

文旦分級機械之研製¹

邱澄文² 陳哲民³

摘要

本場研製完成文旦分級機相關裝置，包括二型計有滾軸式分級機及重量式分級機，並包含週邊傳送設備之組合，其中滾軸式分級機最佳輸送作業速度 43.5 m/min，滾軸速度 76.3 rpm，滾軸高度可分成六級，包括 8cm 以下、8.1 10cm、10.1 10.5cm、10.6 11cm、11.1 12cm 及 12cm 以上等六種高度，其中高度在 10.1-11cm 分級出來之文旦在 400-550g 適合設立品牌。本機最大工作能量為 6.75 ton/h。重量式分級機亦分成六級，包括 600g 以上、525g、450g、375g、300g 及 300g 以下等六種規格，最大作業能量為 3.75 ton/h。當滾軸式與重量式結合使用時，配合有傳送設備，可達成一貫作業且精確分級之目的。本套作業只需傳統人力分級作業之 1/8~1/4，大量節省分級人力及成本。為配合分級前文旦外觀之清潔工作，在滾軸式分級機入料口設有 20 組刷毛，當文旦進料時經由彼此推動可將文旦推送至滾軸分級機中，經由毛刷以機械方式之清潔，將使分級後文旦外觀較為美觀亮麗，提升商品價值。針對分級後調查文旦物理性狀並進行內部品質相關性探討，分析文旦果實糖度、糖酸比、榨汁率、果徑及果重，由於糖度、糖酸比、榨汁率與消費者對文旦之喜好程度有明顯正相關，因此在各分級標準下，果徑大小分級第二、三級為最佳品質，再經果重分級，可進一步提高品質穩定度達 95 % 98 %。

（關鍵字：文旦、分級、滾軸式選別機、重量式選別機）

¹花蓮區農業改良場研究報告第 182 號。

²花蓮區農業改良場作物環境課技佐。

³花蓮區農業改良場作物環境課副研究員兼課長。

前言

文旦屬芸香科，早生種柚類，原產於中國華南地區，在清朝康熙 40 年引入台灣種植。以台南縣麻豆地區栽植最早，且因產量高、甜酸適度、品質優良，故「麻豆文旦」聞名中外。目前台灣除了麻豆外，宜蘭、花蓮、雲林、苗栗亦有大面積栽培。文旦的果實成熟期恰逢中秋佳節，是我國民俗節慶不可或缺的果品。文旦果實富含維生素 A、B1、B2、C 及膳食纖維、果膠、有機酸、礦物質等，果肉清甜、無籽、有特殊甘味、營養豐富，更具有強化身體組織、抗氧化、減少膽固醇，幫助消化及延緩老化之保健功效。

花蓮縣文旦栽培面積達 2,113 公頃，約佔全省總面積的三分之一，已為全省之最大產區。文旦產量高、產期集中，農友習慣於白露與中秋節期間採收，而國人之消費需求集中於中秋節前，因此造成節後文旦中、次級品供過於求，市場價格大幅下滑的現象，農民採收意願低落，產銷上遭遇極大的困擾。台灣蔬果生產機械化程度與稻作機械相比，則仍顯得不足。目前文旦在選別上均倚賴人工，費時費工，且人工選別成本佔極大的比例，在今日工資高昂的情況下，以機械方式分級文旦，取代傳統人工選別方式，以提高效率、降低生產成本為當前

極為重要之課題。

在台灣目前仍無開發文旦果形分級機，部分應用於柑橘類之分級機械如滾軸式分級機乃針對較圓形之蔬果研製，不適用來選別文旦。相關研究上，邱等人（1992）於果蔬分級機並列出料研究方面發現，輸送帶速度不同對分級出料精確度有顯著之影響，處理物間有極顯著差異，皮帶式出料機構若速度太快易使果蔬在皮帶上滾動、不安定。試驗結果在輸送帶速度 37.7 m/min 時其分級出料精確度可達 96 %。目前國內已有成熟之重量式選別機，廣用於蔬果選別，但除選別部分是採用機械外，進料部分仍以人工撿拾再排列於秤盤上，果形選別仍舊全部採人工目視方式進行，耗費人力較多。

