

‘帝王’番石榴果實品質及礦物元素週年變化之關係

王茗慧¹⁾ 林慧玲²⁾

關鍵字：‘帝王’番石榴、品質、無機元素

摘要：‘帝王’番石榴果實品質之變化以冬季果(11-4 月採收)、全可溶性固形物(10-11.3° Brix)及抗壞血酸(219-266 mg/100g)均較高，7-9 月採收夏季果則品質較差，且果實硬度明顯較低，全可溶性固形物、抗壞血酸及可滴定酸均較冬季果低。葉片微量元素之變化以 4-7 月急速下降，而果實微量元素之濃度較葉片低，但以 3-9 月有較高之濃度。大量元素之變化，葉片鉀濃度以 4-8 月份較低，而果實則較高，其關係互為消長，顯示葉片鉀可移動至果實，而鈣之變化以 8 月份果實鈣濃度最低，此與夏季果實硬度偏低有關，鎂濃度葉片與果實之變化呈同步之趨勢，果實氮濃度以 4-8 月較高，12-1 月份較低，夏季果實高氮低鈣與可溶性固形物及硬度偏低有關。

前 言

番石榴果實富含維生素 C 及纖維素，營養價值高，臺灣主要是以鮮食為主。番石榴由於變異大、繁殖能力強及幼年性短，故各生產國相互引種，亦自行育成不少品種，使番石榴品種呈現多樣化。在民國八十年陸續選育‘珍珠拔’和由‘泰國拔’變異而來的少籽‘水晶拔’(謝, 1998)。番石榴育種計畫目標於民國 85 年以前是以改進‘泰國拔’風味、選育抗立枯病品種及無籽品種選育為主要目標。但為因應市場需求的改變，八十五年以後育種計畫以選拔果實大小適中、果肉質脆、果肉厚、風味佳、耐貯運之非更年性鮮食品種為目標，以因應內、外銷市場之需求(謝, 1998)。但由於其為週年生產之熱帶果樹，品質受季節及栽培技術肥培管理之影響，因此，如何穩定番石榴果實品質及產量，是為提升國際市場競爭力之重要課題。

1) 國立中興大學園藝系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝系副教授，通訊作者。

林(1998)曾對台灣部分番石榴之採後生理及處理技術有詳盡的探討，但‘帝王’番石榴是由珍珠拔及小葉無籽拔雜交而來，是近年來才育成的品種，關於其栽培及採後技術仍闕如，所以本文針對‘G3-48’番石榴果實及其上葉片進行無機元素含量之分析及週年變化，以了解本品種之果實品質及營養狀況之間之關係，供肥培管理參考，以提高果實品質。

材料及方法

一、試驗材料

本試驗以彰化縣田中鄉張姓農民所栽培二年生之‘帝王’番石榴(‘G3-48’)為材料。於果園(150顆)逢機選取健康的植株，於2005年3月開始進行成熟果品質及採自果實上臨近的一對成熟葉之調查，每月採取園藝成熟度(果寬約10公分)之果實20果調查品質。採樣後於低溫條件下當日送回實驗室，進行分析。

二、調查項目及分析方法

(一) 果肉硬度測定

將果皮削去約1 mm厚，以硬度計(Penetrometer F327)測定單位面積內穿刺果肉所需之最大力量，以牛頓(N)表示。

(二) 果汁可溶性固形物之測定

以手持屈折計(Hand refractometer, Atago, model N1)測定果肉壓榨後之果汁可溶性固形物，單位以 $^{\circ}$ Brix表示。

(三) 抗壞血酸之測定

稱取新鮮果肉0.5 g，加入6 ml 偏磷酸抽取液(含6% metaphosphoric acid之2N acetic acid)，置於研砵磨碎後，以維他命C試條(Reflectoquact ascorbic acid test strip, 24-450mg/l, Merck)沾取待測溶液，並置入RQ-flex讀取抗壞血酸之濃度，再換算成mg/100g鮮重。

(四) 可滴定酸

先榨取過濾之果汁，再以定量滴管吸取5 ml 果汁樣品，並加入25 ml 的蒸餾水，用標準0.1 N NaOH 滴定至pH8.1-pH8.2，紀錄0.1 N NaOH 滴定毫升數再換算為檸檬酸含量，單位以g/100ml表示。

