

國立臺灣大學生物資源暨農學院園藝暨景觀學系

碩士論文

Department of Horticulture and Landscape Architecture

College of Bioresources and Agriculture

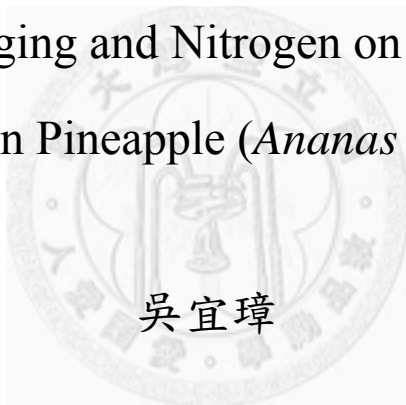
National Taiwan University

Master Thesis

套袋與氮肥對鳳梨果皮轉色及果肉水浸狀之影響

Effects of Bagging and Nitrogen on Peel Color and

Translucency in Pineapple (*Ananas comosus*) Fruit



吳宜璋

Yi-Zhang Wu

指導教授：楊雯如 博士；林宗賢 博士；李金龍 博士

Advisor: Wen-Ju Yang, Ph.D., Tzong-Shyan Lin, Ph.D.

and Ching-Lung Lee, Dr. rer. hort.

中華民國一百零一年七月

July, 2012

目錄

目錄.....	i
圖目錄.....	ii
表目錄.....	iv
誌謝.....	1
摘要.....	3
Abstract.....	5
第一章 前言.....	7
第二章 前人研究.....	9
2.1 鳳梨的生長與發育.....	9
2.2 鳳梨採收成熟度.....	11
2.3 鳳梨果肉水浸狀簡介及其發育和特徵.....	13
2.4 溫度對鳳梨果肉水浸狀之影響.....	14
2.5 水分對果肉水浸狀之影響.....	16
2.6 肥培管理及促進果實肥大藥劑對鳳梨果肉水浸狀之影響.....	16
2.7 果皮色素組成及轉色.....	17
2.8 溫度對果皮轉色之影響.....	18
2.9 光照對果皮轉色之影響.....	19
2.10 肥培管理及植物生長調節劑對果皮轉色之影響.....	19
第三章 材料與方法.....	21
3.1 套袋及覆蓋對鳳梨果皮轉色之影響 (屏東枋寮地區).....	21
3.2 套袋與氮肥對鳳梨果皮轉色及果肉水浸狀之影響 (屏東高樹地區).....	22
第四章 結果.....	27
4.1 套袋及覆蓋對8月底採收之夏果鳳梨果皮轉色之影響 (屏東枋寮地區).....	27
4.2 套袋與氮肥對4月初採收之春果鳳梨果皮轉黃及果肉水浸狀之影響 (屏東高樹地區).....	28
4.3 套袋與氮肥對5月底採收之夏果鳳梨果皮轉黃及果肉水浸狀之影響 (屏東高樹地區).....	31
第五章 討論.....	35
5.1 施氮肥、套袋及覆蓋對鳳梨果皮轉色之影響.....	35
5.2 施氮肥、套袋及覆蓋對鳳梨水浸狀之影響.....	37
第六章 結論.....	39
參考文獻.....	69
附錄.....	76

圖目錄

圖 1. 供試‘台農 17 號’鳳梨果實之各套袋或覆蓋處理。	41
圖 2. 不同轉黃程度之‘臺農 17 號’鳳梨。	42
圖 3. 不同嚴重程度之水浸狀果實。	43
圖 4. 2010 年枋寮地區鳳梨‘台農 17 號’夏果不同套袋或覆蓋處理之果實周圍溫度 (9 月 11 日)。	44
圖 5. 2010 年屏東枋寮地區鳳梨‘台農 17 號’夏果不同套袋或覆蓋處理之向陽面果 溫(果皮下 2 公分深)(8 月 3 日)。	45
圖 6. 2010 年屏東枋寮地區不同套袋或覆蓋處理對鳳梨‘台農 17 號’夏果向陽面果 皮達全黃之累積百分率比較。	46
圖 7. 各處理之鳳梨‘台農 17 號’植株處理前 D-leaf 平均長度比較。2011 年 1 月 9 日於屏東高樹取樣。	47
圖 8. 2011 年屏東高樹地區鳳梨‘台農 17 號’春果套袋或覆蓋期間果實周圍每日最 高溫之變化。	48
圖 9. 2011 年屏東高樹地區鳳梨‘台農 17 號’春果套袋或覆蓋期間果實周圍每日最 低溫之變化。	49
圖 10. 2011 年屏東高樹地區鳳梨‘台農 17 號’春果套袋或覆蓋期間果實周圍每日均 溫之變化。	50
圖 11. 2011 年 3 月屏東高樹地區鳳梨‘台農 17 號’春果不同套袋或覆蓋處理之果實 周圍溫度 (3 月 28 日)。	51
圖 12. 2011 年 4 月屏東高樹地區鳳梨‘台農 17 號’春果不同套袋或覆蓋處理之果實 周圍溫度 (4 月 2 日)。	52
圖 13. 2011 年屏東高樹地區鳳梨‘台農 17 號’春果不同套袋或覆蓋處理之向陽面果 溫(果皮下 2 公分深)(4 月 10 日)。	53
圖 14. 各套袋或覆蓋處理三週後之外觀。	54
圖 15. 各處理向陽面果皮達全轉黃之外觀。	54
圖 16. 2011 年屏東高樹地區不同套袋或覆蓋處理對鳳梨‘臺農 17 號’春果向陽面果 皮達全黃之累積百分率比較。	55
圖 17. 各處理之鳳梨‘台農 17 號’植株處理前 D-leaf 平均長度比較。2011 年 3 月 8 日於高樹鄉南華村取樣。	56
圖 18. 2011 年屏東高樹地區鳳梨‘台農 17 號’夏果套袋或覆蓋期間果實周圍每日最 高溫之變化。	57
圖 19. 2011 年屏東高樹地區鳳梨‘台農 17 號’夏果套袋或覆蓋期間果實周圍每日最 低溫之變化。	58
圖 20. 2011 年屏東高樹地區鳳梨‘台農 17 號’夏果套袋或覆蓋期間果實周圍每日均	

溫之變化。	59
圖 21. 2011 年 5~6 月屏東高樹地區鳳梨‘台農 17 號’夏果不同套袋或覆蓋處理之果實周圍溫度 (6 月 4 日)(高溫)。	60
圖 22. 2011 年 5~6 月屏東高樹地區鳳梨‘台農 17 號’夏果不同套袋或覆蓋處理之果實周圍溫度 (5/20)(陣雨)。	61
圖 23. 2011 年屏東高樹地區鳳梨‘台農 17 號’夏果不同套袋或覆蓋處理之向陽面果溫(果皮下 2 公分深)。	62
圖 24. 2011 年屏東高樹地區不同套袋材質處理對鳳梨‘臺農 17 號’夏果向陽面果皮達全黃之累積百分率比率。	63
圖 25. 透明塑膠套袋曬傷之果實 (左圖和右圖為其外觀，下圖為其縱切面)。 ..	64



表目錄

表 1. ‘台農 17 號’春果鳳梨施肥前與施肥後土壤氮含量及葉片氮濃度分析。	65
表 2. 不同套袋材質對 2011 年 4 月採收之‘台農 17 號’果實全果重、果實重、冠牙重、比重和肉聲果比率之影響。	66
表 3. 不同套袋材質對 2011 年 4 月採收之‘台農 17 號’果實可溶性固形物、可滴定酸、糖酸比、水浸狀發生率和水浸狀嚴重程度之影響。	66
表 4. ‘台農 17 號’夏果鳳梨施肥前與施肥後土壤氮含量及葉片氮濃度分析。	67
表 5. 不同套袋材質對 2011 年 6 月採收之‘台農 17 號’果實全果重、果實重、冠牙重、比重和肉聲果比率之影響。	68
表 6. 不同套袋材質對 2011 年 6 月採收之‘台農 17 號’果實可溶性固形物、可滴定酸、糖酸比、水浸狀發生率和水浸狀嚴重程度之影響。	68



誌謝

這本論文總算是完成了！回首三年路，時間真是過得很快，真是感謝一路上以來幫助我的人，沒有你們，不可能有此書的完成。謝謝恩師 楊雯如老師當年收學生於門下，而且不僅在課業上的啟發思考，生活中以及心理上也都有許多教誨，學生真是受益良多，因為老師，實驗室不僅有嚴謹的態度，更充滿開心的歡笑聲：謝謝 李金龍老師總在學生對人生有所徬徨時，不厭其煩地陪我聊天，解答困惑，並分析許多事情的看法；謝謝 林宗賢老師在實驗上給予方向及建議，您做學問的認真和執著，及追求真理和幫助農友解決產業問題的心意，都將永遠烙印在學生心裡。謝謝 張耀乾老師、吳俊達老師和李國譚老師慷慨提供儀器幫助學生，謝謝嘉義農試所 官青杉先生總是耐心回答我的疑惑，且提供建議。

謝謝郭智偉大哥一家人在屏東高樹鄉實驗上的幫助，且常提供我許多產業上的資訊，我永遠忘不了你們家的溫情以及那好吃的佳餚，謝謝吳伯伯讓我在屏東有個遮風避雨的所在，謝謝簡老闆在屏東枋寮實驗上的幫助，謝謝游伯伯帶領我更加認識宜蘭的鳳梨產業，謝謝仁晃學長、思如學姐、苡萱學姐提供實驗上場地的幫助，謝謝 Lemon 總是耐心和我討論實驗上的疑惑，謝謝伊婷帶領我進入鳳梨的世界，謝謝阿蓮和山羊總是關心我提醒我許多該注意的事，謝謝兄弟 Dat、立衡也一起下海幫助我實驗上的許多瑣事，謝謝思佑哥幫我測量葉片的氮含量，謝謝中興的好兄弟：輝煌、小新夫婦、道元、泰元學長被我連哄帶騙來幫我做實驗，謝謝少雄哥、宜瑋、北極、大金、小胖、巧屏、恩惠、瑜玟、小荒、歐陽、怡雯、子君幫我做實驗，謝謝學弟孟春總是能提供許多好點子，謝謝小龜、小可、捲毛、菇、小聖聖，我會記得一起煮火鍋和鳳梨湯圓的日子，謝謝豆哥、旻翰、恩康、阿囉哈總是提供許多歡笑，謝謝學長姐和同窗碧霜、育昌、心玫、瓜瓜姐、小丸子兩年來的陪伴，謝謝蘆哥和盟松學長的鼓勵和支持及建議，再次謝謝熱果室的

各位，我們一同留到半夜、凌晨，彼此的扶持。謝謝綿羊兩年來的陪伴，常常付出心力和時間幫助我的實驗，也照料我的生活，我會努力更加長大的。

謝謝我的爸爸、媽媽，我一個人念研究所，弄得像全家人一起念研究所，陪我一起跑了屏東好多次，謝謝你們給我的溫暖支持，謝謝伯母、叔叔、堂哥等親戚的幫助，謝謝妹妹常幫我禱告。謝謝各個納稅人和國家的支持，我才能完成研究所這高等教育，願我能也將自己貢獻於這社會，感恩的心意，將永遠留在我心裡。



摘要

臺灣夏季鳳梨易發生水浸狀之生理障礙，水浸狀的嚴重程度隨成熟度而增加；而果皮轉色是採收最重要的指標。果皮轉色和葉綠素的降解速率有關，氮肥可能使果皮有較多葉綠素或是可抑制葉綠素降解，而影響轉黃速率。光有利於葉綠素合成，因此遮光可能會加速果實轉黃，高溫則可能對葉綠素的降解不利而延遲轉黃。本試驗擬探討催花後施氮肥、光度及溫度對果皮轉色之影響。又高溫可能會影響果實水浸狀的發生率，因此本試驗在春、夏兩季分別進行。

套袋改變果實周圍透光率和溫度，並影響果肉溫度，黑色塑膠袋套袋與透明塑膠袋套袋有升溫效果，升溫速率以前者較快；銀色反光布套袋有降溫之效果。催花後施氮肥可延遲果皮轉黃，每株施加 8 公克時，在春果可延遲 4~5 天採收達 50%採收率，在夏果則延遲 3 天。在此施肥條件下，研究套袋對轉色之影響，結果顯示春果以透明塑膠袋套袋者最早達 50%採收率，較黑色塑膠袋套袋和反光布套袋者早 3 天，較未套袋者提早 5~6 天；處理對夏果類似但較不明顯。春季低溫冷涼，適當提升袋溫較遮光更能促進果皮轉色；夏季高溫常逾 40°C，不利於果皮轉色，故僅遮光處理有促進果皮轉色之效果。

在果實水浸狀方面，春果幾乎水浸狀發生，而夏果則嚴重。比較果實發育期間之果溫，春果皆未逾 35°C，而夏果皆逾 40°C，果溫可能是影響水浸狀發生之重要因子。

果實周邊溫度過高會延遲果皮轉色而使較晚採收，其時果肉部分常已過熟而發生水浸狀。夏果之反光布套袋組和黑色塑膠袋套袋者轉色程度一致，反光布套袋的果實水浸狀發生率和嚴重程度較輕微，顯示夏果降溫處理雖未促進轉色，但

仍能顯著降低水浸狀發生率和嚴重程度。

關鍵字：鳳梨、水浸狀、氮肥、果皮轉色、套袋



Abstract

Pineapple (*Ananas comosus* L) is prone to translucency disorder during summer in Taiwan and the translucency severity increase with fruit maturity. The yellowing of the peel color is the most important harvest index, which is related to chlorophyll degradation. Nitrogen application may delay the yellowing, which may be because enhancing the peel chlorophyll production or retarding degradation. Since light is essential to chlorophyll synthesis, shading may speed color turning. Besides, high temperature may affect the degradation of chlorophyll and thus delay the color turning. Therefore, the objective of this thesis was to discuss the effects of urea application after forcing, temperature and shading on peel color turning. The effect of temperature on pulp translucency was also investigated.

The transmittance, temperature inside the bag and pulp temperature was altered by bagging. Black plastic bag (BPB) and transparent plastic bag (TPB) increased temperature inside the bag, where silver cloth bag (SB) decreased it. Application of 8g/plant urea after forcing delayed fruit peel color turning, 50% of peel turned yellow, 4-5 days in spring fruits and 3 days in summer fruits. In combination with the urea application and bagging treatment, TPB resulted in 5-6 days earlier in spring fruits, and BPB and SB resulted in 3 days earlier. The effect on peel color turning of the same

treatment in summer fruits was similar but less significant. In spring, temperature increase may affect color turning in addition to the effects of shading due to the spring temperature was not too high to hinder color turning. Temperature in the field of summer was usually above 40°C which was unfavorable to color turning; thus, the delay was contributed by shading only.

The pulp translucency was not obvious in spring fruits but severe in summer fruits. Comparing the pulp temperature during the fruit development, it was lower than 35°C in spring fruits and exceeded 40°C in summer fruits. Pulp temperature may be a key factor for occurrence of pulp translucency.

High temperature may hinder the color turning of the peel and which might contribute the misjudge of fruit maturity; thus, the pulp of the summer harvested fruits may often accompany the occurrence of pulp translucency. In summer fruits, even though the color turning of BPB and SB bagged was similar, the fruits with pulp translucency was less and lighter in the SB bagged fruits indicated that lowering the fruit temperature may decrease the occurrence of translucency.

Keywords : Pineapple, translucency, nitrogen, peel color turning, bagging

第一章 前言

Chapter 1. Introduction

鳳梨(*Ananas comosus* L. Merr.)又稱旺來、波羅，為鳳梨科(Bromeliaceae)鳳梨屬(*Ananas*)之多年生草本果樹，原生於中南美洲，是世界上重要的經濟果樹之一，主要生產國為巴西、泰國、菲律賓、哥斯大黎加和中國，。

台灣地區於 2010 年之鳳梨栽培面積為 9972 公頃，總產量約為 420172 公噸，其中主要集中在屏東縣、高雄縣、台南縣、嘉義縣和南投縣 (行政院農業委員會, 2010)。過去台灣鳳梨生產以製罐外銷為主，為台灣光復初期外匯的重要收入，當時主要品種為開英種，栽種面積最高達 17000 公頃，但 1980 年代以後，由於鄰近國家菲律賓、泰國夾其優良氣候、低廉工資和企業化大面積之經營，造成本省鳳梨外銷不景氣而漸趨沒落(張, 1991, Lin and Chang, 2000)。直到嘉義農試所育出鮮食品種，產業由「外銷為主、內銷為輔」轉為「內銷為主、外銷為輔」才再度復甦。如今台灣育出之主要的鮮食品種有：台農 11 號 (香水鳳梨)、台農 13 號 (冬蜜、甘蔗鳳梨)、16 號 (甜蜜蜜鳳梨)、17 號 (春蜜、金鑽鳳梨)、18 號 (金桂花鳳梨)、19 號 (蜜寶鳳梨)及 21 號 (黃金鳳梨)，其中以台農 17 號為最受歡迎且最廣泛栽培之品種 (官和徐, 2005)。

鳳梨為頂生密總狀花序所形成之多花果，小花數約有 100~200 朵，呈螺旋排列成松球狀而由基部往上綻放。鮮食鳳梨為自交不親合性，但可以單為結果，果實由小果肥大集結於中心柱構成，花萼留在果皮表面形成果目。小果數之多寡為決定果重之重要因子，其數目受花芽分化當時植株健壯程度影響 (鄺, 1966; 王, 1975)。鳳梨為非更年性果實，且其後熟過程無澱粉之累積，不會有如同芒果和香

蕉採收後糖類變化，採收當下已決定其風味與品質(Dull, 1971; 范 2002)，因此於採收成熟度的判斷成為一個重要課題。

台灣目前鳳梨採收成熟度的判斷，主要有果皮轉色程度、果目開展度、果實彈音聲響及花後天數等。綜合評估結果，台灣商業栽培上春果多在 1/2 果目轉黃、夏果 1/3 果目轉黃、冬果 2/3 果目轉黃採收，此種採收標準主要仰賴個人經驗，缺乏科學依據。而果皮轉色受季節、降雨、微氣候及田間處理所影響，有時果肉常已過熟發生水浸狀但果皮仍為深綠色，而造成過遲採收(Joomwong, 2005; 行政院農業委員會農業試驗所, 2007)。因此必須建立一個良好之採收指標 (顏, 1999)

鳳梨果肉水浸狀 (Water-soaking, Translucency) 為一種生理性障礙，於剛開始轉黃前即可能發生，病徵由基部開始出現，並持續到採收甚至擴及全果，果肉呈現黃色半透明狀，此種果實易受碰撞受傷而不耐貯運，嚴重時風味平淡甚有發酵味而不宜食用 (Chen and Paull, 2001)。台灣夏季高溫多雨，採收轉色程度半黃以上之果實，內部常已發生嚴重水浸狀，但冬季和春季之果實，多於果皮半黃至全黃採收，且品質良好，顯示果皮的轉色隨季節的不同並未能準確反映果肉之成熟度。吳 (2012) 發現預定於 5、6 月採收之夏果，於催花後每株施以 4、8、16 克之氮肥，果重顯著增加且果皮延遲轉色，剛轉黃及半轉黃採收之果實發生水浸狀比率及嚴重程度亦上升。氮肥之效應僅於夏果鳳梨發生，2~4 月採收之冬果及春果則無此情形，因此推測溫度和光照可能是另外兩個影響水浸狀發生及果皮轉色之重要因子。本試驗於 2011 年春、夏兩季進行，目的藉由催花後是否施加氮肥及不同套袋材質，來了解氮肥、溫度和光照對鳳梨果實水浸狀及果皮轉色之影響。

第二章 前人研究

Chaper 2. Literature Review

2.1 鳳梨的生長與發育

鳳梨 (*Ananas comosus* L. Merrill) 屬鳳梨科 (Bromeliaceae)，又稱旺來、波羅，為耐旱之多年生單子葉草本果樹，原生於熱帶美洲，隨著歐洲人發現新大陸，而逐漸將其傳播到世界各地 (Collins, 1968)，現為世界上第三大經濟栽培之熱帶果樹，僅次於香蕉和柑桔。商業上栽培分布緯度甚廣，介於北緯 30°(Canary Island) 至南緯 33°58' (South Africa) 之間 (Bartholomew and Malézieux, 1994)。

鳳梨品種相當多且複雜，依其性狀可分為五大群，分別為開英群 (Cayenne group)、西班牙群 (Spanish group)、皇后群 (Queen group)、Pernambuco group 和 Perolera group (Py et al., 1987)。其中最重要為開英群中無刺的開英種 (Smooth Cayenne)，由有刺的 Cayenne 突變而來 (Collins, 1968)，栽植分佈最廣，具有圓柱狀的果形、果皮薄、酸度適中以及高產的特性。在許多國家，經由突變或是育種，衍生出許多開英種的品系，如馬來西亞的 'Sarawak'，台灣的台農 1~8 號、11 號、13 號、16 號、17 號、18 號及 19 和 21 號 (鄭, 1966; 林, 2003)。台農 17 號又稱 '金鑽' 或是 '春蜜' 鳳梨，為台灣主要栽培品種，於春季 3~4 月栽培有最佳品質，品種特性為果皮薄、花腔淺、肉質包含果心皆細緻可口，全顆果實之平均糖度 14.1°Brix、酸度 0.28%，糖酸比可達 50 (張, 1999)，隨種植技術日益成熟，如今全果之糖度甚可達 16°Brix 以上。據農友表示相較其他品種，其還具有耐貯運、產量大、不易發生病蟲害且口感良好等優點，因此成為台灣現今栽培面積最廣之鳳梨品種。

鳳梨為頂生密總狀花序所形成之多花果，小花螺旋排列成松球狀而由基部往上綻放，小花數 50~200 朵（野生種以及各品種），為三數花(trimerous flowers)發育而成，屬雌雄同花 (hermaphroditic)，小花由一枚花苞、三個肉質萼片、三個花瓣、六個雄蕊、一枚雌蕊構成。鳳梨基部小花到鳳梨頂端小花開花大約需要 3~4 週的時間。鮮食鳳梨為自交不親合性，但可以單為結果，果實由小果肥大集結於中心柱構成，花萼留在果皮表面形成果目。小果數之多寡為決定果重之重要因子，其數目受花芽分化當時植株健壯程度影響 (鄭, 1966; 王, 1975)

