

益收處理對不同品種番石榴果實後熟之影響

潘美汶¹⁾ 陳京城²⁾

關鍵字：糖類代謝、硬度、果色

摘要：以益收處理採收前之成熟期番石榴果實，結果顯示益收處理使果實可滴定酸和果肉硬度下降，並使果皮顏色由暗綠色轉變成亮黃綠色或白綠色。果重與可溶性固形物則不受益收處理影響。更年性品種('黃拔'與'巴基斯坦')皆可觀察到益收處理之果實蔗糖含量較高，但非更年性品種('珍珠拔'與'世紀拔')之蔗糖含量則沒有顯著差異，然而非更年性品種益收處理之果實其單糖含量有較高之趨勢，顯示更年性果實與非更年性果實於後熟期間糖類代謝機制可能有所不同。

前 言

果實後熟行為可區分更年性與非更年性兩類型(Biale, 1964)，主要以果實後熟時期呼吸峰之有無與是否生成乙烯，並由乙烯自動催化作用誘導發生後熟行為來區別(McMurchie *et al.*, 1972)。更年性果實達成熟期即可受微量乙烯作用表現乙烯自動催化之能力，而非更年性果實則不具有乙烯自動催化之能力(Biale and Young, 1981)。同屬同種之作物可發現不同品種間有不同之後熟表現，多數的番石榴品種屬於更年型(climacteric) (Akamine and Goo, 1979; Brown and Wills, 1983)，而部分為非更年型(Biale, 1964; Biale and Barcus, 1970)。目前台灣番石榴市場主要品種包含'世紀拔'、'珍珠拔'、'水晶拔'(黃, 2002)等皆屬於非更年性品種(林, 1998)。經由觀察成熟果實的二氧化碳及乙烯釋放量，顯示台灣的番石榴包含'梨拔'、'白拔'、'四季拔'、'中山月拔'、夏威夷加工品種等表現更年性特徵，而'泰國拔'、'珍珠拔'、'水晶拔'和'世紀拔'則表現非更年性特徵(顏, 1986; 林, 1998; 黃, 2002)。

番石榴果實後熟期間主成份變化主要包含碳水化合物、可滴定酸、酚類化合物和揮發性物質產生等(Salunkhe and Desai, 1984)，後熟期間可溶性固形物先下降再上升，可滴定酸含量和葉綠素含量均隨果實發育而逐漸下降，而含量因品種與採收時間不同而異(Paull and

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助理教授，通訊作者。

Goo, 1983)。益收是一種廣泛使用的植物生長調節劑，它被植物吸收後可經由代謝轉變成乙烯，因此常被用於果實催熟(如香蕉、番茄)、促進開花(如鳳梨)及促進果實著色(如蘋果與柑桔類)等。本研究之目的為比較更年期性與非更年期性品種番石榴成熟期果實處理益收藥劑對果實後熟之影響。

材料與方法

一、試驗材料

於國立中興大學園藝試驗場的番石榴園中選取更年期性品種'巴基斯坦' ('Pakistani')及'黃拔' ('Huang Bar')與非更年期性品種'世紀拔' ('Shy-Jii Bar')及'珍珠拔' ('Jen-Ju Bar')共4個品種作為試驗材料。

二、試驗方法

於2009年3月下旬確定著果後掛牌選定果實樣品，當果實生長至花後 90 ± 7 天且果實大小已達即將進入後熟期時，每一品種選16個生長情況相近的果實作為處理材料，並於標定的16個果實中隨機選8個進行藥劑處理，另8個即為對照組。處理組以含300 ppm 益收生長素(Krishi Rasayan 製造)及0.1% tween 20 之水溶液於傍晚時噴灑於果實表面，處理後5天後進行採樣分析。

三、調查項目

1. 物化性狀測定：

果實重量測定：以精密天秤測量，以g為單位。

可溶性固形物：果實縱切成片後榨汁，使用手持式曲折計(Hand refractometer, ATAGO)測定，以 $^{\circ}$ Brix 表示之。

可滴定酸測定：果實縱切成片後榨汁，取得果汁後取1 ml 加入9 ml 蒸餾水和10 μ l 0.1%酚酞(w/v ethanol)作為指示劑，以0.1 N NaOH 滴定至呈粉紅色，紀錄滴定量，以檸檬酸為標準換算，單位為%。

