

'珍珠拔'番石榴果實發育期間成分之變化與 東方果實蠅為害之關係

林 高 偉¹⁾ 林 慧 玲²⁾ 謝 慶 昌³⁾

關鍵字：番石榴、東方果實蠅、果實發育、果實成分

摘要：'珍珠拔'番石榴果實受東方果實蠅為害，此蟲產卵偏好受果實之顏色、硬度、氣味和成分等因素影響。本試驗調查不同發育程度果實受東方果實蠅為害率，及果實之硬度、色澤、碳水化合物、酚類化合物和可溶性單寧等變化情形，探討果實物化性質與東方果實蠅產卵之相關性。田間採集果實調查顯示，果實直徑4 cm以下，受果實蠅為害風險極微，而果實發育至直徑5 cm以上，受果實蠅為害率顯著增加；果實之澱粉含量和總酚類化合物與東方果實蠅產卵偏好無顯著差異，而易遭受為害之果實，果實色澤較為淡黃、果實硬度和可溶性單寧含量呈顯著下降，但全可溶性糖和葡萄糖、果糖和蔗糖類含量則顯著增加，與東方果實蠅為害率呈正相關。

前 言

番石榴(*Psidium guajava* L.)原產於中美洲和墨西哥地區，果實富含維他命C、膳食纖維、葉酸等礦物元素，目前為熱帶和亞熱帶重要食用蔬果，其果樹之葉、樹皮、根和果實等各部分營養和藥理價值被廣泛研究中，為一重要經濟果樹(Joseph and Priya, 2011)。「珍珠拔」番石榴為臺灣目前栽培面積最大之品種，在栽培管理上，以套袋方式防止東方果實蠅(*Bactrocera dorsalis* Hendel)為害(謝，2011)。東方果實蠅屬雙翅目果實蠅科(Tephritidae)廣泛分佈在熱帶和亞熱帶地區，東南亞和太平洋地區為主要分佈區(Stephens *et al.*, 2007)。臺灣最早發現此蟲是在1911年臺北柑桔園果實內發現幼蟲為害，分布範圍廣為多種果樹重要害蟲，番石榴為其主要寄主，幼蟲取食果肉造成嚴重為害(溫和吳，2011；劉，1981)。

1)國立中興大學園藝系研究生。

2)國立中興大學園藝系教授。

3)國立中興大學園藝系副教授，通訊作者。

果實蠅產卵行為是藉著嗅覺和視覺去找尋適當的寄主植物和果實(Bateman, 1972; Prokopy and Roitberg, 1984)。東方果實蠅雌成蟲於白天產卵，以觸角之嗅覺作用尋找寄主果實後，以產卵管探試果皮之硬度，在適合情況下，其雙翅展開腹端向下，將產卵管插入果皮內產卵，偏好於成熟果實，尋找適合寄主過程受果實物理、化學等因子影響，果實之氣味、色澤、硬度、成熟度和成分等在東方果實蠅產卵選擇上扮演重要角色。(邱和朱，1987；劉，1981；劉和黃，1990)。

番石榴果實是東方果實蠅喜好寄主，較多研究在探討成熟果實對於果實蠅之誘引性，如成熟果實成分、揮發性物質、色澤等(邱，1990；黃等，2002；Cunningham *et al.*, 2016；Wu *et al.*, 2007)。本試驗以調查'珍珠拔'番石榴不同發育階段果實色澤、硬度、碳水化合物、酚類化合物和可溶性單寧等物質，探討不同發育期果實對東方果實蠅產卵之影響和受東方果實蠅為害之可能因子。

材 料 和 方 法

一、試驗材料

本試驗材料為4-8年生'珍珠拔'番石榴植株，試驗區位於臺中地區番石榴果園，果實取樣於2016和2017年4-9月期間，施肥、灌溉和套袋等採慣行栽培模式，試驗期間無施用藥劑防治病蟲害。

二、不同發育期果實受東方果實蠅為害調查

'珍珠拔'番石榴果園中逢機採收不同大小果實，放置於具透氣性壓克力箱內，存放於 $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ 下3天後，解剖調查果實受害情形，採集之幼蟲放置於透明壓克力箱內，等待果實蠅化蛹和羽化成蟲後確定果實蠅種類。本試驗於夏季和冬季採集果實調查，總計8次。

三、不同發育期'珍珠拔'番石榴果實理化性質分析

由番石榴果園中逢機採收不同大小果實，依果實直徑大小排序後，依直徑大小區分為小於2 cm，2-3 cm，3-4 cm，4.0-4.5 cm，4.5-5.0 cm，5-6 cm，6-7 cm與大於7 cm 8組果實，每組8果，共3重複，調查項目如下：

(一)果皮色澤和硬度分析

於果實赤道處以手持式色差儀(Hand-held colorimeter, Nippon Denshoku model NR-3000)測定果皮顏色，每果選取對稱2處測定點，果色以 L^* 、 a^* 、 b^* 表示。 L^* 為明度lightness； a^* 為紅-綠色； b^* 為藍-黃色。硬度分析方面，以物理性檢測器(sun scientific co. ltd., model cr-100)測定果皮受穿刺入果肉時，單位面積內所需最大之壓力。單位以牛頓(N)表示。儀器參數設定值:探頭為圓錐型($\text{Ø}12\text{ mm} \times 16\text{ mm}$)，刺入深度3 mm，移動速度120 mm/min，R/H:HOLD，P/T:PRESS，MAX: 10 kg。