鳳梨適合生長在終年溫暖日照充足且無霜害的地區，生長適溫約為日溫 30 °C、均溫 23-24°C、夜溫 20°C，植株在高溫超過 32°C 或是低溫低於 15°C 時，生長速率下降 (Bartholomew and Malézieux, 1994)。鳳梨從營養芽定植到收穫約需 18~24 個月，亞熱帶較冷涼地區，甚至可達 36 個月 (Malézieux, et al., 2003)。溫度影響果實生長發育的速度，催花後至果實發育的時間可由 4 個半月到甚至 10 個月之久，因此隨著種植之季節、緯度和海拔高度而使生長週期有極大差異 (Bartholomew and Malézieux, 1994; Nakasone and Paull, 1998; Bartholomew et al., 2003)。

開花結束至果實後熟期間稱為果實之發育時期(Development)，又可以將其細分為四個時期，分別成熟前期(Pre-maturation)、成熟期 (Maturation)、後熟期 (Ripening)、老化期 (Senescence)。成熟前期為開花結束到果實達半轉黃前 7 週，此時期的特色為細胞膨大；成熟期為果皮達半轉黃前 7 週至半轉黃，果實內醣類和可滴定酸開始大量累積；後熟期為成熟期的最後 2~3 週，果皮葉綠素開始降解而轉黃，可滴定酸含量達最高點，然後開始下降；老化期果實進入後熟，果皮類胡蘿蔔素含量開始上升，糖度仍持續增加但速度漸緩 (Dull, 1971)。

果實的重量和體積的生長呈典型單 s 型曲線，果實比重的上升一開始緩慢，直到後期才開始劇烈上升，可能和醣類之大量累積有關(Singleton, 1965)。葡萄糖 (Glucose)、果糖 (Fructose)和蔗糖 (Sucrose)為果實中主要的糖類，前兩者在果實發育過程無明顯變化，蔗糖則於剛轉黃前 6 週開始大量累積，最後含量高於葡萄糖和果糖 (Chen and Paull, 2000)。檸檬酸 (Citric acid)和蘋果酸 (Malic acid)為果實中主要的有機酸，果實於花後 6 週開始累積可滴定酸，直到後熟的最後階段及老化開始才下降，檸檬酸的變化趨勢和可滴定酸相似，蘋果酸則呈不規則變化，果實後熟期，檸檬酸含量約為蘋果酸之三倍 (Singleton and Gortner, 1965)。

2.2 鳳梨採收成熟度

鳳梨為多花果聚合而成，小果由下而上開始成熟，當最上端小果成熟時，底部可能早已過熟，整顆果實之採收成熟度，多以果目的展開程度和果皮的轉黃作為指標(Paull, 1993)。成熟之鳳梨果實內並無澱粉之累積，故採收後不會有可溶性固形物的轉換，採收當下已決定其風味與品質 (Dull, 1971; 范 2002)。果實成熟度可藉由果皮轉色程度、果目開展度、果實彈音聲響及花後天數等來判斷。夏威夷地區果實可溶性固形物需達 12%以上才適宜作為鮮食採收，但有其他學者認為需達 14%以上才可 (Smith, 1988b; Soler, 1993)。近年來開發出近紅外光光譜儀 (Near infra-red spectroscopy, NIRS)之非破壞性方式來測量完整果實之可溶性固形物含量，數值準確誤差不超過 1% ，有利於判斷採收成熟度(Guthrie and Walsh, 1997)

臺灣地區採收之開英種鳳梨採收標準，夏果以果皮轉黃達 1/3，冬果則是轉黃達 2/3 採收並以果實彈音作為輔助。吳(2012)於屏東高樹鄉之試驗，發現 2 月底至

3 月中採收之‘台農 17 號’冬果因酸度高，需至全轉黃採收，待酸度下降才適合做為鮮食，全顆果實平均糖度 15.2°Brix、平均酸度 0.49%、糖酸比為 31；但 5 月底至 6 月初採收之夏果，剛轉黃採收便有最佳品質和較長貯架壽命，超過半黃採收易有嚴重水浸狀發生，剛轉黃之夏果全顆果實平均糖度為 16°Brix、酸度 0.38%、糖酸比 42。盛夏時，果實酸度更低，雖然糖度未減但平淡無味，因此全黃採收之果實品質較剛轉黃差。

由於果皮的轉色程度，會受到季節、降雨、微氣候和田區的影響，所以不易由外觀判斷採收成熟度，常輔以彈音作檢測。依果實彈音來區分開英種鳳梨果實成熟度由低至高分為鼓聲果、柱聲果和肉聲果，鼓聲果，音如擊鼓聲‘Pog’，肉色白黃，比重小於 1；柱聲果果肉呈黃白至黃色，音如擊柱，介於肉音與鼓音之間，比重接近 1；肉聲果，音如擊肉聲‘Pier’果肉呈黃色半透明水浸狀，果心有時亦呈半透明，果肉水分多而孔隙少，比重大於 1（黃等, 1988; Sornsrivichai et al., 2000; 范, 2002）。澳洲的試驗認為比重是唯一全年適用之良好採收成熟度指標，比重介於 0.96-1.004 的開英種鳳梨，有最佳的食用品質 (Smith, 1983)。

果肉水浸狀程度可拿來作為開英種鳳梨成熟度的指標，開英種鳳梨因其酸度較高，水浸程度低之果實口感較酸，水浸程度嚴重果實風味平淡，甚至有過熟令人不悅味道產生，所以中度水浸狀之果實酸度較低、糖酸比佳適合鮮食，最受消費者喜愛，但其有不耐貯放之缺點 (Bowden, 1967, 1969; 顏, 1999; 范, 2002)。
‘台農 17 號’鳳梨為嘉義農試所育成之鮮食用品種，糖度高、酸度低，所以食用上以未發生水浸狀之果實品質較佳。針對水浸狀之檢測，已開發出非破壞性之 x-ray，判斷準確度高達 85% 以上，甚具產業實用性 (Haff et al., 2006)。

2.3 鳳梨果肉水浸狀簡介及其發育和特徵

鳳梨果肉水浸狀 (Water-soaking, Translucency) 為一種生理性障礙，果肉充滿水分、空腔變少呈黃色半透明狀，與蘋果水心病 (Watercore) 雷同 (Marlow and Loescher, 1984)。過去之品種為傳統開英種為主之市場，酸度較高，無論是鮮食或是製罐，中度水浸狀果實都被認為食用品質較佳 (Bowden, 1967)。但隨著酸度低之鮮食品種被育出，銷售主力轉為鮮食為主，水浸狀反而成為一種缺點 (Lin and Chang, 2000; Bartholomew et al., 2003)，如酸度較低但水分多因而平淡無味，嚴重時甚至有發酵令人不悅之味道，食用性降低 (Bowden, 1967)。發生水浸狀之果實採收時，易由果梗流出液體，黴菌 *Penicillium* 入侵而發生採後病害如黑腐病 (Black rot)，影響商品價值及貯架壽命；又易因機械擦撞而受傷，不耐貯運；其於田間生長時較一般果實更易發生日燒，表皮轉色不良甚至燒傷而侵入內部，病原菌易沿傷口入侵 (Paull and Reyes, 1996)。果肉水浸狀發生的原因不明，而蘋果水心病的發生和品種、灌溉頻度、礦物元素如氮肥和鈣肥、溫度、成熟度、植株生長勢等有關 (Marlow and Loescher, 1984)，或可作為水浸狀研究之參考，除上述論點，栽植密度和施用促進果實肥大藥劑亦被認為和水浸裝之發生有關 (Paull and Reyes, 1996)。

水浸狀於剛轉黃前即可能發生，病徵由底部開始出現，並隨著果實成熟度上升而變得嚴重 (Singleton, 1965; Chen and Paull, 2001)。果實剛轉黃前 4 週，離子滲漏率較之前 20% 大幅上升至 42%，並隨成熟度上升增加至剛轉黃果實的 74%，剛轉黃前 4~2 週為水浸狀之可能發生時間點，由離子滲漏率的上升伴隨其後水浸狀之發生，推測細胞膜通透性上升和水浸狀有關，這段時間高溫會使細胞膜通透性增加而促進水浸狀之發生 (Chen, 1999; Chen and Paull, 2000; Chen and Paull,

2001)。嚴重水浸狀之果實 (面積比率大於 70%)和未發生水浸狀之果實，離子滲漏率各為 72.7%和 62.7%，雖有顯著差異，但僅為 6%，因此膜的通透性雖影響水浸狀發生，但可能非最重要之關鍵因子 (Chen, 1999; Chen and Paull, 2000)。

鳳梨果實水浸狀被認為是種果皮尚未轉色但果肉已提早成熟，因而出現青皮黃 (Green-ripening)的現象，常發生於高溫的季節，可能原因有高溫造成細胞膜受損，或是強烈光合作用下，植株獲得突然的水分供給，汁液大量進入果實造成，遮蔭可減低其發生 (Py et al., 1986; Soler, 1993)。Soler (1993)認為青皮黃果實水浸狀和正常轉黃果實老化的水浸狀不同，以生化特徵來區別，青皮黃果實含較高活性之 catalase, α -galactosidase 和 β -galactosidase，前者為細胞用來防禦氧化作用所產生毒性，被認為是避免水浸狀變得更加嚴重之作用因子，後兩者和提高細胞膜之通透性有關。Chen and Paull (2000)認為水浸狀和果實成熟之糖類累積及糖類代謝酵素有關。果實剛轉黃前 6 週，光合產物蔗糖經由韌皮部輸送，開始大量累積於果肉，此時細胞膜之通透性亦開始上升，部分蔗糖通過細胞膜卸載於質體外，造成滲透勢下降，而使水分大量輸送至質體外，因此果肉發生水浸狀。細胞壁轉化酵素將質體外之蔗糖分解成葡萄糖和果糖，維持蔗糖由供源 (Source)送到積貯 (Sink)及積貯到質體外之濃度梯度，而使蔗糖能夠持續輸送。若於果皮剛轉黃前 3 週除掉 1/3 以上的葉片，不影響採收時果實大小，但顯著降低果實糖度、CWI 活性和水浸狀發生率，顯示水浸狀和糖類累積及 CWI 活性之關聯性。除葉不改變離子滲漏率，顯示高溫影響膜通透造成之水浸狀和成熟度上升、糖類累積卸載之水浸狀不同，但兩者可能於採收前同時發生 (Chen, 1999; Chen and Paull, 2000)。

2.4 溫度對鳳梨果肉水浸狀之影響

夏威夷的研究利用數學模型 (Model)分析水浸狀和氣候之關係，發現果皮剛轉黃前 2 至 3 個月的溫度和水浸狀的發生率和嚴重程度呈負相關，然而 4~5 月的早夏水浸狀發生率最高，10~12 月早冬發生率最低，往前推 2~3 個月分別是高溫 23°C、低溫 15°C 的 1~2 月 (一年中最低溫)及高溫 29°C、低溫 20°C 的 7~9 月 (一年中最高溫)，不合乎高溫造成水浸狀的假設，另 7~9 月之溫度最高時，並非水浸狀最嚴重季節，顯示高溫和水果浸狀之關係仍待證明 (Paull and Reyes, 1996)。Chen and Paull (2001)認為溫度對水浸狀嚴重程度之影響分成兩個時期而有不同之作用，以採收前 6 星期當作劃分，前期採收之果實以高溫處理 (48°C, 24hr)會降低果肉細胞膜的通透性，可能和鳳梨果肉之熱適應性有關，有助於避免後期高溫逆境所造成之水浸狀，此推斷合乎採收前 2~3 月的高溫與水浸狀發生呈負相關 (Paull and Reyes, 1996)；後期採收之果實相同溫度處理，則會提升細胞膜的通透性，促使水浸狀的發生，因此離子滲漏率可以當作水浸狀發生之指標 (Chen and Paull, 2001)。

鳳梨剛轉黃前 3 週之套袋試驗，正午 10~12 點測得向陽面果溫，塑膠套袋較不套袋組高 3°C，不透光材質套袋則較對照組低 10°C，塑膠套袋之水浸狀嚴重程度較高，不套光材質套袋和對照組無顯著差異，並無降低水浸狀發生，發育後期之果實對溫度之耐受性可能有一門檻值存在，超過即會有水浸狀之發生 (Chen and Paull, 2001)。向陽面和背陽面之果溫差異達 8~10°C，測量剛轉黃前 1 週採收之果實品質，向陽面酸度和糖度皆較低，但糖酸比較高，和水浸狀果實之口感甜而平淡相似，所以高溫不僅提高水浸狀的發生和嚴重程度，也使得果肉糖度、酸度降低，影響食用品質 (Chen and Paull, 2001; 行政院農業委員會農業試驗所, 2007)。

水心病的發生可能來自於高溫加速果實成熟及後熟 (Brown, 1943; Perring, 1971b)，或是高溫使組織變得容易滲漏出液體而發生 (Burg et al., 1964)。對 'Winter Banana' 和 'Gano' 兩種品種的蘋果套袋進行研究，前者為容易發生水心病的品種，

後者為不容易發生之品種，黑色紡紗套袋和透明玻璃紙套袋之果實向陽面果溫達 47.2°C 和 43.8°C，前者促使水心病在兩種品種大幅發生，‘Winter Banana’發生率可達 88%、‘Gano’達 63%，而透明玻璃紙套袋者則僅在‘Winter Banana’上有水心病發生而發生率為 61%，白色紡紗袋和不套袋溫度分別為 38.8°C 和 36.6°C，‘Winter Banana’水心病發生率皆為 8%，而‘Gano’不發生(Fisher et al., 1930)。採收前 2 週至採收期間高於 35°C 之果溫，使對蘋果水心病具抗性之品種‘Tsugaru’有水心病發生，這可能是高溫影響果實對碳水化合物的代謝，使得澱粉快速降解，果肉中累積葡萄糖和山梨糖醇 (Sorbitol)，影響果實內滲透勢的改變，而導致水心病的發生 (Yamanda et al., 1998)。

2.5 水分對果肉水浸狀之影響

台灣地區每年 11 月至隔年 4 月為乾季，這段期間生長之鳳梨需施以灌溉，以提升產量和品質，每兩星期灌溉 1 次，每次水量 30 mm，較完全不灌溉組肉聲果比率可提高 10% (黃和李, 1969)，顯示水分和水浸狀的關連性，乾旱後之大雨常造成水浸狀果實比率增加 (Py et al., 1987)。蘋果水心病好發於降雨後，而乾燥地區也比較少發生 (Marlow and Loescher, 1984)

2.6 肥培管理及促進果實肥大藥劑對鳳梨果肉水浸狀之影響

鳳梨生長過程需要大量的氮肥，但其施用因植株生長勢、季節、土壤等而有所變化。Su (1969) 的開英種鳳梨氮素適量試驗，果實預定於 7~9 月採收，採收成熟度定為 1/3 至 1/2 轉黃，隨著氮肥施用量由 0 公克/株增加到 24 公克/株，果重由 0.675 公斤增為 1.330 公斤，肉聲果比例亦由 1.3% 增加到 51.1%。催花後對預定於

5~6 月中採收之夏果‘台農 17 號’金鑽鳳梨施與氮肥 8 公克/株或是 16 公克/株，於果皮剛轉黃或是半轉黃條件下採收，相較未施氮的對照組，果重由 1.5 公斤增加為 1.7~1.8 公斤，但果肉水浸狀發生嚴重，半轉黃之果實水浸面積比率由小於 5%大幅上升到近 40%，氮肥之效應僅於發生於夏果鳳梨，2~3 月採收之冬果則無此情形 (吳, 2012))。過去奈乙酸鈉鹽 (Sodium Salt of Naphthalene acetic acid, SNA)常被用來使果實增大而提升產量，但肉聲果比率也會因此增加 (黃, 1975)

鈣和維持細胞壁及細胞膜的穩定性有關 (Ferguson, 1984)。隨著果實生長發育，果肉鈣含量及細胞壁中二架陽離子之鍵結下降，可能導致細胞膜失去完整性，通透性上升而有液體滲出導致水浸狀，鈣含量於剛轉黃前 12 週至 8 週有最大降幅，此時為補充鈣的最佳時機，有助於減少細胞膜通透性之上升而減少水浸狀之發生 (Chen, 1999)。水浸狀隨果重上升而更加嚴重，可能果實過大而缺乏足夠的鈣以穩定細胞壁，因此發生水浸狀 (Bowen, 1969; Paull and Chen, 2003)。水浸狀嚴重程度和施加於土壤之鈣含量、土壤萃取之鈣含量、葉片及果肉鈣含量成顯著負相關，隨著土壤中多施鈣肥，可以降低水浸狀之嚴重程度 (Silva et al., 2006)。

2.7 果皮色素組成及轉色

果皮顏色為判斷果實成熟與否的重要指標之一，青皮黃果實轉色和成熟度不一致，有可能是果肉提早成熟或是果皮延遲轉色，因此需探討影響轉色之因子。鳳梨果皮色素之組成主要有為葉綠素 (Chlorophyll)、類胡蘿蔔素 (Carotenoids)、花青素 (Anthocyanins)，果皮的葉綠素含量於花後及果實發育期間無明顯變化，直到果實進入後熟期於剛轉黃階段才大幅降解；花青素的含量於花後至果實後熟持續以穩定的速率降解；類胡蘿蔔素之含量於果皮一半轉黃時達最低，之後才再度

上升，所以鳳梨果皮的轉黃並非來自於類胡蘿蔔素的累積，主要來自於葉綠素的降解之去青作用 (Degreening) (Gortner, 1965; Dull, 1971)。柑桔果皮轉色之研究可作為鳳梨轉色的參考，因熱帶地區之柑桔也常有果皮仍綠但果肉已熟之現象。柑桔轉色主要為葉綠體 (Chloroplast) 轉變為雜色體 (Chromoplast)，其中牽涉到葉綠素的降解和類胡蘿蔔素之累積，而使果皮由綠轉黃 (Iglesias et al., 2001)。轉色和果肉成熟的時間並不一定相符，如晚崙西亞柑桔 (Valencia oranges) 果皮顏色不僅因果實成熟度而發生變化，亦受季節溫度變化之影響 (Young and Erickson, 1961)。影響果實色素含量之因子有植物荷爾蒙、光照、溫度以及施肥量 (Gross, 1987)。

2.8 溫度對果皮轉色之影響

泰國之開英種鳳梨試驗，分為冬果 (高溫 33.8°C、低溫 26.4°C)、夏果 (高溫 38.2°C、低溫 30.3°C) 和雨季 (高溫 35.6°C、低溫 26.7°C) 的果實，標訂開花期剛結束大小一致之小果，以花後天數作為採收指標，調查其轉色情形，結果發現各季節皆有部分果實於盛花後 120 天開始轉色，此時夏果仍有 85% 果實尚未轉黃，而冬果則有 40% 果實已達 1/4 轉黃；盛花後 130 天，75% 之夏果果皮仍綠但內部已成熟，而冬果多已達 1/4~1/2 轉黃。測量果皮色素含量，花後 110 天時，冬果果皮葉綠素含量約為夏果的 1/2，而冬果於花後 110 天至 160 天，果皮類胡蘿蔔素含量約較夏果高 1~2 倍，結果顯示夏季高夜溫延遲果皮轉黃，低溫可能有利於類胡蘿蔔素合成 (Joomwong, 2006)。

晚崙西亞生長箱中之控溫試驗，在日溫 20°C、夜溫 7°C、土溫 12°C 時果皮顏色呈較佳之亮橘色，其中之一溫度上升使果皮橘色程度降低，日溫 30°C 時之高溫

抵銷其他低溫之效用，高溫不利葉綠素之降解而使果皮呈深綠色，低溫有利於葉黃素 (Xanthophylls) 之橘色形成，溫度對胡蘿蔔素 (Carotene) 含量沒有影響，高溫影響果皮轉色使其不能準確反映果肉成熟度 (Young and Erickson, 1961)。苦橙柑桔 (Temple citrus) 於採收後分別在 65°F (約 18.3°C)、75°F (約 24°C) 和 85°F (約 29.4°C) 的情況下以乙烯催色觀察，85°F 的高溫抑制果皮 β -橙色素 (citraurin) 的累積，而使催色效果不佳 (Stewart and Wheaton, 1971)。

2.9 光照對果皮轉色之影響

葉綠素必須在有光的環境下才能形成。黑暗環境下生長之果實，缺乏色素且和光照下生長之果實之組成不同 (Gross, 1987)。光強度影響果皮類胡蘿蔔素之形成，因此位於樹冠內層之柿子著色較外層差 (劉, 2004)。對果齡 6 個月大處於綠果期之晚崙西亞柑桔 (Valencia oranges) 進行套袋遮光處理 8 週，果皮葉綠素和類胡蘿蔔素含量較對照組大幅下降 (El-Zeftawi, 1978)。對紅柿柑 “Hong shigan” citrus (*C. reticulata* × *C. sinensis*) 於果實膨大末期進行套袋遮光處理亦有類似效果，而使處理之果實其果皮紅黃色澤較早呈現 (陶等, 2003)。

2.10 肥培管理及植物生長調節劑對果皮轉色之影響

隨著氮肥施用量由每株 4 公克增加到每株 8、12、16、20、24 公克，會延遲 7~9 月採收鳳梨的成熟時間，採收成熟度定為 1/3 至 1/2 轉黃條件下，每株施用 16 克氮肥較施用 4 克氮肥，平均延遲 7 天採收 (蘇, 1957)。催花後施用氮肥亦造成 5、6 月採收之夏果鳳梨果皮延遲轉黃，每株施加 8 克、16 克或 24 克氮肥處理者，較

不施氮者延遲 3 天達 50%採收率 (吳, 2012)。開花後及果實成熟前一個月以 50 ppm~500 ppm SNA 處理之鳳梨，果皮不易轉色，依據果皮轉色程度為採收標準時，可延遲 12~16 天採收 (黃, 1975)。

寬皮柑 (Mandarin) 柑橘果皮的轉色速率和果皮內的醣含量呈正相關而和氮含量呈負相關，外施乙烯 (Ethylene) 可以促進轉色而激勃素 (Gibberellins, GA) 延遲轉色，但乙烯不能使施氮所造成延遲轉色提前，可能氮的降解為轉色不可或缺之要件。果皮內醣類之累積而促進轉色和乙烯的調控有關連 (Iglesias et al., 2001)。對樹體上的果實施以 25 mM 硝酸鹽或是 60 mg L⁻¹GA₃ 處理，處理時間為花後 189 天至 231 天，每 3 天噴灑一次，處理組較對照組之葉綠素降解慢且類胡蘿蔔素之合成亦較少，而使果皮延遲轉色 (Alós et al., 2006)。

根據前人研究，鳳梨水浸狀的影響因子主要有內在之果實成熟度、外在環境如光照、溫度及田間施肥管理，又成熟度多以果皮轉色作為指標而決定是否採收，果皮轉色同樣受到上述因子之影響未能正確反映果肉成熟度。本研究主要探討光照、溫度及施氮肥對果皮轉色及果肉水浸狀之影響。假說如下：