果實顏色測定：以手持式色差儀(Hand-held colorimeter, Nippon Denshoku Model NR-3000)測定赤道部位果皮顏色，每樣品測定兩點。數值以L、a*、b*值表示。L值表示顏色的明度、a*值表示顏色的綠紅程度、b*值表示顏色的藍黃程度。

果實硬度測定：以硬度計(Penetrometer F327) 測定赤道部位單位面積下，由果實表面向下刺穿5 mm 所需之最大力量，穿刺頭為直徑5 mm 之圓柱體，單位以kg 表示。

2. 可溶性糖分析：

將冷凍的番石榴果肉加入液態氮後以研砵磨粉，取2 g 樣品與18 ml 90%乙醇混合，以均質機轉速16,000 rpm 均質兩分鐘。混合液置於4 $^{\circ}$ C 冰箱8小時以上，待果肉沉澱後取上清液9 ml 於減壓濃縮機(VAPOUR-MIX KC-12)以54 $^{\circ}$ C 去除乙醇至上清液完全揮發呈現

濃稠狀，加入去離子水定量至 9 ml，再以 0.45 μm 過濾膜(Millex, Millipore)過濾雜質，然後以高效能液相層析儀(high performance liquid chromatography, HPLC)加以分析蔗糖、葡萄糖及果糖含量。以鮮重百分比作為表示單位。硬體條件：幫浦：Hitachi pump L-2130、Column：Waters Sugar-Pak I、檢測器：Hitachi RI Detector L-2490。分析條件：移動相：EDTA-Ca 50 ppm、移動相流速：0.5 ml/min、Column 溫度：80°C。

結 果

'黃拔'果實於採收前 5 天處理益收生長素 300 ppm，與對照組果實比較下平均果實重量無顯著差異，而可滴定酸處理組為 0.50%低於對照組的 0.72%，處理組硬度為 2.1 kg 低於對照組的 6.0 kg，顯示經益收處理的果實之可滴定酸含量與硬度皆明顯下降。果皮顏色方面，處理益收之果實 L 值高於對照組，顯示果皮明度較高，且 a* 值和 b* 值均高於對照組，顯示處理益收後果皮綠色減少黃色增加(表 1)。

表 1. 採收前處理益收對'黃拔'番石榴果重、可滴定酸、果實硬度及果皮顏色之影響

Table 1. Effects of pre-harvest treatment of ethephon on fruit weight, titratable acid, firmness and skin color of 'Hung Bar' guava fruit

Treatment ^z	FW(g)	TA(%)	Firmness (kg)	Skin color		
				L	a*	b*
CK	232.6±70.8 ^y	0.72±0.14	6.0±2.8	60.59±6.90	-11.28±1.51	25.41±0.99
E-300	277.6±39.9	0.50±0.07	2.1±0.4	73.31±2.92	-7.89±1.43	26.72±1.05
t-test ^x	ns	*	*	*	*	*

^z 300 ppm ethephon was sprayed 5 days before harvest, FW: fruit weight, TA: titratable acid,

^y Mean± standard deviation.

^x * and ns indicate significant and non-significant difference between treatments by t-test, P=0.05, respectively.

處理益收之'黃拔'果實可溶性固形物含量及全可溶性糖含量與對照組比較差異不顯著。但處理益收之果實葡萄糖與果糖含量各為 1.26%與 2.10%，低於對照組的 1.88%與 2.51%，但經益收處理的之果實蔗糖含量為 3.18%顯著高於對照組的 2.43%(表 2)。

表 2. 採收前處理益收對'黃拔'番石榴果實糖類含量之影響

Table 2. Effects of pre-harvest treatment of ethephon on sugar content of 'Hung Bar' guava fruit

Treatment ^z	TSS(°Brix)	Total sugar(%)	Sucrose(%)	Glucose(%)	Fructose(%)
CK	8.4±1.0 ^y	6.82±0.55	2.43±0.47	1.88±0.24	2.51±0.23
E-300	9.0±0.8	6.55±0.85	3.18±0.70	1.26±0.21	2.10±0.16
t-test ^x	ns	ns	*	*	*

^z 300 ppm ethephon was sprayed 5 days before harvest, TSS: total soluble solids, Total sugar: sucrose + glucose + fructose.