(二)碳水化合物含量分析

1、全可溶性糖之測定

新鮮番石榴果肉切成細塊，用液態氮脫水固定，以低溫真空冷凍乾燥機進行脫水乾燥2-3日後，將樣品置於研钵中加入液態氮研磨成粉。全可溶性糖和澱粉參考Dubois等(1956)與黃和林(2009)之測定方法，取乾燥磨粉之樣品0.1 g加入10 ml去離子水於低速離心管(15 ml)中，於30°C水浴槽振盪3小時，取出後在室溫下以低速離心機(Universal 16A) 4000 rpm離心10分鐘，再以濾紙過濾上清液。取上清液0.1 ml加入1.9 ml去離子水稀釋後，取稀釋液1 ml和標準品同以下步驟，加入0.1 mL 90% 石炭酸(liquid phenol)和6 ml 濃硫酸混合均勻，靜置30分鐘後，以分光光度計(spectrophotometer, Shimadzu UV-200S)測定波長490 nm 吸收值。標準曲線以2 $\mu\text{mole}\cdot\text{mL}^{-1}$ D-glucose母液配製並進行序列稀釋，以0、0.2、0.4、0.6、0.8和1 $\mu\text{mole}\cdot\text{mL}^{-1}$ 6個濃度繪製標準曲線。單位換算為%表示。

2、澱粉之測定

上述以濾紙過濾上清液後之沉澱物，加入10 ml去離子水，重複離心動作，過濾後之殘渣置於70°C烘箱烘乾(約2-3日)，待完全乾燥後，加入2 ml去離子水，以沸水煮15分鐘後取出以自來水迅速冷卻，加入2 ml 9.2 N HClO₄過氯酸，以振盪器使其均勻混合，再加入6 ml去離子水，以低速離心機(Universal 16A) 4000 rpm離心10分鐘，再以濾紙過濾上清液。取上清液0.1 ml，加入1.9 ml去離子水稀釋後，取稀釋液1 ml和標準品同以下步驟，加入0.1 mL 90% 苯酚(liquid phenol)和6 ml 濃硫酸混合均勻，靜置30分鐘後，以分光光度計(spectrophotometer, Shimadzu UV-200S)測定波長490 nm 吸收值。單位換算為%表示。

(三)果糖、葡萄糖和蔗糖含量分析

果肉置於塑膠袋內榨汁，果汁先用紗布過濾後，經離心機離心約1分鐘，取0.1 ml加入0.9 ml去離子水於1.5 ml微量管中振盪混合，再以0.45 μm nylon filter (Millipore Co. U.S.A.)過濾膜去除大分子，最後取20 μl 為樣品，以高效能液相層析儀(high performance liquid chromatography, HPLC)分析果糖、葡萄糖和蔗糖含量。HPLC硬體條件：分離管柱Column為Sugar-pack I (Waters Co.)，恆溫箱溫度設定為80°C，移動相為Ca-EDTA 0.001 M，移動相流速為0.5 $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$ ，以RI為檢出器：Hitachi RI Detector L-2490。以果糖、葡萄糖和蔗糖混合液0.05%和0.2%為標準品計算檢量線，由積分儀所記錄標準品各成份的停滯時期和積算面積，藉此標準品之定量換算樣品成份和濃度。

(四)酚類化合物之分析

參考Keith等(1958)與王(2008)測定方法，取番石榴果實鮮重1 g加少許海砂和5 ml 磷酸緩衝液PO₄⁻ buffer (0.1 M pH 7.0)於研钵中研磨後，放入15 ml 高速離心管中，以高速離心機於4°C以20850 $\times\text{g}$ 離心20分鐘，過濾後取上清液0.1 ml加入1.9 ml去離子水振盪混合後，取稀釋液1 ml和標準品同以下步驟，加入0.1 ml Folin-ciocalteus phenol reagent (Merck)混合均勻，加入0.2 ml 20% Na₂CO₃ 振盪混合後，再加入8.7 ml去離子水，混合均勻後置於沸水浴中3分鐘，以自來水冷卻後取0.2 ml混合液，以分光光度計(spectrophotometer, Shimadzu UV-200S)測定波長660 nm 吸收值。標準曲線以100 ppm caffeic acid配製並進行序列稀釋，

以0、20、40、60、80和100 ppm 6個濃度繪製標準曲線。單位換算為 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 表示。

(五)可溶性單寧之分析

參考Taira(1995)與阮(2004)測定方法，取番石榴果實鮮重1 g加少許海砂和10 ml 80% 甲醇於研鉢中研磨後，放入15 ml高速離心管中，以高速離心機於 4°C 以 $12350\times\text{g}$ 離心5分鐘，過濾後取上清液0.1 ml加入1.9 ml去離子水振盪混合後，取稀釋液1 ml和標準品同以下步驟，加入6 ml去離子水振盪混合後，加入0.5 ml Folin-ciocalteus phenol reagent (Merck)混合均勻，靜置3分鐘，加入1 ml飽合 Na_2CO_3 振盪混合後，再加入1.5 ml去離子水，振盪混合後靜置1小時以上，取0.2 ml混合液，以分光光度計(spectrophotometer, Shimadzu UV-200S)測定波長725 nm 吸收值。標準曲線以100 ppm caffeic acid為母液配製並進行序列稀釋，以0、20、40、60、80和100 ppm 6個濃度繪製標準曲線。單位換算為 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 表示。

