

建構完善番荔枝花朵產業-番荔枝花粉低溫貯藏技術

陳筱鈞¹

¹行政院農業委員會臺東區農業改良場斑鳩分場 助理研究員

摘 要

人工授粉在番荔枝產業上為成熟且普及之技術，因應產業之需求，花朵買賣交易日趨頻繁，已成為番荔枝產業鏈的重要一環。番荔枝花粉目前仍缺乏良好的保存技術，以因應不良氣候產生之無法即時授粉與花朵短缺問題，因此本研究擬開發簡易花粉貯藏技術，以維持花粉活力7天為目標，提供農友實際應用。試驗以不同冷藏溫度(4°C、10°C)為主，搭配不同比例之乾燥劑(花粉重量4倍、10倍)、不同貯藏容器(真空罐、密封盒)及不同形態花粉(含母體、不含母體)來探討花粉貯藏效果。結果顯示番荔枝花粉對低濕度敏感，因此難以乾燥方式保存；溫度與含母體貯藏對花粉活力有顯著影響，以10°C含母體及密封盒貯藏效果最好，花粉貯藏7天後仍可有26.6%至29.9%之體外萌芽率。真空罐與密封盒間雖無顯著差異，但真空罐可能導致花粉水分含量偏低，因此建議以密封方式貯藏為佳。

一、前言

番荔枝屬(*Annona* spp.)果樹在臺東地區具經濟與規模化栽培，種類主要有番荔枝(*Annona squamosa* L.)及鳳梨釋迦(*A. squamosa* x *A. cherimola* hybrids)兩種，產業快速發展除歸功於產期調節技術之研發外，另一項關鍵技術即為人工授粉。

番荔枝屬果樹之花朵為兩性花，具有雌花先熟(protogyny)之特性，自花授粉率極低，主要以昆蟲(出尾蟲科之甲蟲)為媒介，進行異花授粉，但在臺灣集約化的栽培管理過程中，因化學藥劑施用，導致田區內授粉昆蟲的數量稀少，自然情況下著果率幾乎為0%^(6,13)，因此需進行人工異花授粉，以人工採集雄蕊成熟之花粉，授於其他雌花期的花朵上。透過人

工授粉技術之輔助，不論是番荔枝或鳳梨釋迦，其著果率皆可接近90%⁽⁶⁾。

番荔枝人工授粉的第一步驟為花粉採集，第二才是授粉，由於第一步驟的流程涉及花朵採摘，因此田區內須先保留足量花朵供作被授粉對象，其餘花朵才可採摘供作花粉來源，當田區內之花朵數量不足時，為確保產量，農友會對外購買花朵來採集花粉。隨著番荔枝產業發展，花朵交易行為日趨頻繁，交易量也逐漸增加，花朵數量較多的果園，在授粉量足夠之餘，便採摘多餘的花朵，販售給其他有需求的人作為花粉源，賺取額外收入。

臺東地區目前主要交易的花粉種類為番荔枝臺東2號(大目種)花粉，因番荔枝花粉的活力較鳳梨釋迦高^(19,22)，除可授粉於自身外，也可應用於鳳梨釋迦上。加上前人研究證實，以番荔枝花粉進行鳳梨釋迦人工授粉作業，其著果率可較以鳳梨釋迦作為花粉源來得高⁽¹⁸⁾，且不影響果實外觀、大小與糖度⁽¹⁾，因此種植鳳梨釋迦的農友常購買番荔枝花粉使用。截至2015年止，臺東地區的番荔枝與鳳梨釋迦產量合計達55,426公噸⁽⁷⁾，換算成果實數量可接近1億顆，一般單朵花之花粉量可生產2-3顆果實^(2,15)，因此粗估一年所需的花量達數千萬朵，花朵產業相當具有潛力，甚至有農民的田區不生產果實，專門作為花朵生產使用。

現行的番荔枝花朵採摘時間多為授粉前一天，採摘雌花期花朵(雌蕊已熟、雄蕊未熟)，待隔天花朵進入雄花期後，再蒐集花藥授粉^(2,8)，優點是方便採集足量花粉，缺點是由於花朵須於前一天採摘，若授粉當天遭遇不良氣候(如雨量過大)，便無法使用。番荔枝屬果樹之花粉壽命短，冷子番荔枝(*Annona cherimola* Mill.)剛成熟花粉之體外萌芽率(in-vitro pollen germination rate)為60%，但兩小時過後僅剩17%⁽²³⁾；而臺東現有的番荔枝品種，花粉活力亦難以維持超過一天，若無法即時使用，便須重新採摘與購買新的花朵，造成成本上的浪費與負擔。不良氣候過後所帶來的另一問題為花粉短缺，因過強的風力或雨量(如颱風)皆可能導致落花，使得農民不易尋找花粉來源。因此發展良好的番荔枝花粉貯藏技術確有其必要性，除可延長花粉壽命，增加人工授粉操作流程之彈性，解決無法即時

授粉的問題外，也可提前於不良氣候來臨前，進行花粉貯藏，避免發生無花粉可用的窘境。

番荔枝花粉不易長時間保存⁽³⁾，“Lessard Thai”番荔枝花粉於5℃下，僅能保存24小時，而“Red”番荔枝花粉活力則完全無法以冷藏方法保存超過1天⁽²¹⁾；冷子番荔枝花粉以4℃儲藏5天後，體外萌芽率僅剩4.8%，但若以超低溫冷藏技術(-20℃以下)保存，則可貯藏90天仍保有10.4%至13.6%的體外萌芽率⁽¹⁶⁾。目前有關番荔枝屬的花粉貯藏研究甚少，現階段以超低溫冷藏較能維持花粉活力，然而超低溫冷藏之設備門檻較高，因此本場擬以冷藏為主，搭配乾燥劑⁽⁹⁾、真空罐⁽²⁵⁾及花粉不脫離母體⁽¹⁷⁾之複合式方法，並以維持花粉活力7天為目標，開發農民可簡易使用的番荔枝花粉貯藏技術，以因應不良氣候所帶來的無法即時授粉與花朵短缺問題。

