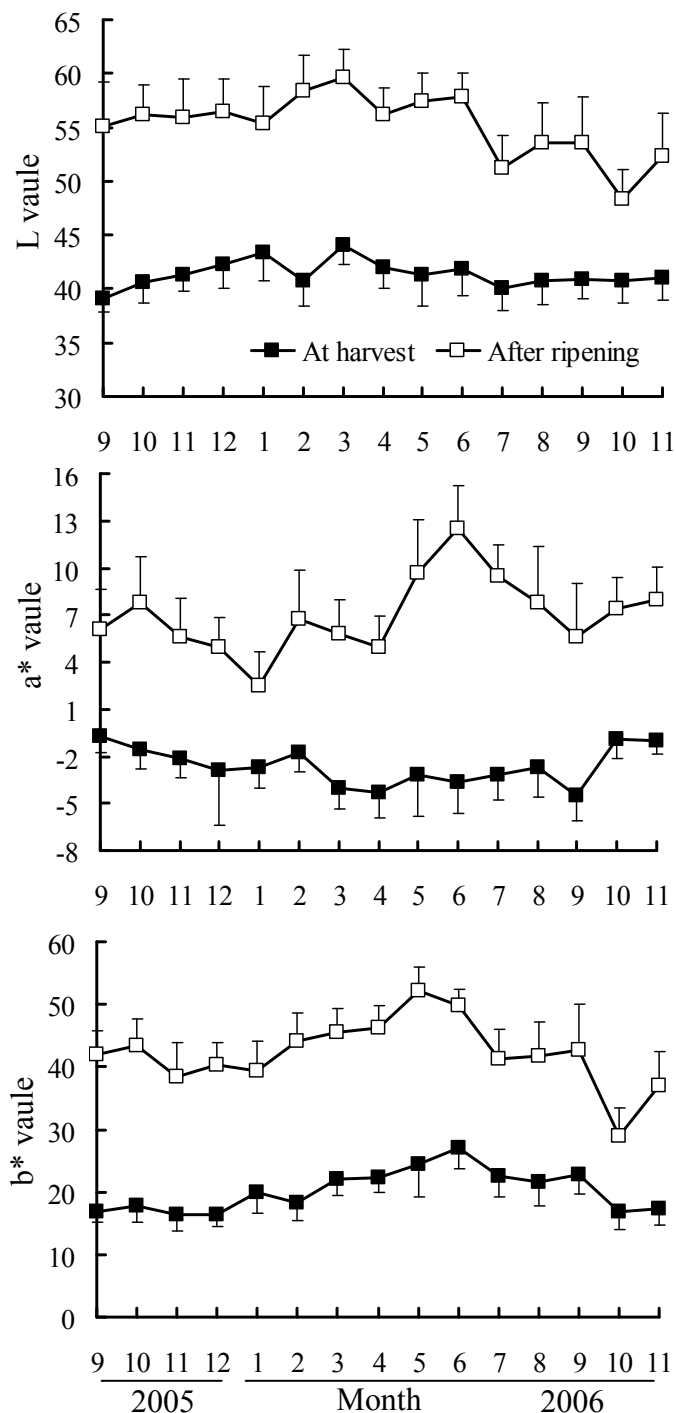


圖 3. '台農二號'番木瓜果皮催熟前後 L、a*、b*值之季節性變化。

Fig. 3. Seasonal fluctuation of lightness, a*, b* value of 'Tainung No.2' papaya peel at harvest and after ripening. Vertical bars represent \pm SD.