結果與討論

一、田間調查果實受東方果實蠅為害率

於未施用藥劑防治的番石榴果園，採收不同發育期果實調查果實蠅危害情形，由表1所示，在果實直徑4 cm以下，其為害率為0.4%，僅少數果實受害，受害果實色澤偏淡黃且有軟化現象，疑罹病害或為發育不良果實；直徑4.0-4.5 cm果實，其受害率為4.1%，部分果實也類似前述情形。果實直徑4.5-5.0 cm及5.0-6.0 cm時，其受害率明顯增加為40.4%及63.5%，依據陳和楊(2015)調查'珍珠拔'番石榴生長曲線顯示，此階段為果實第3階段快速生長期。果實硬度下降，水分和碳水化合物含量增加，可能有利於果實蠅產卵及幼蟲發育。黃和陳(2003)調查'世紀拔'與'梨仔拔'番石榴田間受果實蠅產卵和果實受害率，顯示果實直徑在3.5-4.5 cm，有26.0%具果實蠅產卵孔，其中有39.0%果實為受害果；果實直徑大於4.5 cm，果實受果實蠅為害率約為51.1%，與本試驗調查'珍珠拔'番石榴果實受東方果實蠅為害率，有相似的結果。

二、不同發育期'珍珠拔'番石榴果實色澤、硬度變化

果實色澤在不同發育程度，在果實2 cm以下小果時其L值為46.0隨後有下降的趨勢，至5 cm以後逐漸增加，此時果實為第3階段快速生長期，果實明顯增大和果實逐漸轉色為淡黃白，由a和b值之變化亦可得知，果實在直徑大於5 cm後其b值有增加趨勢，果色逐漸轉黃，但綠色程度是果實大於7 cm以上才有明顯變淡。'珍珠拔'番石榴果實果實開始受東方果實蠅為害期為果實直徑於4.5-5.0 cm左右，而果實發育至5-6 cm時，受東方果實蠅為害程度明顯增加，其色澤L值與b值有顯著增加，果實顏色較為淡白和偏黃之趨勢(圖1)。

東方果實蠅成蟲對光色之選擇有明顯差異性，白天活動較為活躍，在黃昏日落時的弱光，能刺激成蟲交尾活動，成蟲對光色的選擇有明顯的差異，在田間雌成蟲喜好在黃色成熟果實上產卵，或許與成熟果實氣味有關，但對果實顏色的感受是有影響的，一般對黃光

表 1. 田間調查'珍珠拔'番石榴果實受東方果實蠅為害率。

Table 1. 'Jen-Ju Bar' fruit infested with oriental fruit fly at different size in the field.

Fruit diameter (cm)	Sample size	Infestation percentage (%)
<2	175	0.0
2-3	165	0.0
3-4	174	0.4
4-4.5	80	4.1
4.5-5	68	40.4
5-6	54	63.5
6-7	48	83.3
>7	7	100

Mean=average value

之趨性最大，紅光、橙光、藍光依序次之(李，1978；劉，1981)。陳(2013)探討不同黃色黏著資材對東方果實蠅之誘殺效果，顯示黃色對於東方果實蠅雌雄成蟲都具誘引效果，推測不同黃色的波長會影響其誘引力，Wu等(2007)利用視神經檢測和黏紙誘殺試驗，調查顯示UV和綠色光譜可以增加對東方果實蠅之誘引力，而藍色光譜會降低誘引力，相同色澤於不同波長時，會呈現不同誘引效果。顯示'珍珠拔'番石榴果實發育期色澤由深綠轉為淡綠至淡黃白，對於東方果實蠅的產卵行為是有影響。

在硬度方面，在果實直徑5-6 cm階段，果皮穿刺的壓力明顯降低，果實愈趨成熟其硬度明顯逐步降低(圖2)。董等(2011)以木瓜果皮顏色轉黃的程度進行果實成熟度分級，木瓜是否會遭受果實蠅產卵為害，除了取決於果實本身之成熟度外，也與果實蠅之密度有關，在高密度下，會為害較低成熟度的木瓜。在果實硬度分析上，果實隨著發育成熟其硬度有逐漸下降趨勢，至木瓜可被果實蠅為害之階段之果實有較軟化的現象。Oi和Mau(1989)調查酪梨採收後和未採收果實受地中海果實蠅和東方果實蠅為害率，顯示未採收和採收後3日內之果實受果實蠅為害顯著較低，推論可能是酪梨堅硬的果皮提供了物理屏障，導致在未收穫的酪梨和收穫後31日內的果實受果實蠅較低的侵染。El-Buluk等(1995)調查4種番石榴品種果實發育過程，果實硬度在果實成熟階段迅速下降與果實體積迅速增加，含有較低的蛋白質和較高的水分和水溶性果膠有關。鄭等(2009)調查東方果實蠅在不同硬度番石榴果實產卵選擇上，顯示不同的硬度範圍對果實蠅的誘引力和產卵量有顯著的影響，當果實

硬度大於 $13 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ 時東方果實蠅雌蟲是無法產卵。本試驗調查不同成熟度果實硬度上，果實直徑大於5 cm以上時，果實硬度有顯著軟化現象，此階段亦是果實易受東方果實蠅為害的時期。