二、材料與方法

(一)試驗材料

參試花粉之品種為番荔枝臺東2號，春季花於3-4月進行修剪，取6月份的花朵進行試驗；夏季花則於7-8月份修剪，取8-9月份的花朵進行試驗。

(二)試驗處理與試驗設計

1.乾燥劑處理

花朵採集方法為下午16時後，採集雌花期花朵，於室溫下放置16小時，待花朵進入雄花期，且花藥由柱頭周圍自然散落後，蒐集粗花粉(含花藥囊)置入密封盒內，加入矽膠乾燥劑，共同貯藏於4℃冰箱內。矽膠乾燥劑施用量為粗花粉重量之4倍及10倍，共2種處理，並以不加乾燥劑作為對照組。密封盒內之相對濕度，以溫濕度連續紀錄器(U23-001, HOBO)每15分鐘紀錄1次。各處理於貯藏第0天(花朵採摘後16小時，即花藥剛散落或成熟時)、第1天(花朵採後40小時)、第3天(花朵採後88小時)及第7天(花朵採後184小時)出庫，測量粗花粉水分含量及花粉體外萌芽率。試驗

採完全隨機設計，3重複，每重複皆自不同田區採集花朵，每次每處理至少50朵花。

2. 真空罐及花粉帶母體處理

此部分試驗含2種冷藏溫度(4°C與10°C)、2種貯藏容器(密封盒與真空罐)及2種花粉貯藏形態(不含母體與含母體)，共計8種處理。真空罐為市售之電動真空密封罐(Morepet)，具自動偵測功能，當真空度下降時，可自行重新啟動抽氣馬達。花粉貯藏形態之處理流程，為下午16時採集雌花期花朵，一部分採後馬上剝除花瓣(圖1)，含母體(花藥保留於柱頭周圍，且未與花托及花柄分離)置於不同低溫及不同容器內貯藏；另一部分花朵則於室溫下放置16小時，待隔日花藥由柱頭周圍自然散落後，取粗花粉(不含母體)直接置於不同低溫及不同容器內貯藏。各處理於貯藏第0天(花朵採摘後16小時，即花藥剛散落或成熟時)、第1天(花朵採後40小時)、第3天(花朵採後88小時)、第5天(花朵採後136小時)及第7天(花朵採後184小時)出庫，調查粗花粉外觀褐變程度⁽⁵⁾，並測量粗花粉水分含量、花粉體外萌芽率及花粉管長度。試驗採複因子設計，3重複，每重複皆自不同田區採集花朵，每次每處理至少80朵花。



圖1. 雌花期花朵剝除花瓣後，含母體貯藏花粉之外觀。
(A)剝除花瓣前(B)剝除花瓣後。

(三)調查方法

1.花粉水分含量

以水分含量快速測定儀(DSH-50-1, Newlab)進行試驗，稱取至少0.5g之粗花粉，溫度設定為105°C，烘乾粗花粉至恆重，儀器可自動計算粗花粉水分含量。

2.花粉體外萌芽率

以0.5% Agarose、10% Sucrose、100ppm H_3BO_3 、200ppm $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 、300ppm $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ 及100ppm KNO_3 之比例配置B&K培養基⁽⁴⁾，分裝後以4°C保存。每次試驗前培養基以微波爐加熱，使培養基由固態轉為液態，待培養基降溫至40°C以下後，加入番荔枝臺東2號柱頭抽出液(培養基總量mL：柱頭抽出液量mL=10:1)，混合均勻，倒入培養皿內冷卻凝固。柱頭抽出液制備方法為剪取番荔枝臺東2號之雌花期花朵柱頭，加入去離子水(柱頭數：加水量mL=5:1)，以真空抽氣缸抽氣至無氣泡為止⁽⁴⁾。花粉以4號尼龍筆沾取，輕點於培養基上，放入恆溫恆溼機(LA-85-RH, LIAN SHEN)內培養3小時。恆溫恆溼機之溫度設定為30°C，相對濕度設定為70%⁽⁴⁾。花粉萌芽標準為花粉管長度超過花粉直徑(約20 μm)，即視為有效萌芽，每次至少檢測500顆花粉。

3.花粉管長度測量

以高速攝影機(TrueChrome II, TUCSEN)擷取花粉管萌發影像後，利用TCapture 4.2軟體進行測量，每次每處理至少測量10條花粉管。

三、試驗結果

(一)乾燥劑處理

1.密封盒內相對濕度與粗花粉水分含量

春夏季花密封盒內之相對濕度變化情形幾乎相似，密封盒內之起始相對濕度為70%，與大氣接近，經貯藏1天後，4倍及10倍

乾燥劑處理組可降低至30%以下，且可維持低濕度至貯藏第7天；無添加乾燥劑之對照組，相對濕度幾乎維持在90%以上(圖2)。

粗花粉水分含量部分，夏季花起始水分含量為59.1%，春季花則為49.2%。搭配乾燥劑貯藏1天後，夏季花4倍乾燥劑處理組下降至47.8%，10倍處理組則下降至41.1%，春季花兩種乾燥處理皆降低至40%以下。貯藏3天後，春夏季花兩乾燥劑處理組皆降低至30%以下，7天後則降低至20%以下(圖3)。無乾燥劑處理之對照組，不論是夏季花或春季花，粗花粉水分含量於貯藏期間內並無明顯變化(圖3)。