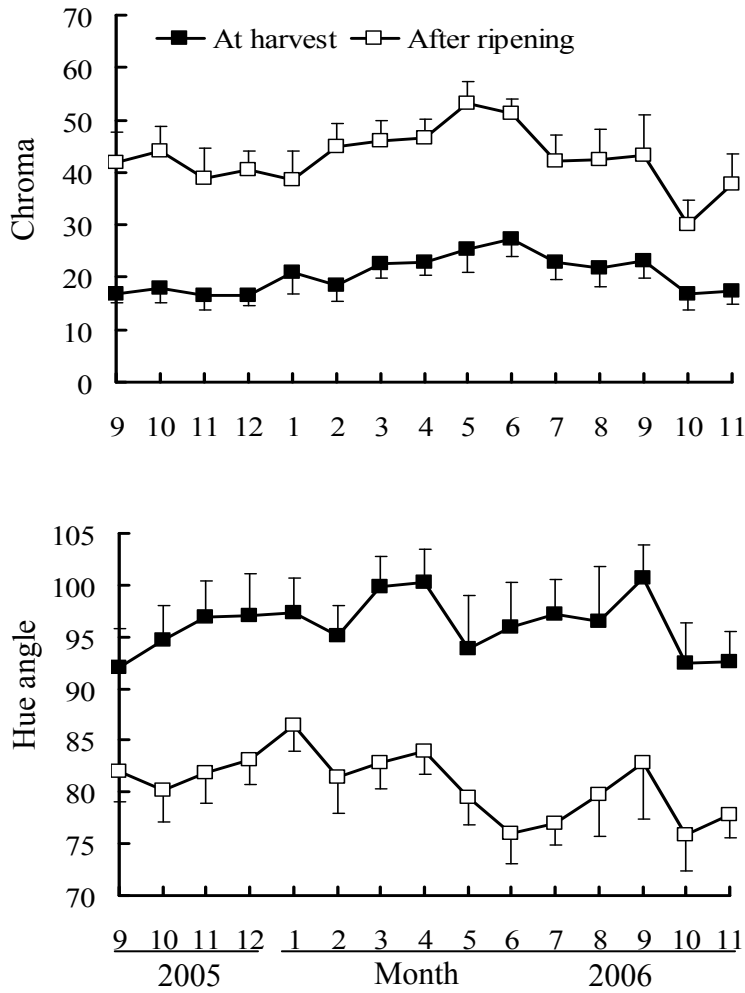


圖 4. '台農二號' 番木瓜果皮催熟前後彩度與色相角之季節性變化。

Fig. 4. Monthly variation of chroma and hue angle of 'Tainung No.2' papaya peel at harvest and after ripening. Vertical bars represent \pm SD.

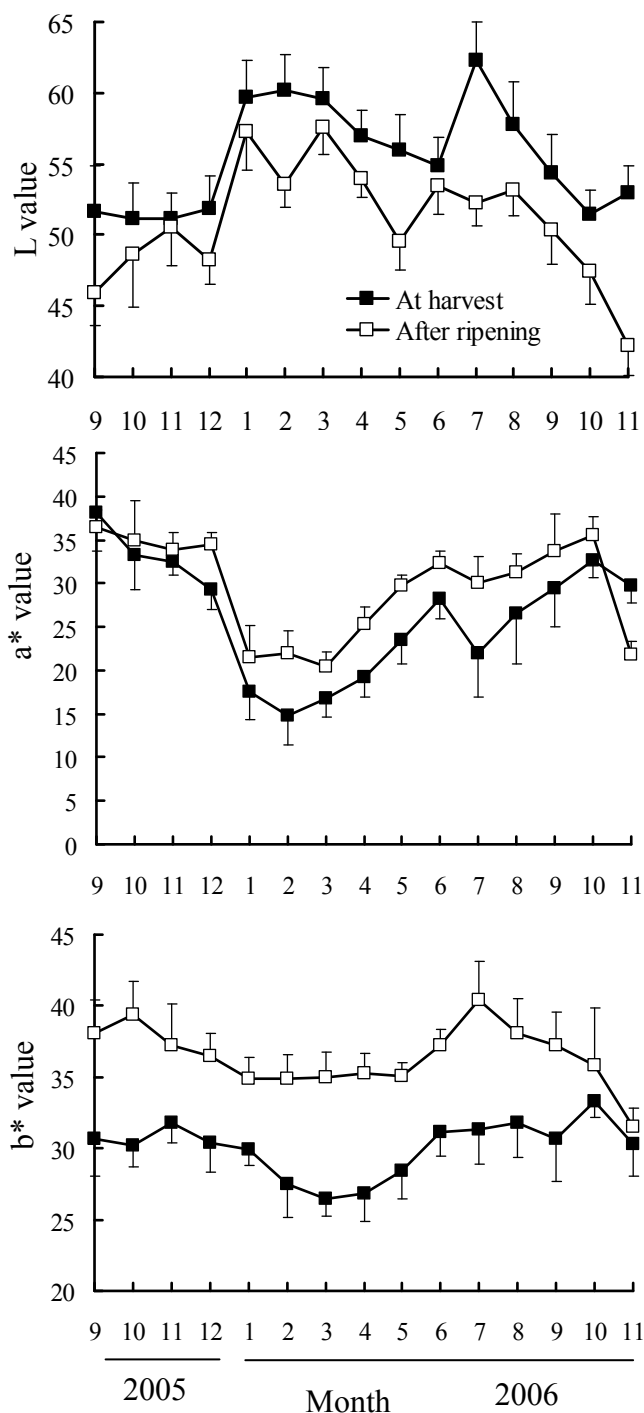


圖 5. '台農二號'番木瓜果肉催熟前後 L、a*、b*值之季節性變化。

Fig. 5. Seasonal fluctuation of lightness, a*, b* value of 'Tainung No.2' papaya pulp at harvest and after ripening. Vertical bars represent \pm SD.