(五) 果實及葉片無機養分之分析

採樣後之葉片以自來水將附著葉片上之灰塵洗去，再以1% HCl 快速刷洗，之後以去離子水沖洗三次，洗畢後將葉片裝入牛皮紙袋中，置於通風之烘箱中，先以100 $^{\circ}$ C 1小時進行殺菁，再將溫度調整至70 $^{\circ}$ C 持續48小時。之後以磨粉機將葉片磨成粉狀，裝入樣品袋中，置於乾燥環境下保存，以供灰化。

果實以液態氮急速冷凍後，裝入封口袋內進行冷凍乾燥，以磨粉機磨成粉末，再放入封口袋密封，置於-20 $^{\circ}$ C 冷凍庫下備用。

灰化時稱取 0.5 g 葉片粉末，或 1 g 果實粉末置於坩鍋中，放入灰化爐內 (Muffle furnace)，先以 200°C 加熱 2 小時，繼以 400°C 加熱 1 小時，最後以 550°C 加熱 2 小時使樣品完全灰化，待樣品冷卻後取出，加入 5 ml 2 N HCl (Merck company) 將灰分完全溶解並以濾紙(Whatman #42)過濾，濾液定量至 25 ml，混合均勻後裝入 PE 塑膠瓶中保存待測。上述濾液可直接測定鐵、銅、鋅、錳四種元素；測鉀及鎂各取 0.1 ml 濾液加 3.9 ml 去離子水稀釋；測鈣取 0.1 ml 濾液加 3.9 ml 去離子水及 1 ml 5% 氧化釧 (lanthanum oxide)，以原子吸收儀(Varian 20 Techtron atomic absorption spectrophotometer)測定之。

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

氮之分析採用 Micro-Kjeldahl 法，精稱 0.2 g 葉片粉末，包於濾紙(Whatman #1)中，投入分解管，並加入 1 g 催化劑 (Merck 8030) 及 4.5 ml 濃硫酸，置於 410°C 之分解爐上加熱 1.5-2 小時，至樣品分解至澄清或淡綠色，取出冷卻後加入 15 ml 蒸餾水，再倒入 Micro-Kjeldahl 裝置之容器中，加入 20 ml 12N NaOH，並以裝有 20 ml 指示劑 (1g Bromocresol green、25 M Methyl Red 及 2% 硼酸溶液) 之塑膠杯接收蒸餾出之氨水，至燒杯內溶液體積上升至 50 ml 時取出，以 1/14 N H₂SO₄ 標準酸滴定，計算氮含量之百分比。

(六) 碳水化合物之分析

a. 全可溶性糖之測定

採用 Dubois(1956)之測定方法，精秤 0.1 g 上述(5)之樣品粉末放入 50 ml 離心管中，加入 10 ml 去離子水，在 30°C 水浴中振盪 3 小時，取出後在室溫下以 1000 xg 離心 10 分鐘，取上層液過濾後測定全可溶性糖之含量，殘渣置於 70°C 烘箱烘乾，待完全乾燥後取出以供澱粉含量之測定。取上述過濾後之上清液稀釋後，再取 2 ml 稀釋液加入 0.1 ml 90% 石炭酸(liquid phenol)及 6 ml 濃硫酸混合均勻，靜置 30 分鐘，以分光光度計(spectrophotometer, Shimadzu UV-200S)測定波長 490 nm 之吸收值。標準曲線以 0.5 μmole/ml D-glucose 配製。單位以 % 表示。

b. 澱粉之測定

將上述烘乾後之殘渣加入 2 ml 去離子水，放入沸水中煮 15 分鐘，取出後迅速冷卻，加入 2 ml 9.2N HClO₄ 混合均勻，再加入 6 ml 蒸餾水，並以 1300 xg 離心 10 分鐘，抽取糖液定量如 a 法並換算成澱粉濃度。

結 果

一、成熟果之週年性品質變化

果實硬度，以7月、9月及1月較高，2、3、4月較低；可溶性固形物除了在1月較低，其餘在11月至4月冷涼季節皆較高，約10.0-11.3°Brix，在夏季較低，約8.5-9.7°Brix，抗壞血酸以11月至2月冷涼氣候含量較高，為219-266 mg/100g，在7-9月炎熱的氣候下含量較低，為88.7-142 mg/100g；在可滴定酸方面，11月至2月除了1月份含量為0.31%較低之外，其餘月份約0.38-0.48%，以8月份含量最低，為0.27%(表1)。

表 1. 在不同月份採收‘帝王’番石榴果實之品質調查

Table 1. Monthly fluctuation of the quality of mature ‘King’ guava fruit.