結果顯示，添加乾燥劑確實可使密封盒內的相對溼度於24小時內大幅下降，並降低粗花粉水分含量，但4倍與10倍乾燥劑處理之效果並沒有明顯差異。

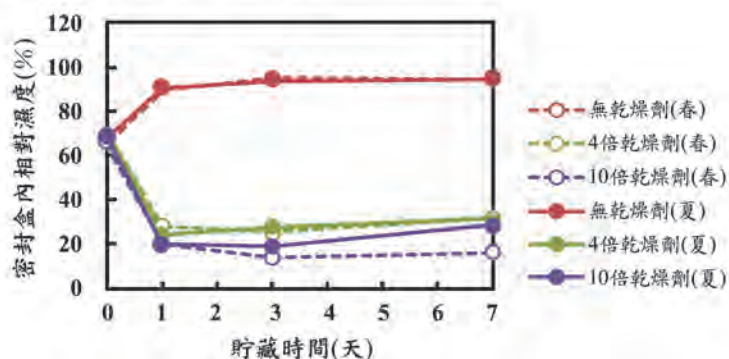


圖2. 花粉貯藏盒內相對濕度在添加與無添加乾燥劑環境下之變化情形。

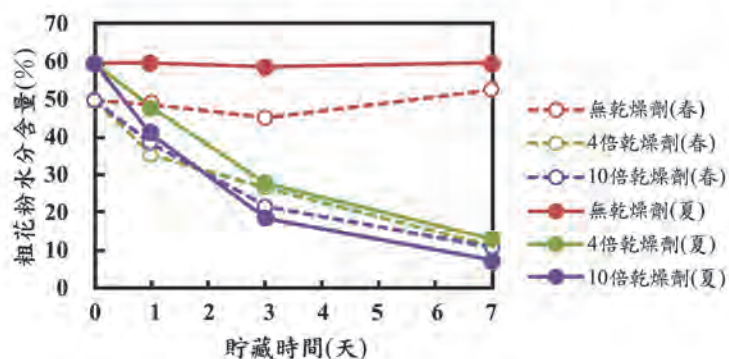


圖3. 粗花粉水分含量在添加與無添加乾燥劑環境下之變化情形。

2.花粉體外萌芽率

調查不同季節的花粉體外萌芽率發現，夏季花之花粉起始萌芽率為69.3%，較春季花高出32.6%，顯示花粉萌芽率可能因季節而有所差異(表1)。經貯藏1天後，春夏季花皆有下降之情形，但處理間並無顯著差異。貯藏3天後，春夏季花的下降幅度加大，特別是夏季花可觀察到兩種乾燥劑處理的花粉活力顯著低於無添加乾燥劑之對照組，而在貯藏7天後，春季與夏季花乾燥劑處理的花粉皆無活力；顯示番荔枝花粉含水率與活力密切相關，添加乾燥劑反而使得番荔枝花粉活力喪失速度加快。夏季花之無添加乾燥劑組，可能因花粉水分含量較高，故7天後仍可維持20.5%之萌芽率。

表1.花粉體外萌芽率在添加與無添加乾燥劑環境下之變化情形

花期	處理	貯藏時間(天)			
		0	1	3	7
春季花	無乾燥劑	36.6a ^z	23.0 a	15.4 a	12.6 a
	4 倍乾燥劑	36.6 a	18.1 a	10.2 a	0 b
	10 倍乾燥劑	36.6a	21.3 a	8.2 a	0 b
夏季花	無乾燥劑	69.3 a ^y	56.4 a	45.6 a	20.5 a
	4 倍乾燥劑	69.3 a	51.5 a	18.4 b	0 b
	10 倍乾燥劑	69.3 a	49.1 a	13.2 b	0 b

^z春季花之同一欄內英文字母相同者，表未達5%顯著水準(LSD test)

^y夏季花之同一欄內英文字母相同者，表未達5%顯著水準(LSD test)

(二)不同貯藏型態花粉搭配低溫及真空罐冷藏

1.粗花粉水分含量

貯藏0天時，春季花粗花粉之水分含量為52.8%(圖4)，夏季花粗花粉水分含量為56.9%(圖5)。自貯藏1天開始，春季花可觀察到不含母體貯藏花粉之水分含量較含母體貯藏處理低，夏季花也可觀察到類似情形，但較不顯著。除受花粉貯藏形態影響，不同的貯藏容器也會影響粗花粉水分含量，春季花不含母體之粗花粉，

放置於真空罐內貯藏的水分含量較放置於密封盒內貯藏低，夏季花亦有類似之情形，推測可能與真空罐的自動抽氣功能有關。由試驗資料可看出，不同低溫處理對花粉水分含量影響不大。