^y Mean± standard deviation.

^x * and ns indicate significant and non-significant difference between treatments by t-test, P=0.05, respectively.

表 3. 採收前處理益收對'巴基斯坦'番石榴果重、可滴定酸、果實硬度及果皮顏色之影響

Table 3. Effects of pre-harvest treatment of ethephon on fruit weight, titratable acid, firmness and skin color of 'Pakistani' guava fruit

Treatment ^z	FW(g)	TA(%) ^y	Firmness (kg)	Skin color		
				L	a*	b*
CK	166.4±52.0 ^y	0.73±0.13	4.3±0.9	64.23±5.82	-12.78±1.22	28.79±1.69
E-300	172.8±27.6	0.54±0.05	2.9±0.3	71.30±3.95	-9.11±2.98	29.84±2.64
t-test ^x	ns	*	*	*	*	ns

^z 300 ppm ethephon was sprayed 5 days before harvest, FW: fruit weight, TA: titratable acid,

^y Mean± standard deviation.

^x * and ns indicate significant and non-significant difference between treatments by t-test, P=0.05, respectively.

'巴基斯坦'果實於採收前 5 天處理益收 300 ppm 之果重與對照組無顯著差異，但可滴定酸與硬度皆顯著較低；可滴定酸含量處理組為 0.54% 低於對照組的 0.73%，硬度為 2.9 kg 低於對照組的 4.3 kg。果皮顏色方面，處理組之果實 L 值為 71.30 高於對照組的 64.23，顯示果皮明度較高；處理組之果實 a* 值為 -9.11 高於對照組的 -12.78，顯示處理益收後果皮綠色減少較多；處理益收之果實 b* 值與對照組無顯著差異(表 3)。

經益收處理之'巴基斯坦'果實可溶性固形物含量為 9.7°Brix，顯著高於對照組的 8.9°Brix。處理組之果實全可溶性糖為 7.07%，亦顯著高於對照組的 6.06%。處理益收之果實蔗糖及果糖含量分別為 3.48%及 2.24%，均顯著高於對照組之果實 2.72%及 2.02%。葡萄糖含量處理益收之果實為 1.35%，對照組為 1.32%，處理間無顯著差異(表 4)。

表 4. 採收前處理益收對'巴基斯坦'番石榴果實糖類含量之影響

Table 4. Effects of pre-harvest treatment of ethephon on sugar content of 'Pakistani' guava fruit

Treatment ^z	TSS(°Brix)	Total sugar(%)	Sucrose(%)	Glucose(%)	Fructose(%)
CK	8.9±0.4 ^y	6.06±0.78	2.72±0.62	1.32±0.23	2.02±0.12
E-300	9.7±0.6	7.07±0.53	3.48±0.49	1.35±0.26	2.24±0.24
t-test ^x	*	*	*	ns	*

^z 300 ppm ethephon was sprayed 5 days before harvest, TSS: total soluble solids, Total sugar: sucrose + glucose + fructose.

^y Mean± standard deviation.

^x * and ns indicate significant and non-significant difference between treatments by t-test, P=0.05, respectively.

表 5. 採收前處理益收對'珍珠拔'番石榴果重、可滴定酸、果實硬度及果皮顏色之影響

Table 5. Effects of pre-harvest treatment of ethephon on fruit weight, titratable acid, firmness and skin color of 'Jen-Ju Bar' guava fruit

Treatment ^z	FW(g)	TA(%)	Firmness (kg)	Skin color		
				L	a*	b*
CK	271.6±33.4 ^y	0.49±0.08	5.7±1.6	64.02±3.07	-12.88±0.82	27.15±1.14
E-300	276.5±69.0	0.44±0.06	2.6±0.5	70.85±3.74	-10.35±1.44	28.53±0.77
t-test ^x	ns	ns	*	*	*	*

^z 300 ppm ethephon was sprayed 5 days before harvest, FW: fruit weight, TA: titratable acid,

^y Mean± standard deviation.