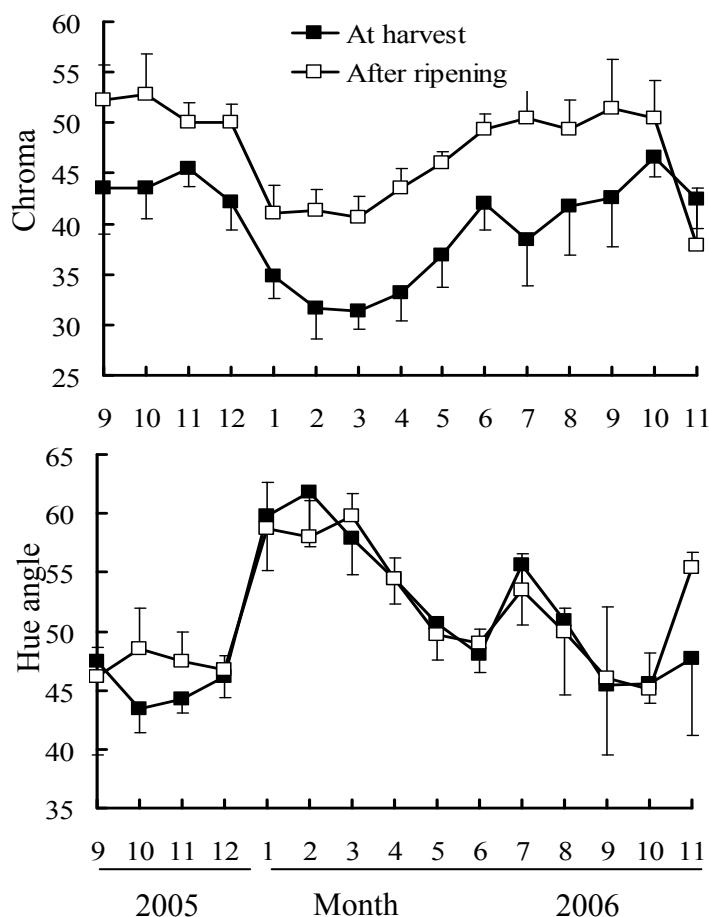


圖 6. '台農二號'番木瓜果肉催熟前後彩度與色相角之季節性變化。

Fig. 6. Monthly variation of chroma and Hue angle of 'Tainung No.2' papaya peel at harvest and after ripening. Vertical bars represent \pm SD.

鈣於果肉中濃度約為 0.23%，果皮中約為 0.71-0.78%。果肉中鈣以 2005 年 10 月份至翌年 2 月濃度較高，為 0.20-0.38%；2006 年 4 月份最低，僅 0.17%，催熟後降至 0.13%；之後稍微增加並平緩持續至 11 月平均來看，鎂於果肉濃度約 0.15%。果肉中鎂於 2005 年 11 月至翌年 3 月最高，有 0.15-0.25%；2005 年 9 月最低，只含約 0.08%，其餘月份也多低於 0.15% 之平均值；4 月-11 月之間曲線變化平緩，雖 4、7、10 月濃度較低，但統計結果並不顯著(圖 8)。

圖 9 顯示微量元素之周年變化。周年果肉鐵濃度無論催熟前後均低於 40ppm，平均約 18.8-23.8ppm，2005 年 9-12 月即開始逐漸下降，由 36ppm 降至 26ppm，但隔年 1 月份催熟後之濃度特別高，達 48.28ppm；2 月-5 月緩慢增加，7 月之後則是平緩漸減之趨勢，9-11