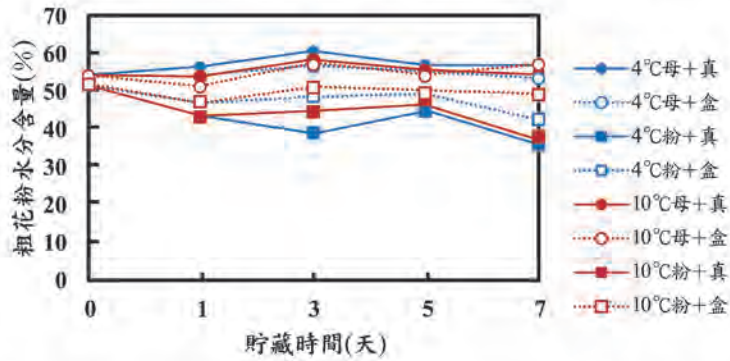


圖4. 春季花粗花粉水分含量在不同花粉形態、不同溫度及不同容器貯藏下之變化。標記母指帶母體貯藏，粉指不帶母體直接以粗花粉貯藏，真為真空罐，盒為密封盒。

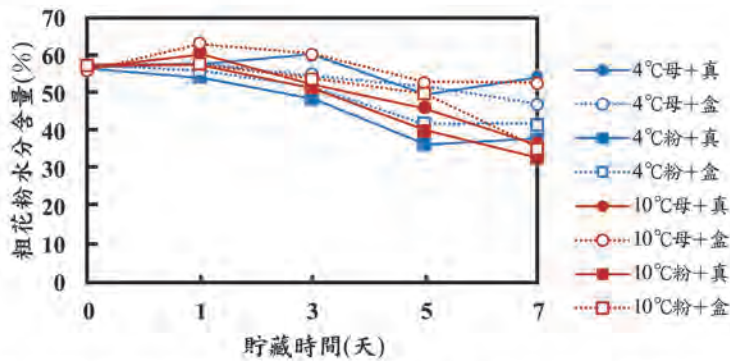


圖5. 夏季花粗花粉水分含量在不同花粉形態、不同溫度及不同容器貯藏下之變化。標記母指帶母體貯藏，粉指不帶母體直接以粗花粉貯藏，真為真空罐，盒為密封盒。

2. 花粉外觀

帶母體貯藏花朵的整體外觀，於4°C及10°C不同低溫貯藏條件下具有不同變化。貯藏0天時，4°C與10°C對外觀之影響不大，兩種溫度的花藥與柱頭皆保持白色，花梗保持綠色。貯藏1天時，10°C處理之花藥略有變黃，4°C處理則無明顯變化。至貯藏3天開始，10°C之花藥明顯轉黃，但花梗仍保持綠色，而4°C花朵

外觀則相反，花藥仍保持白色，但花梗與柱頭顏色轉黑(圖6)。將花藥自柱頭周圍取下，比較4°C與10°C粗花粉顏色後可發現，貯藏3天時，粗花粉於兩種溫度下之外觀顏色差異不如整朵花明顯(圖7)，顯示4°C貯藏下，整朵花的花藥外觀顏色雖白，但內部可能有褐化情形，而10°C貯藏下，整朵花的花藥外觀雖然呈現褐色，但內部褐化程度可能不如表面嚴重，因此以花藥褐變程度來判斷花粉活力可能並非準確。至貯藏5天開始，相較於4°C，10°C貯藏處理之粗花粉褐化顏色才略深。不同容器貯藏對花藥、花梗之外觀顏色變化並無明顯影響。