Month	Firmness (N)	TSS ^z (°Brix)	Ascorbic acid (mg/100gFW)	Titrateable acidity (%)
2005 Mar	144.8c ^y	10.0bcd	183.3cd	0.42ab
Apr	154.6bc	10.1bcd	169.9cd	0.41ab
May	- ^x	-	-	-
Jun	-	-	-	-
Jul	201.7a	9.6cde	88.7f	0.39bc
Aug	166.4bc	8.5e	105.2ef	0.27d
Sep	206.1a	9.7cde	142.1de	0.39bc
Oct	-	-	-	-
Nov	173.9b	11.1ab	212.0bc	0.38bc
Dec	154.7bc	11.3a	231.9ab	0.48a
2006 Jan	196.3a	8.9de	266.0a	0.31cd
Feb	159.8bc	10.5abc	254.4ab	0.44ab

^zTSS=total soluble solids.

^yMeans within the same column followed by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

^xNo fruit was sampled.

二、葉片及果實礦物元素之週年性變化

‘帝王’番石榴葉片全可溶性糖含量範圍約6.2至9.9 DW，1、2月含量較其他月份為高，而在澱粉方面，葉片澱粉含量範圍約2.1至3.3% DW，2005年2、7、11、12月各發育階

段無明顯差異，而在週年性變化，以4月含量較高；果實澱粉含量為1.6-3.3% DW(圖1)。在微量元素方面，共分析了鐵、錳、鋅、銅4個元素，葉片鐵濃度在9月之後有明顯的上升趨勢，葉片3-9月濃度維持在100-200 ppm(圖2)，葉片錳濃度高於果實，果實錳的濃度維持平穩，約在1-5 ppm左右(圖3)。鋅的濃度也是葉片高於果實，果實維持在5-17 ppm(圖4)。銅葉片濃度約在15-50 ppm，葉片0.5-3.6 ppm，濃度於7、8月突然下降，於9月開始上升(圖5)。果實鉀濃度大於葉片濃度，鉀的濃度變化較為平緩無明顯之變化，葉片濃度約0.86-1.66%，果實濃度約1.31-1.74%(圖6)。葉片鈣的濃度皆高於果實，果實的濃度為0.02-0.04%，平緩無明顯變化，但夏季含量較高，冬季較低(圖7)。葉片鎂的濃度葉片較高，果實含量較低，葉片鎂濃度於炎熱季節含量較高(圖8)。磷葉片濃度大於果實，並保持平穩少有變化(圖9)。果實氮濃度在3-9月果實濃度高於葉片(圖10)。綜合上述葉片分析之變化，氮、鉀、磷、鎂夏季以7-9月及冬季1-3月變化較平緩，鈣則呈不規則之變化，微量元素季節性變化大多維持平穩，僅鐵在9月份時有急速上升之趨勢(圖2)。

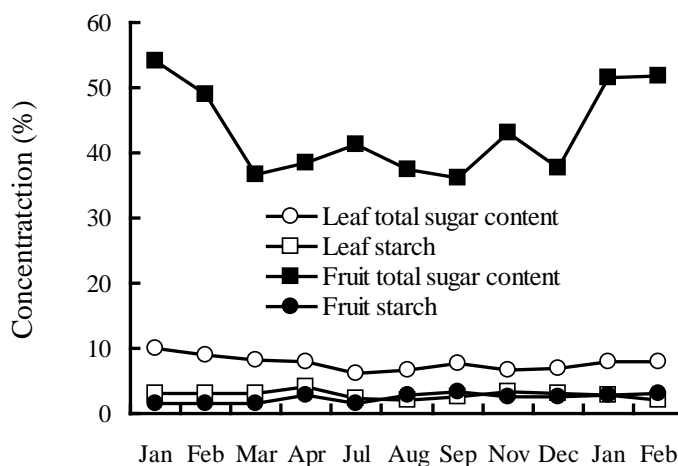


圖 1. '帝王'番石榴果實葉片及果實可溶性糖及澱粉在不同月份之變化

Fig.1. Monthly fluctuation of starch and total sugar content (TSC) of 'King' guava leaves and during different fruit development stage.