^x * and ns indicate significant and non-significant difference between treatments by t-test, P=0.05, respectively.

'珍珠拔'果實於採收前 5 天處理益收 300 ppm，與對照組果實比較，果重與可滴定酸均無顯著差異。處理益收之果實硬度為 2.6 kg 則顯著低於對照組的 5.7 kg。果皮顏色方面，處理益收之果實 L 值為 70.85 高於對照組的 64.02，顯示處理益收之果實果皮明度較高；處理組 a*值-10.35 與 b*值 28.53 皆高於對照組，顯示處理益收與對照組相較下果皮綠色減少、黃色增加(表 5)。

'珍珠拔'處理組果實之可溶性固形物、全可溶性糖含量、蔗糖含量及果糖含量均與對照組無顯著差異。但葡萄糖含量 1.75%顯著皆低於對照組之 2.13%(表 6)。

表 6. 採收前處理益收對'珍珠拔'番石榴果實糖類含量之影響

Table 6. Effects of pre-harvest treatment of ethephon on sugar content of 'Jen-Ju Bar' guava fruit

Treatment ^z	TSS(°Brix)	Total sugar(%)	Sucrose(%)	Glucose(%)	Fructose(%)
CK	8.7±0.5 ^y	7.13±0.68	2.61±0.65	2.13±0.19	2.39±0.22
E-300	9.2±0.6	6.91±0.76	2.94±0.51	1.78±0.17	2.19±0.22
t-test ^x	ns	ns	ns	*	ns

^z 300 ppm ethephon was sprayed 5 days before harvest, TSS: total soluble solids, Total sugar: sucrose + glucose + fructose.

^y Mean± standard deviation.

^x * and ns indicate significant and non-significant difference between treatments by t-test, P=0.05, respectively.

'世紀拔'處理組果實之果重與對照組無顯著差異。處理益收之果實可滴定酸為 0.49%顯著低於對照組的 0.58%。處理益收之果實硬度為 2.7 kg 與對照組之 9.2 kg 亦有顯著差異。果皮顏色方面，處理益收之果實 L 值為 67.39 高於對照組的 53.37，顯示處理益收之果實果皮明度較高；處理益收之果實 a*值為 -7.30 高於對照組的 -11.88， b*值為 28.65 亦高於對照組的 24.52，顯示處理益收後果皮綠色減少、黃色增加(表 7)。

處理組與對照組之可溶性固形物、全可溶性糖、蔗糖含量及果糖含量皆無顯著差異。但葡萄糖含量為 1.22%，顯著低於對照組之 1.77% (表 8)。

表 7. 採收前處理益收對'世紀拔'番石榴果重、可滴定酸、果實硬度及果皮顏色之影響

Table 4. Effects of pre-harvest treatment of ethephon on fruit weight, titratable acid, firmness and skin color of 'Shy-Jii Bar' guava fruit

Treatment ^z	FW(g)	TA(%)	Firmness (kg)	Skin color		
				L	a*	b*
CK	237.6±61.8 ^y	0.58±0.09	9.2±2.8	53.37±4.65	-11.88±2.75	24.52±1.91
E-300	247.0±74.5	0.49±0.06	2.7±0.2	67.39±2.12	-7.30±1.95	28.65±1.67
t-test ^x	ns	*	*	*	*	*

^z 300 ppm ethephon was sprayed 5 days before harvest, FW: fruit weight, TA: titratable acid,

^y Mean± standard deviation.

^x * and ns indicate significant and non-significant difference between treatments by t-test, P=0.05, respectively.

表 8. 採收前處理益收對'世紀拔'番石榴果實糖類含量之影響

Table 8. Effects of pre-harvest treatment of ethephon on sugar content of 'Shy-Jii Bar' guava fruit

Treatment ^z	TSS(°Brix)	Total sugar(%)	Sucrose(%)	Glucose(%)	Fructose(%)
CK	7.9±1.0 ^y	5.77±0.95	1.58±0.71	1.77±0.18	2.41±0.26
E-300	7.1±1.3	5.36±1.27	1.86±0.96	1.22±0.17	2.28±0.21
t-test ^x	ns	ns	ns	*	ns

^z 300 ppm ethephon was sprayed 5 days before harvest, TSS: total soluble solids, Total sugar: sucrose + glucose + fructose.