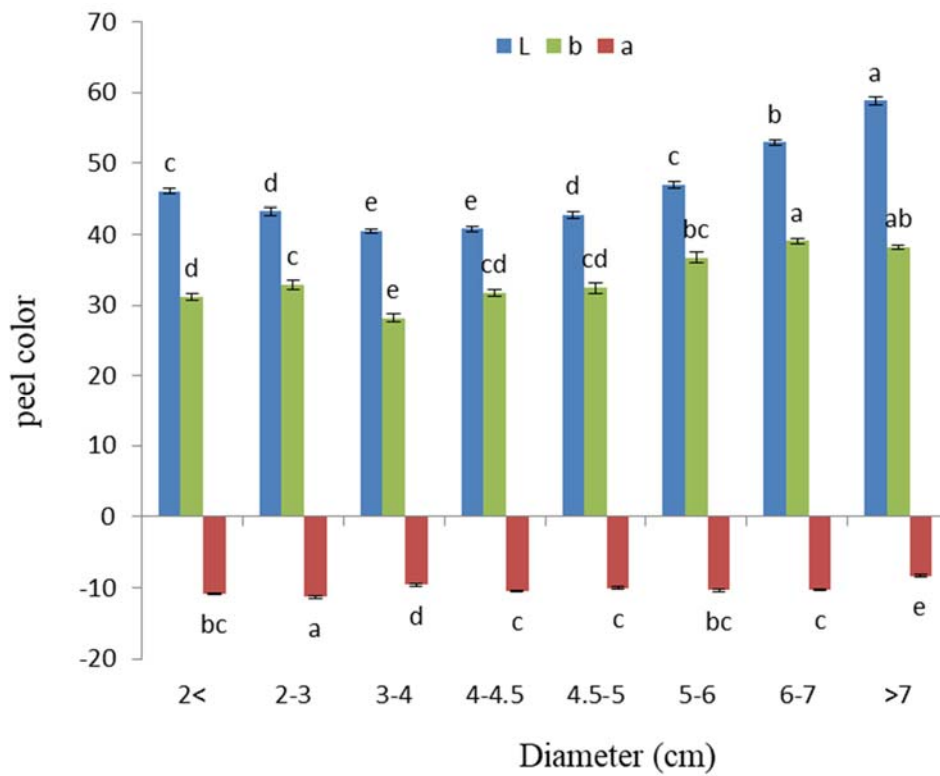


圖1. 不同發育期'珍珠拔'番石榴果實之果皮色澤變化。

Fig. 1. Changes in peel color of 'Jen-Ju Bar' fruit at different development of stages. Vertical bars represent means \pm SE. Means with the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

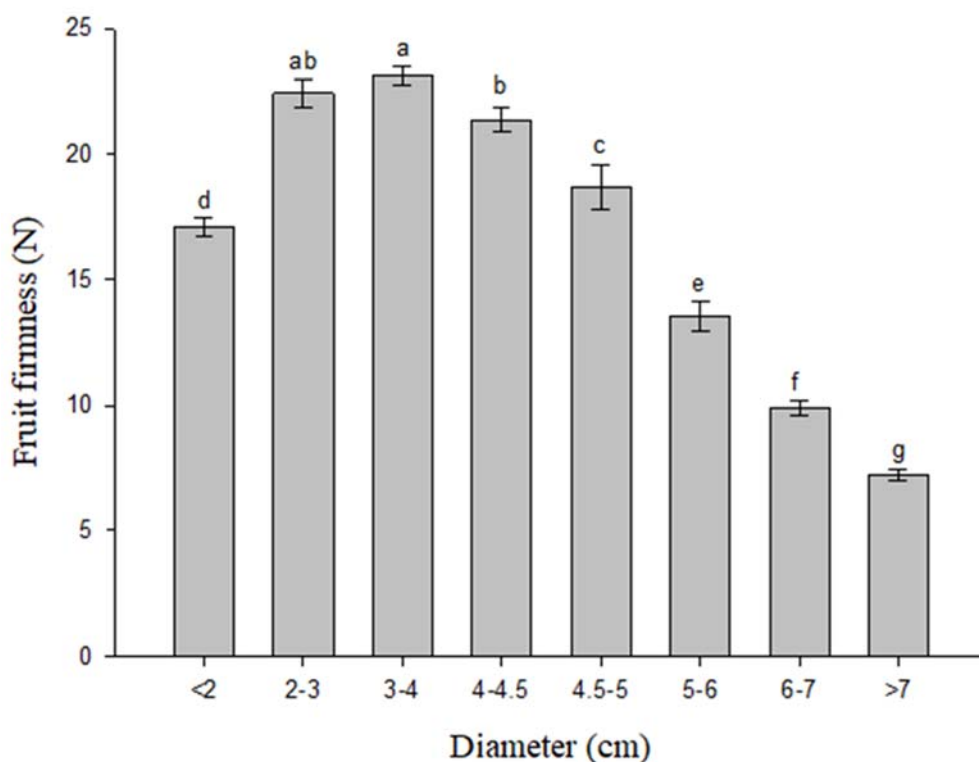


圖2. 不同發育期'珍珠拔'番石榴果實之果實硬度之變化。

Fig. 2. Changes in firmness of pericarp of 'Jen-Ju Bar' fruit at different development of stages.

Vertical bars represent means \pm SE. Means with the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

三、不同發育期'珍珠拔'番石榴果實碳水化合物含量變化

果肉全可溶性糖在小果期維持低含量至中果期無明顯變化，直至果實在4.5 cm後趨勢明顯增加(圖3)，此階段為果實進入第3階段生長期初期，亦為果實開始受東方果實蠅為害初期，隨著果實成熟其全可溶性糖含量增加，果實受東方果實蠅為害比率亦同步增加(表1)，顯示果實全可溶性糖含量增加與其受東方果實蠅為害程度有相同增加趨勢。果實發育期各個階段澱粉含量些微變化，於果實成熟期階段，其澱粉含量有顯著高於小果和中果期，在果實直徑2 cm，2-3 cm，3-4 cm，4-4.5 cm，4.5-5 cm，5-6 cm，6-7 cm與大於7 cm等8組果實，其澱粉含量分別為2.03、2.27、2.09、2.07、2.18、2.46、2.60和2.77%，但在果實直徑為2-3 cm與5-6 cm其含量值為2.27與2.46%差異不大。果肉全可溶性糖主要由果糖、蔗糖