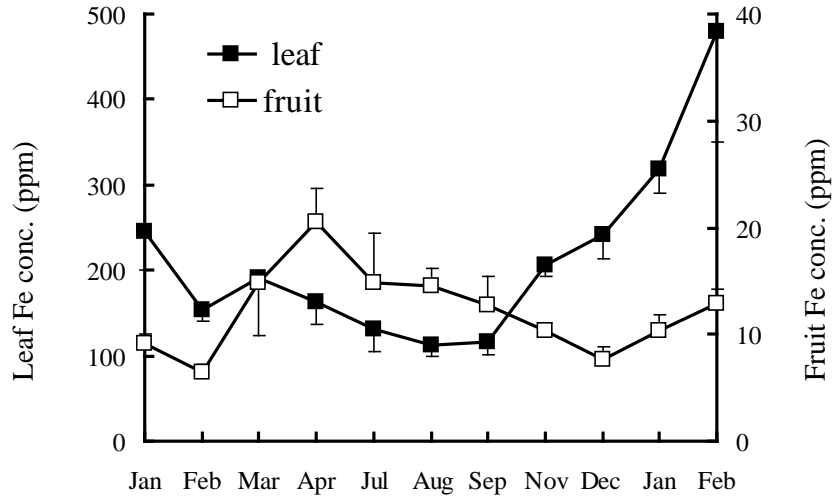


圖 2. 採自不同月份之‘帝王’番石榴葉片及果實鐵濃度之變化

Fig.2. Monthly fluctuation of Fe concentration of ‘King’ guava leaves and fruit. The vertical bars represent standard errors of the means (n=5).

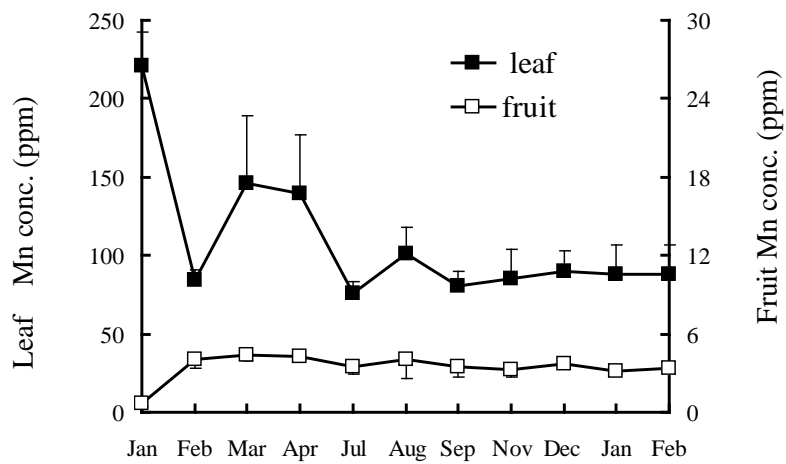


圖 3. 採自不同月份之‘帝王’番石榴葉片及果實錳濃度之變化

Fig.3. Monthly fluctuation of Mn concentration of ‘King’ guava leaves and fruit. The vertical bars represent standard errors of the means (n=5).

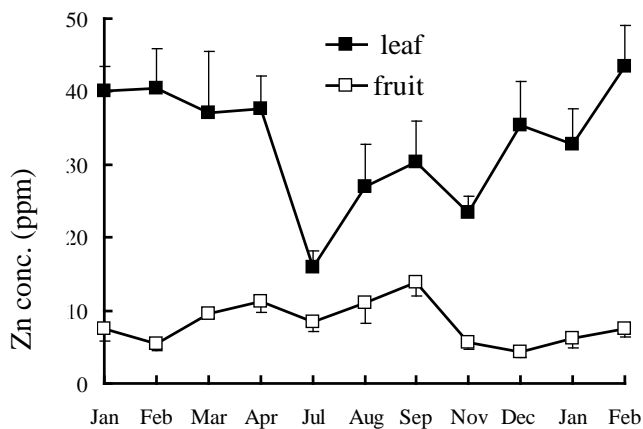


圖 4. 採自不同月份之‘帝王’番石榴葉片及果實鋅濃度之變化

Fig.4. Monthly fluctuation of Zn concentration of ‘King’ guava leaves and fruit. The vertical bars represent standard errors of the means (n=5).