1. 催花後施氮肥延遲春果及夏果轉色
2. 催花後施氮肥和果皮剛轉黃前 1 個月之高溫兩個因子共同造成水浸狀
3. 春季溫度適中，果皮轉色符合果實成熟度，水浸狀不易發生，加溫延遲果皮轉黃，並促使水浸狀發生
4. 夏季強光及高溫延遲果皮轉黃，遮光或降溫促進果皮轉色
5. 夏季強光或高溫造成果肉發生水浸狀，遮光或降溫可以減少其發生

第三章 材料與方法

Chapter 3. Materials and Methods

3.1 套袋及覆蓋對鳳梨果皮轉色之影響 (屏東枋寮地區)

試驗於 2010 年 8 月開始，在屏東縣枋寮鄉農友簡同旺的鳳梨田中進行套袋處理。植物材料為田間已生長 1 年之‘台農 17 號’金鑽鳳梨 240 株，為農友於 2009 年 8 月 6 日所定植，並於 2010 年 4 月 20 日催花，預計於 8 月底採收。定植前葉片數約為 30 片葉，栽植密度為每公頃 33000 株。催花後 7 天每公頃施加有機複合肥台中佳果多(15-2-2) 825 公斤，催花後 50 天每公頃施加動物性胺基酸 56 公斤、玉米素 26 公斤，催花後 90 天每公頃施加瑞補鈣 (10-0-0-2 MgO-15 CaO + 微量元素) 240 公斤。

處理有銀色反光布套袋組 (透光率 3%, S)、透明塑膠袋套袋組 (透光率 95%, TP)、60%遮陰網覆蓋組 (B)，另有不套袋組為對照 (CK)。銀色反光布套袋 (S)和透明塑膠袋套袋 (TP)為不含冠牙之全顆果實套袋、60%遮陰網覆蓋為一層黑色透光率 40%的網子由上方將植株覆蓋 (圖 1)。另塑膠套袋和不套袋者均於冠芽處以農民慣用戴帽作為防曬，避免日燒影響數據。於催花後 15 週(2010 年 8 月 2 日)開始處理，並於 8 月 28 日至 9 月 12 日對田間鳳梨轉色進行觀察，記錄果實達向陽面全轉黃以上之時間 (圖 2)。處理期間擇數天天氣晴朗時，利用酒精溫度計測量各處理果實周圍溫度及果實向陽面 2 cm 深之果溫。

試驗採完全逢機設計 (Completely randomized design, CRD)，每處理為 3 重

複，每重複有 20 株。以 Sigmaplot8.0 (SPSS Inc., USA)繪圖。

3.2 套袋與氮肥對鳳梨果皮轉色及果肉水浸狀之影響 (屏東高樹地區)

一、套袋與氮肥對 4 月初採收之春果鳳梨果皮轉色及果肉水浸狀之影響

試驗於 2011 年 1 月開始，在屏東縣高樹鄉農友郭智偉的鳳梨田中進行催花後施氮肥及採收前不同套袋處理。植物材料為田間已生長 1 年 2 個月之‘台農 17 號’金鑽鳳梨共 600 株，為農友於 2009 年 10 月底定植，2010 年 10 月底進行催花，12 月抽穗，預定於 2011 年 4 月上旬開始採收。定植前以大型曳引機翻耕，每公頃拌入 1500 公斤的格林大旺 (16-8-8)及 250 公斤的氫氣化鈣(CaCN₂)為基肥，栽植密度為每公頃 40000 株。催花前每公頃施用 3 公斤之康普葉綠精 (15-10-15) 及益地露(5.2-0.2-2.0)5 次，直接噴於葉片表面。

處理分別有催花後每株施與氮肥 8 公克組 (8N)和不施氮肥 (0N-CK)組，氮肥分作兩次施用，第一次於催花後小球果伸出植株而開第一輪花時施用 (2011 年 1 月 10 日)，兩週後進行第二次處理。每次施用方式為 16L，2.1%的尿素對一區塊共 40 株進行噴灑於植株葉面，未施氮肥組則給予相同之水量處理。施肥前植株葉片數約為 40~50 片葉。

施肥處理組另有 4 種套袋處理，套袋材質有黑色塑膠袋 (透光率 9%，8N-BP)、透明塑膠袋 (透光率 90%，8N-TP)、銀色反光布 (透光率 1%，8N-S)，對不含冠芽之全顆果實套袋，另有不套袋者為對照 (8N-Non)。除銀色反光布處理者外，其餘皆於冠芽處帶帽作為防曬，避免日燒影響結果。不施氮肥之組別，則僅設不套袋組。

於催花後 18 週 (2011 年 3 月 8 日)開始處理，2011 年 4 月初至 4 月底採收果實。於 3 月 28 日到 4 月 7 日，放置溫度記錄器 (Pro V2., Onset, Ltd. USA)測量各處理果實周圍之果溫，每小時記錄一次，對照組亦同；擇數天天氣晴朗時，以酒精溫度計測量向陽面果肉 2 cm 深之果溫。

二、套袋與氮肥對 5 月底採收之夏果鳳梨果皮轉色及果肉水浸狀之影響

試驗於 2011 年 3 月開始，在屏東縣高樹鄉農友郭智偉的鳳梨田中進行催花後施氮肥及採收前不同套袋處理。植物材料為田間已生長 1 年 2 個月之‘台農 17 號’金鑽鳳梨共 600 株，為農友於 2009 年 11 月底定植，2010 年 11 月底進行催花，2011 年 1 月抽穗，預定於 2011 年 5 月底開始採收。定植前管理方式和春果同。

氮肥和後續套袋處理和春果同，施肥前植株葉片數約為 50~60 片葉。於小球果伸出植株而開第一輪花時施以尿素 (2011 年 3 月 9 日)，兩週後進行第二次處理。於催花後 20 週 (2011 年 5 月 7 日)開始套袋，2011 年 5 月底至 6 月中採收果實。於 5 月 9 日到 6 月 13 日，放置溫度記錄器 (Pro V2., Onset, Ltd. USA)測量各處理果實周圍之溫度，每小時記錄一次，對照組亦同；擇數天天氣晴朗時，以酒精溫度計測量果肉 2 cm 深之果溫。

三、調查項目及方法

(一) 試驗材料與土壤的一致性

於 2011 年 1 月 9 日春果施肥前 1 天，及 2011 年 2 月 11 日第二次施肥後兩周，採集春果之 D-leaf，及試驗區塊之土壤進行 N 含量分析。每區塊隨機採樣 8 株植株之 D-leaf，調查施肥前其長度以確認植株大小是否均質，並測 D-leaf 基部白色部

分之氮含量，以了解施肥前後之變化。每區塊取前、中、後三點採土，採集深度約為 30 cm，土壤混勻後放置室內陰乾，再用 2 mm 網篩過濾，測土壤氮含量，以確定施肥前土壤是否均質，及施肥前後土壤氮含量之變化。夏果則於 3 月 8 日及 3 月 28 日採集 D-leaf 和土壤，進行測量，測量內容同於春果。

土壤氮含量分析，取每一樣品秤取 3-10 mg，精秤至 1 μg ，以 8 mm \times 5 mm 之錫囊緊密包裹。製備完成之樣品放入自動送樣儀，經氮碳分析儀 (NC Analyzer, Flash EA 1112 Series, Thermo Fisher Scientific, Rodano, Milano, Italy) 分析。氮碳分析儀以氦氣(He₂, 99.99995%)為流動相，壓力 250 kPa，流速 130 mL min⁻¹；氧氣(O₂, 99.99%)壓力為 300 kPa，流速 250 mL min⁻¹；氧化爐溫度 900°C，還原爐溫度 680°C，氣相層析儀爐溫 50°C。以阿托品 (Atropina, C₁₇H₂₃NO₃, Fisons Instruments S.p.A., Rodano, Milano, Italy) 為標準品製作檢量線，利用分析圖譜之積分面積，計算樣品內的碳與氮之濃度。碳氮分析儀所偵測之碳氮濃度(%)，乘以該樣品之乾重，即可得該樣品內碳與氮之含量。

葉片氮含量分析，取 D-leaf 基部白色部分分析，取樣後先以自來水沖乾淨，再於 0.1% 的 HCl 中漂洗數秒後，以去離子水沖洗 3 次，放入牛皮紙袋，置入烘箱烘乾。首先以 100°C 烘 1 小時殺青，再用 70°C 烘 72 小時，將乾燥後葉片磨成粉，放入夾鏈袋並妥善收入乾燥盒中備用。分析方法同於土壤氮含量分析，而每一樣品取 2-5 mg，精秤至 0.1 μg 而測定。

(二) 採收時間記錄：春果於 2011 年 4 月 9 日開始調查並記錄轉色情形，夏果則於 2011 年 5 月 29 日開始調查，皆於果皮向陽面達全轉黃採收。

(三) 果實品質調查

1. 果實重量：以電子天平分別調查全果重、冠芽重、單果重(不含冠芽)
2. 果實體積：以 20 L 之呼吸缸裝約 2/3 滿的水置於電子天平，天平扣重歸零後，將去除冠芽之果實置入水中，使其皆沒入於水中同一高度，測量天平上讀得增加重量，得為果實體積。
3. 果實比重：果實重量/果實體積。
4. 果實聲響：以手指敲打果目，發出咚咚聲有回音者為鼓聲果，記為 0；發出沉重無回音似手指敲打手臂聲音者為肉聲果，記為 1；發出似敲打牆壁聲音者為柱聲果，記為 0.5。
5. 糖度：將果實縱切分成八等份，取相對兩份去除果心後榨汁，以手持式糖度計 (Hand refractometer, Atago, model N1) 測定可溶性固形物 (Total soluble solid, TSS) 含量，單位為 Brix°。
6. 酸度：取 5 ml 果汁，加入 40 ml 去離子水，以 0.1 N 之 NaOH 標準液滴定至 pH = 8.1-8.2，以滴定量計算檸檬酸含量，以%表示之。計算公式如下：
$$T(\%) = F \times 0.1 \times V \times B \div W \times 100$$

T = 可滴定酸含量
F = 0.1N 之 NaOH 校正值
V = 標準 0.1N 之 NaOH 的滴定使用量(ml)
W = 樣本體積
7. 糖酸比：以總可溶性固形物/可滴定酸含量計算而得。
8. 水浸狀發生率：將果實縱切分為兩半，觀察其縱剖面果肉不含果心處，是否有發生水浸狀，有發生計為 1，無發生計為 0。
9. 水浸狀嚴重程度：即水浸狀面積比率，以透明塑膠片貼附於縱切成半之果實上，畫出果實縱切面 (不包含果心) 水浸狀分佈面積，以電腦軟體 Sketch up 計算水浸狀面積比例 (圖 3.)。

四、統計分析及繪圖：

試驗數據以 SAS (Statistic Analysis system)套裝軟體，進行最小顯著差異性分析 (Least significant difference, LSD)，分析各處理間是否有顯著性差異 (P=0.05)，並進行變方分析 (ANOVA)，以 Sigmaplot8.0 (SPSS Inc., USA)繪圖



第四章 結果

Chapter 4. Results

4.1 套袋及覆蓋對 8 月底採收之夏果鳳梨果皮轉色之影響 (屏東枋寮地區)

一、套袋及覆蓋對果實周圍溫度及果肉溫度之影響

套袋或是覆蓋改變果實周圍溫度，透明塑膠袋於白天有最高之升溫效果，其次為對照組、遮陰網，反光布套袋者雖可降低白天溫度，但袋內溫度於夜晚則高於氣溫。恆春氣象站測得屏南地區 8 月及 9 月上旬均溫約 27~29°C (附錄 1)，於 9 月 11 日晴朗天氣下測量袋溫(圖 4)：一天中最高溫出現在上午 11 時，此時田間溫度為 39°C、透明塑膠袋 41°C、60%遮陰網和對照組皆為 39°C、反光布為 36.5°C。透明塑膠袋套袋者於上午 7 時起有升溫效果，至夜晚 11 時仍較氣溫高，上午 9 時有最高升溫約 4.5°C；60%遮陰網和對照組於上午 7 時至下午 4 時有升溫效果，12 時至下午 1 時有最高升溫 2.5°C，兩者皆於下午 5 時後，漸與氣溫同；反光布套袋有降溫效果，於上午 8 至 11 時，可降低 1~1.5°C，但傍晚後袋內熱度不易散失，其袋溫於晚上 6~11 時較氣溫高約 1~2°C。套袋期間正值颱風季節，降雨使套袋無升降溫之效果，特別為 8 月底及 9 月初降雨天數多 (附錄 1)，惜未測得套袋期間所有累積溫度，但晴朗天氣時，套袋及覆蓋對果實周圍溫度之影響大致如上所述有相同趨勢。

屏東地區夏季無颱風時，常有午後雷陣雨，8 月 3 日進行果肉溫度測量當日為典型例子，各組於下午 3 時達最高溫，由高至低依序為透明塑膠袋套袋 40.5°C、

60%遮陰網 39.5°C、對照組 38.5°C、反光布 36.0°C(圖 5)，之後發生降雨，使果溫迅速下降。透明塑膠袋套袋者上午無明顯提升果溫之效果，直至下午 1 時，才較對照組高 1°C，下午 3 時後之降雨，使對照組果肉迅速降溫，因此下午 3 時至 7 時，透明塑膠袋套袋之果溫可較對照組高約 2~4.5°C；60%遮陰網之果溫，於上午 9 時至下午 1 時，可較對照組降低約 1°C之果溫，其餘時間果溫與對照組接近；反光布處理者於上午 8 時至下午 3 時，可較對照組降低約 2.5~5°C，但傍晚 5~7 時，果溫反較對照組高約 2°C。

二、套袋及覆蓋對果皮轉色之影響

8 月 2 日進行套袋處理，反光布套袋之果實，於套袋處理後 27 天(8 月 28 日)開始有果實達向陽面全轉黃之採收標準，處理後 31 天(9 月 1 日)有 50%果實達此標準，而塑膠袋、60%遮陰網和不套袋者於處理後 34~35 天 (9 月 4 日、9 月 5 日)才有 50%果實達此標準，較反光布處理者晚 3~4 天 (圖 6)。

4.2 套袋與氮肥對 4 月初採收之春果鳳梨果皮轉黃及果肉水浸狀之影響 (屏東高樹地區)

一、試驗材料和土壤的一致性

試驗前調查各組植株 D-leaf 長度，長度皆在 73.8 至 75.7 公分之間，各組沒有顯著差異。土壤氮含量約為 780 ppm ~ 1000 ppm 之間，植株 D-leaf 氮濃度約在 0.65%~0.80% (表 1)，顯示各區塊土壤和植株均無差異。施肥後植株 D-leaf 之氮濃度較未施肥者高，但未達顯著差異。

二、春季不同套袋材質對果實周圍溫度及果肉溫度之影響

圖 8~10 為套袋至採收 (3/8~4/28)高雄農改場氣象站測得屏北地區每日溫度變化，和田間溫度記錄器測量數日(3/28~4/5)各處理之果實周圍溫度變化之對照比較，可發現即使在陰天低溫 (3/28)或晴朗高溫 (4/2)的日子，各處理之升降溫趨勢皆相同。套袋改變果實周邊氣溫，黑色塑膠袋套袋於白天有最快及最高之升溫效果，其次為透明塑膠袋套袋，兩者至夜晚溫度仍高於氣溫；對照組於白天可以略為升溫，傍晚溫度和田間溫度相同；反光布套袋於白天可以略微降溫，但夜晚袋內溫度則高於氣溫。溫度之變化趨勢隨著一天的日出、日落而呈現峰形之變化，一天中之最低溫約出現在凌晨 5 時。

3 月份天氣冷涼，陰天時數多，氣象站測得屏北地區月均溫為 21.3°C (附錄 2)，田間一日最高溫介於 25~30°C，近果實即將採收之 3 月底和 4 月初仍有數波寒流，田間日最高溫甚至低於 25°C，塑膠袋套袋之升溫未能達到如同夏季般之高溫，於 3 月 28 日天氣陰且微降雨下測量 (圖 11)：最高溫出現在下午 3 時但僅黑色塑膠袋套袋者超過 30°C 為 32.4°C，此時透明塑膠袋套袋者為 27.8°C、銀色反光套袋者 24.3°C、對照組 26.0°C、田間溫度 24.5°C，遠小於夏日之高溫。黑色塑膠袋於上午 11 時起有升溫效果，至晚上 11 時仍較氣溫高，升溫效果為各處理中最高且最快；透明塑膠袋則於中午 12 時起有升溫效果，並維持至晚上 11 時；反光布套袋組略低於田間溫度，但袋內熱度不易散失，於夜晚 10 時、11 時，袋溫較氣溫高約 1~1.5°C；對照組與田間溫度接近。田間日積溫為 407.5°C 時，各處理日積溫為黑色塑膠袋 445.9°C、透明塑膠袋 433.4°C、銀色反光布 412.1°C、不套袋 403.3°C。

4 月份天氣回暖且少雨，屏北地區月均溫為 24.5°C (附錄 2)，田間一日最高溫可達 30°C~36°C，各處理果實周邊溫度也顯著提高，於 4 月 2 日天氣晴朗下測得 (圖

12)：最高溫出現在上午 12 時，分別為黑色塑膠袋套袋 41.7℃，透明塑膠套袋為 38.2℃、銀色反光布為 33.5℃、對照組 36.1℃、田間溫度 35℃。黑色塑膠袋及透明塑膠袋於上午 8 時起有升溫效果，夜晚 11 時仍較氣溫高，黑色塑膠套袋於下午 3 時有最高升溫約 7℃，而透明塑膠袋最高升溫約 5℃；銀色反光布於上午 8 至 12 時有降溫效果，最多可降低 3℃，下午 3 時至晚上 11 時，溫度較氣溫高 1~2.5℃；對照組於正午 12 時至下午 5 時，果實周邊溫度約較氣溫高 1℃，之後隨日落漸與氣溫同。田間日積溫為 572.9℃時，黑色塑膠袋為 627.2℃、透明塑膠袋為 620.9℃、銀色反光布為 582.3℃、不套袋組 581.5℃。3~4 月套袋期間測得溫度記錄，黑色塑膠袋套袋最高溫 32.4~44.2℃、透明塑膠袋 27.9~38.8℃、銀色反光布 24.4~34.7℃、不套袋 26~36.1℃、田間溫度 24.5~34.7℃ (圖 8)。

於 4 月 10 號天氣晴朗下量測果肉溫度 (圖 13)，上午 11 時各處理之果溫達到甚或超過 30℃，於 12 至 15 時有最高果溫，由高至低依序為黑色塑膠袋 35.1℃、對照組 34.5℃、透明塑膠袋 34.1℃、反光布 32.6℃。黑色塑膠袋套袋者於上午 11 時至下午 4 時較對照組之果溫有升溫效果約近 1℃；透明塑膠套袋組之果溫和對照組接近，於下午 5 時，才較對照組之果溫高約 1.3℃；反光布套袋組上午 8 時至下午 4 時，果溫較對照組低約 1~2℃。

三、不同套袋材質及氮肥對春果鳳梨採收期及採收率和果實品質之影響

2011 年 3 月 8 日進行套袋處理，3 週後 (3 月 29 日)觀察黑色塑膠袋套袋和銀色反光布套袋之果實，其果目間之果溝開始轉為草綠色，而透明塑膠袋套袋和對照組果皮仍維持深綠色 (圖 14.)，可能遮光影響果實果溝顏色表現。果實達向陽面全轉黃時，可見遮光套袋之果溝較綠，而透明塑膠袋及對照組果溝則較黃 (圖 15.)。

春果於2011年4月9日開始採收，透明塑膠袋套袋組(8N-TP)及對照組(0N-CK)分別於套袋處理後40及41天(4月15日、16日)有50%果實達向陽面全轉黃之採收標準，銀色反光布(8N-S)和黑色塑膠袋(8N-BP)則在43天(4月18日)才達50%採收率，不套袋(8N-Non)則在46天達到此標準(4月21日)如圖16。施氮肥有延遲春果轉色之效果，花後每株給予8公克氮肥較不施氮者延遲採收4~5天。相同施氮肥條件下，各套袋處理皆有使果皮提早轉色之效果，透明塑膠袋較不套袋組(8N-Non)早5~6天，黑色塑膠袋和反光布則較不套袋組早2~3天採收。

各處理之果重在1.35~1.45公斤之間、比重約0.95、肉聲果比率接近0，以上外部特性量測皆無顯著差異(表2)。採收標準為向陽面果皮達全轉黃之條件下，各處理水浸狀發生率為50~75%，果肉縱切面之水浸狀面積之比率僅約5~8%，水浸狀發生率及面積比率，各處理間並無顯著差異，施氮肥與否和不同套袋並未影響春果水浸狀之發生。套袋升溫者之果實，可溶性固形物較低，降溫處理者，果實可滴定酸含量較高。黑色和透明塑膠袋之果實其可溶性固形物僅15.1°Brix和15.2°Brix，較其他處理之16°Brix左右低，具顯著性差異；反光套袋之果實，可滴定酸含量達0.52%，較其他處理皆小於0.50%為高，但差異未達顯著性水準；糖酸比以8N不套袋組最高(36.5)，反光布套袋者僅30顯著較低(表3)。

4.3 套袋與氮肥對5月底採收之夏果鳳梨果皮轉黃及果肉水浸狀之影響(屏東高樹地區)

一、試驗材料和土壤的一致性

試驗前調查各組植株D-leaf長度，長度皆在77.8至80.2公分之間(圖17)，各組沒有顯著差異。土壤氮含量約為720 ppm~1000 ppm之間，植株D-leaf氮濃