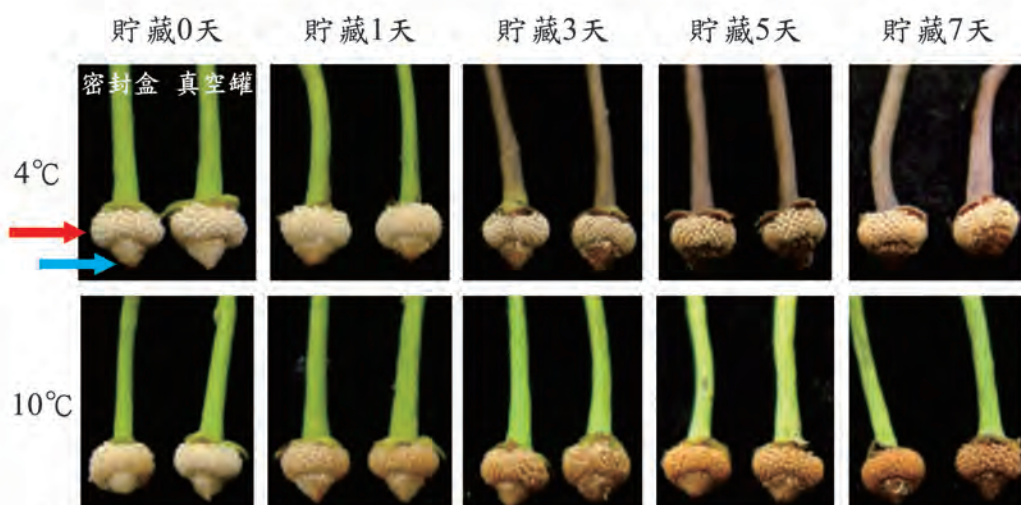


圖6. 帶母體貯藏花朵之外觀變化。各圖片之左邊為密封盒貯藏，右為真空罐貯藏。紅色箭頭之部位為花藥，藍色箭頭之部位為柱頭。

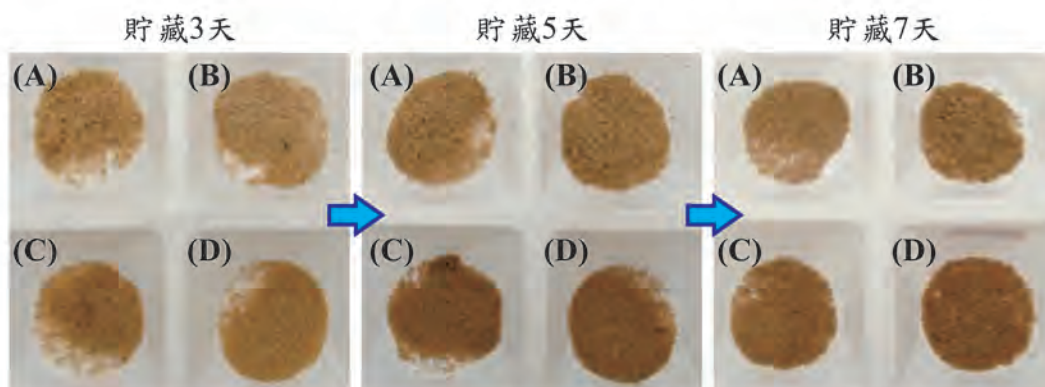


圖7. 帶母體貯藏處理之粗花粉外觀變化。(A)4°C搭配真空罐(B)4°C搭配密封盒(C)10°C搭配真空罐(D)10°C搭配密封盒。

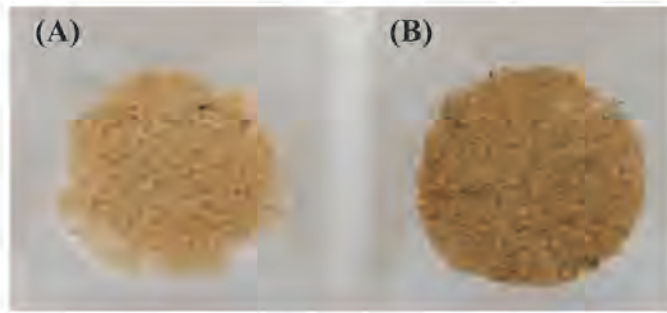


圖8. 貯藏0天時，含母體與不含母體貯藏之粗花粉外觀比較。

(A)花朵採後剝除花瓣，含母體以4°C冷藏。

(B)花朵採後置於室溫存放，隔日所取得之粗花粉。

3. 花粉體外萌芽率

花粉體外萌芽率於貯藏前期主要受是否含母體所影響，後期除受含母體影響外，亦受溫度影響(表2)。貯藏0天時，可觀察到不含母體貯藏之花粉具明顯褐變情形(圖8)，兩者的起始花粉萌芽率差異近1倍；含母體貯藏之起始花粉萌芽率春夏季花都可接近60%，而於室溫下自然散落(不含母體)的花粉萌芽率，春季花為

表2. 以複因子設計分析各變因對花粉體外萌芽率之影響

季節	變因	貯藏時間(天)				
		0	1	3	5	7
春季花	貯藏溫度	NS ^z	NS	NS	NS	*
	含母體貯藏	***	***	***	***	***
	溫度 x 含母體	***	***	***	***	***
	貯藏容器	NS	NS	NS	NS	NS
	溫度 x 貯藏容器	NS	NS	NS	NS	*
	含母體 x 貯藏容器	***	***	***	***	***
	溫度 x 含母體 x 貯藏容器	NS	NS	NS	NS	NS
夏季花	貯藏溫度	NS	NS	NS	*	**
	含母體貯藏	***	**	***	***	**
	溫度 x 含母體	***	***	***	***	***
	貯藏容器	NS	NS	NS	NS	NS
	溫度 x 貯藏容器	*	*	NS	*	**
	含母體 x 貯藏容器	***	***	***	***	**
	溫度 x 含母體 x 貯藏容器	NS	NS	NS	NS	NS

^z “****”、“***”、“**”指F值分別達0.1%、1%、5%顯著水準。NS指F值未達5%顯著水準。

23.9%，夏季花為33.1%(表3)。經貯藏1天後，春季花含母體貯藏之花粉萌芽率與貯藏0天相近，不含母體貯藏之花粉則降至16.4%以下；夏季花含母體貯藏之萌芽率下降幅度較大，但仍維持於37.5%至53.7%間，不含母體則維持在26.3%到39.4%間。貯藏3天時，春季花含母體貯藏維持41.0%至54.8%之萌芽率，不含母體下降至8.7%以下；夏季花含母體貯藏之萌芽率維持於36.2%至41.1%之間，不含母體處理下降至15.2%以下。自貯藏5天時開始，春季花不論溫度，含母體處理皆可維持28.8%以上之萌芽率，但夏季花開始顯著受溫度影響，10°C含母體之萌芽率維持在28.9%以上，但4°C含母體已降至12.0%以下；不含母體貯藏之花粉萌芽率，春夏季花皆幾乎歸零。貯藏第7天時，春季花亦開始顯著受溫度影響，10°C含母體之萌芽率維持在23.8%以上，但

表3.不同溫度、花粉型態及貯藏容器處理之花粉萌芽率變化

季節	溫度	母體	貯藏容器	貯藏時間(天)				
				0	1	3	5	7
春季花	4°C	含	真空罐	56.8 a ^z	58.0 b	41.0 b	30.2 a	10.7 b
		含	密封盒	57.4 a	54.7 b	43.8 b	28.8 a	8.9 b
		不含	真空罐	23.9 b	16.4 c	4.9 c	0.0 b	0.0 c
		不含	密封盒	23.9 b	9.7 cd	8.7 c	0.0 b	0.0 c
	10°C	含	真空罐	57.7 a	57.8 b	47.6 ab	31.9 a	23.8 a
		含	密封盒	58.5 a	66.9 a	54.8 a	36.3 a	29.9 a
		不含	真空罐	23.9 b	7.9 d	2.0 c	0.0 b	0.0 c
		不含	密封盒	23.9 b	14.5 c	4.8 c	0.0 b	0.0 c
夏季花	4°C	含	真空罐	61.9 a ^y	53.7 a	36.2 a	9.2 b	0.8 c
		含	密封盒	60.3 a	49.8 a	38.8 a	12.0 b	0.0 c
		不含	真空罐	33.1 b	39.4 b	15.2 b	2.8 bc	0.0 c
		不含	密封盒	33.1 c	27.1 c	12.4 b	5.3 bc	2.2 c
	10°C	含	真空罐	60.1 a	37.5 b	37.5 a	28.9 a	9.6 b
		含	密封盒	62.3 a	49.9 a	41.1 a	39.6 a	26.6 a
		不含	真空罐	33.1 c	26.3 c	5.79 b	0.0 c	0.0 c
		不含	密封盒	33.1 b	27.2 c	8.06 b	0.0 c	0.0 c

^z春季花之同一欄內英文字母相同者，表未達5%顯著水準(LSD test)

^y夏季花之同一欄內英文字母相同者，表未達5%顯著水準(LSD test)

4°C含母體已低於10.7%。各處理組合間以10°C含母體及密封盒處理之花粉萌芽率為最佳，且春夏季結果一致，貯藏7天時夏季花仍維持26.6%之萌芽率，春季花則維持29.9%之萌芽率。由表2發現，不同貯藏容器對花粉體外萌芽率並無顯著影響，顯示真空貯藏之效果可能不大。