和葡萄糖組成，果實生長前期主要以蔗糖和果糖為主，葡萄糖含量低(表2)。直至果實直徑4 cm後葡萄糖含量才明顯增加，此時蔗糖和果糖含量亦有顯著增加。果實直徑在4.5 cm後3種醣類含量明顯增加與全可溶性糖具有相同趨勢，果實直徑在6-7 cm時蔗糖和葡萄糖含量相當，分別為2.24%和2.56%，果糖具有較高含量為3.36%，之後無顯著增加。

果實營養成分關係著果實蠅幼蟲的生長與發育，果實成分隨著不同的成熟度而變化，當果實發育至成熟，其種子如需借由外力來幫助傳播時，果實的成分將會有利於媒介者的取食，如動物、鳥類、昆蟲等生物，故果實的成分與其受東方果實蠅為害與否息息相關。東方果實蠅成蟲於自然界以蚜蟲和介殼蟲類等分泌之蜜露，或是樹木汁液、花蜜、花器以外部分之腺體分泌物等為食物的來源；在人工飼養方面，飼育成蟲時多使用醣類、水溶性蛋白質和水分等，醣類供給成蟲能量和活力，蛋白質為性成熟和產卵所需養份，因此，雌雄成蟲對酵母抽出物和蛋白質有強烈之趨性；人工大量繁殖幼蟲，主要飼料以酵母、醣份、水和維他命B和麥麩等為主，幼蟲的營養對其生長和成蟲壽命有很大影響(李，1978；劉，1981)。Chelliah (1970)調查果實蠅於不良寄主內影響其幼蟲存活率和蛹體的重量與大小，瓜實蠅寄生於蛇瓜(snake gourd)，其幼蟲存活率和蛹體明顯小於寄生於網紋香瓜(musk melon)上。另糖蜜(Molassess)為製糖過程之副產物，可用於飼料與有機肥料添加物，含豐富的蔗糖、還原糖等營養成分，為果實蠅所偏好的食物，對其具有良好的誘引效果，黃等(2002)以'新世紀'番石榴黃熟果實之揮發性成分ethyl acetate進行東方果實蠅雌、雄成蟲誘引試驗，如添加50%糖蜜溶液至3% ethyl acetate，將使其誘引力加倍。

Mercado-Silva等(1998)調查番石榴，果實酸度隨著果實發育而下降，果實至第三階段快速生長期，其總可溶性固形物含量、抗壞血酸和檸檬酸含量才顯著提高。El-Buluk等(1995)調查四種番石榴品種果實發育過程中生理生化的變化，顯示水分含量和水溶性果膠隨著果實發育而顯著增加。Salazar等(2006)調查番石榴果實生長，果實從著果至成熟經過一系列的轉化與合成，使得果皮顏色改變、揮發性物質的產生與變化、味道和質地的轉變，過程中組織的生理、生化和結構產生變化，包括細胞色素的合成與轉化、細胞壁的部分溶解、澱粉降解轉化為糖類。Jain等(2001；2003)調查番石榴果實發育至成熟階段，澱粉含量下降，可溶性和還原醣類增加。Bulk等(1997)分析四種番石榴品系果實在發育至成熟期之醣類含量(果糖、葡萄糖和蔗糖)、抗壞血酸、總可溶性固體、總果膠和酚類化合物含量變化，顯示在所有品種，其果實總醣含量隨著果實發育逐漸增加，發育至完熟時更加顯著增加；果實抗壞血酸含量、總可溶性固體和果膠含量亦隨著果實發育逐漸增加，本試驗調查'珍珠拔'番石榴果實發育期間之變化與上述前人研究變化趨勢相似。

三、不同發育期'珍珠拔'番石榴果實總酚類化合物和可溶性單寧含量變化

果肉總酚類化合物在2 cm以下小果含量最高，除果實發育至2-3 cm時出現短暫的起伏，隨著果實發育其含量逐漸下降，至果實直徑6 cm以上後才有明顯較低含量(圖4)，可能與果實增大，單位體積內化合物含量減少有關，在果實受東方果實蠅為害階段，即果實直徑於4.5-6.0 cm之間其總酚類含量並無明顯減少。在可溶性單寧含量方面，其降低含量的趨