度約在 0.65%~0.72% (表 4)。顯示各區塊土壤和植株均無差異。施肥後植株 D-leaf 之氮濃度較未施肥者高，但未達顯著差異。

二、夏季不同套袋材質對果實周圍溫度及果肉溫度之影響

1. 5~6 月夏季高溫測得之袋溫和果溫變化

圖 18~20 為套袋至採收 (5/7~6/12) 高雄農改場氣象站測得屏北地區每日溫度變化，和溫度記錄器測量數日 (5/9~6/9) 各處理果實周圍溫度變化作比較，夏季各處理溫度較高，但仍和春季有相似之趨勢。5、6 月進入夏季，屏北地區月均溫約 27~30°C (附錄 3)，田間 1 日最高溫可達近 43°C，於 6 月 4 日天氣晴朗下測量果實周圍溫度 (圖 21)：黑色塑膠袋和透明塑膠袋溫於上午 10 時至下午 5 時有 8 小時溫度達 40~45°C，此兩種套袋處理皆於下午 3 時達最高溫 45.4°C；對照組達 40°C 以上之時數為 11 至下午 4 時，共 6 小時，最高溫為 43.4°C；反光布於僅下午 1 到 3 時共 3 小時溫度達 40°C 以上，其最高溫則與田間接近約 41°C 左右，較其他處理低約 3~4°C。白天測量之袋溫結果，黑色塑膠袋有最快及最高之升溫效果，透明塑膠袋及對照組之升溫趨勢約較黑色塑膠套袋晚 1 小時，反光布處理者降溫效果不明顯。黑色塑膠袋套袋者於上午 7 時起有升溫效果，至晚上 11 時仍較氣溫高，上午 10 時有最高升溫 6°C；透明塑膠袋套袋者於上午 9 時起有升溫效果，至晚上 11 時仍較氣溫高，下午 4 時有最高升溫 4.5°C；反光布處理，大多時間與田間溫度接近，無顯著降溫效果，於傍晚 6 時起至 10 時，袋溫較氣溫高 1~1.5°C；對照組於上午 8 時至下午 5 時有升溫效果，上午 11 時有最高升溫 2.7°C，傍晚 6 時以後，與田間溫度接近雷同。田間日積溫為 780.4°C 時，黑色塑膠袋為 773°C、透明塑膠袋為 730.5°C、銀色反光布為 743°C、不套袋組 721.2°C。套袋期間適逢雨季，降雨使套袋無升降溫之效果，於 5 月 20 日雨天測得，各處理溫度近於田間溫度 (圖 22)。5~6 月套袋期間，黑色塑膠袋套袋最高溫 32.9°C~49.5°C、透明塑膠袋 32°C~46.6°C、

銀色反光布 31.3°C~45.2°C、不套袋 31°C~46.5°C、田間氣溫 29.9~42.5°C。溫度未達 40°C 以上之天數則為：黑色塑膠袋 9 天、透明塑膠袋 10 天、銀色反光布 23 天、不套袋 16 天、田間氣溫則有 25 天小於 40°C (圖 18)。

於 6 月 14 日天氣晴朗下量測果溫 (圖 23)：果溫最高均達 40°C 以上，反光套袋達 40°C 以上時間為下午 1~5 時僅 4 小時，另 3 種處理果溫 40°C 以上之時數逾 6 小時，對照組和透明塑膠套果溫最高達 46.5°C，黑色塑膠袋為 45.5°C，反光布則為 42.5°C。黑色塑膠套袋和透明塑膠袋套袋於白天無升高果溫之效果；反光布套袋可降低果溫，最多可較對照組降低 5°C。三種套袋夜晚之果溫皆較對照組為高，黑色塑膠袋和透明塑膠袋於傍晚 5~11 時，果溫較對照組處理者高約 1~1.5°C；反光套袋晚上 11 時，果溫較對照組高約 0.5°C。

三、不同套袋材質及氮肥對夏果鳳梨採收期及採收率和果實品質之影響

夏果於 2011 年 5 月 7 日開始套袋，採收標準為果皮達向陽面全轉黃，對照組 (0N-CK) 和銀色反光布 (8N-S) 於套袋處理後 23 天 (5 月 29 日) 開始採收，黑色塑膠袋 (8N-BP) 於處理後 24 天 (5 月 30 日) 開始採收，而透明塑膠袋 (8N-TP) 及不套袋組 (8N-Non) 分別於 25 天 (5 月 31 日)、26 天 (6 月 1 日) 開始採收。對照組和反光布套袋處理，皆於處理後 29 天 (6 月 4 日) 有 50% 果實達半轉黃採收標準，黑色塑膠套袋處理則於處理後 30 天 (6 月 5 日) 達此標準，透明塑膠套袋為 31 天 (6 月 6 日)，不套袋處理 (8N-Non) 為 32 天 (6 月 7 日) 達到 (圖 24)。施氮肥有延遲夏果鳳梨轉色之效果，催花後施 8 克/株氮肥較未施氮肥者延遲果皮轉黃約 3 天。相同施氮肥條件下，銀色反光布和黑色塑膠袋處理者果皮較早轉色，較透明塑膠袋早 1~2 天，較不套袋者早 2~3 天採收。透明塑膠袋之果實，有部分果皮發生日燒或是轉色不良，發現燒傷處果皮以下果肉甚至向陽面之果心亦有水浸狀的發生 (圖 25)。

採收成熟度皆定為向陽面果皮全轉黃之條件下，各處理之果重在 1.52~1.62 公斤之間、比重約 0.99、肉聲果比率 30~50%之間，上述外部特徵皆未有顯著差異 (表 5)，催花後施氮未能增加夏果果重。催花後不施氮之處理和反光套袋處理之水浸狀發生率為 86.7%和 85.0%，黑色塑膠袋、透明塑膠套袋組和不套袋組之發生率分別為 93.3%、100%和 98.5%；水浸狀面積比率嚴重程度依序為黑色塑膠袋 34.6%、不套袋 33.3%、透明塑膠袋 32.3%、對照組 26.2%、反光套袋 25.7% (表 6)，夏果催花後施氮提高水浸狀之發生率和嚴重程度，反光布套袋可以顯著降低水浸狀的發生率和嚴重程度。

果實品質方面，可溶性固形物以催花後未施氮者最高，為 16.9°Brix，其次為施氮之反光套袋處理的 16.2°Brix，其他各處理皆小於 16°Brix 顯著低於對照組；可滴定酸含量以反光布套袋之 0.38%顯著高於其他各處理之 0.32%~0.27%，其糖酸比為 43.2 則顯著較其他處理之 48~57 低。透明塑膠套袋和黑色塑膠套袋之果實，水浸狀較嚴重，因此其糖度和酸度也較低。

第五章 討論

Chapter 5. Discussion

5.1 施氮肥、套袋及覆蓋對鳳梨果皮轉色之影響

施氮延遲果皮轉黃，催花後每株施加 8 公克氮肥延遲鳳梨春果及夏果果皮轉黃，而延後採收約 4~5 天。Su (1969) 指出隨著氮肥的施用量增加，每株鳳梨給予 16 公克之氮較每株給予 4 公克之氮肥晚 7 天採收。鳳梨之轉色主要為葉綠素降解之去青作用 (Gortner, 1965)，而氮素可能會抑制葉綠素之降解，且又可作為葉綠素合成之原料，因此少施氮可有效減緩果皮延遲轉色情形之發生 (Huff, 1983; Iglesias et al., 2001)。柑桔之轉色，和葉綠素之降解有關，開花期後 189~231 天對植株上之寬皮柑施以硝酸鹽 25mM，每 3 天噴灑 1 次，經此處理之寬皮柑葉綠素降解較慢且類胡蘿蔔素之合成亦較少，而使果皮延遲轉色 (Alós et al., 2006)。和施氮延遲鳳梨轉色有類似之結果。

套袋改變果實周邊透光率，對果實遮光 90%以上促進果皮轉色。春果和夏果之反光布套袋和黑色塑膠袋套袋處理較不套袋早採收約 3 天，但兩者一為升溫效果，另一則為降溫效果，顯示遮光可能為促進果皮轉色之主要因子。另夏季以黑色塑膠袋套袋和透明塑膠袋套袋，兩者有相似之升溫效果，但黑色塑膠袋套袋卻較早採收，顯示遮光的確促進果皮轉色。前人研究發現遮光套袋可以減少果皮葉綠素合成和(或)促進果皮葉綠素降解，使其他色素之顏色顯現，因而 15%透光率之套袋使‘Hakuho’ 桃子提早 2~5 天採收(Jia et al., 2005)，遮光套袋亦可使紅柿柑“Hong shigan” citrus 提早轉色 (陶等, 2003)，與試驗結果相符。

套袋改變果實周邊溫度，春季適當提升果實周邊溫度有利於轉色；夏季田間高溫 35°C 以上甚至逾 40°C，不利於果皮轉色。透明塑膠袋處理之果實為春果中最早採收，較不套袋組早 6 天，但於夏季則較反光布套袋和黑色塑膠袋晚 1~2 天，僅比不套袋組早採收 1 天，顯示春季之升溫有利轉色效應在夏季並未顯現，可能是春季溫度較低時，適當之升溫較遮光更有利於葉綠素降解，夏季袋溫較春季高達 10~20°C 可能已不利葉綠素降解，而延遲果皮轉色，夏季採收之鳳梨推測皆有此情形發生。春季黑色塑膠袋袋溫較反光布套袋高約 8~10°C，接近夏季透明塑膠袋套袋之高溫，又遮光有減少葉綠素合成及促進葉綠素降解之效果，但此二處理卻較透明塑膠袋套袋晚 3 天採收，顯示兩者一升溫一降溫可能較透明塑膠袋處理之袋溫不利於葉綠素降解而延遲果皮轉色。夏季銀色反光布套袋較黑色塑膠袋有較低之袋溫，且 40°C 以上高溫累計時數及天數都較少，但兩者同為各套袋處理中最早採收，顯示反光布套袋之降溫效果可能仍不足以促進轉色，使其較黑色塑膠袋處理早採收。鳳梨之轉色主要來自葉綠素之降解，而使原有類胡蘿蔔素呈色，稱為去青作用 (Gortner, 1965)，類似於香蕉，鮮食香蕉(Banana, Musa AAA Group) 在 20~24°C 催熟葉綠素降解速率最快，超過或低於此範圍速度漸減，達 34.7°C 時，即使有乙烯催熟，仍未能轉色(Seymour, 1987)，鳳梨可能也有 1 個適合葉綠素降解之溫度範圍。

催花後施氮肥可能增加果皮葉綠素合成及不利其降解，而延遲春季及夏季鳳梨果皮轉色，此效應不受季節溫度差異而影響其效果。遮光可能減少果皮葉綠素合成和促進葉綠素降解，而使果皮提前轉色；溫度影響果皮葉綠素降解，推測有一適合鳳梨果皮葉綠素降解之溫度範圍，適合之溫度可能會較遮光更具促進果皮轉色之效益。氮肥、光照和溫度會影響果皮轉色，因而使其未能完全準確反應果肉之成熟度。2011 年春果鳳梨成長時期，田間最高溫度很少超過 35°C，果皮之轉色較能符合其果肉成熟度；夏果逾 40°C 之高溫延遲果皮轉色，所以未能充分反映

果肉成熟度，因而多於果皮剛轉黃及採收。

5.2 施氮肥、套袋及覆蓋對鳳梨水浸狀之影響

催花後施氮顯著提升夏果水浸狀發生率。Su (1969)發現隨著氮肥施用量由 0 公克/株提升到 24 公克/株，肉聲果比率由 1.3%增加至 51.1%，水浸狀變嚴重。吳 (2012)的鳳梨催花後施氮肥試驗亦有相同結果。水浸狀和成熟度有關，成熟度越高，水浸狀嚴重程度上升 (Singleton. 1965; Chen and Paull., 2001; 吳, 2012)，因此施氮造成水浸狀之發生率和嚴重程度上升，可能和氮肥延遲果皮轉色而過遲採收，果實內部已發生水浸狀。另氮肥造成果肉水浸狀發生率及嚴重程度上升僅於夏果有此效應，顯示夏季高溫可能為另一影響因子。Py 等人 (1987)指出過多氮肥造成鳳梨果實易發生水浸狀，青皮黃之果實會因氣候影響而發生率大幅上升，此天候條件可能即為高溫。

本試驗春果、夏果催花後施加氮肥對果重並未有顯著之影響，Asoegwu (1987)指出旱季施用氮肥需配合灌溉才有增產之效果，本試驗施氮時為 1~3 月，此時降雨不足，可能因此影響施用氮肥欲達增產之效果。另氮肥施用需適時並配合植株生長期，催花後才施加氮肥本身對果重的增加效果即不明顯 (Py et al., 1987)。

降溫可以減少夏季鳳梨水浸狀之發生，反光布套袋可降低果肉溫度，較對照組顯著減少水浸狀之發生和面積比率。反光布套袋者之果溫於夏季最高達 40°C，較其他處理低約 3~5°C，果溫達 40°C 以上之時數較其他處理短約 2 小時，但反光布處理未能使水浸狀完全不發生，而春季鳳梨水浸狀面積比率相當輕微，春季各處理果溫皆未超過 35°C 可能為原因之一。Chen and Paull (2001)提到水浸狀之發生

受溫度影響，可能有一門檻值，超過則會發生水浸。蘋果水心病的病徵和鳳梨果肉水浸狀相似，水心病之發生和果實曝曬於陽光照射之下有關，採收前果溫高於35°C，使不易發生蘋果水心病之品種‘Tsugaru’發生水心病 (Yamanda et al., 1998)。

春、夏季之果實，反光套袋者酸度均顯著較高，原因可能來自反光布遮光和降低果溫，果實發育末期果溫高會使果實酸度較低 (Bartholomew and Paull, 1986; Chen and Paull, 2001)，蔡等人 (2006)發現採前3天的平均日照量越高，‘台農17號’鳳梨果實之可滴定酸含量會明顯減少。

催花後施加氮肥8公克/株鳳梨會增加夏果水浸狀之發生率，但對春果無影響，顯示氮肥影響水浸狀之發生，受氣候因子影響。夏季40°C以上之高溫使果肉溫度可達40~45°C，較春果鳳梨約35°C高出5~10°C，高溫可能為造成水浸狀之另一重要因子。另高溫和強光使果實酸度降低，而糖酸比提高。

第六章 結論

Chapter 6. Conclusion

台灣夏季高溫多雨，半轉黃以上採收之鳳梨易發生水浸狀之生理障礙，嚴重水浸狀之果實往往過熟而風味不佳，且容易因為碰撞受傷而不耐貯運。水浸狀的發生受到內部果實成熟度、外在環境及肥培管理之影響。果實成熟度多由果皮轉色作為指標，並以果實彈音作為輔助，但果皮轉色會受到季節溫度和光照及肥培管理之影響，並未能完全符合內部成熟度，若有不察，往往過遲採收而影響品質。本試驗藉由催花後施氮肥及套袋，探討氮肥、溫度和光照對鳳梨果皮轉色及果肉水浸狀之影響。

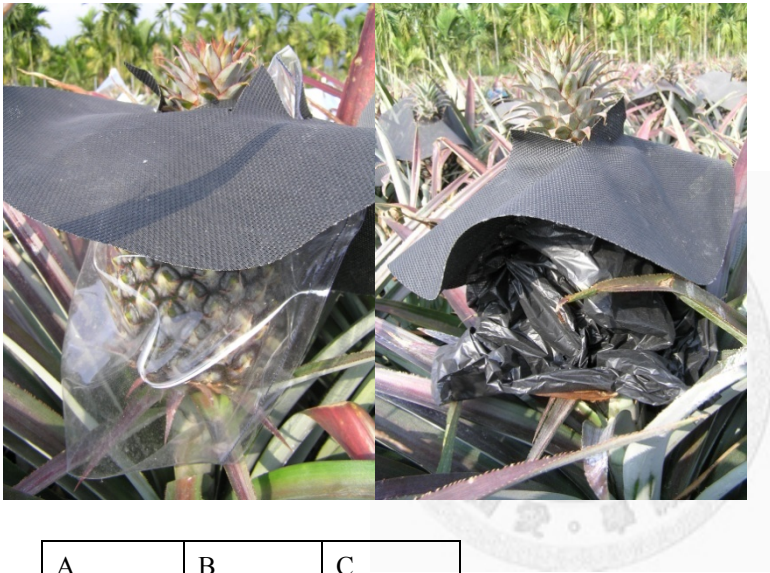
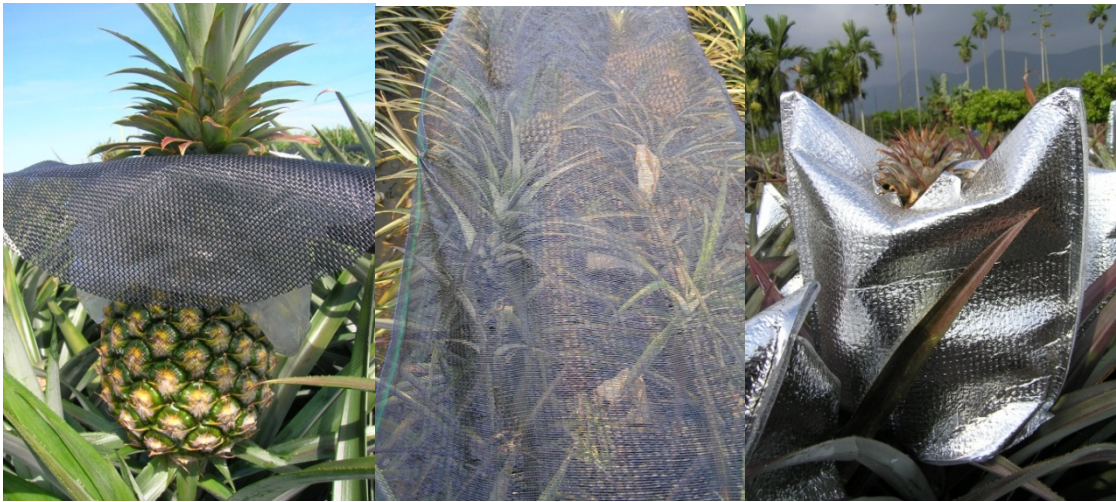
催花後施予 8 公克/株的氮肥之果實較未施氮肥者延遲轉黃，春果延遲 4~5 天，夏果延遲 3 天採收。套袋改變果實周邊透光率和溫度，對果實遮光 90% 以上促進果皮轉色，春季適當提升果實周邊溫度有利於轉色，夏季田間高溫 35°C 以上甚至逾 40°C，不利於果皮轉色。春果透明塑膠套袋者最早採收，較銀色反光布和黑色塑膠袋處理者早 2 天，較不套袋組早約 5 天；夏果則相反，銀色反光布和黑色塑膠套袋者較透明塑膠套袋者早 2 天，較不套袋組早 3 天採收。春季透明塑膠套袋者最早採收，可能春季溫度較低，造成適當升溫較遮光更能促進果皮轉色；而夏季溫度已過高，因此遮光反成為促進果皮轉色之主要因子。

果實品質方面，催花後每株施加 8 公克氮肥對春果及夏果並未有增產之效果，但造成向陽面全轉黃採收之夏果水浸狀發生率和嚴重程度上升，春果水浸狀並不嚴重，施氮與否並未造成水浸狀之差異。春季果溫測量，春季測量果溫僅黑色塑膠套袋最高可達 35°C，但夏果之果溫各處理最高皆逾 40°C，此高溫逆境可能造成果肉發生水浸狀，另田間逾 40°C 之高溫延遲夏果果皮轉黃，造成果實過遲採收而

發生水浸狀。反光布套袋降溫可減輕夏果水浸狀之生理障礙，果實並有較高之酸度。

夏季高溫延遲果皮轉黃，因此不宜逾半黃以上採收，否則內部往往已發生嚴重水浸狀，春果則轉色和成熟度相符，可以半黃以上再採收，而有最佳品質。另外建議催花後不濫施氮肥，便可減少水浸狀生理障礙之發生，而生產高品質之鳳梨。





A	B	C
D	E	

- A. 對照組, CK
- B. 60%遮陰網覆蓋植株, Plants were 60% shading.
- C. 銀色反光布套袋, Fruit was aluminum paper bagging.
- D. 透明塑膠袋套袋, Fruit was transparent PE bagging
- E. 黑色塑膠袋套袋, Fruit was black PE bagging.

圖 1. 供試‘台農 17 號’鳳梨果實之各套袋或覆蓋處理。
 Fig. 1. Different bagging or covering treatments of ‘Tainon17’ pineapple fruits.



Green

Color Break

1/3 Yellow

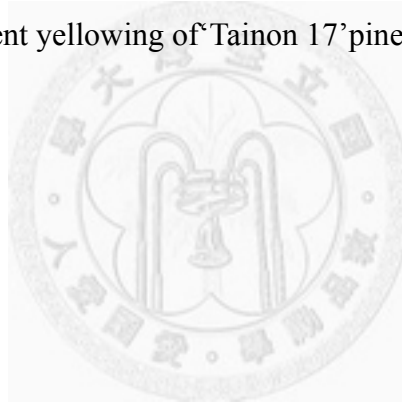
1/2 Yellow

Full Yellow

圖 2. 不同轉黃程度之‘臺農 17 號’鳳梨。

Fig 2. Appearance of different yellowing of 'Tainon 17' pineapple fruit.

Bar = 5 cm



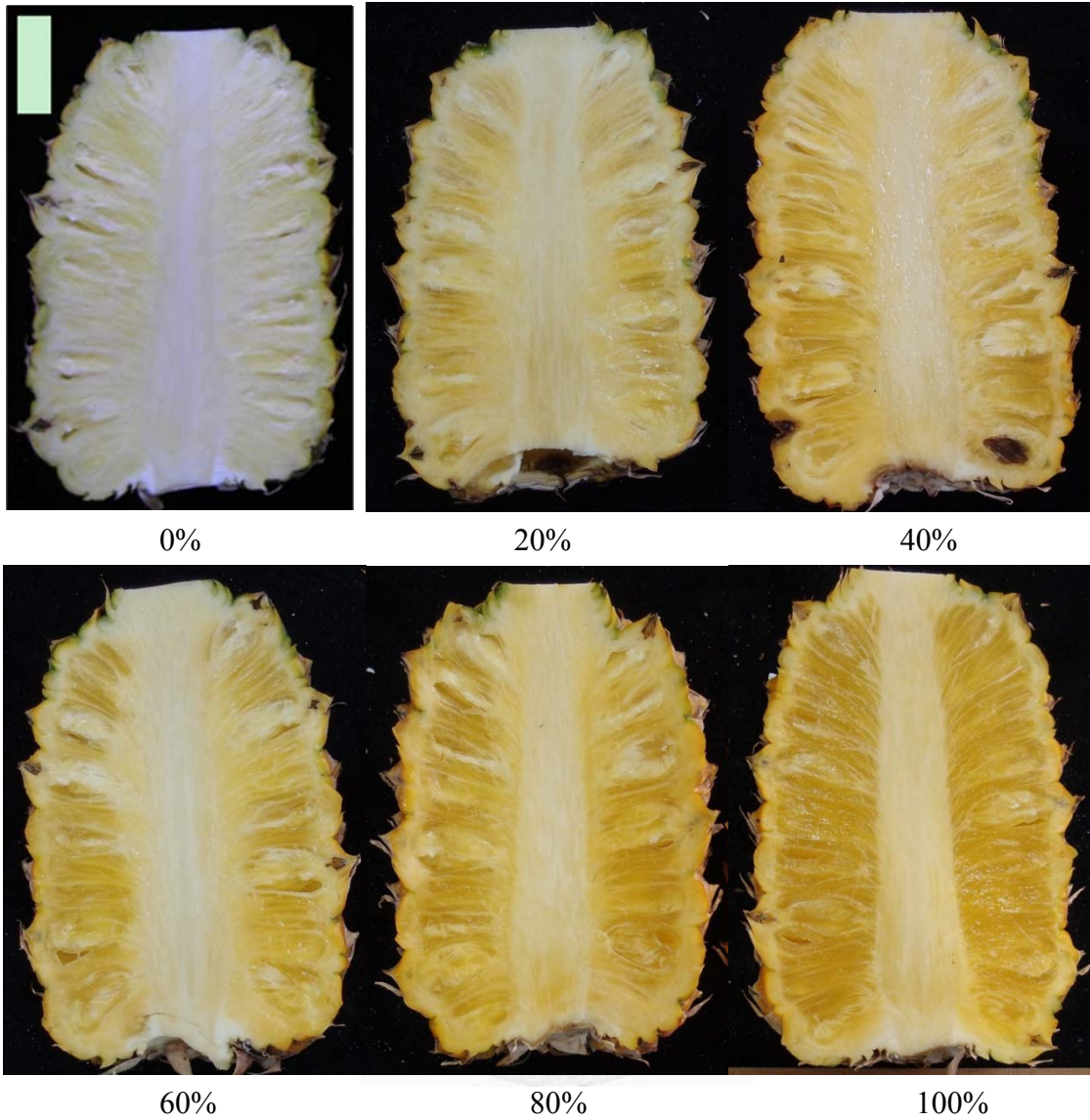


圖 3. 不同嚴重程度之水浸狀果實。

Fig. 3. Degrees of translucency severity.