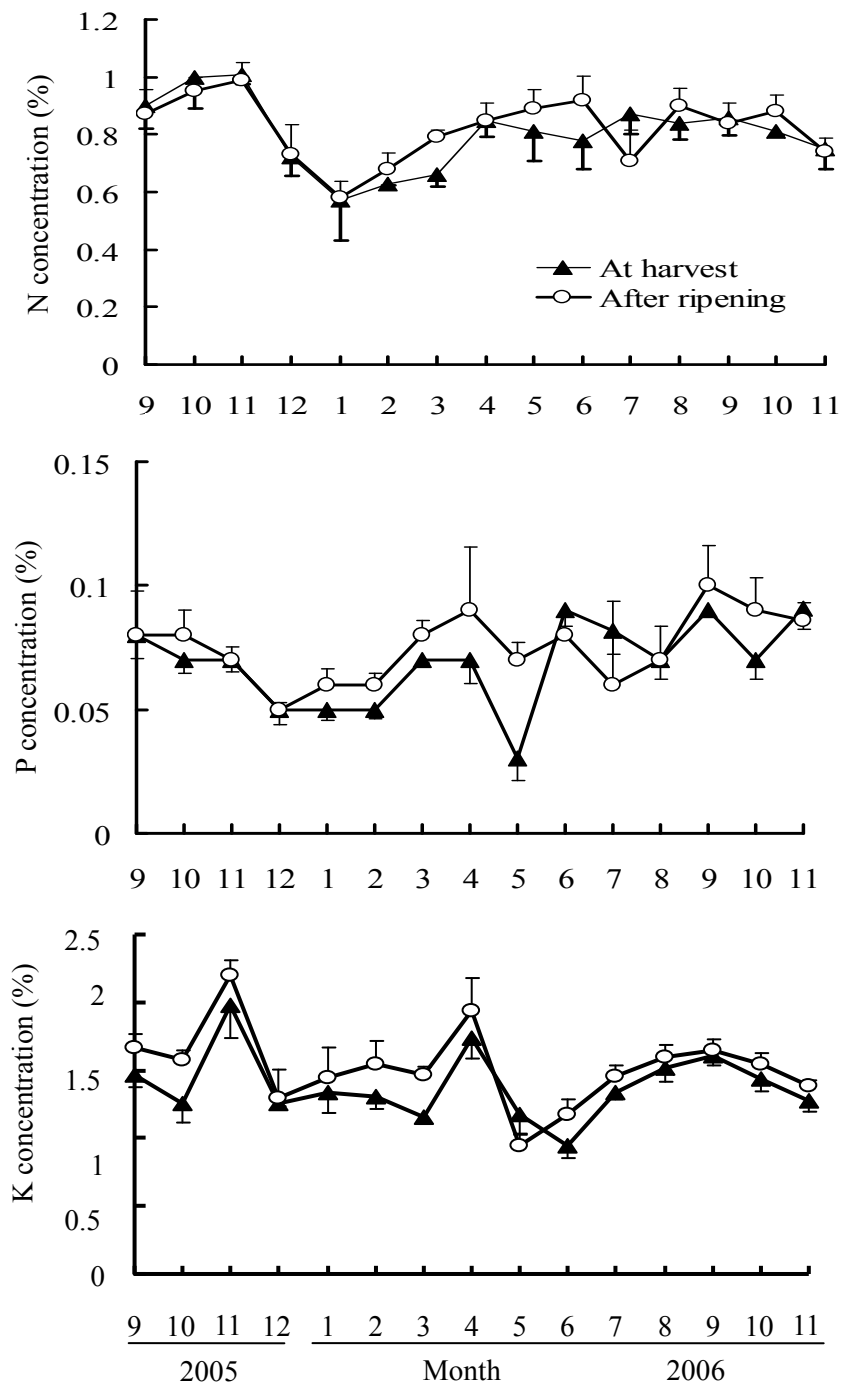


圖 7. '台農二號' 番木瓜催熟前後果肉氮、磷、鉀濃度之季節性變化。
Fig. 7. Seasonal fluctuation of nitrogen, phosphate and potassium concentration of 'Tainung No.2' papaya pulp at harvest and after ripening.

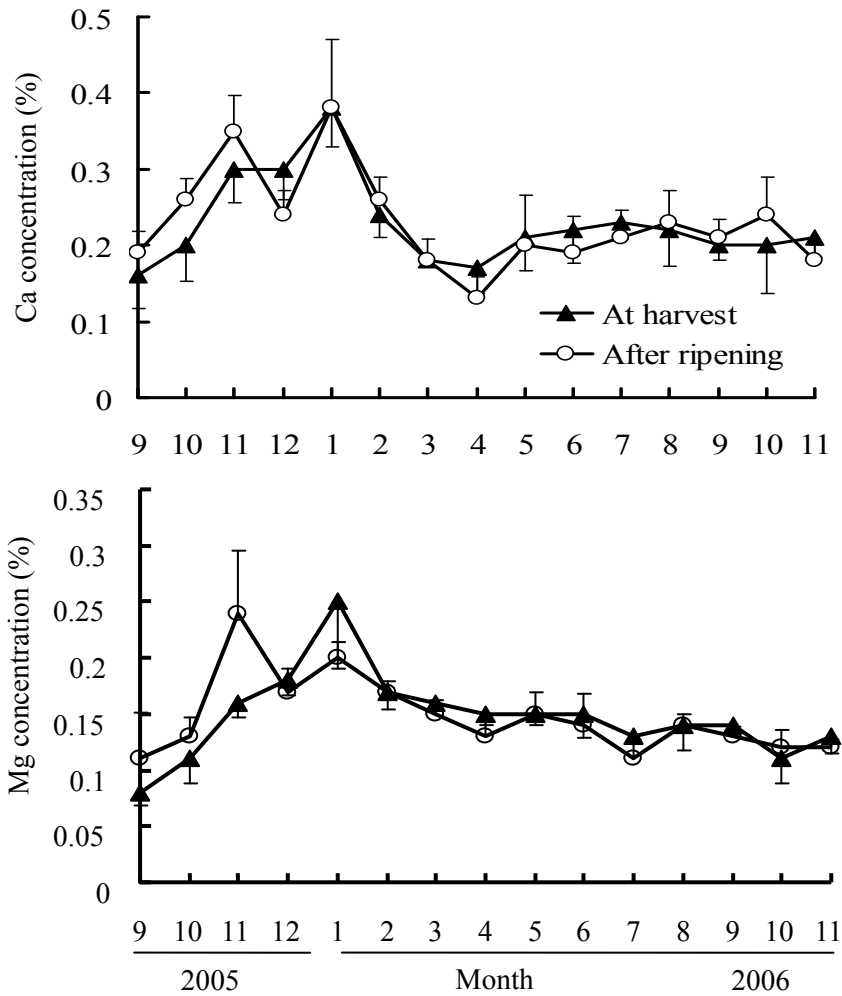


圖 8. '台農二號'番木瓜催熟前後果肉鈣、鎂濃度之季節性變化。

Fig. 8. Seasonal fluctuation of calcium and magnesium concentration of 'Tainung No.2' papaya pulp at harvest and after ripening.