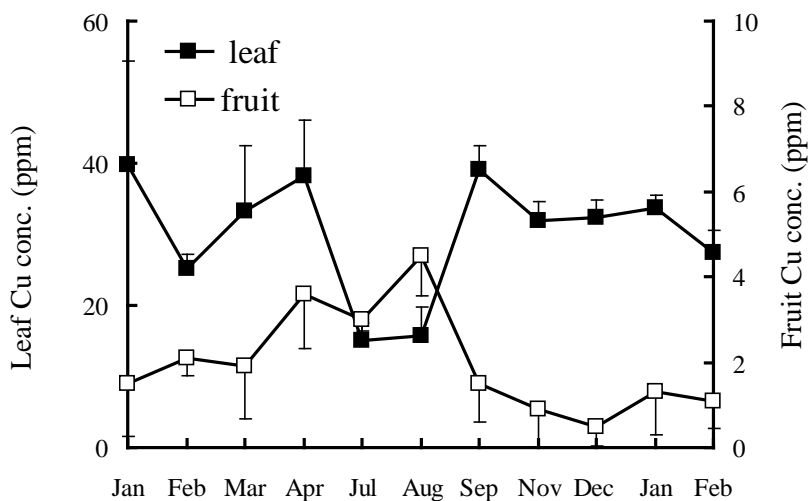


圖 5. 採自不同月份之‘帝王’番石榴葉片及果實銅濃度之變化

Fig.5. Monthly fluctuation of Cu concentration of ‘King’ guava leaves and fruit. The vertical bars represent standard errors of the means (n=5).

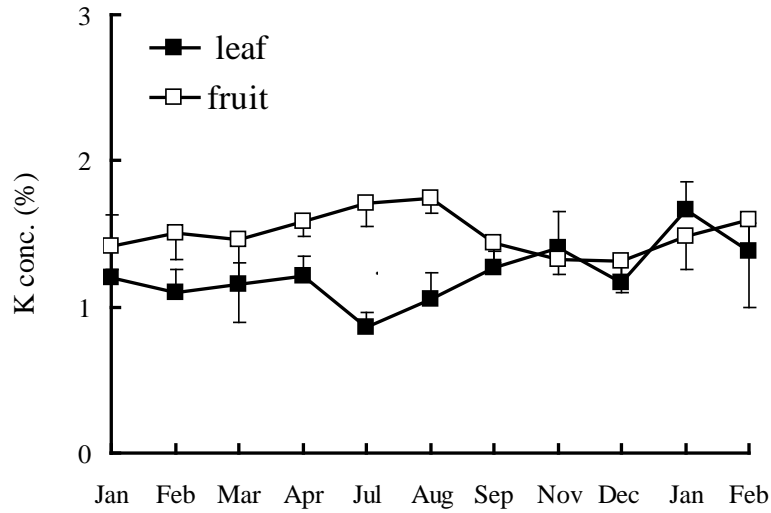


圖 6. 採自不同月份之‘帝王’番石榴葉片及果實鉀濃度之變化

Fig.6. Monthly fluctuation of K concentration of ‘King’ guava leaves and fruit. The vertical bars represent standard errors of the means (n=5).

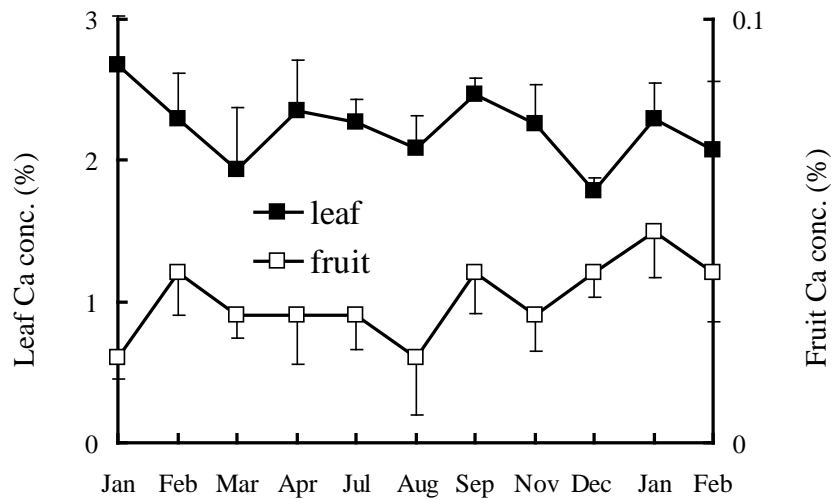


圖 7. 採自不同月份之‘帝王’番石榴葉片及果實鈣濃度之變化

Fig.7. Monthly fluctuation of Ca concentration of ‘King’ guava leaves and fruit. The vertical bars represent standard errors of the means (n=5).