Bar = 5 cm

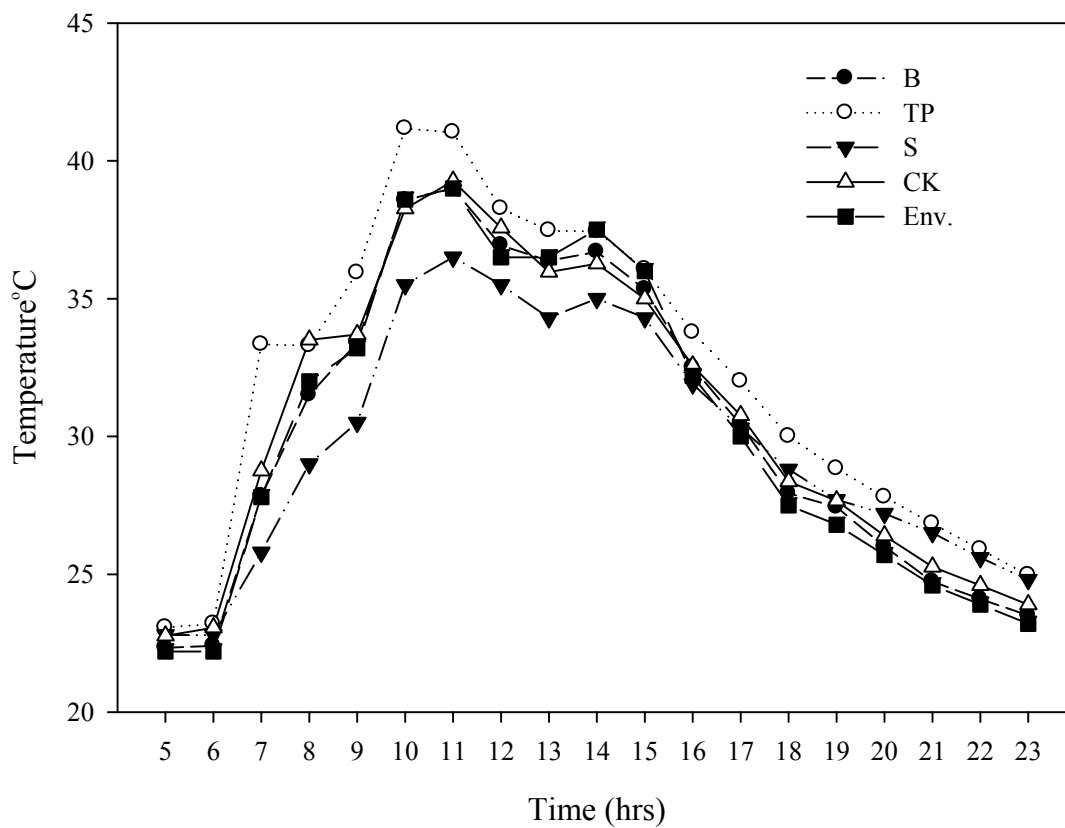


圖 4. 2010 年枋寮地區鳳梨‘台農 17 號’夏果不同套袋或覆蓋處理之果實周圍溫度 (9 月 11 日)。

Fig. 4. Daily temperature around fruits within different types of bagging or covering materials in 2010 summer harvested fruit of ‘Tainon 17’pineapple in Bing Dong, Fangliau. (9/11)

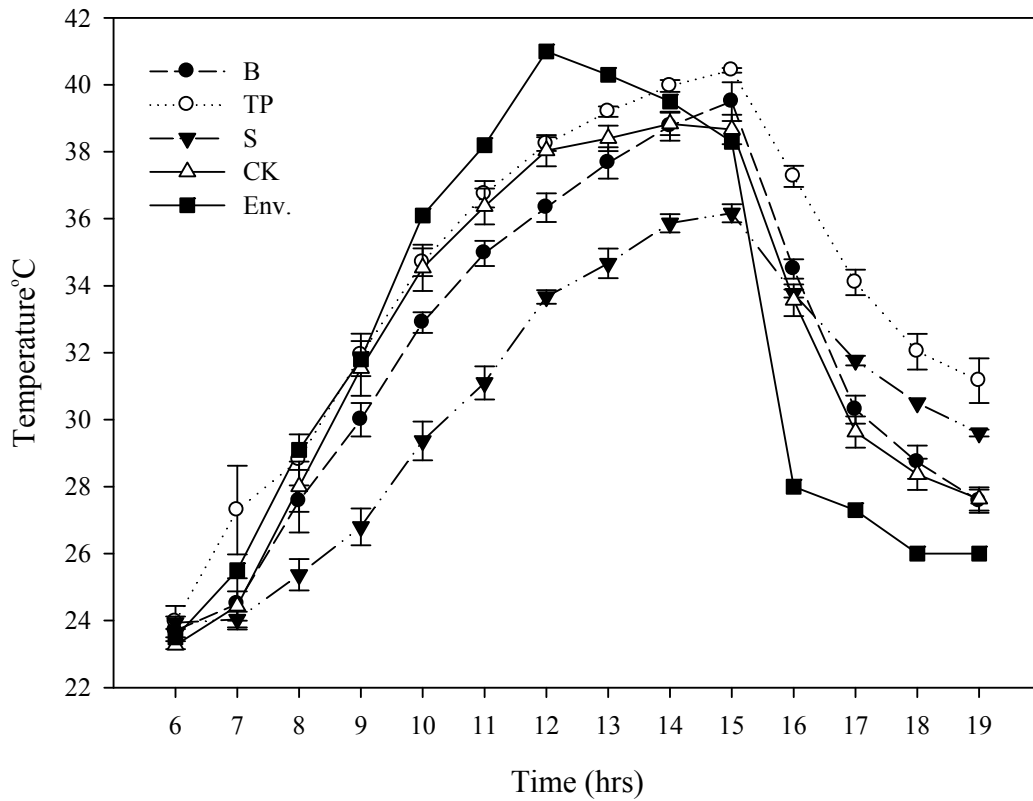


圖 5. 2010 年屏東枋寮地區鳳梨‘台農 17 號’夏果不同套袋或覆蓋處理之向陽面果溫(果皮下 2 公分深)(8 月 3 日)。

Fig. 5. Temperature profiles of pineapple fruit flesh (2 cm depth) on the exposed sides of 5 fruit within different types of bagging or covering materials and in the open air (control) in 2010 summer harvested fruit of ‘Tainon 17’ pineapple in Bing Dong, Fangliau. (8/3)

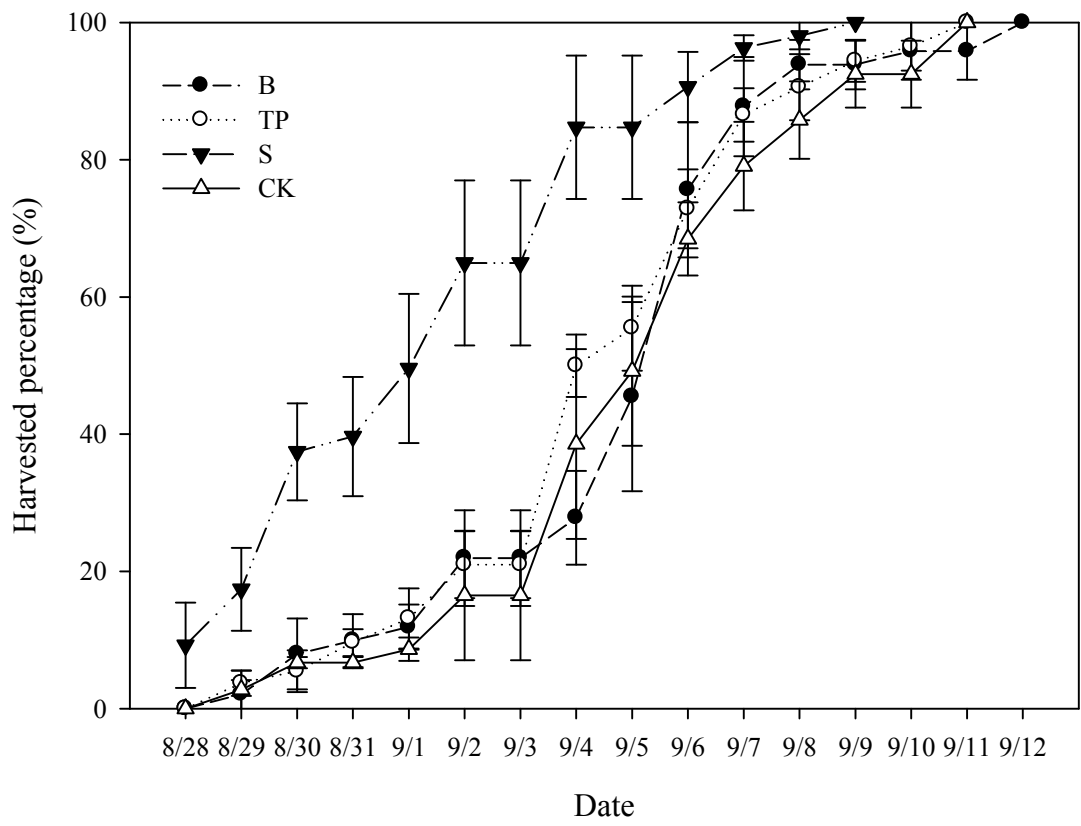


圖 6. 2010 年屏東枋寮地區不同套袋或覆蓋處理對鳳梨‘台農 17 號’夏果向陽面果皮達全黃之累積百分率比較。

Fig. 6. Accumulated percentage of full-yellowing ‘Tainon 17’ pineapple in summer on the exposed side as related to different bagging or covering materials in 2010 in Bing Dong, Fangliu.

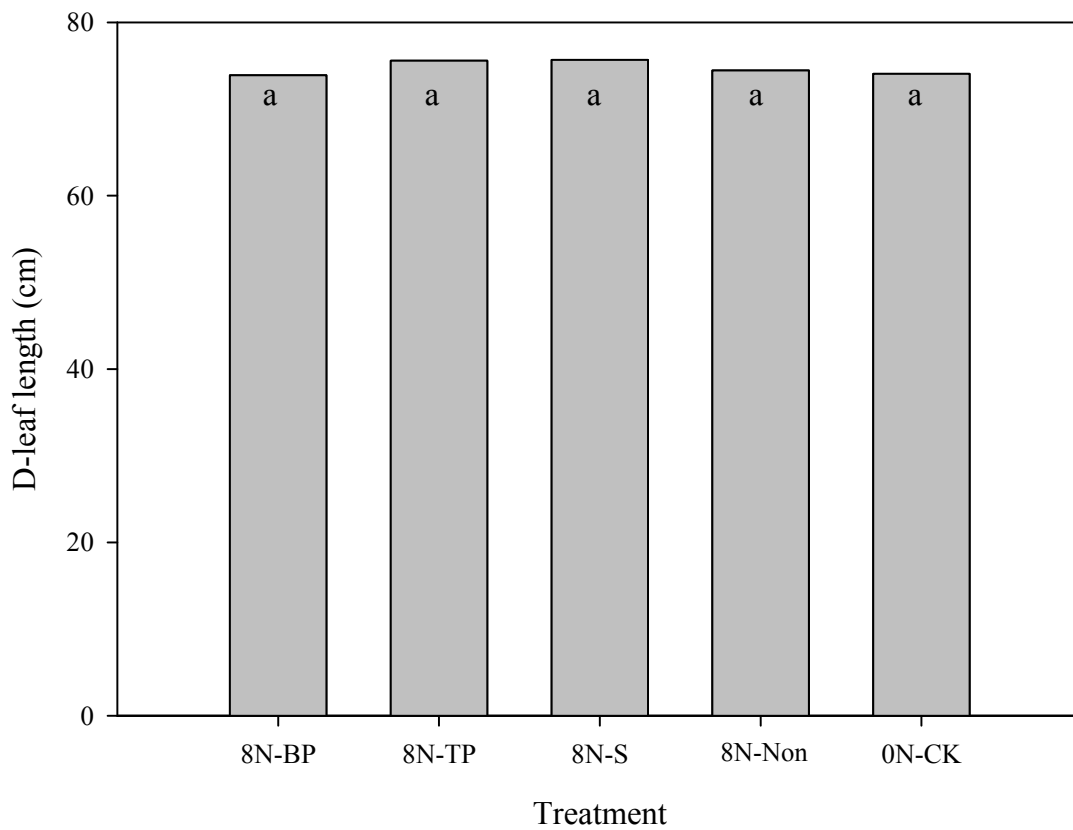


圖 7. 各處理之鳳梨‘台農 17 號’植株處理前 D-leaf 平均長度比較。2011 年 1 月 9 日於屏東高樹取樣。

Fig. 7. Compared D-leaf length of ‘Tainon 17’pineapple of before treatments. Sampling in Bing Dong, Gaoshu on Jan 17th, 2011.

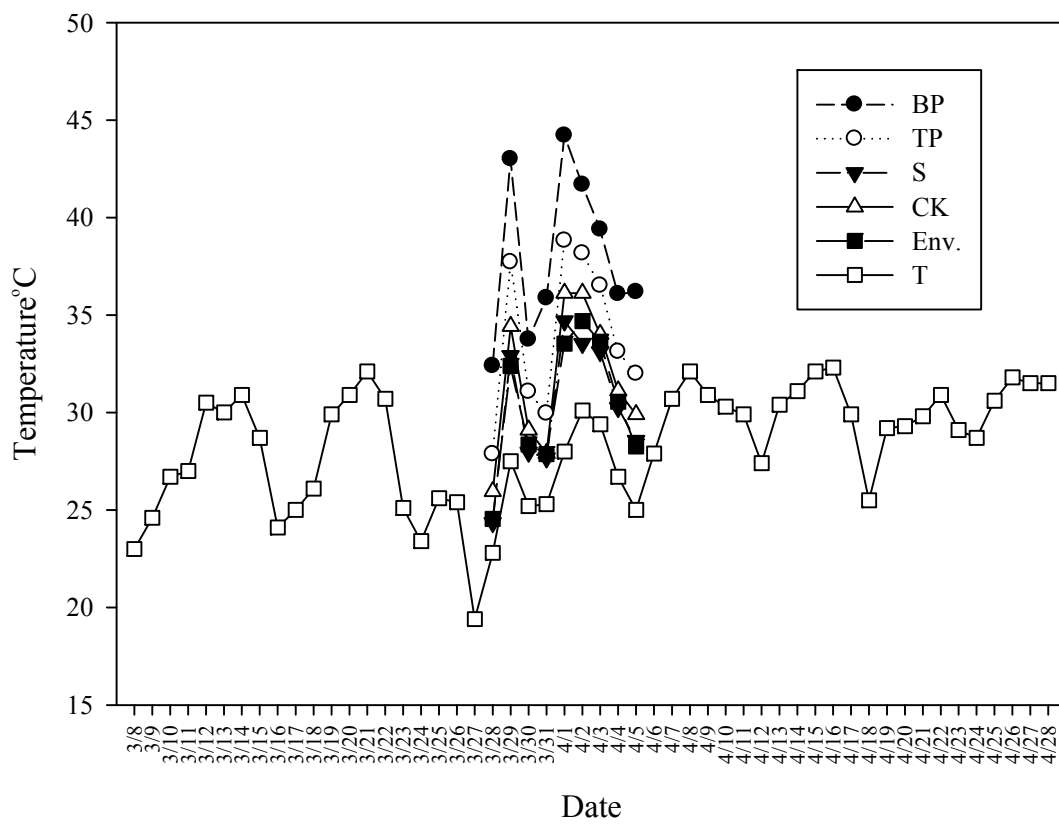


圖 8. 2011 年屏東高樹地區鳳梨‘台農 17 號’春果套袋或覆蓋期間果實周圍每日最高溫之變化。

Fig. 8. Fluctuations of daily maximum temperature around fruit during bagging or covering in 2011 spring harvested fruit of ‘Tainon 17’ pineapple in Bing Dong, Gaoshu.

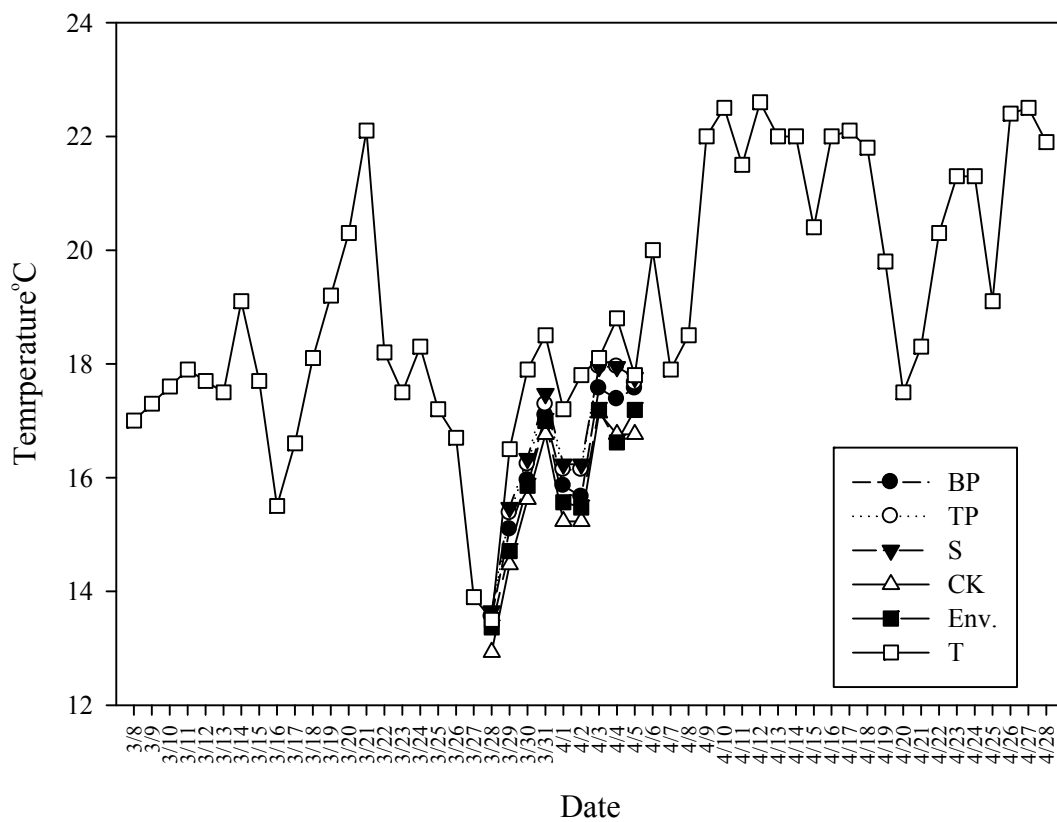


圖 9. 2011 年屏東高樹地區鳳梨‘台農 17 號’春果套袋或覆蓋期間果實周圍每日最低溫之變化。

Fig. 9. Fluctuations of daily minimum temperature around fruit during bagging or covering in 2011 spring harvested fruit of ‘Tainon 17’ pineapple in Bing Dong, Gaoshu.

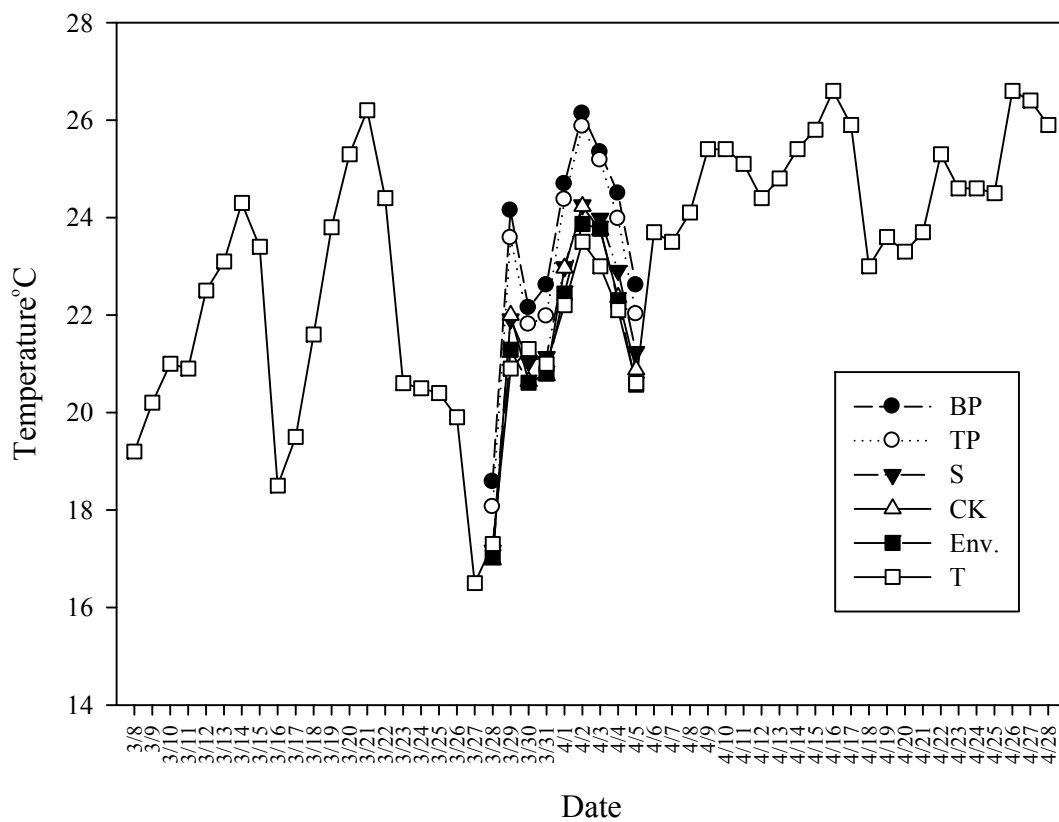


圖 10. 2011 年屏東高樹地區鳳梨‘台農 17 號’春果套袋或覆蓋期間果實周圍每日均溫之變化。

Fig. 10. Fluctuations of daily average temperature around fruit during bagging or covering in 2011 spring harvested fruit of ‘Tainon 17’ pineapple in Bing Dong, Gaoshu.