4.花粉管長度

花粉管長度於貯藏前期也顯著受含母體與否影響，後期僅夏季花受溫度影響(表4)。貯藏0天時，春夏季花含母體貯藏之花粉管長度，皆較不含母體貯藏高出近1倍，前者介於236.3 μm 至255.4 μm 間，後者介於142.4 μm 至145.5 μm 間(表5)。貯藏1天時，春季花花粉管無顯著變化，而夏季花下降幅度較大，含母體貯藏之花粉管下降到88.3 μm 至101.8 μm 間，不含母體貯藏則下降到35.2 μm 至53.0 μm 間。貯藏3天時，春季花下降幅度也開始增大，含母體處理下降到205.5 μm 至239.1 μm 間，不含母體處理降到

表4.以複因子設計分析各變因對花粉管長度之影響

季節	變因	貯藏時間(天)				
		0	1	3	5	7
春季花	貯藏溫度	NS ^z	NS	NS	NS	NS
	含母體貯藏	***	***	***	***	***
	溫度 x 含母體	***	***	***	***	***
	貯藏容器	NS	NS	NS	NS	NS
	溫度 x 貯藏容器	NS	NS	NS	NS	NS
	含母體 x 貯藏容器	***	***	***	***	***
	溫度 x 含母體 x 貯藏容器	NS	NS	NS	NS	NS
夏季花	貯藏溫度	NS	NS	NS	**	***
	含母體貯藏	***	**	***	***	***
	溫度 x 含母體	***	***	***	***	***
	貯藏容器	NS	NS	NS	NS	NS
	溫度 x 貯藏容器	NS	NS	NS	**	***
	含母體 x 貯藏容器	***	**	***	***	***
	溫度 x 含母體 x 貯藏容器	NS	NS	NS	NS	NS

^z “****”、“***”、“**”指F值分別達0.1%、1%、5%顯著水準。NS指F值未達5%顯著水準。

44.1 μm 至82.3 μm 間。貯藏5天時，夏季花開始顯著受溫度影響，10 $^{\circ}\text{C}$ 含母體貯藏之花粉管長度仍可維持84.6 μm 以上，4 $^{\circ}\text{C}$ 含母體僅23.5 μm 至26.2 μm 間；春季花兩種溫度間之差異不大，但相較於貯藏3天時，花粉管長度僅剩104.5 μm 至142.0 μm 。不含母體貯藏之花粉，春夏季花大多已喪失活力，無法測量。貯藏7天時，各處理花粉管長度持續下降，但不論春夏季花，皆以10 $^{\circ}\text{C}$ 帶母體放入密封盒貯藏為最佳。貯藏容器部分，真空罐與密封盒對花粉管長度並無顯著影響。

表5.不同溫度、花粉型態及貯藏容器處理之花粉管長度變化。

季節	溫度	母體	貯藏容器	貯藏時間(天)				
				0	1	3	5	7
春季花	4 $^{\circ}\text{C}$	含	真空罐	241.9 a ^z	252.4 a	205.5 a	133.7 a	98.0 a
		含	密封盒	247.1 a	227.8 a	206.8 a	104.5 a	68.8 ab
		不含	真空罐	145.5 b	162.0 b	57.6 b	0.0 b	0.0 c
		不含	密封盒	145.5 b	189.8 ab	82.3 b	0.0 b	0.0 c
	10 $^{\circ}\text{C}$	含	真空罐	255.4 a	247.9 a	239.1 a	139.6 a	62.3 b
		含	密封盒	242.6 a	263.3 a	207.8 a	142.0 a	119.3 a
		不含	真空罐	145.5 b	101.9 c	61.0 b	0.0 b	0.0 c
		不含	密封盒	145.5 b	153.8 b	44.1 b	0.0 b	0.0 c
夏季花	4 $^{\circ}\text{C}$	含	真空罐	244.6 a ^y	101.8 a	84.2 ab	26.2 b	20.3 c
		含	密封盒	249.6 a	92.1 a	83.9 b	23.5 b	0.0 d
		不含	真空罐	142.4 b	53.0 b	39.7 c	20.2 b	0.0 d
		不含	密封盒	142.4 b	37.5 b	29.5 c	20.1 b	20.0 c
	10 $^{\circ}\text{C}$	含	真空罐	248.1 a	88.3 a	92.6 a	84.6 a	48.1b
		含	密封盒	236.3 a	97.1 a	106.1 a	109.4 a	98.3 a
		不含	真空罐	142.4 b	35.2 b	33.0 c	0.0 c	0.0 d
		不含	密封盒	142.4 b	39.9 b	36.3 c	0.0 c	0.0 d

^z春季花之同一欄內英文字母相同者，表未達5%顯著水準(LSD test)

^y夏季花之同一欄內英文字母相同者，表未達5%顯著水準(LSD test)

四、討論

(一)番荔枝花粉對低濕敏感

低溫及低濕為花粉長期貯藏的方法之一，番茄(*Solanum*

lycopersicum L.)可於-20°C下，加入矽膠乾燥劑貯藏1年，仍保持與新鮮花粉一樣之活力⁽²⁴⁾；香蒲屬植物(*Typha latifolia* L.)可在溫度5°C、相對溼度15%之環境下，保存超過250天⁽¹⁰⁾；桃子(*Prunus persico*)花粉可以冷凍乾燥法保存超過8年⁽⁹⁾；柑橘類果樹(*Citrus limon*、*Citrus reticulata*、*Citrus limetoides*等)於-20°C下，花粉活力不易維持超過6個月，但部分品種(*Citrus grandis*、*Citrus natsudaidai*、*Citrus hassaku*等)可搭配乾燥劑，延長花粉活力至3年⁽⁹⁾。然而本試驗結果顯示，番荔枝花粉於低濕環境下保存，活力喪失之速度反而增快，類似結果亦於冷子番荔枝中發現⁽¹⁶⁾。