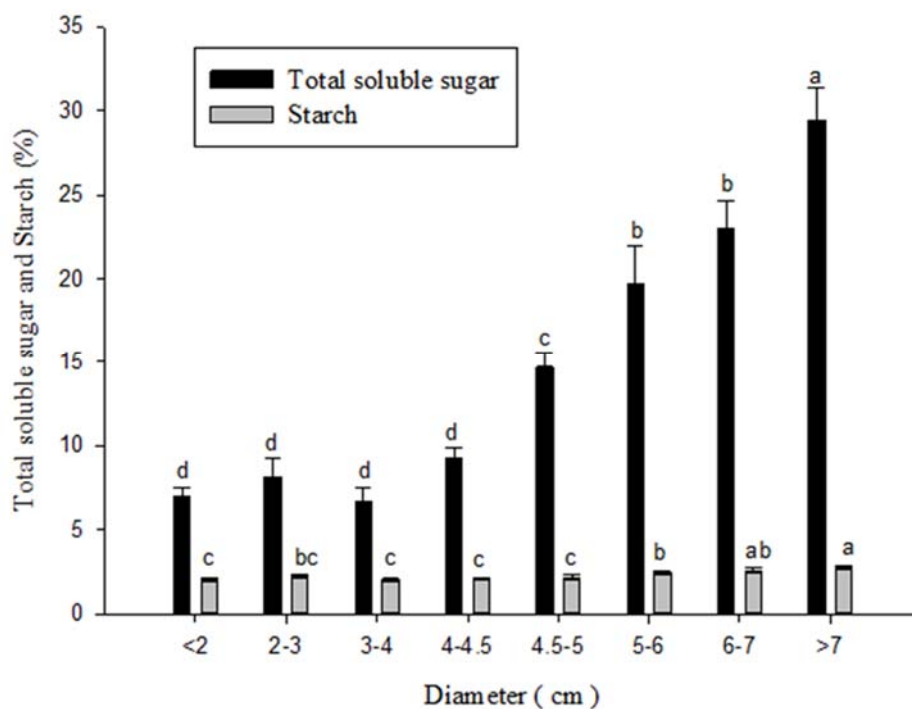


圖3. 不同發育期'珍珠拔'番石榴果實之全可溶性糖和澱粉變化。

Fig. 3. Changes in total soluble sugar and starch content (% DW) of 'Jen-Ju Bar' fruit at different development of stages. Vertical bars represent means \pm SE. Means with the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

迅速降低，在果實直徑2-5 cm之間維持相當含量，此於果實第2階段生長緩慢期和進入第3階段快速生長期間，但其含量並無明顯變化。直至果實直徑5 cm以上後其含量明顯下降，之後果實發育至成熟其含量逐漸減少，此階段為果實快速生長期，果實體積增大和糖類含量亦明顯增加，果實受東方果實蠅為害比率亦是明顯提高。

Bulk等(1997)分析四種番石榴品系果實在發育至成熟期之酚類化合物含量變化，顯示在所有品種，酚類化合物隨著果實生長而顯著降低。酚類化合物為植物二次代謝產物，(陳和楊，2015)調查其在'珍珠拔'番石榴果實含量顯示在不同成熟度會呈現出不同的變化，雖然因果實膨大單位體積內酚類化合物含量減少，但總酚類化合物含量是隨著果實發育而累積。黃等(2003)調查世紀拔與梨仔拔番石榴於田間受果實蠅產卵和果實受害率，顯示果實成熟度與受果實蠅為害比率有明顯相關性，在果實直徑3.5-4.5cm大小其受害率變化起伏大，作者認為與果實成熟度不均一和果實單寧含量有關，幼果期單寧含量較高，可能造成孵化的幼蟲死亡。

表2. 不同發育期'珍珠拔'番石榴果實之可溶性糖類含量變化。

Table 2. Changes in sugar contents of 'Jen-Ju Bar' fruit at different development of stages.

Fruit diameter	Sucrose (%)	Glucose (%)	Fructose (%)	Total sugar (%) ^z
<2 cm	0.42±0.05 c ^y	0.12±0.01 c	0.49±0.02 c	1.03±0.10 c
2-3 cm	0.35±0.04 c	0.15±0.02 c	0.51±0.04 c	1.01±0.08 c
3-4 cm	0.57±0.10 c	0.31±0.09 c	0.77±0.12 c	1.65±0.28 c
4-4.5 cm	1.35±0.21 b	0.98±0.20 b	1.54±0.25 b	3.87±0.64 b
4.5-5 cm	1.44±0.12 ab	1.22±0.14 b	1.93±0.10 b	4.59±0.33 b
5-6 cm	1.77±0.16 ab	1.75±0.10 ab	2.50±0.15 ab	6.02±0.34 ab
6-7 cm	2.24±0.41 a	2.56±0.47 a	3.36±0.64 a	8.16±1.51 a
>7 cm	1.94±0.16 a	2.20±0.18 a	2.88±0.24 a	7.02±0.54 a

^yMeans ± SE within columns followed by the same letter are not significantly different at P<0.05 by Least Significant Difference (LSD) test.

^zTotal sugars: sucrose + glucose + fructose.

Forkner等(2004)調查橡木樹群中葉片中單寧含量變化與昆蟲豐富度的關係，顯示葉嚼食草動物的豐富度與葉片縮合單寧含量呈負相關，在白楊木樹冠層與總冠層中的單寧含量與草食動物、昆蟲之密度與豐富度亦呈負相關，不同樹冠層和不同時間點調查皆顯示不同昆蟲群落，其豐富度與數量皆與縮合單寧含量呈負相關。Alonso和Herrera(2000)調查鱗翅目夜蛾科幼蟲在四季的變化，顯示春季具有明顯較高的豐富度，當同時提供幼葉，老葉和發育中的果實供夜蛾幼蟲取食，顯示出夜蛾幼蟲對幼葉和發育的果實有類似趨勢，並沒有因季節變化而改變，認為老葉含有較高丹寧含量而影響幼蟲取食，幼蟲避免取食成熟葉片而偏好於春天生產的幼葉，而本試驗結果顯示，<2 cm之果實可溶性單寧最高，2-5 cm果實次之，而大於5 cm之果實濃度較低，此階段也是東方果實蠅為害率顯著增加之時期，顯示果實內可溶性單寧濃度隨發育及成熟度而逐漸下降，當果實大於5 cm時，可溶性單寧下降至<6 mg.g⁻¹可能無抑制果方果實蠅取食之影響，致使東方果實蠅之為害率較高。因此，可溶性單寧濃度之多寡，可能為影響東方果實蠅為害'珍珠拔'番石榴果實因子之一。