^y Mean± standard deviation.

^x * and ns indicate significant and non-significant difference between treatments by t-test, P=0.05, respectively.

討 論

果實後熟生理中受乙烯控調者包含呼吸率上升、葉綠素降解和氣味分子生合成等，為乙烯依賴型表現，而糖的累積與酸含量下降則可能由另外的機制調控，為非乙烯依賴型表現(Pech *et al.*, 2002)。果皮色素的生合成與果肉細胞壁降解由多個基因操控，這些基因部分受乙烯調控，部分則否(Pech *et al.*, 2008；Hayama *et al.*, 2006)。本研究於採收前 5 天以

益收 300 ppm 處理不同品種番石榴果實，結果發現益收處理對番石榴果實的影響主要為果皮顏色和硬度，顯示果皮顏色和硬度是乙烯依賴型之表現，即只要外加乙烯或增加內生乙烯之生合成即可誘導反應發生。番石榴果皮顏色隨果實發育會由暗綠逐漸轉變成淺綠，綠果皮品種成熟期所表現的顏色由淺綠逐漸轉成亮黃色(Mercado-Silva *et al.*, 1998)。由於葉綠素的降解可由乙烯誘導(Pech *et al.*, 2002)，因此益收處理使番石榴果皮顏色由淺綠轉成黃綠，在更年性及非更年性品種均有相同之反應。

隨番石榴果實快速生長，果肉硬度開始下降(Mercado-Silva *et al.*, 1998)，原因可能包括細胞失去膨壓和細胞壁組成份降解(Tucker, 1993)。番石榴果實細胞壁成份以纖維素、半纖維素、木質素和果膠含量較多(Jain *et al.*, 2003)，在果實進入成熟期，果膠甲酯酶(Pectin methyl esterase; PE)、聚半乳糖醛酸酶(Polygalacturonase; PG)和纖維素酶(Cellulase)等細胞壁分解酵素活性上升至後熟期仍可見高活性(Jain *et al.*, 2003)，其中聚半乳糖醛酸酶(PG)與果膠甲酯酶(PE)可受乙烯誘導而活化(Giovannoni, 2004)。本研究發現處理益收之番石榴果實硬度均顯著下降，類似於薔薇科的桃和李之果實(Hayama *et al.*, 2006)，即給予外源乙烯可促使果實軟化。

雖然處理組和對照組果實內的糖類組成份均有達顯著差異者，但不同品種處理益收藥劑後可溶性糖的變化並不一致。處理益收的'黃拔'果實蔗糖含量較高、果糖及葡萄糖的含量較低；處理益收的'巴基斯坦'果實蔗糖與果糖含量均高於對照組；處理益收的'珍珠拔'僅葡萄糖的含量低於對照組；處理益收的'世紀拔'則葡萄糖與果糖含量皆低於對照組。更年性品種('黃拔'及'巴基斯坦')皆可觀察到處理益收後蔗糖含量較高的變化，而非更年性品種('珍珠拔'及'世紀拔')則無此變化。4 個品種內除了'巴基斯坦'之外，均可以觀察到處理益收後葡萄糖含量較低的結果，果糖的變化則不一致。因此糖類成份更年性與非更年性品種最大的差異在蔗糖含量的變化。更年性番石榴品種果實於採收前經益收處理者蔗糖含量顯著高於對照組之現象，可能與番石榴果實成熟後期蔗糖會快速累積(EL Buluk *et al.*, 1996；Wilson *et al.*, 1982)，而益收處理加速了此現象。

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系博士論文。
- 黃瑞華。2002。'水晶拔'葉片無機養分周年變化及果實後熟生理之研究。國立中興大學園藝學系碩士論文。
- 顏秀芬。1986。番石榴果實呼吸型式及控制大氣組成貯藏延長其櫃架壽命之研究。國立台灣大學園藝學研究所碩士論文。
- Akamine, E. K. and T. Goo. 1979. Respiration and ethylene production in fruits of species and cultivars of *Psidium* and species of *Eugenia*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104:632-635.