導致番荔枝活力下降之原因，可能與花粉水分含量降低有關。花粉從發育、授粉到貯藏皆有所需之最適水分含量，以維持花粉的正常功能^(11,12)。大部分花粉在成熟的過程中，常伴隨有脫水現象(partially dehydrated)發生⁽¹²⁾，但水分含量高於30%之花粉，在成熟過程中反而具有水合現象(partially hydrated)⁽²⁰⁾。具水合現象花粉之特色為對脫水敏感，花粉活力於田間環境下僅能維持數天，因此成熟時須立即授粉，以免水分流失，影響活力⁽²⁰⁾。本研究之番荔枝新鮮花粉水分含量介於50%至60%間，應屬對脫水敏感之類型，前人研究即發現將冷子番荔枝雌花期花朵進行脫水處理後，易導致花粉內澱粉分解受阻，使得花粉成熟時之活力極低⁽¹⁷⁾。

Lora等(2006)於超低溫貯藏研究中提出，冷子番荔枝花粉之最適貯藏水分含量為50%，已接近本試驗新鮮番荔枝花粉之水分含量，因此添加乾燥劑反而不利於貯藏。

(二)溫度與含母體貯藏對花粉活力具有顯著影響

貯藏前期，花粉活力主要受是否含母體所影響。含母體貯藏之花粉可維持活力7天，不含母體貯藏之花粉僅能維持活力3天。在冷子番荔枝的相關研究中，亦有學者認為將雌花期花朵之粗花粉與母體分離，於室溫下成熟時，花粉活力較未與母體分離之粗花粉低，其原因可能與花粉自母體脫離後水分喪失速度較快有關

⁽¹⁷⁾。此項論點與本試驗結果相符合。

除水分含量，含母體貯藏之花粉活力亦可能受採後處理流程影響。番荔枝屬果樹花朵由雌花期發育為雄花期之過程對環境相當敏感^(14,17)，冷子番荔枝在發育平均溫度超過30°C⁽¹⁷⁾，或夜間溫度超過27°C時⁽¹⁴⁾，花粉成熟時的體外萌芽率具明顯降低之情形。本研究進行試驗的時間為6月至9月間，氣溫多超過30°C，不含母體貯藏之花粉，採後在室溫下自然成熟散落，可能因此導致花粉體外萌芽率偏低；含母體貯藏之花粉，在採集完雌花期花朵後，馬上剝除花瓣放入冰箱內，花粉處於低溫環境下成熟，故貯藏0天時(花朵採後16小時)，花粉體外萌芽率較不含母體貯藏處理高出20%以上，花粉管亦較長。由於含母體貯藏花粉之起始活力較高，可能因此較能長時間貯藏。

前人研究曾提出以4°C至14°C之溫度培養冷子番荔枝雌花期花朵，花朵進入雄花期時，溫度設定越低之處理，花粉活力越低，10°C下培養之花粉體外萌芽率可較4°C高出25%以上⁽¹⁴⁾。但本試驗結果顯示，番荔枝花朵採後以4°C及10°C冷藏含母體花粉，於貯藏0天時，兩者之活力並無明顯差異，與前人研究的結果不同，因此本研究之溫度效應在貯藏前期並不顯著，而是在貯藏後期(第5或7天)，花粉活力才開始顯著受貯藏溫度影響。

現行的花粉貯藏研究多在4°C至5°C環境下進行試驗^(16,21)，或以低於-20°C以下的溫度進行超低溫貯藏⁽¹⁶⁾。本研究考量含母體貯藏處裡需於雌花期即放入冰箱冷藏，為兼顧花粉發育與花粉貯藏，因此以生長所需之臨界低溫，進行10°C貯藏試驗，研究證實7天後10°C貯藏之花粉體外萌芽率與花粉管長度皆較4°C佳。10°C與4°C貯藏可直接在花朵外觀顏色上觀察到明顯差異。雖然前人研究曾發現，新鮮粗花粉之褐變程度越高，花粉活力越低⁽⁵⁾，但本研究以10°C貯藏之花藥褐變程度較4°C高，花粉體外萌芽率卻也較高，與前人研究的論點不符，推測此判斷標準可能不適用於貯藏後的花粉。雖然花藥外觀對活力之判斷並不準確，但屬於母

體的花柄與花托部分，自貯藏3天開始，10°C處理仍保持綠色，但4°C已轉為黑色，因此本研究推測10°C之貯藏天數較長，應與母體組織的保鮮程度較好有關，溫度後期之效應，可透過良好的母體組織來增強。母體在貯藏的過程中，可能提供維持花粉生命力所需之能量或營養，來延長花粉活力，但此部分目前並無相關前人研究，仍需更多試驗證實。

(三) 真空罐不具明顯效果

真空處理可提供低氧環境，並排除濕氣，前人曾以真空罐，加入乾燥劑，以-18°C貯藏延長咖啡花粉活力⁽²⁵⁾，本研究考量番荔枝花粉對脫水敏感，並無添加乾燥劑。試驗結果顯示真空罐與密封盒保存間並不具有顯著差異，但進行貯藏第7天之處理均質比較時，在10°C含母體貯藏情況下，密封盒處理之花粉體外萌芽率與花粉管長度皆高於真空罐處理。導致真空罐貯藏效果不佳之原因，推測可能與自動抽氣功能不斷排除濕氣有關，但影響未達顯著。

五、結論與建議

本研究以10°C含母體貯藏之方法，可有效延長番荔枝花粉活力至7天，已較前人以冷藏方法保存番荔枝屬花粉多2-4天。因此建議番荔枝花朵採集後，可立即剝除花瓣，含母體裝入密封盒內，放入10°C冰箱冷藏，若隔日授粉遇不良環境，花粉仍可於冰箱內保存，待不良環境過後再取出使用。颱風來臨前，亦可以本研究方法，先行進行花粉保存，避免發生颱風後無花粉可用之窘境。若需販售或購買貯藏後之花粉，農友可利用花柄、花托之顏色判斷貯藏溫度與貯藏天數，避免買到品質不佳之花粉。