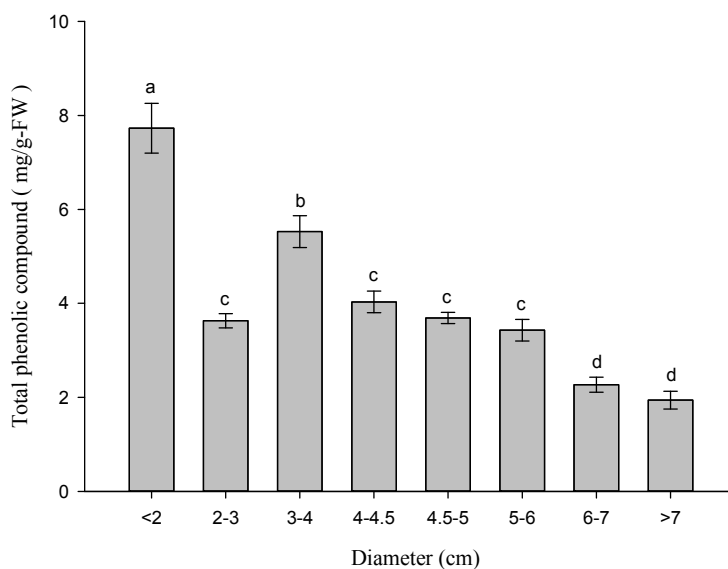


圖4. 不同發育期'珍珠拔'番石榴果實之總酚化合物變化。

Fig. 4. Changes in total phenolic compound of 'Jen-Ju Bar' fruit at different development of stages. Vertical bars represent means \pm SE. Means with the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

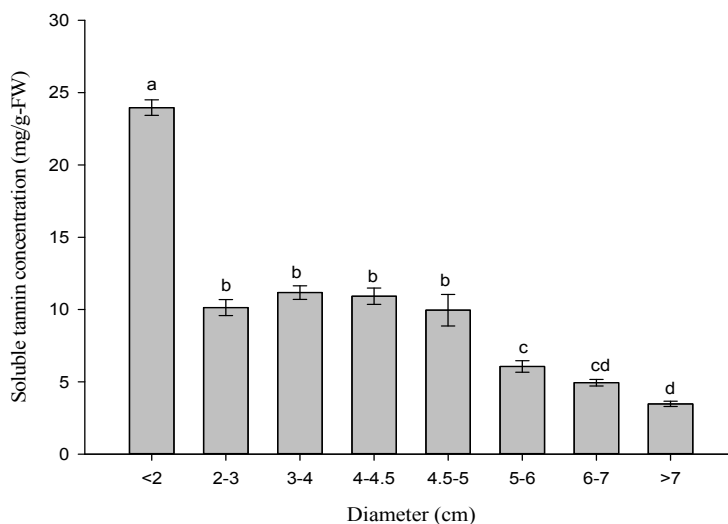


圖5. 不同發育期'珍珠拔'番石榴果實之可溶性單寧變化。

Fig. 5. Changes in soluble tannin of 'Jen-Ju Bar' fruit at different development of stages. Vertical bars represent means \pm SE. Means with the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

結 論

果實隨著發育程度增加，其細胞壁降解，水分、水溶性果膠和醣類含量增加，有利幼蟲生長。調查結果顯示，'珍珠拔'番石榴果實澱粉和總酚類化合物含量，在東方果實蠅產卵偏好上無顯著差異，而易遭受危害之果實，果實色澤較為淡白和偏黃之趨勢、果實硬度和可溶性單寧含量呈顯著下降，而全可溶性糖和葡萄糖、果糖和蔗糖類含量則顯著增加，與東方果實蠅為害率呈正相關。

參 考 文 獻

- 王歆婷。2008。套袋對'珍珠拔'番石榴果實發育期間生理特性和果膠酵素活性之影響。國立中興大學園藝學研究所碩士論文。87pp。
- 李文蓉。1978。東方果實蠅的生態與防治。中研院動物研究所專刊第三號昆蟲生態與防治研討會專輯。pp. 19-26。
- 阮雅蘭。2004。柿果貯藏和脫澀技術之改進和脫澀機制之研究。國立中興大學園藝學研究所碩士論文。127pp。
- 邱輝宗。1990。東方果實蠅產卵誘引物質之生物檢定。中華昆蟲 10: 343-352。
- 邱輝宗、朱耀沂。1987。東方果實蠅之產卵行為(I)產卵潛能。中華昆蟲 7: 119-126。
- 陳昇寬。2013。黃色黏著資材對東方果實蠅(*Bactrocera dorsalis*)和瓜實蠅(*Bactrocera cucurbitae*)之誘引效果。臺南區農業改良場研究彙報 62: 41-49。
- 陳易徵、楊雯如。2015。'珍珠拔'番石榴發育期間果實抗氧化能力變化。臺灣園藝 61(1): 33-44。
- 黃振聲、顏耀平、張明謙、劉佳瑩。2002。番石榴果實揮發性成分之萃取分析鑑定和其對東方果實蠅之誘引性。植物保護學會會刊 44: 279-302。
- 黃莉欣、林美雀、陳秋男。2003。以果實蠅(*Bactrocera dorsalis*) (雙翅目:果實蠅科)產卵孔數估算番石榴果實受害率。臺灣昆蟲 23: 35-48。
- 黃琇亭、林慧玲。2009。紅龍果果實生長期間果實和肉質莖組成分之變化。臺灣園藝 55: 31-42。
- 溫宏治、吳文哲。2011。番石榴主要害蟲之生態與防治。番石榴栽培技術與經營管理研討會論文集-特刊 108: 165-187。
- 董耀仁、宋家瑋、莊益源、蔣國司、吳文哲、鄭玲蘭、陳健忠。2011。木瓜成熟度影響瓜果實蠅(Diptera: Tephritidae)之感染。臺灣農業研究 60: 253-262。
- 鄭玉忠、張震霞、成小蓮、劉博聰、陳錦武、黃培鈿。2009。橘小實蠅對不同硬度番石榴果實的產卵選擇。昆蟲知識 46(2): 301-303。
- 劉玉章。1981。臺灣東方果實蠅之研究。興大昆蟲學報 16: 9-26。