- Biale, J. B. 1964. Growth, maturation and senescence in fruits. *Science*. 146:880-888.
- Biale, J. B. and D. E. Barcus. 1970. Respiratory patterns in tropical fruits of the Amazon basin. *Trop. Sci.* 12:93-104.
- Biale, J. B. and Young, R. E. 1981. Respiration and ripening in fruits-retrospect and prospect. Recent advances in the biochemistry of fruits and vegetables. Academic Press, London.
- Brown, B. I. and R. B. H. Wills. 1983. Postharvest changes in guava fruit of different maturity. *Sci. Hort.* 19:237-243.
- EL Buluk, R. E., F. E. Babiker, and A. H. EL Tinay. 1996. Changes in sugar, ash and minerals in four guava cultivars during ripening. *Plant Foods Hum. Nutri.* 49:147-154.
- Giovannoni, J. J. 2004. Genetic regulation of fruit development and ripening. *Plant Cell* 16:170-180.
- Hayama, H., M. Tatsuki, A. Ito, and Y. Kashimura. 2006. Ethylene and fruit softening in the *stony hard* mutation in peach. *Posthar. Biol. Technol.* 41:16-21.
- Jain, N., K. Dhawan, S. Malhora, and R. Singh. 2003. Biochemistry of fruit ripening of guava (*Psidium guajava* L.): compositional and enzymatic changes. *Plant Foods Hum. Nutri.* 58:309-315.
- McMurchie, E. J., W. B. Mc Glasson, and I. L. EAKS. 1972. Treatment of fruit with propylene gives information about the biogenesis of ethylene. *Nature* 237:235-236.
- Mercado-Silva, E., P. Benito-Bautista, and M. A. García-Velasco. 1998. Fruit development, harvest index and ripening changes of guavas produced in central Mexico. *Postharvest Biol. Technol.* 13: 143-150.
- Paull, R. E. and T. Goo. 1983. Relationship of guava (*Psidium guajava* L.) fruit detachment force to the stage of fruit development and chemical composition. *HortScience* 18:65-67.
- Pech, J. C., A. Chaves, Z. Li, J. M. Lelievre, M. Bouzayen, P. Frasse, H. Zegzouti, and A. Latche. 2002. Recent development on the role of ethylene in the ripening of climacteric fruit. *Acta Hort.* 587:489-494.
- Pech, J. C., M. Bouzayen, and A. Latche. 2008. Climacteric fruit ripening: ethylene-dependent and independent regulation of ripening pathways in melon fruit. *Plant Sci.* 175:114-120.
- Salunkhe, D. K. and B. B. Desai. 1984. *Postharvest biotechnology of fruits*. Vol. II CRC Press, Inc. United States.
- Tucker, G. A. 1993. Introduction. pp.1-52. In: G. B. Seymour, J. E. Taylor and G. A. Tucker. (eds). *Biochemistry and fruit ripening*. Chamam and Hall, London.
- Wilson, C. W., P. E. Shaw, and C. W. Campbell. 1982. Determination of organic acids and sugars in guava (*Psidium guajava* L.) cultivars by high-performance liquid chromatography. *J. Sci. Food Agric.* 33:777-780.

Effects of Ethephon Treatment on Ripening of Climacteric and Non-climacteric Guava Fruits

Mei-Wen Pan ¹⁾ Ching-Cheng Chen ²⁾

Key words: Sugar metabolism, Firmness, Skin color

Summary

Pre-harvest treatment of ethephon resulted in a decrease in titratable acid and firmness of guava fruits and also turned the fruit skin from dark green to bright yellow-green or white-green. However, fruit weight and total soluble solids were not affected by the ethephon treatment. The ethephon treatment on climacteric guava fruits, 'Huang Bar' and 'Pakistani', caused an increase in sucrose content, while on non-climacteric guava fruits, 'Jen-Ju Bar' and 'Shy-Jii Bar', the sucrose content had not significantly affected. In addition, the hexose contents in non-climacteric guava fruits were increased by the ethephon treatment. Taken together, it seems that sugar metabolism mechanism could be different between climacteric and non-climacteric guava fruits during ripening stage.

1) Graduate Student in Master Program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

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