材料與方法

一、試驗材料

- （一）本分級機研製用材料零件、五金鐵材、不鏽鋼材、塑鋼材料、無段變速馬達、變頻馬達、一般馬達、高耐磨 NBR（丁晴橡膠）及相關控制裝置等。
- （二）碼錶、磅秤、天平、電子式游標尺、糖度計、果酸滴定設備、榨汁機等。
- （三）試驗用文旦包括 8 年生、11 13 年生、15 20 年生三種。

二、試驗方法

- （一）調查文旦基本物性及農會產銷分級現況標準，供作分級機研製參考。
- （二）研製文旦分級機之主要機械結構，以大小及重量方式，藉由現今狀況加以改良，並進行機具之加工製造，結合相關輸送設備進行配合改良。
- （三）利用花蓮縣生產之文旦收集不同樹齡文旦，進行機械分級結果數據資料之收集。
- （四）量測分析分級完成之文旦果實物理化學特性，進行相關性狀之量測，包括果型、果徑、果高、果皮重、果肉重、果汁重、果肉厚、果肉高、榨汁率、體積及糖度、酸度、糖酸比等。分析其物化特性與品質的關係。
- （五）加強分級機進料部分之聯結，研製改良自動供果之周邊設備，以自動供料取代傳統人力，提高效率，降低人力需求。
- （六）於花蓮縣瑞穗地區召開文旦分級機示範觀摩會。

結果與討論

- 一、文旦在產地的分級一般以果實大小、形狀、外觀、顏色等區分，甲級文旦果實圓周長度需在 45 公分以上，乙級者需在 30 45 公分，果小而重最為上品，果實直徑愈大含汁率及糖酸比愈高。本場鑒於此，針對文旦分級以大小分級後再利用不同重量加以區分。目前開發之文旦分級利用六段滾軸方式分級大小，再利用六段重量式分級機分級其不同重量，經由大小及重量之結合分級達到區分之目的。
- 二、滾軸式分級機：主要由機架、輸送機、滾軸、輸送帶及收集盤所組成。輸送機由 20 組圓筒形之細刷毛並排所組成，分級時先將文旦倒入輸送機前之盛斗，利用刷毛與文旦間之摩擦力及文旦間之推力將文旦往輸送帶上輸送。爾後利用滾軸與輸送帶間之間隙大小來

分級，如下圖一，當文旦果徑小於其滾軸與輸送皮帶間之間隙大小時滾出，本分級之級數為 6 級。分級機之滾軸轉速與輸送帶速度可以由變頻控制器控制調整，目前輸送帶最佳輸送速度 46.3 m/min，滾軸速度 76.3 rpm，另外輸送帶之傾斜角度亦可調整。其中滾軸與皮帶大小間隙決定果徑分級標準，共計分成六級，包括 8 cm 以下、8.1 10cm、10.1 10.5cm、10.6 11cm、11.1 12cm 及 12 cm 以上等六種高度，其中高度在 10.1 11 cm 分級選出之文旦在 400 550g 適合設立品牌。



圖一、滾軸式分級機

Fig.1. The roller wentan pomelo fruit sorting machine.

三、重量式分級機：主要由機架、鏈輪、鏈條、移動秤及收集盤所組成。利用天平與槓桿原理，傾斜游動由鏈條所帶動之移動秤，當文旦於移動秤之秤盤上超過設定砝碼之重量時，秤盤即傾斜使文旦滾出，由大而小進行設定分級，如圖二。本機進料是由周邊輸送設備將文旦逐粒輸送並置放於秤盤上再加以分級。重量式分級機亦分成六級，包括 600 g 以上、525 g、450 g、375 g、300 g 及 300 g 以下等六種規格。