月普遍較低。錳果肉中含錳量相當少，2005年9月開始至隔年1月呈現增加之曲線，之後便下降；11月-2006年4月果肉中濃度較其他月份高，其中又以1月、含2.3ppm最顯著；至5月所測得之錳濃度更少，6-8月幾乎為0，無法測得。鋅濃度於果肉中普遍均低，2005年9月僅有15ppm，但為周年最高，之後即下降；其他月份多低於10ppm；其次為2005年11月-隔年4月；5-6月稍微增加；而以7月份最低，僅剩2.7ppm；之後再度上升至9月，而後持續下降之11月。果肉周年內各月份平均約含7ppm。果肉銅以2005年11月份濃度最高，之後下降，4-8月幾乎偵測不到；兩年中9-11月曲線均有往上升之趨勢。

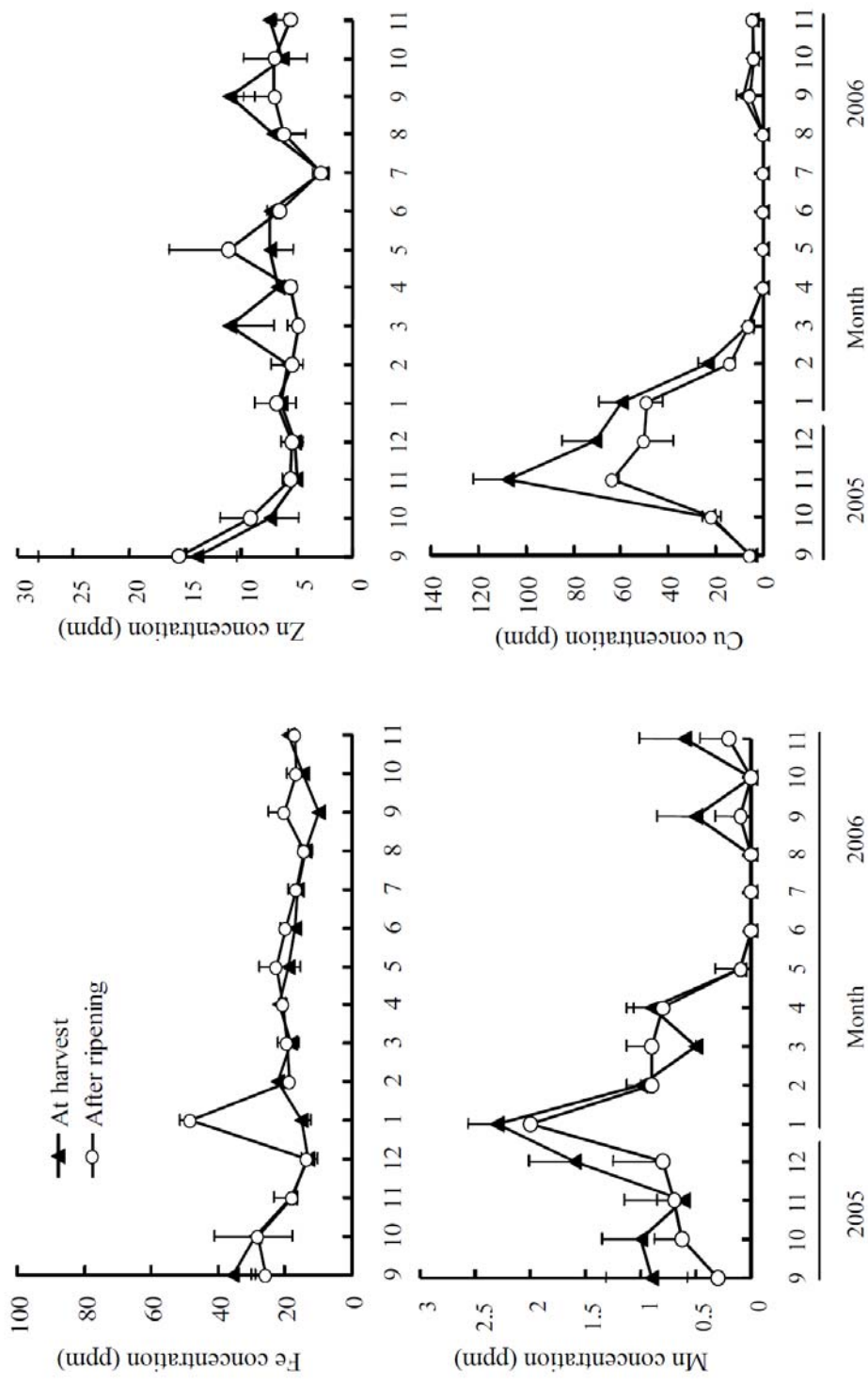


圖 9. '台農二號'番木瓜催熟前後果肉微量元素濃度之季節性變化。
 Fig. 9. Seasonal fluctuation of micro elements concentration of 'Tainung No.2' papaya pulp at harvest and after ripening.