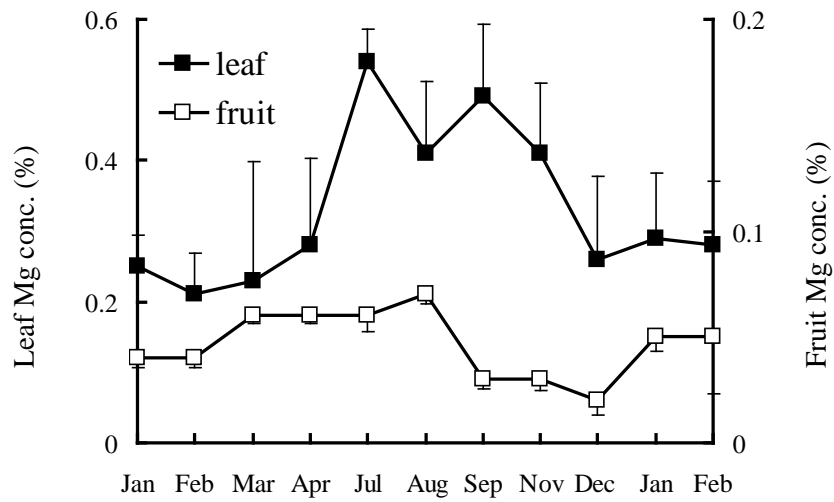


圖 8. 採自不同月份之‘帝王’番石榴葉片及果實鎂濃度之變化

Fig.8. Monthly fluctuation of Mg concentration of ‘King’ guava leaves and fruit. The vertical bars represent standard errors of the means (n=5).

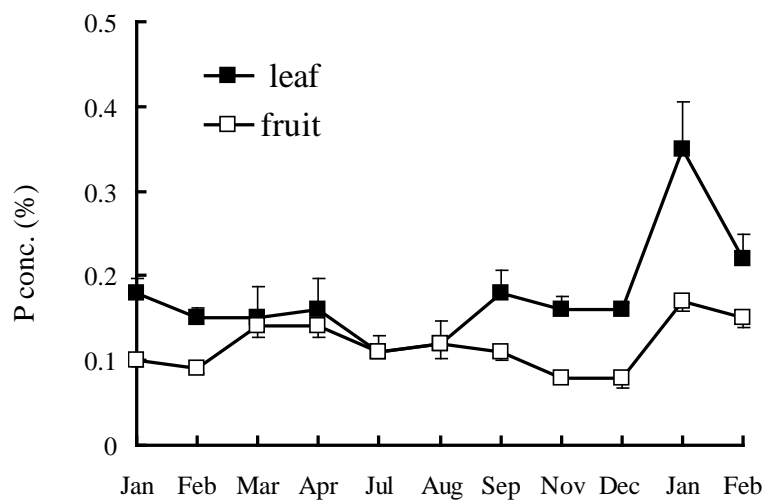


圖 9. 採自不同月份之‘帝王’番石榴葉片及果實磷濃度之變化

Fig.9. Monthly fluctuation of P concentration of ‘King’ guava leaves and fruit. The vertical bars represent standard errors of the means (n=5).

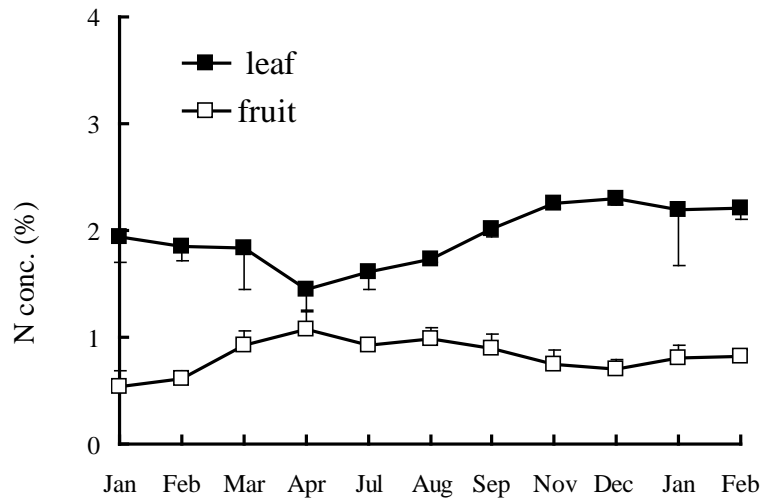


圖 10. 採自不同月份之‘帝王’番石榴葉片及果實氮濃度之變化

Fig.10. Monthly fluctuation of N concentration of ‘King’ guava leaves and fruit. The vertical bars represent standard errors of the means (n=5).