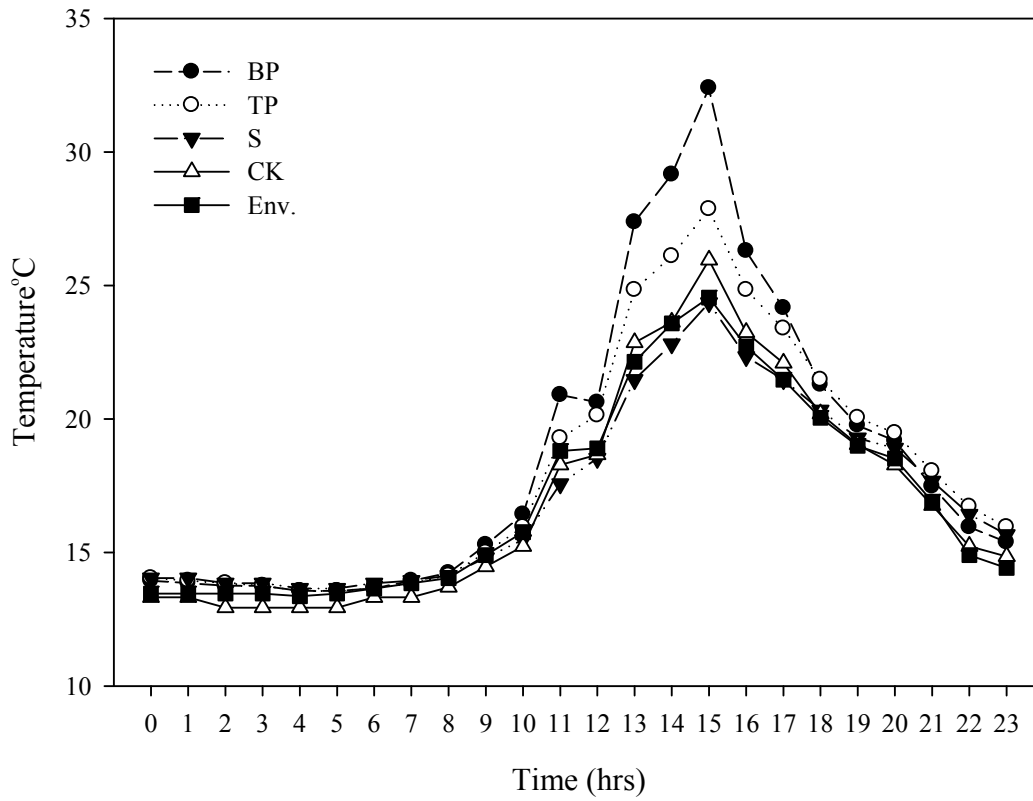


圖 11. 2011 年 3 月屏東高樹地區鳳梨‘台農 17 號’春果不同套袋或覆蓋處理之果實周圍溫度 (3 月 28 日)。

Fig. 11. Daily temperature around fruits in March within different types of bagging or covering materials in 2011 spring harvested fruit of ‘Tainon 17’ pineapple in Bing Dong, Gaoshu. (3/28)

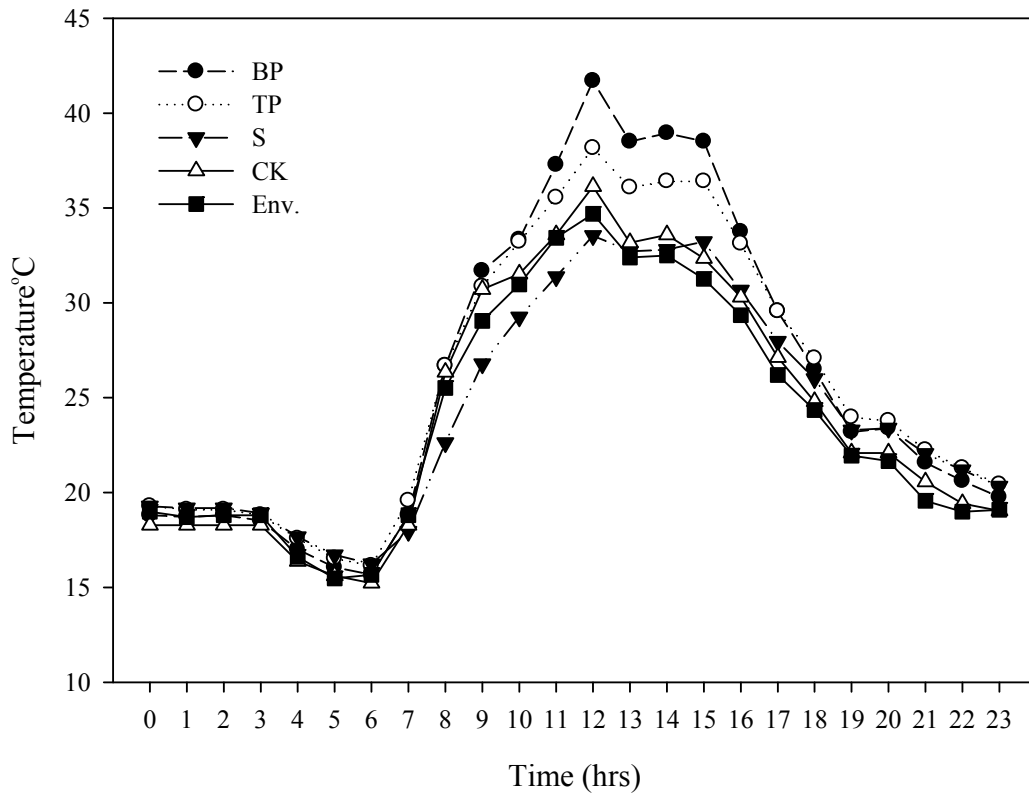


圖 12. 2011 年 4 月屏東高樹地區鳳梨‘台農 17 號’春果不同套袋或覆蓋處理之果實周圍溫度 (4 月 2 日)。

Fig. 12. Daily temperature around fruits in April within different types of bagging or covering materials in 2011 spring harvested fruit of ‘Tainon 17’ pineapple in Bing Dong, Gaoshu. (4/2)

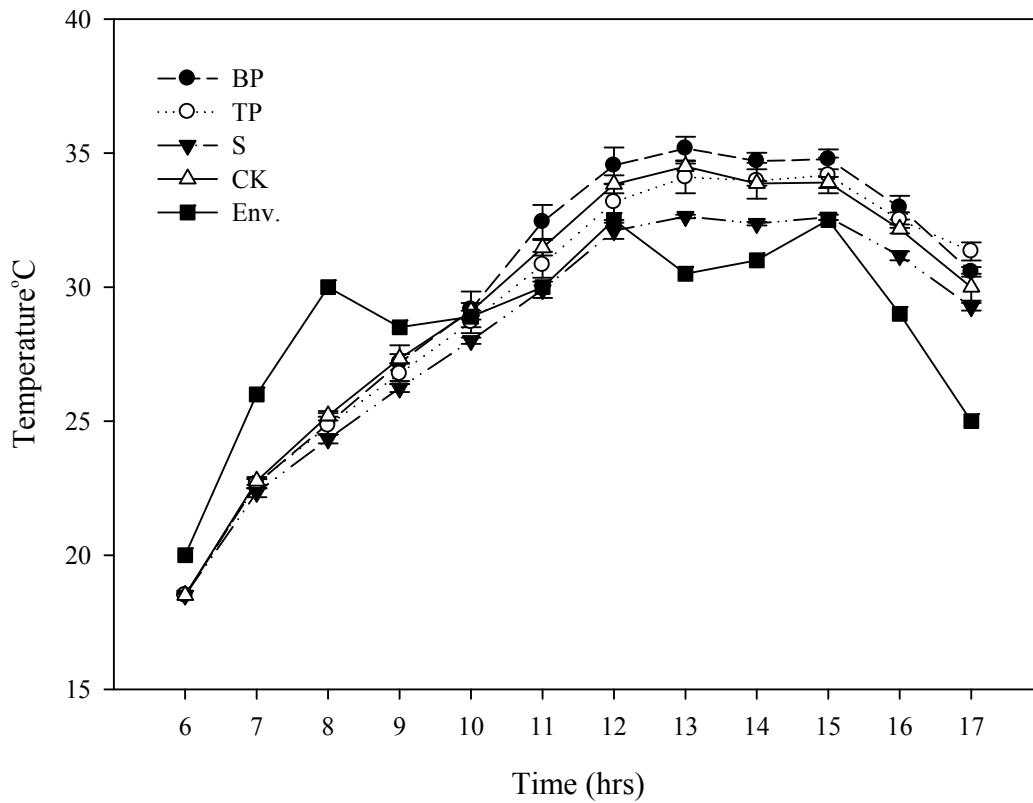


圖 13. 2011 年屏東高樹地區鳳梨‘台農 17 號’春果不同套袋或覆蓋處理之向陽面果溫(果皮下 2 公分深)(4 月 10 日)。

Fig. 13. Temperature profiles of pineapple fruit flesh (2 cm depth) on the exposed sides of fruits within different types of bagging materials and in the open air (control) in 2011 spring harvested fruit of ‘Tainon 17’ pineapple in Bing Dong, Gaoshu. (4/10)

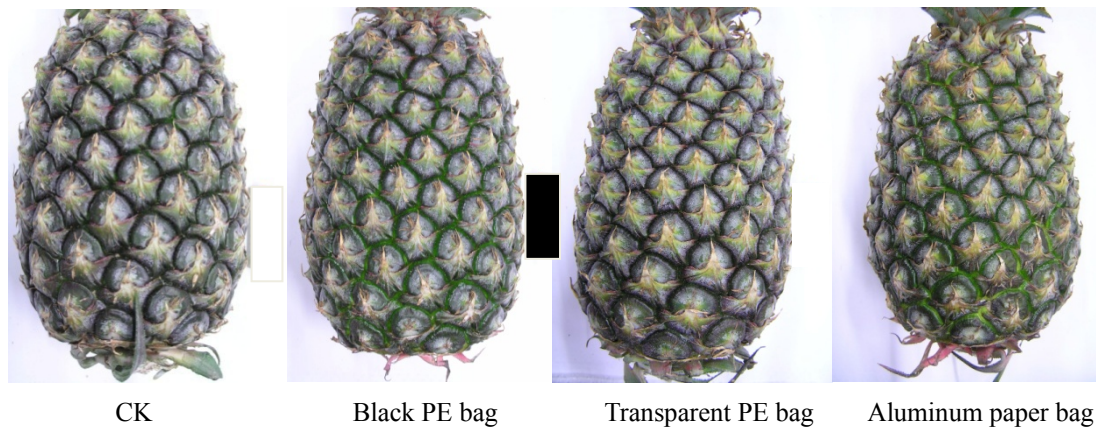


圖 14. 各套袋或覆蓋處理三週後之外觀。

Fig. 14. Appearance of 'Tainon 17' pineapple as related to different bagging materials three weeks after treatment.

Bar = 5 cm

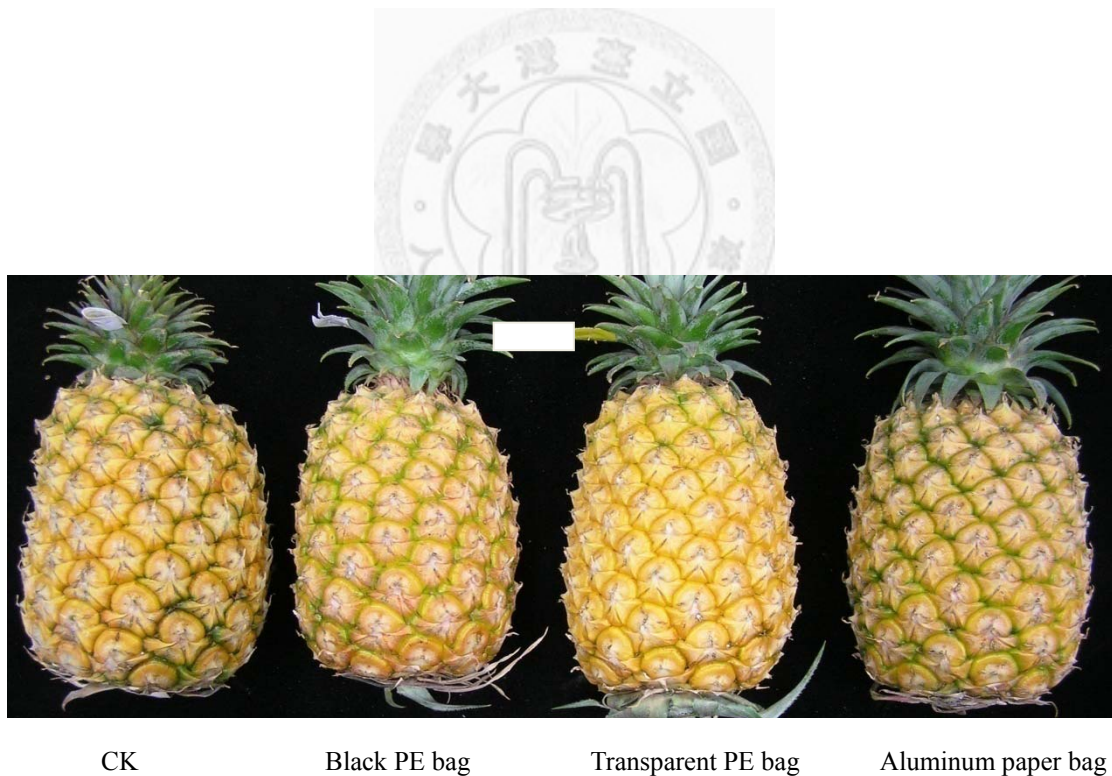


圖 15. 各處理向陽面果皮達全轉黃之外觀。

Fig.15. Appearance of full-yellowing of 'Tainon 17' pineapple on the exposed side as related to different bagging or covering materials.

Bar = 5 cm

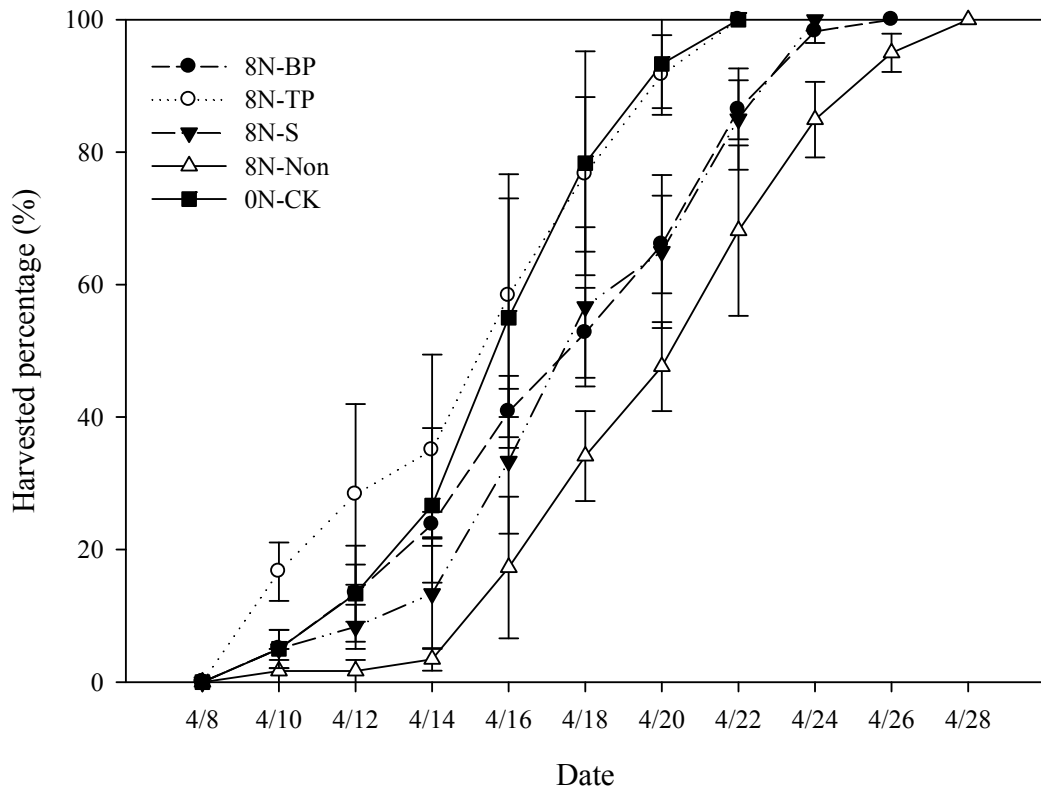


圖 16. 2011 年屏東高樹地區不同套袋或覆蓋處理對鳳梨‘臺農 17 號’春果向陽面果皮達全黃之累積百分率比較。

Fig. 16. Accumulated percentage of full-yellowing ‘Tainon 17’ pineapple in spring on the exposed side as related to different bagging or covering materials in 2011 in Bing Dong, Gaoshu.

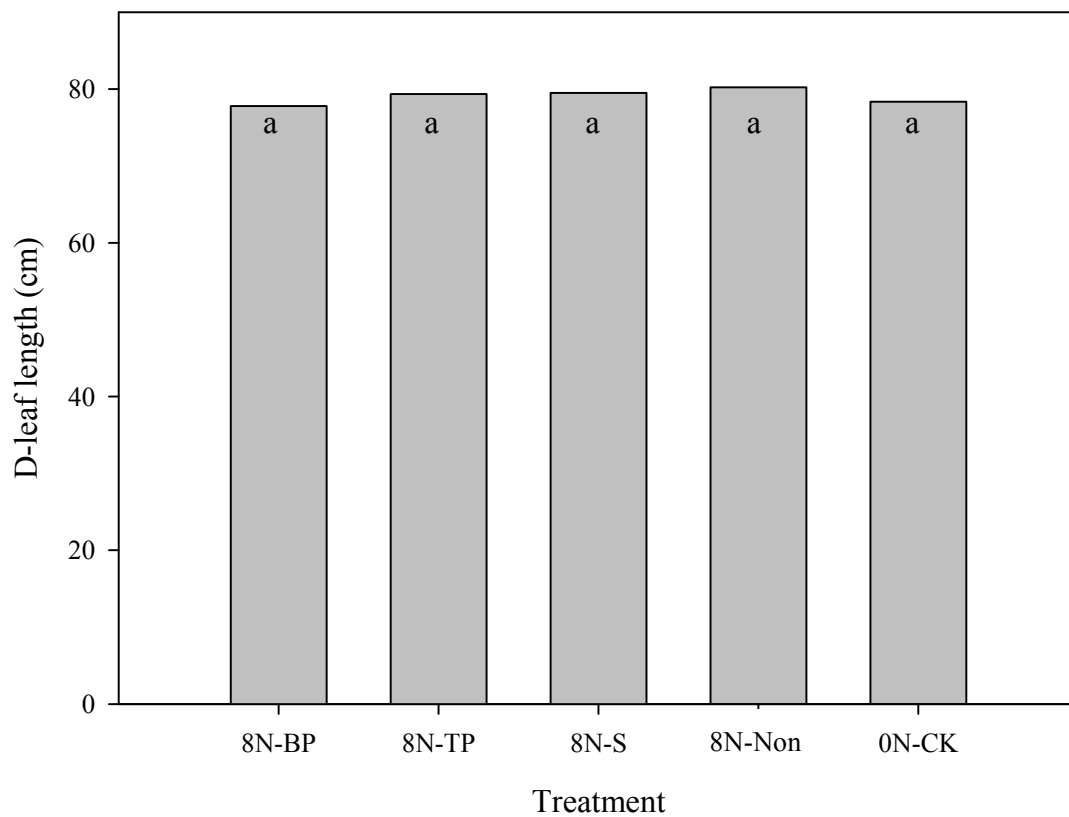


圖 17. 各處理之鳳梨‘台農 17 號’植株處理前 D-leaf 平均長度比較。2011 年 3 月 8 日於高樹鄉南華村取樣。

Fig. 17. Compared D-leaf length of ‘Tainon 17’pineapple of before treatments. Sampling in Bing Dong, Gaoshu Township on March 8th, 2011.

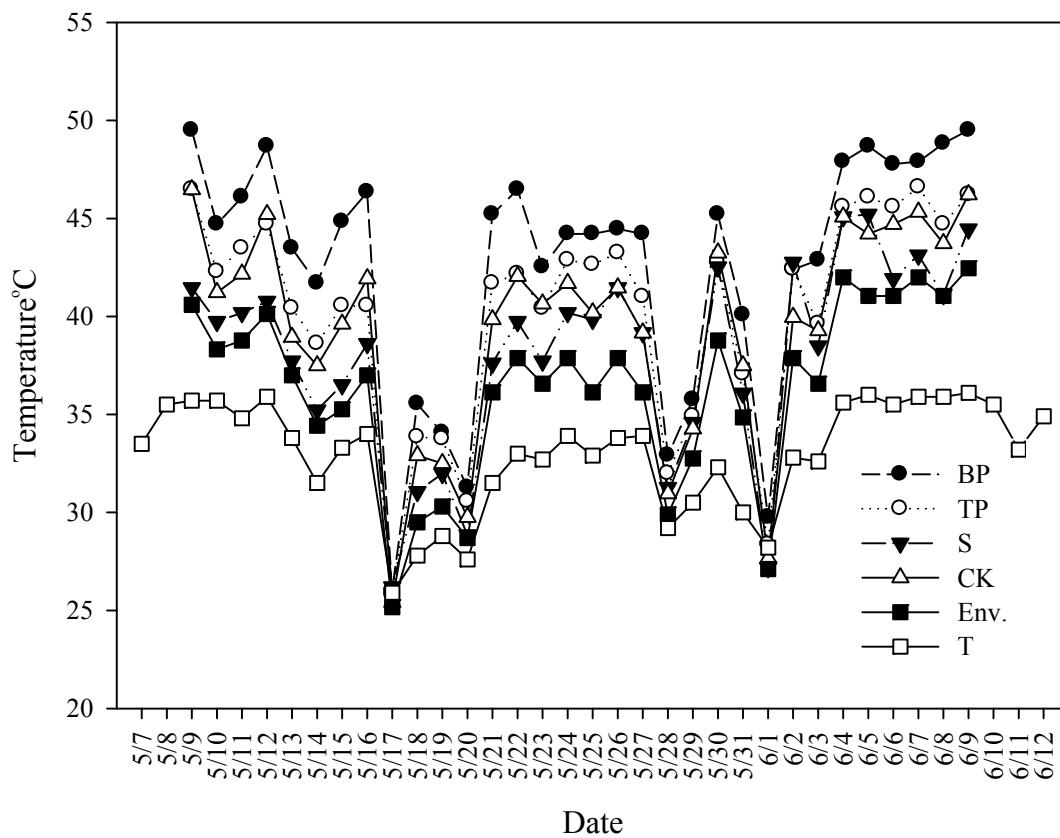


圖 18. 2011 年屏東高樹地區鳳梨‘台農 17 號’夏果套袋或覆蓋期間果實周圍每日最高溫之變化。

Fig. 18. Fluctuations of daily maximum temperature around fruit during bagging or covering in 2011 summer harvested fruit of ‘Tainon 17’pineapple in Bing Dong, Gaoshu.