討 論

(一) 果實之品質之周年性變化

本試驗番木瓜果實於 10-25%轉色時進行採收，採收當日之果肉硬度無法直接以手持式硬度計測定，催熟後硬度約為 20-30N(圖 1)，為一般可食之狀態，多可正常軟化，除 2006 年 1-4 月份催熟兩天後硬度明顯較高，2 月份因此多催熟一天方可使用硬度計進行測量，因此催熟後硬度顯示較低，此也顯示冬季果實催熟所需時間較夏果(7-9 月)長。

番木瓜果實之生長，尤其對開花後 100 天、採收前 60 天前之生長溫度較具敏感性(Eloise *et al.*, 1994)，此時醣類開始累積，為果實之快速生長期，果實乾物重累積較多之時期(Chan *et al.*, 1979；Selvaraj *et al.*, 1982)，同時溫度及日照量等環境因子影響品質甚巨。冬季果實醣類開始累積約延緩 10 天，較夏季所需成熟期長(Chan *et al.*, 1979)，醣類蓄積可能亦較多。Paull(1995)之研究指出，採前氣候也影響果實對熱處理之敏感度，採收前 3 日之降雨量、蒸散量、最低及最高平均溫，使番木瓜果實熱處理之敏感度增加，當平均最低溫高於 22.4°C 時，果實則無熱傷害發生(Paull, 1995)。

催熟後的果實品質常以轉色之情形的判斷，冬季果實果皮 a*值較低，C 值、H 值下降 b*較低，表示其轉色較差，催熟後果皮有時仍偏綠色，轉黃較不均勻，4-9 月果皮 b*值增加、果色較黃，10 月份後 b*值較低，果實催熟後則較為偏綠，但每月調查之果實多可正常轉色後熟，只是冬季果實生長於低溫環境下，需較多天之後熟時間(圖 3、4)。

催熟後果皮 Fv/Fm 比值降低(表 1)，顯示後熟老化時類囊體膜受到傷害、葉綠素降解，降低光系統 II 之電子傳遞。植物光合作用主要由光系統 I(PSI)及光系統 II(PSII)參與其中，光激發之能量經由此轉變為化學能，此一光化學反應產生 ATP 及 NADPH，可固定 CO₂ 作為產生醣類之動力來源。除此之外，植體所吸收過多之能量是藉由螢光及熱排出，屬於一種防禦機制，避免植體於高光下過多光能無法及時轉換為化學能，反而對其本身造成毒害(姚等，2002)。葉綠素螢光(chlorophyll fluorescence)值即為反映光系統 PSII 之能量轉換及光化學反應情形，為迅速、簡易、非破壞性測定作物逆境下生理狀態之指標，此法可使用於檢測蘋果果實於低氧或高二氧化碳逆境受傷害程度(DeEll, 1995)，或提早發現檸檬果實是否感染青黴病(Nedbal, 2000)。調查番木瓜果皮催熟前後之螢光產量，發現 Fv/Fm 值隨成熟度之增加而降低。其中 2006 年 7-11 月下降百分比為 15-25%之間，此時果肉正常軟化，果皮轉色正常，至 12 月份以後則有下降比例增加，此可能與低溫引起膜系統傷害有關，此時果肉較不易後熟軟化。至 1 月份果皮轉色差且偏綠，因此催熟前後螢光值差異不大。3-6 月份螢光下降百分比，除 5 月份外亦偏高，約 30%(表 1)，但用於果實品質判定之全面性仍有其疑慮，因硬度或香氣等變化有時並非一致，無法單以此法當作後熟品質之判定(Bron *et al.*, 2004)。

番木瓜果實含極少澱粉，主要可溶性醣為蔗糖、葡萄糖及果糖，因此催熟前後通常可溶性固形物(total soluble solid；TSS)之變化並不大(Chan *et al.*, 1982)，試驗期間以 9-12 月採收之果實糖度表現較高，但 2005 年 10 月份較隔年同月份採收之果實低(圖 2)，係由於

當年颱風較為頻繁，先有泰利(9/1)、卡努(9/11)，緊接著為龍王(9/30)颱風之侵襲，顯示其對植株影響頗大。之後天氣轉好，樹勢恢復後因而有較高之糖度。隨著隔年冬季低溫之來臨，糖度也明顯越來越低，直至4-6月份，越近6月為梅雨季節，可能因細胞內水分濃度增加，因此糖度最低。台農二號依其育種者記載其品種應有糖度為11.7°Brix(王, 1989)，本試驗僅2005年11、12月達品種該有之標準，但亦有可能此時果實含有苦味及可溶性單寧較高而造成可溶性固形物偏高，其餘多維持在9-10°Brix左右，然屏東地區生產之台農二號可達12°Brix(蔡和柯, 2004)，顯示區域性之差異或品種特性之衰退而影響果實品質。高溫多濕時土壤水分增加，可能使呼吸率上升，消耗碳水化合物等基質，使夏季採收之果實糖度偏低，而秋冬季(9月份之後)反而糖度較高。就週年品質調查顯示，以8-9月份果實品質較佳。溫度變化或降雨，可能影響植株溫度、水分狀態、改變膨壓、呼吸及光合作用率，影響果實生長，即蔗糖之累積，而蔗糖會影響果膠甲脂酶(PME)活性，反應液中蔗糖含量越大，PME活性抑制百分率越高(陳, 1977)，或可說明為何冬季果實較不易軟化。另葉片光合產物之累積亦與果實發育與品質有密切相關，葉片光合產物轉移速率與葉片內蔗糖濃度成正比，因健康葉片光合作用旺盛，光合產物轉移至果實較迅速，不容易累積於葉片中(Lin and Ehleringer, 1982)。「台農五號」番木瓜葉面積隨發育而增加，冬季葉片初期生長速率較夏季緩慢，但兩者皆於第46天達到最大，亦皆於第64-72天後開始落葉(巫, 1994)，因此依品種或環境差異，成熟葉片位置各異，缺水時葉伸長、伸展、及連續生長減少導致莖較長，尤以移植後7-11週之營養生長中期最為明顯，增加落葉率，降低節間長、樹幹周徑、樹冠直徑，因細胞增長與增大受影響，所以全株之鮮、乾重減少(Aiyelaagbe *et al.*, 1986)，顯示水分與葉片與果實生長密切之關係，冬季較為乾旱或許也間接影響果實之品質。