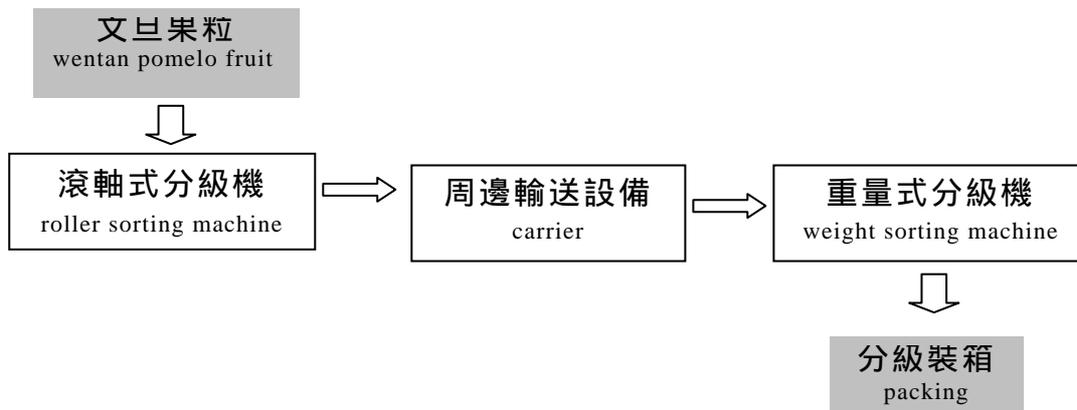


圖二、重量式分級機

Fig.2. The weight wentan pomelo fruit sorting machine.

四、周邊輸送設備：主要由機架、輸送帶、輸送鏈條及鏈輪所組成。重量式分級機單獨使用時裝置於分級機之前，直接將未分級的文旦逐粒輸送至重量式分級機分級；滾軸式分級機及重量式分級機串聯使用時則串接於兩機之間。能將滾軸式分級機選出之其中一級文旦單粒化，逐粒輸送至重量式分級機分級。為使周邊輸送設備鏈輪速度與重量式分級機之秤盤速度同步，周邊輸送設備之鏈輪直接由重量分級機馬達所驅動。其分級作業流程

如下圖三所示。



圖三、分級作業流程

Fig.3. The wentan pomelo fruit sorting process.

- 五、滾軸式分級機之輸送機輸送文旦時，入料口設有 20 組刷毛，當文旦進料時經由彼此推動可將文旦送至滾軸分級機中，旋轉之毛刷可將文旦表皮之砂、土等污漬刷除，將使分級機文旦外觀較為美觀亮麗。外觀色澤及品質觀感較佳，可提昇品質及商品價值。
- 六、分級後文旦之外觀品質。傳統文旦分級方式是以人工目測撿拾的方式進行，誤差大且大小良莠不齊，採用滾軸式分級機及重量式分級機皆可提高文旦大小或重量的一致性，有效提升消費者對整體品質的觀感。基本上如果整批文旦由同一農民所生產，文旦品質之差異應不大，故分級後可直接包裝出售，但是如欲將大小同等級之文旦進一步以重量分級，則可經周邊輸送設備將文旦輸送至重量式分級機再行分級，如此可將榨汁率較高之文旦分級出，提高消費者喜好程度及文旦售價。傳統上文旦於採收後為了防止果皮組織損傷而使得外觀變差及易於潰爛，降低商品價值，一般皆先貯存五至七天後再加以分級、包裝及運銷出售。使用滾軸式分級機分級時，其貯存時間之長短對分級後文旦之品質影響不大，可縮短文旦採收後之貯存時間，減少場地成本。
- 七、在分級效果之影響因素探討上，滾軸式分級機於不同輸送帶速度及滾軸轉速下，分級速率隨輸送帶速度及滾軸轉速增快而增加，而分級時間則縮短。在相同的文旦進給速率下，輸送帶速度及滾軸轉速提高有助於將輸送帶上的文旦之間距拉大，分級效果較佳且可提高分級速率，但輸送帶速度及滾軸轉速太快也會使得文旦於輸送帶上滾動更劇烈，同時文旦停留各級的時間（RT：Retention Time）縮短使分級效果變差。經試驗結果顯示分級效果也和文旦果實進給的速率有關，在相同的輸送帶速度及滾軸轉速下，當進料太快時，文旦於輸送帶上如果無法保持適當間隔，則較小的文旦可能會被較大的文旦阻擋而無法從該級滾出；進給太慢則會降低整體分級速率。為了選定一組較佳之輸送帶速度及滾軸轉速，以作為滾軸式分級機分級及試驗之依據，特評估滾軸式分級機於不同之輸送帶速度及滾軸轉速下分級之效果。因文旦果徑尺寸小於第一級或大於第六級皆從該兩級滾出，誤差較大，所以較高品質的文旦可藉由調整滾軸與輸送帶間之間隙大小控制於第二