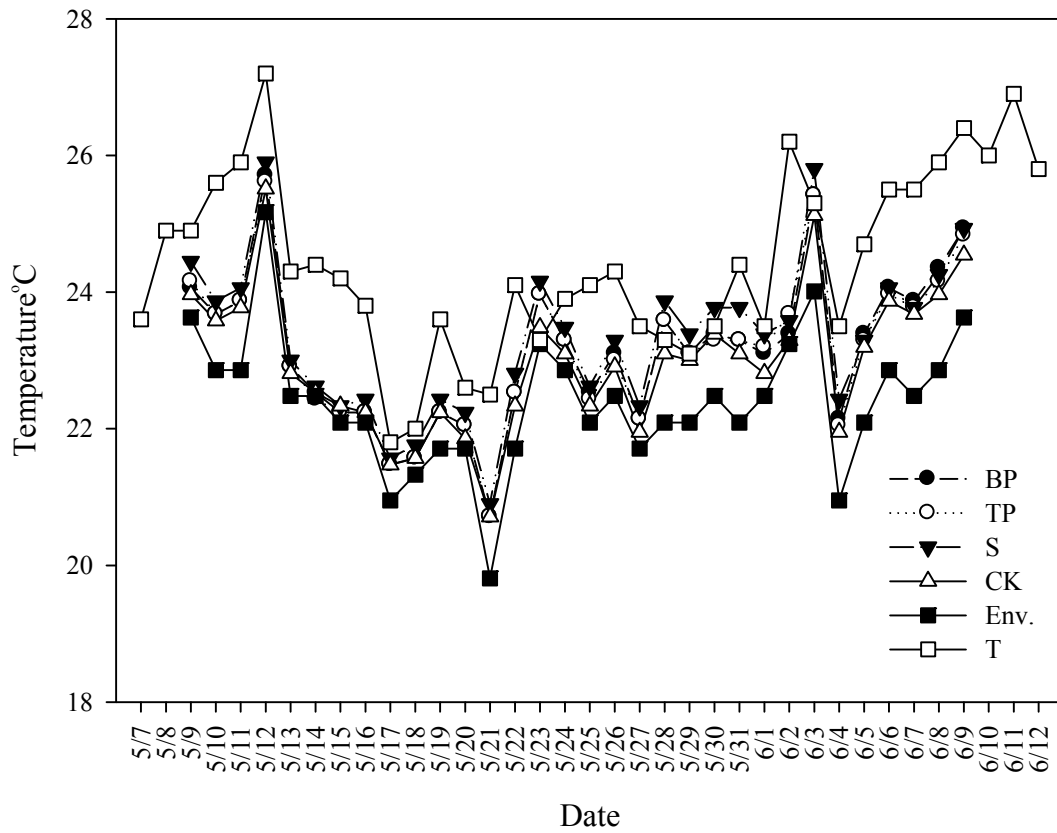


圖 19. 2011 年屏東高樹地區鳳梨‘台農 17 號’夏果套袋或覆蓋期間果實周圍每日最低溫之變化。

Fig. 19. Fluctuations of daily minimum temperature around fruit during bagging or covering in 2011 summer harvested fruit of ‘Tainon 17’pineapple in Bing Dong, Gaoshu.

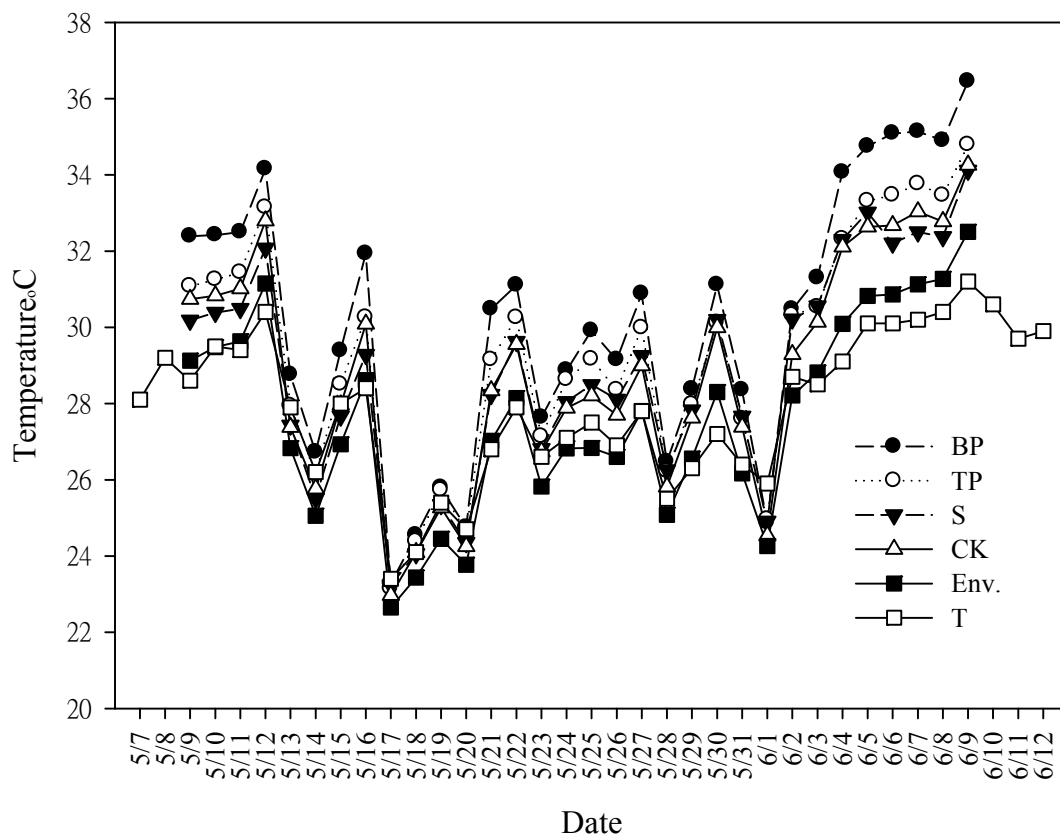


圖 20. 2011 年屏東高樹地區鳳梨‘台農 17 號’夏果套袋或覆蓋期間果實周圍每日均溫之變化。

Fig. 20. Fluctuations of daily average temperature around fruit during bagging or covering in 2011 summer harvested fruit of ‘Tainon 17’pineapple in Bing Dong, Gaoshu.

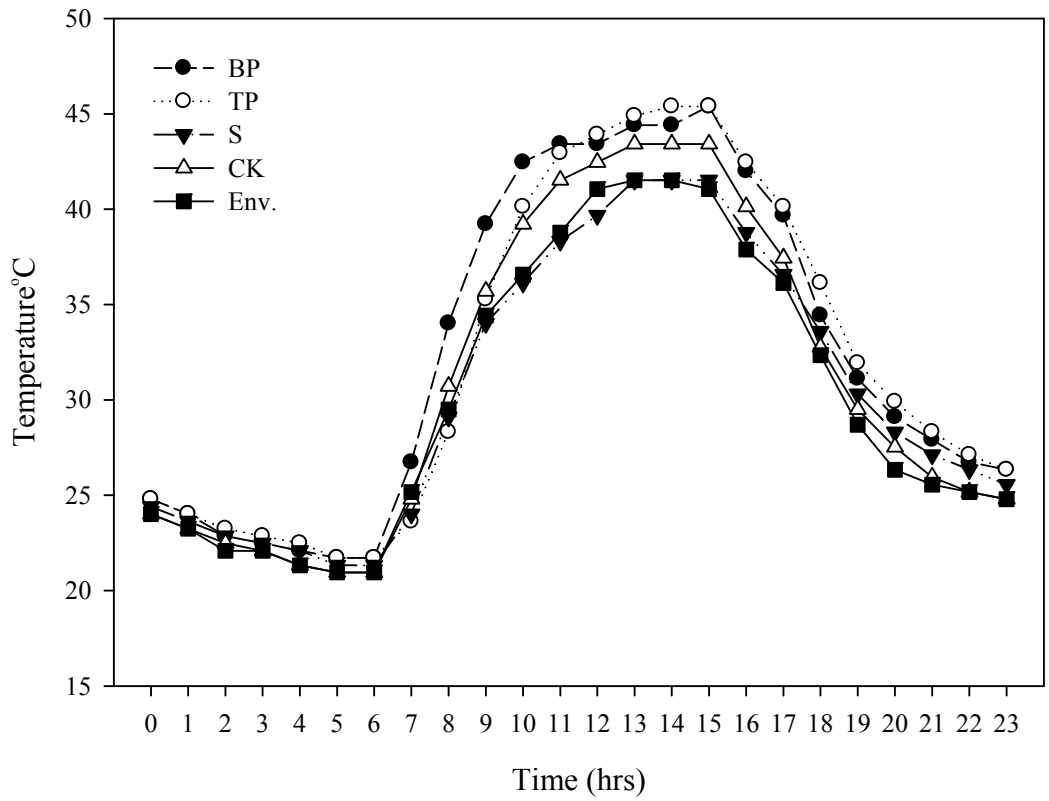


圖 21. 2011 年 5~6 月屏東高樹地區鳳梨‘台農 17 號’夏果不同套袋或覆蓋處理之果實周圍溫度 (6 月 4 日)(高溫)。

Fig. 21. Daily temperature around fruits in May to June months within different types of bagging or covering materials in 2011 summer harvested fruit in Bing Dong, Gaoshu. (6/4) (High temperature)

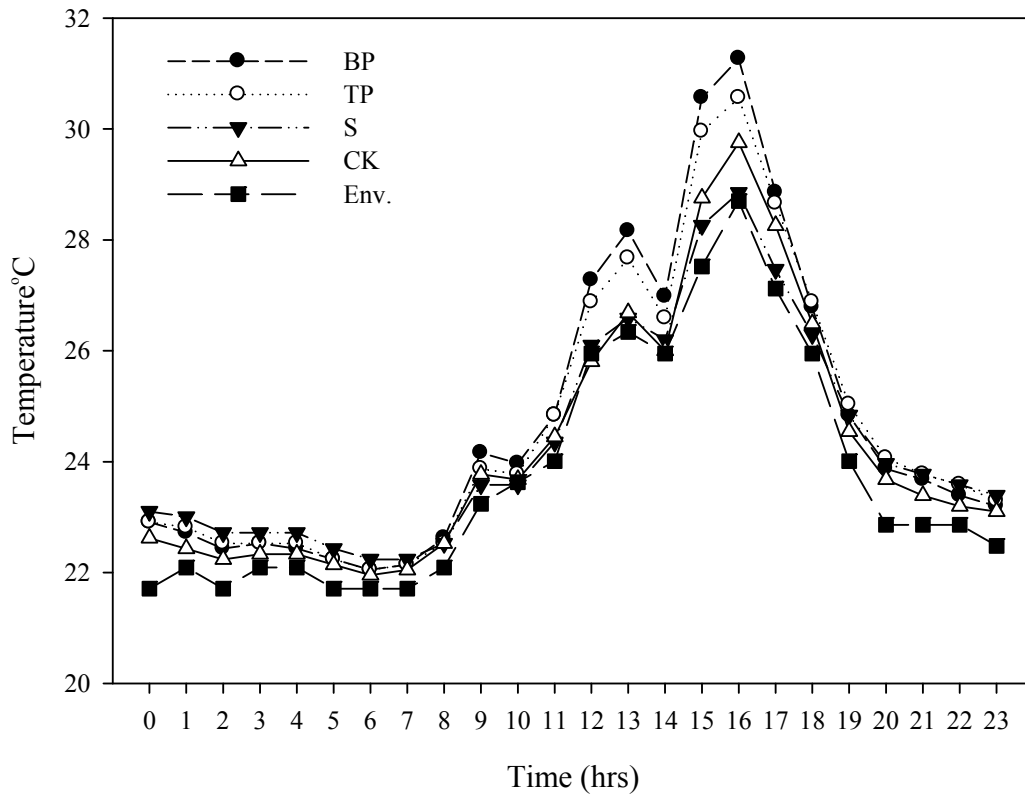


圖 22. 2011 年 5~6 月屏東高樹地區鳳梨‘台農 17 號’夏果不同套袋或覆蓋處理之果實周圍溫度 (5/20) (陣雨)。

Fig. 22. Daily temperature around fruits in May to June months within different types of bagging or covering materials in 2011 summer harvested fruit in Bing Dong, Gaoshu. (5/20) (Rainy day)

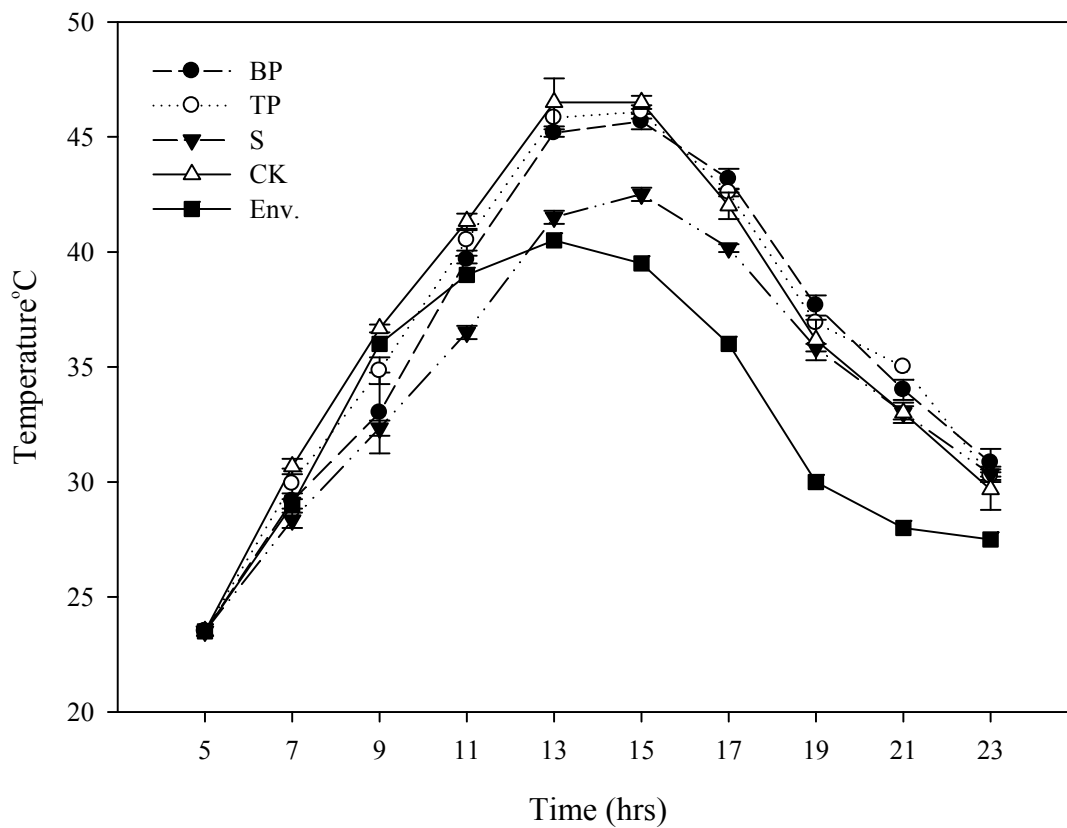


圖 23. 2011 年屏東高樹地區鳳梨‘台農 17 號’夏果不同套袋或覆蓋處理之向陽面果溫(果皮下 2 公分深)。

Fig. 23. Temperature profiles of pineapple fruit flesh (2 cm depth) on the exposed sides of fruits within different types of bagging materials and in the open air (control) in 2011 summer harvested fruit in Bing Dong, Gaoshu.

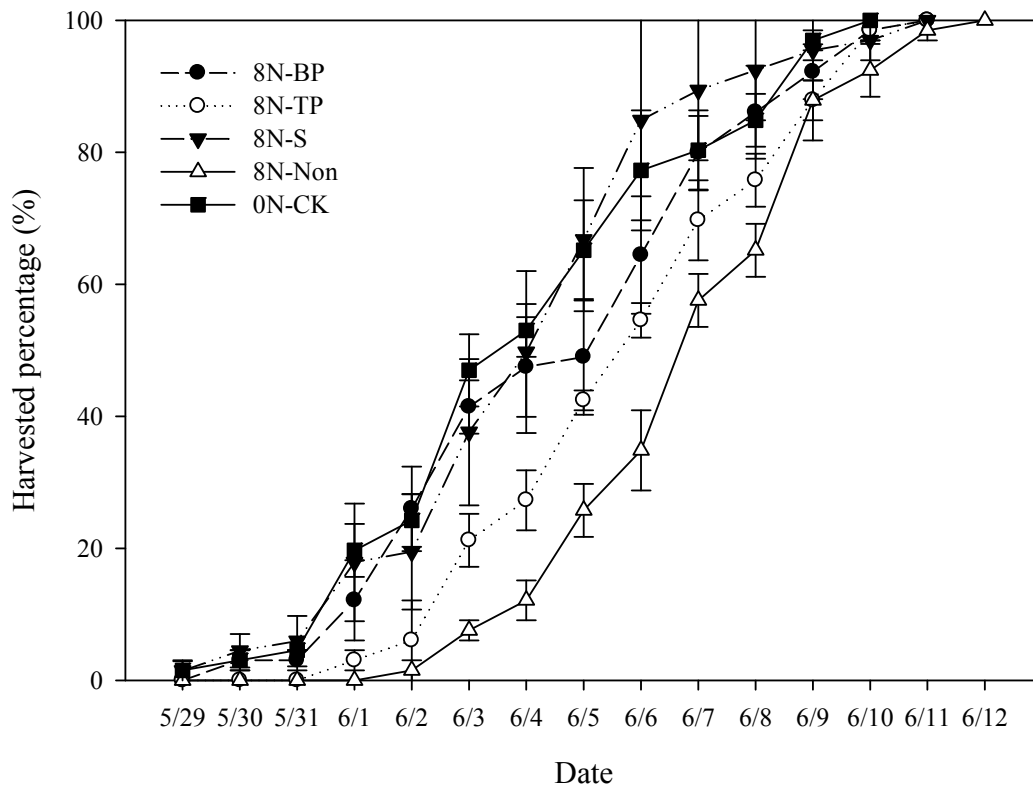


圖 24. 2011 年屏東高樹地區不同套袋材質處理對鳳梨‘臺農 17 號’夏果向陽面果皮達全黃之累積百分率比率。

Fig. 24. Accumulated percentage of full-yellowing ‘Tainon 17’ pineapple in summer on the exposed side as related to different bagging materials in 2011 in Bing Dong, Gaoshu.

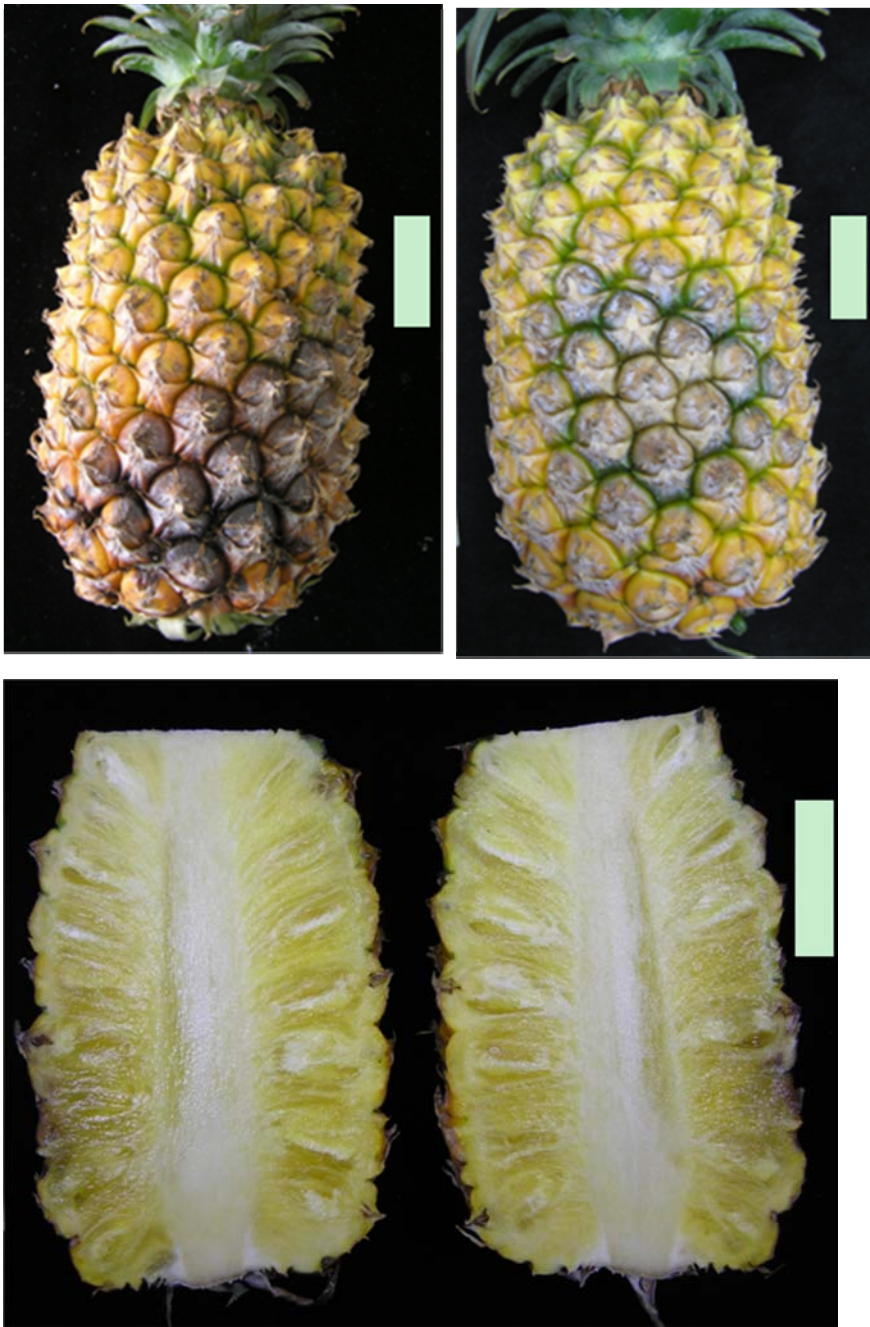


圖 25. 透明塑膠套袋曬傷之果實 (左圖和右圖為其外觀，下圖為其縱切面)。

Fig. 25. Sunburn of fruit of transparent PE bagging. (The left and right side is the appearance of fruit, the lower side is the longitudinal section of fruit.)