討 論

番石榴礦物元素濃度季節變化較小，而且無一定趨勢，不似落葉果樹有一定的模式，其原因為番石榴為常綠果樹，一年多次抽梢，樹體養分濃度變化較多；而落葉果樹一年抽梢一次，較有規則性。澳洲胡桃為常綠果樹，一年主要抽梢兩次，於早春及晚夏低溫或高溫後萌芽，但其他因素如雨量、濕度、施肥皆會影響抽梢的程度，亦會影響樹體營養狀況 (Stephenson and Cull, 1986)。抽梢會影響營養狀況氮、鉀濃度於秋天至冬天上升，於抽春梢時下降，至夏天果實生長期後平穩，抽夏梢時又下降；磷濃度於冬天時下降，而較不易移動鈣、硼元素則以葉齡為主要因素，環境因子次之。(Stephenson and Cull, 1986)。本試驗也有相似結果，氮濃度於3月下降，11-2月時有上升之趨勢，氮濃度最低為0.8-1.1%，葉片氮與果實氮互為消長關係，顯示氮為易移動元素，葉片氮易轉移至果實而影響果實大小及品質，以季節性之變化，果實內氮濃度3-9月較高，9月以後之秋冬季濃度逐漸下降(圖10)，此可能與夏果易軟化不耐貯藏，而冬果可溶性固形物品質較佳有關。

磷之變化(圖9)顯示，葉片與果實濃度兩者呈同步反應，顯示磷之吸收及轉運受根系吸收能力之影響較大，9月份後有上升之趨勢，此可能與此時植株正值大量開花期需較多之磷以提供製造能量物質有關，成熟果期葉片鈣可累積至1.9-2.7%，顯示葉片鈣不易轉移至果實，而全年季節性濃度變化則呈不規則性，果實鈣幼果濃度高達0.4%其中又以4-8月含量較低，秋冬含量較高，果實鈣主要在幼果期運移至果實之比例降低隨著果實之生長

產生稀釋效應，因此，成熟果之果實鈣濃度僅約 0.02-0.03%，其中以 8 月份果實鈣濃度最低，此可能與夏季高溫，根系吸收鈣能力較弱有關，幼果期補充鈣可有效進入果實且可提升果實硬度，尤其是在夏季生長之幼果若能提升對鈣之吸收可改善品質。在落葉果樹，Shear 和 Faust (1980) 指出磷和開花有關，在開花期間，磷濃度會有明顯下降情形，番石榴為熱帶果樹，週年均可開花結果(Ali and Lazan, 1998)，但以 4 至 8 月間開花較盛，且此時期亦為抽梢萌芽快速期，以致在開花期葉片磷含量突然下降。由於發育中的花和果實是很強的積貯器官(sink)器官，可分配較多之養分(Menzel *et al.*, 1987)。而氮、磷和鉀元素是果實發育能量來源(Weinbaum *et al.*, 1994; Ahlawat *et al.*, 1986)，所以養分會由葉片運移至果實和花，而氮濃度之變化，果實在 3-9 月較高，冬季則較低，而葉片則呈相反趨勢，顯示氮可由葉片再轉移進入果實，而呈互為消長之趨勢，夏季氮含量較冬季高，與果實可溶性固形物及全可溶性糖較低，果實易軟化不耐貯藏有關。

綜合葉片及果實礦物元素之分析，‘帝王’番石榴以季節性變化顯示，氮、鈣與果實品質之變化具相關性，高鈣及低鈣易造成可溶性固形物、可滴定酸、硬度及抗壞寫酸之下降，而造成夏季果實品質不佳及不耐貯運。

果實中礦物元素含量和果實品質息息相關 (Bramlage, 1993)，如奇異果果實中鈣濃度較高時果實硬度較高 (Hopkirk *et al.*, 1990)、蘋果果實中氮濃度過高將造成果實硬度下降 (Drake *et al.*, 2002)、蘋果果實中含有較高的鈣時，貯藏能力較佳(Li *et al.*, 1995)、番石榴果實中鈣濃度較高時，可提高可溶性固形物(柯和王, 1996)。果樹是多年生植物，樹體中貯藏大量的養分，果實中礦物元素每年變化不一(Fallahi *et al.*, 1985)，隨果實發育期不同而改變(Cline *et al.*, 1991)，且果實品質因品種、栽培方式、地區、季節而有所不同，以上種種因子影響果實中礦物元素和品質之間的相關性錯綜複雜，本實驗亦有相似之結果。

由圖 2 季節性變化，葉片內全可溶性糖及澱粉在 7-8 月濃度均較冬季時低，而果實內之全可溶性糖在 7-9 月亦有較低之趨勢，此亦是影響夏果品質不佳的原因之一，因此，葉片光合產物累積與果實發育及品質具密切之相關。