級至第五級分級出，故只評估第二級至第五級之分級效果。試驗最終結果顯示，在輸送帶速度 43.5 m/min 及滾軸轉速 76.3 rpm 時可得到最佳分級效果與最佳分級效率。

八、在分級效率上，因重量式分級機分級速率固定，在滾軸式分級機分級效果較佳之輸送帶速度及滾軸轉速下，重量式分級機及滾軸式分級機單獨使用最大作業量每分鐘分別可分級 104 粒及 180 粒文旦，分別達每天 30 及 51.8 公噸（每天以 8 小時計、文旦每粒以 0.6 公斤計）。傳統文旦於採收後，為防止選別時損傷果皮，一般皆先放置五至七天後再加以選別、包裝及運銷出售。目前文旦選別是以人工目測撿拾的方式進行，不僅誤差大且作業量低。

九、如以傳統人工目測撿拾方式分級裝箱，每人每天作業量大約可完成 25 台斤裝之文旦 125 箱，即每人每天 1.9 公噸。本套設備作業效率較人工高出許多，經估算機械分級只需傳統分級人力之 1/9 1/4。經濟效益分析上，以人工分級成本而言，每公噸需 263 元，而滾軸式分級機、重量式分級機(含周邊輸送設備)兩者串聯使用每公噸分級成本需 177 元，每公噸可省下 86 元。在機械分級作業與人工分級作業比較上，可大量節省分級人力及成本，有明顯經濟效益，如下表一所示。

表一、文旦一貫化機械分級作業與人工分級之最大作業量、操作人數及成本比較

Table 1. Comparison efficiency and cost of sorting between machine and man labor.

Treatments	Working capacity (ton/day)	Manual	Cost (N.T dollar/ton)		
			Machine cost	Wage**	Total
Sorting machine	30.0	4	44*	133	177
Manual	1.9	1	0	263	263

*Machine cost is \$400,000 dollars , estimate 30 times/year for 10 years.

**Wage calculated by is \$1,000 dollars/day/man.

十、開發完成文旦分級機結合大小與重量之分級，分別利用 8 年生及 15~20 年生之分級結果如表二、三所示。其中 8 年生文旦大小在 10.5~11 公分佔 48.74%，重量 600 公克以上佔該比例 12.56%，15~20 年生文旦從 8.1~10 公分、10.1~10.5 公分、10.6~11 公分大小比例分部較均勻,而且各別所佔百分比亦較接近。分別從 23.01、26.93、26.94,重量亦在 375~450 公克之間佔多數。

表二、利用 8 年生文旦分級結果不同大小重量所佔百分比

Table 2. Fruit weight distribution of 8 year-old wentan pomelo under 6 level of outlet.

Level	1	2	3	4	5	6
Gate Size (cm)	8<	8.1~10	10.1~10.5	10.5~11	11.1~12	>12
%	0.09	1.91	10.92	48.74	29.92	8.41
Sorted by Weight (%)	C-0.09	C-0.61	C-0.43	C-0.35	-	-
	-	D-1.21	D-5.46	D-3.73	-	-
	-	E-0.09	E-4.51	E-17.43	E-2.08	E-0.17
	-	-	F-0.52	F-27.23	F-27.84	-

Note : C-375g、D-450g、E-525g、F-600g over.