Bar = 5 cm

表 1. ‘台農 17 號’春果鳳梨施肥前與施肥後土壤氮含量及葉片氮濃度分析。

Table. 1. The soil nitrogen content and leaf nitrogen conc. of ‘Tainon 17’pineapple in spring before and after applying nitrogen.

Treatments ^z	Nitrogen concentration (ppm)		Leaf nitrogen concentration (%)	
	Pretreatment	After treatment	Pretreatment	After treatment
8N-BP	1367 a ^z	1054 a	0.6678 a	0.8405 a
8N-TP	1322 a	1180 a	0.6858 a	0.8497 a
8N-S	1346 a	1154 a	0.6504 a	0.8595 a
8N-Non	1199 a	989 a	0.6715 a	0.8918 a
0N-CK	1228 a	1131a	0.8011 a	0.6808 a

^zLSD 檢定各處理間 $P \leq 0.05$ 時達顯著差異。Mean separation within columns by LSD test at $P \leq 0.05$



表 2. 不同套袋材質對 2011 年 4 月採收之‘台農 17 號’果實全果重、果實重、冠牙重、比重和肉聲果比率之影響。

Table 2. Effects of different bagging materials on fruit weight, fresh weight, crown weight, specific gravity, and muscle fruit percentage of Tainon 17 pineapple harvested in April in 2011 .

Treatments ^z	Fruit weight (g)			Specific gravity	Muscle fruit percentage (%)
	Fruit	Crown	Total		
8N-BP	1422.3 a	92.4 a	1514.7 a	0.949 a	0 a
8N-TP	1358.2 a	90.9 a	1449.0 a	0.946 a	0 a
8N-S	1365.9 a	91.6 a	1457.5 a	0.951 a	1 a
8N-Non	1451.5 a	81.9 a	1533.4 a	0.957 a	0 a
0N-CK	1400.1 a	103.4 a	1503.7 a	0.957 a	0 a

^zLSD 檢定各處理間 $P \leq 0.05$ 時達顯著差異，每處理三重複，每重複 22 粒果實。
Mean separation within columns by LSD test at $P \leq 0.05$. Each treatment had 3 replicates, 22 fruits per replicate.



表 3. 不同套袋材質對 2011 年 4 月採收之‘台農 17 號’果實可溶性固形物、可滴定酸、糖酸比、水浸狀發生率和水浸狀嚴重程度之影響。

Table 3. Effects of different bagging materials on total soluble solids (TSS), titrable acidity (TA), Brix/Acid of Tainon 17 pineapple harvested in April in 2011 .

Treatments ^z	TSS(°Brix)	TA (%)	Ratio(TSS/TA)	Translucence (%)	
				Incidence	Severity
8N-BP	15.1 b	0.48 ab	31.5 b	65.16 a	6.24 a
8N-TP	15.2 b	0.47 ab	33.0 ab	61.44 a	6.70 a
8N-S	15.9 a	0.52 a	30.7 b	51.26 a	4.55 a
8N-Non	16.2 a	0.44 b	36.5 a	74.38 a	7.52 a
0N-CK	16.1 a	0.49 ab	32.8 ab	61.88 a	5.10 a

^zLSD 檢定各處理間 $P \leq 0.05$ 時達顯著差異，每處理三重複，每重複 22 粒果實。
Mean separation within columns by LSD test at $P \leq 0.05$. Each treatment had 3 replicates, 22 fruits per replicate.

表 4. ‘台農 17 號’夏果鳳梨施肥前與施肥後土壤氮含量及葉片氮濃度分析。

Table.4. The soil nitrogen content and leaf nitrogen conc. of ‘Tainon 17’ pineapple in summer before and after applying nitrogen.

Treatments ^z	Nitrogen concentration (ppm)		Leaf nitrogen concentration (%)	
	Pretreatment	After treatment	Pretreatment	After treatment
8N-BP	825 a ^z	880 a	0.7098 a	0.8224 a
8N-TP	750 a	731 a	0.7252 a	0.8594 a
8N-S	890 a	836 a	0.6520 a	0.8088 a
8N-Non	783 a	720 a	0.6429 a	0.7478 a
0N-CK	983 a	837 a	0.7113 a	0.6060 a

^zLSD 檢定各處理間 $P \leq 0.05$ 時達顯著差異。Mean separation within columns by LSD test at $P \leq 0.05$



表 5. 不同套袋材質對 2011 年 6 月採收之‘台農 17 號’果實全果重、果實重、冠牙重、比重和肉聲果比率之影響。

Table 5. Effects of different bagging materials on fruit weight, fresh weight, crown weight, specific gravity, and muscle fruit percentage of Tainon 17 pineapple harvested in June in 2011 .

Treatments ^z	Fruit weight (g)			Specific gravity	Muscle fruit percentage (%)
	Fruit	Crown	Total		
8N-BP	1622.2 a	115.2 a	1737.5 a	0.995 a	49.2 a
8N-TP	1591.8 ab	87.4 a	1679.2 ab	0.998 a	48.4 a
8N-S	1542.2 ab	93.5 a	1635.7 b	0.991 a	30.9 a
8N-Non	1524.9 b	87.4 a	1626.2 b	0.996 a	45.2 a
0N-CK	1527.7 ab	109.2 a	1691.9 ab	0.998 a	31.8 a

^zLSD 檢定各處理間 $P \leq 0.05$ 時達顯著差異，每處理三重複，每重複 22 粒果實。 Mean separation within columns by LSD test at $P \leq 0.05$. Each treatment had 3 replicates, 22 fruits per replicate.



表 6. 不同套袋材質對 2011 年 6 月採收之‘台農 17 號’果實可溶性固形物、可滴定酸、糖酸比、水浸狀發生率和水浸狀嚴重程度之影響。

Table 6. Effects of different bagging materials on total soluble solids (TSS) , titrable acidity (TA), Brix/Acid of Tainon 17 pineapple harvested in June in 2011 .

Treatments ^z	TSS(°Brix)	TA (%)	Ratio(TSS/TA)	Translucence (%)	
				Incidence	Severity
8N-BP	15.5 b	0.32 bc	48.7 bc	93.33 bc	34.60 a
8N-TP	15.4 b	0.29 cd	53.8 ab	100 a	32.34 a
8N- S	16.2 ab	0.38 a	43.2 c	85.00 c	25.70 b
8N-Non	15.6 b	0.27 d	57.1 a	98.48 ab	33.25 a
0N-CK	16.9 a	0.32 b	52.4 ab	86.67 c	26.19 ab

^zLSD 檢定各處理間 $P \leq 0.05$ 時達顯著差異，每處理三重複，每重複 22 粒果實。 Mean separation within columns by LSD test at $P \leq 0.05$. Each treatment had 3 replicates, 22 fruits per replicate.

參考文獻

Reference

- 行政院農業委員會. 2010. 農業統計年報.
- 行政院農業委員會農業試驗所. 2007. 台灣的鳳梨. 遠足文化.
- 鄭健雄. 1966. 鳳梨. 台灣糖業股份有限公司.
- 王炘. 1975. 鳳梨. 徐式基金會.
- 吳伊婷. 2012. 氮肥施用量對鳳梨果實內部褐化及水浸狀生理障礙之影響. 國立臺灣大學園藝暨景觀學研究所碩士論文
- 張清勤. 1991. 台灣鳳梨未來發展趨勢. 台灣果樹之生產及研究發展研討會專刊. 373-377.
- 張清勤、徐信次、程永雄. 1999. 鳳梨新品種-台農 17 號. 豐年 49 :21-23。
- 黃永傳、方祖達、林若琇. 1988. 鳳梨採收成熟度之研究. 國立臺灣大學農學院研究報告 5(4):25-37.
- 黃季春、李聯欽. 1969. 鳳梨灌溉試驗. 台灣農業季刊 5 (1):50-58.
- 黃季春. 1975. SNA 處理之時期與濃度對鳳梨果實產量、品質及貯藏力之影響。中國園藝 21:21-26。
- 顏妙芬. 1999. 數種鮮食鳳梨果實發育期間之理化特性變化. 國立中興大學園藝研究所碩士論文.
- 劉雲聰. 2004. 促進富有甜柿果實著色之管理. 甜柿栽培技術與經營管理研討會專集 81~105
- 范國慶. 2002. 數種鮮食鳳梨季節性品質之研究. 國立嘉義大學農學研究所碩士論文.
- 陶俊、張上隆、安心民、越智中. 2003. 光照對柑橘果皮類胡蘿蔔素和色澤形成的

- 影響. 應用生態學報. 14:1833-1836.
- 官青杉、徐信次. 2005. 鳳梨, P.31-38. 農業委員會台灣農家要覽增修訂三版策劃委員會編著.台灣農家要覽農作篇.(二).行政院農業委員會,台北市.
- 蔡慧文、唐佳惠、官青杉、林芳存、李堂察. 2006. 日照量對鳳梨可滴定酸及有機酸含量之影響. 臺灣園藝. 52:255-262.
- 林榮貴.2003. 鳳梨果實形質及遺傳相關之研究.國立中興大學園藝學系博士論文.
- 蘇楠榮. 1957. 鳳梨氮素適量試驗. 中華農學會報 18 : 18-46.
- Asoegwu S.N. 1987. Effects of irrigation and nitrogen on the growth and yield of pineapples (*Ananas comosus*) cv Smooth Cayenne. Fruits. 42:505-509.
- Alós,E., M. Cercós, M.J. Rodrigo., L. Zacarías, and M. Talón. 2006. Regulation of color break in Citrus Fruits. Changes in pigment profiling and gene expression induced by gibberellins and nitrate, two ripening retardants. J. Agric. Food. Chem. 54:4888-4895.
- Brown, D.S. 1943. Notes and observation from a study of water core in Illinois apples during the 1942 season. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 42:267-269.
- Burg, S.P., E.A. Burg, and R. Marks. 1964. Relationship of solute leakage to tonicity in fruits and other plant tissues. Plant Physiol. 39:185-191.
- Bowden, R.P. 1967. Translucency as an index of ripeness in pineapple. Food Technol. Austral. 19:424-427.
- Bowden, R.P. 1969. Further studies on ripeness in pineapple. Food Technol. Austral. 21:160-163.
- Bartholomew, D. P. and R. E. Paull. 1986. Pineapple. p. 371-388. In : CRC Handbook of Fruit Set and Development (ed. S. P. Monselise). CRC Raton. Florida.
- Bartholomew, D. P. and E. Malézieux. 1994. Pineapple, p.243-291. In:Schaffer, B and Anderson, P (eds) . Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops, Volume II:

Sub-Tropical and Tropical Crops. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Bartholomew, D. P., E. Malézieux., G. M. Sanewski., and E. Sinclair. 2003. Inflorescence and fruit development and yield, p.167-202. In: D. P. Bartholomew, R. E. Paull, and K. G. Rohrbach (eds.). The pineapple: Botany, production and uses. CAB International, Wallingford, United Kingdom.

Collins, J. L. 1968. The pineapple: Botany, Cultivation and Utilization. Interscience Publishers, New York.

Chen, C.C. 1999. Effect of fruit temperature , calcium, crown and sugar metabolizing enzymes on the occurrence of pineapple fruit translucency. PhD dissertation. University of Hawaii at Manoa, Honolulu, Hawaii.

Chen, C.C. and R.E. Paull. 2000. Sugar metabolism and pineapple flesh translucency. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125: 558-562.

Chen, C.C. and R.E. Paull. 2001. Fruit temperature and crown removal on the occurrence of pineapple fruit translucency. Sci. Hort. 88:85-95.

Dull, G.G. 1971. The pineapple: general. P.303-331. In: A.C. Hulme(ed.). The biochemistry of fruits and their products. London. Academic Press. Vol. 2.

El-Zeftawi, B. M.1978. Effects of ethephon, GA and light exclusion on rind pigments, plastid ultrastructure and juice quality of Valencia oranges. J. Hort. Sci. 53:215-223.

Fisher, D.F., C.P. Harley, and C. Brooks. 1930. The influence of temperature on the development of watercore. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 27:276-280.

Ferguson, I.B., 1984. Calcium in plant senescence and fruit ripening. Plant Cell Environ. 7:477-489.

Gross, J. 1987. Pigments in fruits. Academic Press, London.

Gortner, W.A. 1965. Chemical and physical development of the pineapple fruit IV. plant pigment constituents. J. Food Sc. 30:30-32.

- Guthrie, J. and Walsh, K. 1997. Non-invasive assessment of pineapple and mango fruit quality near infrared spectroscopy. *Aust. J. Exp. Agric.*
- Huff, A. 1983. Nutritional control of regreening and degreening in Citrus peel segments. *Plant Physiol.* 73:243-249.
- Haff, R.P., D. C. Slaughter, Y. Sarig, and A. Kader. 2006. X-ray assessment of translucency in pineapples. *J. Food Process. Preserv.* 30:527-533.
- Iglesias, D.J., F. R. Tadeo, F. Legaz,, E. Primo-Millo and M. Talon. 2001. In vivo sucrose stimulation of colour change in citrus fruit epicarps: Interactions between nutritional and hormonal signals. *Physiol. Plant.* 112:244-250.
- Joomwong, A. and J. Sornsricivahi, 2005. Impact of cropping season in Northern Thailand on the quality of Smooth Cayenne Pineapple I. Influence on morphological attributes. *Int. J. Agric. Biol.* 7: 488-490.
- Joomwong, A . 2006. Impact of cropping season in Northern Thailand on the quality of Smooth Cayenne Pineapple II. Influence on physicochemical attributes. *Int. J. Agric. Biol.* 8:330-336.
- Jia, H. J., A. Araki., and G. Okamoto. 2005. Influence of fruit bagging on aroma volatiles and skin coloration of 'Hakuho' peach (*Prunus persica* Batsch). *Postharvest Biol. Technol.* 35:61-68.
- Lin, C. H. and C. C. Chang. 2000. Pineapple production and industry in Taiwan. *Acta Hort.* 529: 93-97.
- Marlow, G.C., and W.H. Loescher. 1984. Watercore. *Hort. Rev.* 6: 189-251.
- Malézieux. E., F. Côte, and D. P. Bartholomew. 2003. Crop environment, plant growth and physiology, p.69-107. In: D. P. Bartholomew, R. E. Paull, and K. G. Rohrbach (eds.). *The pineapple: Botany, production and uses.* CAB International, Wallingford, United Kingdom.

- Nakasone, H. Y. and R. E. Paull. 1998. Pineapple, p292-327. Tropical fruits. CABI publ., Wallingford, U. K.
- Perring, M.A. 1971b. Watercore in apples. p. 161-162. In: Annu. Rpt. E. Malling Res. Sta. for 1970.
- Py C., J. J. Lacoeyllhe, and C. Tession. 1987. The Pineapple: Cultivation and Uses. G. P. Maisonneuve, Paris. 568p.
- Paull R. E. 1993. Pineapple and papaya. p.291-323. In: Seymour, G., J. Taylor, G. Tucker (eds). Biochemistry of fruit ripening. Chapman & Hall, London.
- Paull, R. E. and M. E. Reyes. 1996. Preharvest weather conditions and pineapple fruit translucency. *Sci. Hort.* 66:59-67.
- Paull, R. E. and C. C. Chen. 2003. Postharvest physiology, handling and storage pineapple, p. 253-279. In: D. P. Bartholomew, R. E. Paull, and K. G. Rohrbach (eds.). The pineapple: botany, production and uses. CAB International, Wallingford, United Kingdom.
- Singleton. V. L. 1965. Chemical and physical development of the pineapple fruit. I. Weight per fruitlet and other physical attributes. *J. Food Sci.* 30:98-104.
- Singleton, V. L. and W. A. Gortner. 1965. Chemical and physical development of pineapple fruit. II. Carbohydrate and acid constituents. *J. Food Sci.* 30: 24-29.
- Seymour, G. B., A. K. Thompson, and P. John, and. 1987. Inhibition of degreening in the peel of bananas ripened at tropical temperature. I. Effect of high temperature on changes in the pulp and peel during ripening. *Ann. appl Biol.* 110: 145-151.
- Smith, L. G. 1983. Pineapple specific gravity as an index of eating quality. *Trop. Agric.* 61: 196-199.
- Smith, L. G. (1988a) Indices of physiological maturity and eating quality in Smooth Cayenne pineapples. 2. Indices of physiological maturity. *J. Agric. Anim. Sci.*

45:213-218.

Smith, L. G. (1988b) Indices of physiological maturity and eating quality in Smooth Cayenne pineapples. 2. Indices of eating quality. *J. Agric. Anim. Sci.* 45:219-228.

Sornsrivichai J, T. Yantarasri, and K. Kalayanamitra. 2000. Nondestructive techniques for quality evaluation of pineapple fruits. *Acta Hort.* 529:337-341.

Seymour, G. B., P. John, and A. K. Thompson. 1987. Inhibition of degreening in the peel of bananas ripened at tropical temperature. II. Role of ethylene, oxygen and carbon dioxide. *Ann appl Biol.* 110: 153-161.

Stewart, I. and T. A. Wheaton. 1971. Effects of ethylene and temperature on carotenoid pigment of citrus peel. *Flori. Sta. Hort. Sci.* 264-266.

Silva, J.A., R. Hamasaki, R. Paull, R. Ogoshi, D.P. Bartholomew, S. Fukuda, N.V. Hue, G. Uehara, and G.Y. Tsuji. 2006. Lime, gypsum, and basaltic dust effects on the calcium nutrition and fruit quality of pineapple. *Acta Hort.* 702: 123-131.

Soler, A. 1993. Enzymatic characterization of stress induced translucence of pineapple flesh in the Ivory Coast. *Acta Hort.* 334:295-304.

Su, N. R. 1969. Research on fertilization of pineapple in Taiwan and some Associated Cultural Problems. Special Publication NO. 1. Society for Soil Science and Fertilizer Technology, Taiwan.

Yamada H., Y. Hasegawa and K. Mito. 1998. Watercore induced by preharvest high fruit temperature in watercore-resistant 'Tsugaru' apples. *Environ. Control in Biol.* 36: 209-216.

Young, L. B. and L.G. Erickson. 1961. Influence of temperature on color changes in Valencia oranges. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 78:197-200.

Yamauchi, N., F. Hashinaga and S. Ito. 1991. Chlorophyll degradation with degreening of Kabosu (*Citrus sphaerocarpa* Hort. ex Tanaka) fruits. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*

59:869-875.



附錄

Appendix

附錄 1. 2010 年 8 月至 9 月中屏南地區^z溫度及雨量 (資料來源：中央氣象局)。

Appendix 1. The temperature and rain fall in Southern part of Pingtung from Aug. 2010 to mid-Sep. 2010.

Temperature, rain fall, and isolation	Month				
	Early-Aug.	Mid-Aug.	Late-Aug.	Early-Sep.	Mid-Sep.
Max temperature (°C)	31.4	32.1	30.8	29.5	30.5
Mean temperature (°C)	28.4	28.8	27.5	27.1	27.5
Min temperature (°C)	25.7	26.2	25.2	24.9	24.5
Rain fall (mm)	115.5	11.5	93	290.5	558.5
Insolation amount (hrs)	76.1	80.2	61.1	28.4	73.5
Rainy days	2	4	8	8	5

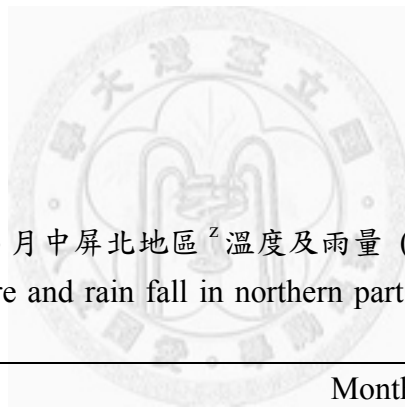
^z資料來自於位於屏東的恆春氣象站。Data was required from Hengchun weather station in Ping Tung.

附錄 2. 2011 年 3 月至 4 月屏北地區^z溫度及雨量 (資料來源：中央氣象局)。

Appendix1. The temperature and rain fall in northern part of Pingtung from Mar. 2011 to Apr. 2011.

Temperature, rain fall, and isolation	Month					
	Early- Mar	Mid- Mar.	Late- Mar.	Early- Apr.	Mid- Apr.	Late- Apr.
Max temperature (°C)	26.4	28.3	25.7	29.1	29.7	30.5
Mean temperature (°C)	20.9	22.3	20.8	23.4	24.8	25.4
Min temperature (°C)	16.8	18	17.3	19.1	21.2	21.4
Rain fall (mm)	0	0	6.5	0	54	2
Insolation amount (hrs)	43.9	65	35.7	52.6	44.5	53.8
Rainy day	0	0	2	0	3	1

^z 資料來自於位於屏東的高雄改良場。Data was required form Kaohsiung District Agricultural and Extension weather station in Ping Tung.



附錄 3. 2011 年 5 月底至 6 月中屏北地區^z溫度及雨量 (資料來源：中央氣象局)。

Appendix3. The temperature and rain fall in northern part of Pingtung from late May 2011 to mid-Jun. 2011.

Temperature, rain fall, and isolation	Month				
	Early-May	Mid-May	Late-May	Early-Jun.	Mid-Jun.
Max temperature(°C)	34.5	31.3	32.2	34.4	35.9
Mean temperature(°C)	28.2	26.8	26.9	29.5	30.6
Min temperature(°C)	24	24	23.6	25.3	26.4
Rain fall (mm)	0	21.8	89.5	31	2
Insolation amount (hrs)	61.2	60.1	36.6	61.5	61.5
Rainy days	0	6	5	1	1

^z 資料來自於位於屏東的高雄改良場。Data was required form Kaohsiung District Agricultural and Extension Station weather station in Ping Tung.