(二) 果實礦物元素

分析番木瓜果實元素之週年性變化，多數大量元素較高之季節為秋冬季。果肉氮濃度以9-11月最高，約為1%，此可能與夏秋溫度高溫多濕吸收氮肥能力較高有關。1月份濃度最低，磷濃度反而於此期間稍低，其餘月份多趨向平穩變動不大。鉀、鈣、鎂等大量元素亦類似，以低溫冬季時累積於果肉較多(圖7、8)，冬季果生育期較長、成熟較緩慢，因此累積較多鈣、鎂之元素，此可能與冬季果較不易催熟軟化有關。果皮中元素濃度通常高於果肉數倍，且其之間濃度變化趨勢多相反，兩者間相差較多之元素為磷，將近10倍(未發表資料)。

植物所吸收無機元素氮、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、鋅、銅等，幾乎都是以正電離子的方式被吸收，僅少數以負電荷離子型態吸收，因此彼此間多相互有拮抗作用(antagonism)或協同作用(synergism)，於吸收過程中容易對彼此產生影響，但也互相平衡。氮、鉀、鈣離子間的拮抗作用也可在本試驗中發現，尤其低溫月份時較明顯，而越近夏秋季，果肉中鉀濃度增加，鈣則為穩定趨勢，兩者與氮之關係變的較不明顯，番茄與小黃瓜間亦有相同拮抗作用存在(Hartman *et al.*, 1986; Kotsiras, 2002)，氮肥為植株生長時最早所需施用之元素且容易補充，因此常有過量之情形，高氮時，與果實競爭碳水化合物，間接使番木瓜、蘋

果果實轉色較不均，且後熟軟化速率較慢(Qiu *et al.*, 1995；Fallahi, 2001)，缺氮則影響雌蕊之授粉，而減少著果(Paull *et al.*, 1997)。鎂則波動甚少，顯示其可能更難被吸收。其它微量元素除錳之外，也顯示在低溫季節，約 1-4 月時較有明顯波動，但彼此間變化較無規則(圖 17、18、19、20)。大量元素間之比例亦常作為如蘋果果實品質之指標(Marcelle, 1995)。

番木瓜果實為常綠熱帶果樹，周年均可生產，其元素變化並不如多年生木本溫帶果樹規律、明顯，礦物元素濃度亦隨品種、株齡、栽培地區而有所不同，而試驗採集相同成熟度之果實，元素之波動可能受生長階段時環境之影響。秋冬果實生育較緩慢且果實成熟期較春夏果長，因此礦物元素之濃度有稍高之趨勢。果實快速生長時，細胞之分裂、延展，及後熟軟化均與細胞壁有密切相關。蘋果之苦痘病(bitter pit)或水心病(watercore)早先認為與鈣濃度最具相關，但之後發現水份含量亦是主要影響因子，當蘋果進行缺水處理時，葉片中鉀濃度顯著較低，K/Ca 比也降低，二者因拮抗作用而提高鈣濃度，因此能增進之後貯藏之品質，而水心病發生率與果實之含水百分率呈正比(Guelfat' Reich, 1974；Bowen, 1997)。增加中果皮中鈣濃度可增強熱穩定性並增加細胞結構之完整，但冬季果實中鈣濃度較高，而對熱處理之敏感度提高，加熱後可能軟化不完全，影響食用之口感(Paull, 1995)，過多鈣或許增加細胞壁厚度，減少其對環境變化之調整力而失去彈性(但過少鈣則失去強度)，因此鈣肥之增施應依季節而有所調整，Qiu 等學者(1995)也指出番木瓜果實合適鈣濃度約 $130\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ，於此範圍可延緩果實之後熟軟化。

綜合上述結果，番木瓜果實品質以夏季果 9-11 月份較佳，果實轉色正常，而糖度之表現受土壤水分、氣候及肥培管理之影響，果肉鈣濃度在高溫及多雨季節如春夏較低，進入 11 月份後累積較多鈣，而氮則在 11 月有下降之趨勢，兩者互為消長，因此果肉 N/Ca 比對番木瓜果實品質之軟化及轉色較具相關性。