參考文獻

1. 江淑雯、盧柏松。2012。不同花粉源對鳳梨釋迦果實品質之影響。臺東區農業改良場研究彙報22: 67-78。
2. 江淑雯、李惠鈴、林永順、林駿奇、張繼中、許育慈、曾得洲、曾祥恩、黃文益、黃政龍、蔡恕仁、盧柏松、謝進來。2014。鳳梨釋迦健康管理手冊。臺東區農業改良場技術專刊57: 16-17。
3. 李金龍。1987。園藝作物花粉活力測定與貯藏研究。科學農業35: 347-356。
4. 陳奕君、江淑雯。2014。柱頭抽出液和培養環境對番荔枝'臺東二號'花粉發芽率之影響。臺東區農業改良場研究彙報24: 83-94。
5. 陳奕君。2015。番荔枝臺東2號花朵採後處理對花粉活力之影響。臺東區農業專訓94: 6-9。
6. 楊正山、黃明得、柯立祥、顏昌瑞。2006。人工授粉對番荔枝與鳳梨著果之影響。臺灣園藝52: 239-254。
7. 農情報告資源網104年番荔枝統計 南投：農業委員會農糧署。
http://agr.afa.gov.tw/afa/afa_frame.jsp。
8. 盧柏松、江淑雯、林永順、曾得洲、黃政龍、張繼中、黃德昌、許育慈、謝進來。2010。番荔枝生產管理手冊。臺東區農業改良場技術專刊41: 14-17。
9. Akihama, T. and M. Omura. 1986. Preservation of fruit tree pollen. In *Trees I*. Springer Berlin Heidelberg. pp. 101-112
10. Buitink, J., C. Walters, F. A. Hoekstra, and J. Crane. 1998. Storage behavior of *Typha latifolia* pollen at low water contents: interpretation on the basis of water activity and glass concepts. *Physiol Plant*. 103: 145-153.
11. Connor, K. F. and L. E. Towill. 1993. Pollen-handling protocol and hydration/dehydration characteristics of pollen for application to long-term storage. *Euphytica*. 68: 77-84.
12. Firon, N., M. Nepi, and E. Pacini. 2012. Water status and associated

- processes mark critical stages in pollen development and functioning. *Ann Bot* 109: 1201-1214.
13. González, M., E. Baeza, J. L. Lao, and J. Cuevas. 2006. Pollen load affects fruit set, size, and shape in cherimoya. *Sci. Hortic.* 110: 51-56.
 14. Hiroshi, M., H. Hirokazu, and O. Tatsushi. 2016. Anatomical observations of pollen starch accumulation and pollen germinability as affected by Pre-anthesis night temperatures in Cherimoya (*Annona cherimola* Mill.). *Tropical Agriculture and Development* 60: 155-161.
 15. Jiang, S. W., Y. C. Chen, and P. S. Lu. 2014. The effect of different pollination tool in artificial pollination efficiency of custard apple (*Annona squamosa* x *A. cherimola* hybrids). *International Horticultural Congress (in Australia)*, p264.
 16. Lora, J., M. P. de Oteyza, P. Fuentetaja, and J. I. Hormaza. 2006. Low temperature storage and in vitro germination of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) pollen. *Sci. Hortic.* 108: 91-94.
 17. Lora, J., M. Herrero, and J. I. Hormaza. 2012. Pollen performance, cell number, and physiological state in the early-divergent angiosperm *Annona cherimola* Mill.(Annonaceae) are related to environmental conditions during the final stages of pollen development. *Sex. Plant. Reprod.* 25: 157-167.
 18. Melo, M. R., C. V. Pommer, and R. Kavati. 2002. Natural and artificial pollination of atemoya in Brazil. *Bragantia.* 61: 231-236.
 19. Mendes, H. T. A., M. R. Costa, S. Nietsche, J. A. A. Oliveira, and M. C. T. Pereira. 2012. Pollen grain germination and fruit set in 'Brazilian seedless' sugar apple (*Annona squamosa* L.). *Crop Breed. Appl. Biothecnol.* 12: 277-280.
 20. Nepi, M., G. G. Franchi, and E. Padni. 2001. Pollen hydration status at dispersal: cytophysiological features and strategies. *Protoplasma.* 216: 171-180.

21. Pereira, M. C., J. H. Crane, W. Montas, S. Nietsche, and W. A. Vendrame. 2014. Effects of storage length and flowering stage of pollen influence its viability, fruit set and fruit quality in 'Red' and 'Lessard Thai' sugar apple (*Annona squamosa*) and 'Gefner' atemoya (*A. cherimola* × *A. squamosa*). *Sci. Hortic.* 178: 55-60.
22. Rodrigues, B. R. A., R. C. D. Santos, S. Nietsche, M. O. Mercadante-Simões, I. R. G. D. Cunha, and M. C. T. Pereira. 2016. Determination of cardinal temperatures for sugar apple (*Annona squamosa* L.). *Ciênc. Agrotec.* 40: 145-154.
23. Rosell, P., V. G. Saúco, and M. Herrero. 2006. Pollen germination as affected by pollen age in cherimoya. *Sci. Hortic.* 109: 97-100.
24. Song, J. and S. Tachibana. 2007. Loss of viability of tomato pollen during long-term dry storage is associated with reduced capacity for translating polyamine biosynthetic enzyme genes after rehydration. *J. Exp. Bot.* 58: 4235-4244.
25. Walyaro, D. J. and H. A. M. Van Der Vossen. 1977. Pollen longevity and artificial cross-pollination in *Coffea arabica* L. *Euphytica* 26: 225-231.