參考文獻

- 林慧玲。1998。番石榴果實後熟生理之研究。國立台灣大學園藝學研究所博士論文。255pp。
- 柯立祥、王維德。1996。氮磷鉀施肥對番石榴產量及品質之影響。中華農學會報。179:15-27。
- 謝鴻業。1998。台灣番石榴品種的演進與發展。農業世界。174: 23-25。
- Ahlawat, V. P., S. S. Dahiya, R. Yamdagni, and A. P. Khera. 1986. Foliar sampling technique in guava (*Psidium guajava* L.). Prog. Hort. 18: 7-12.
- Bramlage, W. J. 1993. Interactions of orchard factors and mineral nutrition on quality of pome fruit. Acta Hort. 326: 15-28.
- Cline, J. A., E. J. Hanson, W. J. Bramlage, R. A. Cliner, and M. Kushad. 1991. Calcium accumulation in delicious apple fruit. J. Plant Nutr. 14: 1213-1222.
- Drake, S. R., J. T. Raese, and T. J. Smith. 2002. Time of nitrogen application and its influence on 'Golden delicious' apple yield and fruit quality. J. Plant Nutr. 25: 143-157.
- Dubois, M. 1956. Claorimetetic method for determination of sugar and related substances. Anal. Chem. 28: 350-356.
- Fallahi, E., T. L. Righetti, and D. G. Richardson. 1985. Predictions of quality by pre-harvest fruit and leaf mineral analysis in 'Starkspur Golden Delicious' apple. J. Am. Soc. Hort. Sci. 110: 524-527.
- Hopkirk, G., F. R. Harker, and J. E. Harman. 1990. Calcium and firmness of kiwifruit. New Zealand J. Crop Hort. Sci. 18: 215-219.
- Li, B., G. Lin, and F. Liu. 1995. Relationship between fruit quality, storability and mineral composition of apples. J. Fruit Sci. 12: 141-145.
- Shear, C. B. and M. Faust. 1980. Nutritional ranges in deciduous tree fruits and nuts. Hort. Rev. 2: 142-163.
- Stephenson, R. A. and B. W. Cull. 1986a. Vegetative flushing patterns of macadamia trees in south east Queensland. Sci. Hort. 30: 53-62.
- Stephenson, R. A. and B. W. Cull. 1986b. Standard leaf nutrient levels for bearing macadamia tree in south east Queensland. Sci. Hort. 30: 73-83.
- Stephenson, R. A. and B. W. Cull. 1986c. Some observations on nutrient levels of three soils. Sci. Hort. 30: 83-95.
- Stephenson, R. A. and B. W. Cull. 1986d. Effects of site, climate, cultivar, flushing, and soil and leaf nutrient status on yields of macadamia in south east Queensland. Sci. Hort. 30: 227-235.
- Weinbaum, S. A., F. J. A. Niederholzer, S. Ponchner, R. C. Rosecrance, R. M. Carlson, A. C. Whittlesey, and T. T. Muraoka. 1994. Nutrient uptake by cropping and defruited field-grown 'French' prune trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119: 925-930.

Seasonal Fluctuation in Mineral elements and quality of Guava (*Psidium guajava* L. cv 'King') Fruits.

Ming-Hui Wang ¹⁾ Huey-Ling Lin ²⁾

Key words : Guava, Quality, Mineral Composition

Summary

Seasonal fluctuations in mineral elements and fruit qualities of guava 'King' were investigated in this experiment. Results showed the winter crop, which was harvested from November to April, had total soluble solids of 10-11.3Brix and 219-266mg/100g ascorbic acid. These figures together with fruit firmness were relatively higher than those of summer crop (harvested from July to September) indicating a superior fruit quality. Moreover, leaf microelement concentrations decreased sharply from April to July, whereas fruits microelement increased from March to September. Leaf potassium concentration was found to be lower in April to August as compared with fruits. This indicated that potassium had been transported from leaves to fruits, as K is highly mobile element. Calcium concentration was lowest in August; this seemed to be responsible for the low firmness of fruits harvested during summer. Magnesium had the parallel pattern of changing in both leaves and fruits. Fruit nitrogen concentration increased from April to August, however, decreased from December to January. High nitrogen and low calcium seem to be related to the less firmness and total soluble solids of guava fruits harvested during summer months.

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

2) Associate Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

Corresponding author.