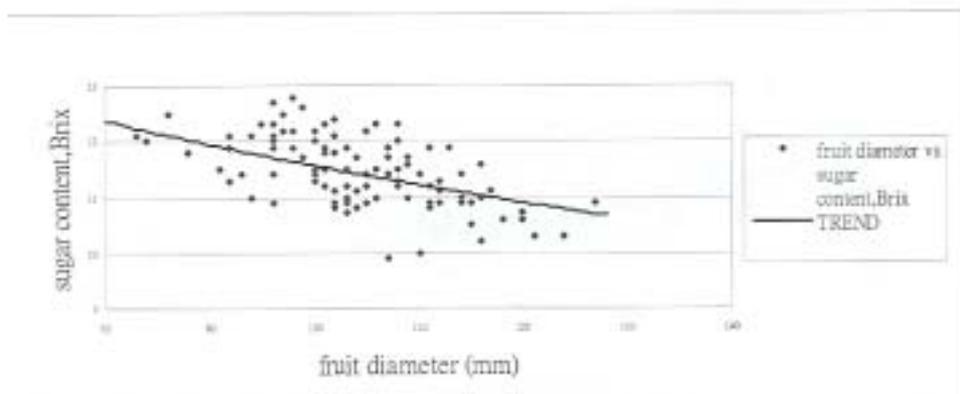
表三、12~20 年生文旦分級結果不同大小重量所佔百分比

Table3. Fruit weight distribution of 12-20 year-old wentan pomelo under 6 level of outlet

Level	1	2	3	4	5	6
Gate Size (cm)	8<	8.1~10	10.1~10.5	10.6~11	11.1~12	>12
%	13.75	23.01	26.93	26.94	8.04	1.31
Sorted by Weight (%)	A-1.31	A-0.56	A-0.09	-	-	-
	B-8.33	B-4.12	B-1.40	B-0.56	B-0.19	-
	C-3.55	C-13.56	C-8.23	C-2.15	C-0.37	-
	D-0.19	D-3.09	D-13.75	D-7.86	D-1.96	D-0.19
	-	E-0.28	E-2.15	E-10.85	E-1.50	E-0.56
	F-0.37	F-1.40	F-1.31	F-5.52	F-4.02	F-0.56

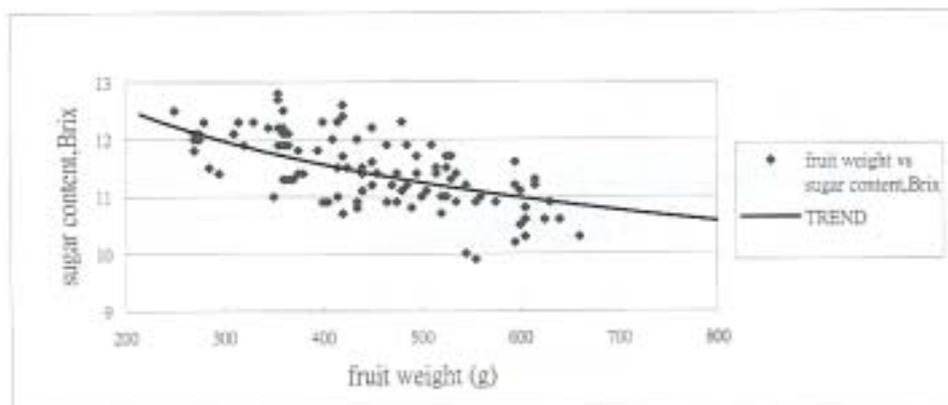
Note : A-225g、B-300g、C-375g、D-450g、E-525g、F-600g over。

十一、文旦經分級後，其物理性狀與內部品質相關性探討中，如圖四 圖十一。文旦果實糖度、糖酸比、榨汁率與果徑、果重均呈線性負相關，隨果徑或果重增加而降低。進一步分析，由於消費者喜好度與糖度、糖酸比及榨汁率有顯著的相關性，因此分級後各級文旦品質性狀分析比較下，得到的結果顯示，依果徑大小分級，第二、三級（9.8 11.1cm）選出果實表現出最佳品質性狀；而依果實重量分級後，A 等級（小於 300 公克）為格外品不計，以 C、D 二級（375 525g）果實品質最佳。綜合而言，經果徑大小及果重分級後，各級品質標準均可達到 95%，誤差在 2% 5% 之間。