- 劉玉章、黃莉欣。1990。東方果實蠅之產卵偏好。中華昆蟲 10: 159-168。
- 謝鴻業。2011。臺灣番石榴品種改良與產業發展。番石榴栽培技術與經營管理研討會論文集-特刊 108:9-19。
- Alonso, C. and C. M. Herrera. 2000. Seasonal variation in leaf characteristics and food selection by larval noctuids on an evergreen Mediterranean shrub. *Acta Oecol.* 21(4-5): 257-265.
- Bateman, M. A. 1972. The ecology of fruit flies. *Annu. Rev. Entomol.* 17(1): 493-518.
- Bulk, R. E. E., E. F. E. Babiker, and A. H. E. Tinay. 1997. Changes in chemical composition of guava fruits during development and ripening. *Food Chem.* 59(3): 395-399.
- Chelliah, S. 1970. Host influence on the development of the melon fly, *Dacus cucurbitae* Coquillett. *Indian J. Entomol.* 32(4): 381-383.
- Cunningham, J. P., M. A. Carlsson, T. F. Villa, T. Dekker, and A. R. Clarke. 2016. Do fruit ripening volatiles enable resource specialism in polyphagous fruit flies. *J. Chem. Ecol.* 42(9): 931-940.
- Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers, and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28(3): 350-356.
- El-Buluk, R. E., E. E. Babiker, and A. H. El Tinay. 1995. Biochemical and physical changes in fruits of four guava cultivars during growth and development. *Food Chem.* 54(3): 279-282.
- Forkner, R., R. J. Marquis, and J. T. Lill. 2004. Feeny revisited: condensed tannins as anti-herbivore defences in leaf-chewing herbivore communities of *Quercus*. *Ecol. Entomol.* 29(2): 174-187.
- Jain, N., K. Dhawan, S. Malhotra, and R. Singh. 2003. Biochemistry of fruit ripening of guava (*Psidium guajava* L.): compositional and enzymatic changes. *Plant Foods Hum. Nutr.* 58(4): 309-315.
- Jain, N., K. Dhawan, S. Malhotra, S. Siddiqui, and R. Singh. 2001. Compositional and enzymatic changes in guava (*Psidium guajava* L.) fruits during ripening. *Acta Physiol. Plant.* 23(3): 357-362.
- Joseph, B. and M. Priya. 2011. Review on nutritional, medicinal and pharmacological properties of Guava (*Psidium guajava* Linn). *Int. J. Pharma Bio. Sci.* 2(1): 53-69.
- Keith, R. W., D. L. Tourneau, and D. Mahlum. 1958. Quantitative paper-chromatographic determination of phenols. *J. Chromatogr. A* 1: 534-536.
- Mercado-Silva, E., P. Benito-Bautista, and M. García-Velasco. 1998. Fruit development harvest index and ripening changes of guavas produced in Central Mexico. *Postharvest Biol. Technol.* 13(2): 143-150.
- Oi, D. H. and R. F. L. Mau. 1989. Relationship of fruit ripeness to infestation in 'Sharwil' avocados by the mediterranean fruit fly and the oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae). *J. Econ.*

- Entomol. 82(2): 556-560.
- Prokopy, R. J. and B. D. Roitberg. 1984. Foraging Behavior of True Fruit Flies. *Am. Sci.* 72(1): 41-49.
- Salazar, D. M., P. Melgarejo, R. Martínez, J. J. Martínez, F. Hernández, and M. Burguera. 2006. Phenological stages of the guava tree (*Psidium guajava* L.) *Sci. Hortic.* 108: 157-161.
- Stephens, A. E. A., D. J. Kriticos, and A. Leriche. 2007. The current and future potential geographical distribution of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae). *Bull. Entomol. Res.* 97(4): 369-378.
- Taira, S. 1995. Astringency in persimmon. In: *Fruit Analysis*, Linskens, H. F. and J. F. Jackson, (eds.), Springer, Hannover, Germany, pp. 97-110.
- Wu, W. Y., Y. P. Chen, and E. C. Yang. 2007. Chromatic cues to trap the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*. *J. Insect Physiol.* 53(5): 509-516.

The Relationship between Composition Change of 'Jen-Ju Bar' Guava during Fruit Development and the Degree of Infestation of Oriental Fruit Fly

Kao-Wei Lin ¹⁾ Huey-Ling Lin ²⁾ Ching-Chang Shiesh ³⁾

Key words: Guava (*Psidium guajava* L. 'Jen-Ju Bar'), Oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis* hendel), Fruit development, Fruit composition

Summary

During guava cultivation, fruit flies cause considerable damage to the fruit, the fly oviposition preference is affected by the color, hardness, odor and composition of the fruit. This study investigated the degree of infestation of oriental fruit fly and changes of hardness, color, carbohydrates, phenolic compounds, and soluble tannins in 'Jen-Ju Bar' guava fruits at different developmental stages, and explored the relationship between physicochemical properties of fruit and oviposition of oriental fruit fly. Our results showed that extremely rare invasion was observed when fruit diameter is less than 4 cm, and the ratio of infestation by fruit flies is increased significantly when the fruit size is more than 5 cm in diameter. There was no significant difference in starch content and total phenolic compounds between infested and non-infested fruits. However, the fruit color was more light yellow, fruit firmness and soluble tannin content were significantly reduced and the content of soluble sugar, glucose, fructose and sucrose were significantly increased in fruit fly infested fruits.

1) Student in Ph.D. Program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

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

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

Corresponding author.