參 考 文 獻

- 王德男。1989。木瓜優良品種簡介。興農雜誌 242(78): 10-13。
- 巫由惠。1994。番木瓜葉片發育及離層形成過程之解剖學研究。國立中興大學植物學系碩士論文。pp. 140-158。
- 李穎宏、陳正敏。2005。青木瓜濃縮乾燥加工。高雄區農業專訊 51: 22-23。
- 姚銘輝、盧虎生、朱均。2002。葉綠素螢光與作物生理反應。科學農業 50: 31-41。
- 蔡雅惠、柯立祥。2004。番木瓜果實生長發育之理化特性探討。中國園藝 50: 63-78。
- 謝慶昌。2001。採收成熟度、貯藏溫度、後熟溫度及強制熱風處理對‘臺農二號’番木瓜品質之影響。中國園藝 47: 391-408。
- Aiyelaagbe, I. O. O., M. O. A. Fawusi, and O. Babalola. 1986. Growth development and yield of pawpaw (*Carica papaya* L.) 'Homestead selection' in response to soil moisture stress. Plant and soil. 93: 427-435.

- Bowe J. H. and C. B. Watkins. 1997. Fruit maturity, carbohydrate and mineral content relationships with watercore in 'Fuji' apples. *Postharvest Biol. Technol.* 11: 31-38.
- Bron, I. U., R. V. Ribeiro, M. Azzolini, A. P. Jacomino, and E. C. Machado. 2004. Chlorophyll fluorescence as a tool to evaluate the ripening of 'Golden' papaya fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 33: 163-173.
- Chan, H. T. and S. Y. T. Tam. 1982. The characterization of endopolygalacturonase and exopolygalacturonase from papaya. *J. Food. Sci.* 47: 1478-1483.
- Chan, H. T. Jr., K. L. Hibbard, T. Goo, and E. K. Akamine. 1979. Sugar composition of papayas during fruit development. *HortScience* 14: 140-141.
- DeEll, J. R., R. K. Prange, and D. P. Murr. 1995. Chlorophyll fluorescence as a potential indicator of controlled-atmosphere disorders in 'Marseall' McIntosh apples. *HortScience* 30: 1084-1085.
- Fallahi, E., W. M. Colt, B. Fallahi, and I.-J. Chun. 2001. Influence of different rates of nitrogen on fruit quality, yield and photosynthesis of 'Fuji' apple. *Acta Hort.* 564: 261-268.
- Guelfat' Reich, S., R. Assaf, B. A. Bravdo, and I. Levin. 1974. The keeping quality of apples in storage as affected by different irrigation regimes. *J. Hort. Sci.* 49: 217-225.
- Hartman, P. L., H. A. Mills, and J. B. Jones. Jr. 1986. The influence of nitrate: Ammonium ratios on growth, fruit development, and element concentration in 'Floradel' tomato plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111: 487-490.
- Kotsiras, A., C. M. Olympios, J. Drosopoulos, and H. C. Passam. 2002. Effects of nitrogen form and concentration on the distribution of ions within cucumber fruits. *Sci. Hort.* 95: 175-183.
- Lin. Z. F. and J. Ehleringer. 1982. Effects of leaf age on photosynthesis and water use efficiency. *Photosynthetica* 16: 514-519.
- Marcelle, R. D. 1995. Mineral nutrition and fruit quality. *Acta Hort* 383: 219-226.
- Nedbal, L., J. Soukupova, J. Whitmarsh, and M. Trtilek. 2000. Postharvest imaging of chlorophyll fluorescence from lemons can be used to predict fruit quality. *Photosynthetica* 38: 571-579.
- Paull, R. E. 1995. Preharvest factors and the heat sensitivity of field-grown ripening papaya fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 6: 167-165.
- Paull, R. E., W. Nishijima, M. Reyes, and C. Cavaletto. 1997. Postharvest handling and losses during marketing of papaya. *Postharvest Biol. Technol.* 11: 165-179.
- Qiu, Y., M. S. Nishina, and R. E. Paull., 1995. Papaya fruit growth, calcium uptake, and fruit ripening. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120: 246-253.
- Selvaraj, Y., D. K. Pal, M. D. Subramanyam, and C. P. A. Iyer. 1982. Changes in the chemical composition of four cultivars of papaya (*Carica papaya* L.) during growth and development. *J. Hort. Sci.* 57: 135-243.

Seasonal Fluctuation of Fruit Quality and Mineral Nutrient of 'Tainung No.2' Papaya Fruits (*Carica papaya*. L.)

Yu-Ju Lin ¹⁾ Huey-Ling Lin ²⁾

Keywords: Papaya, Quality, Mineral elements

Summary

Papaya fruit samples were collected once a month in Lennei County from Sep. 2005 to Nov. 2006, and were ripened at 30°C for two days. Samples from September to November displayed normal color turning, and ripening, samples from Dec. 2005 to Feb 2006 showed relatively hard pulp, slower ripening and poor color change. Total soluble solids and mineral elements were higher in winter month than summer.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Assistant Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.
Corresponding author.