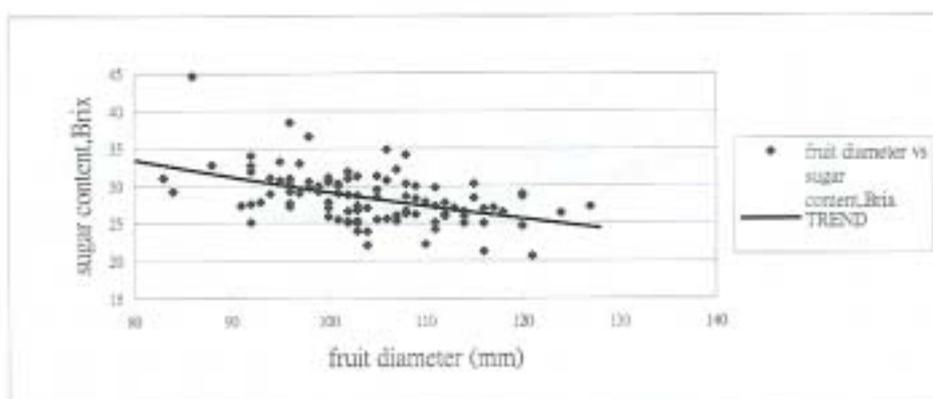
圖四、果徑與糖度之相關

Fig. 4. Relationship between fruit diameter and sugar content.



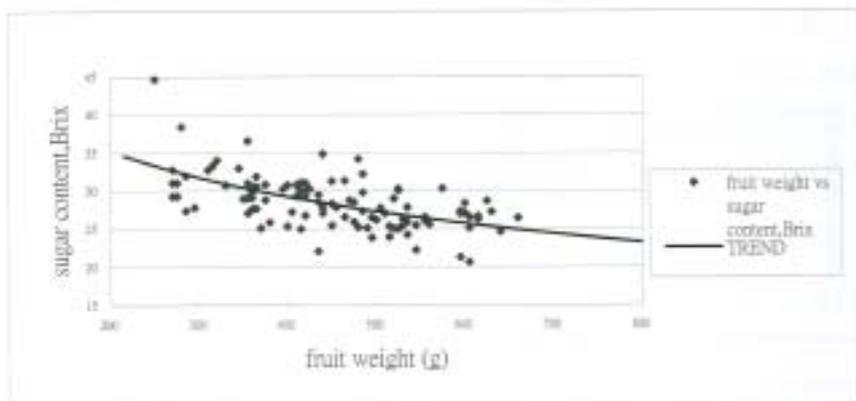
圖五、果重與糖度之相關

Fig. 5. Relationship between fruit weight and sugar content.



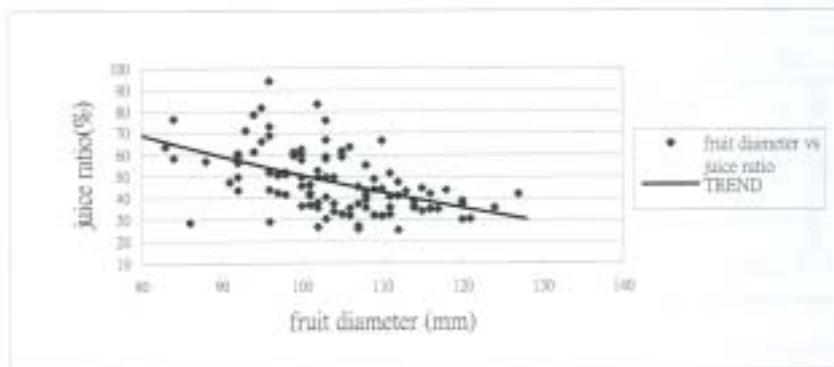
圖六、果徑與糖酸比之相關

Fig. 6. Relationship between fruit diameter and sugar content.



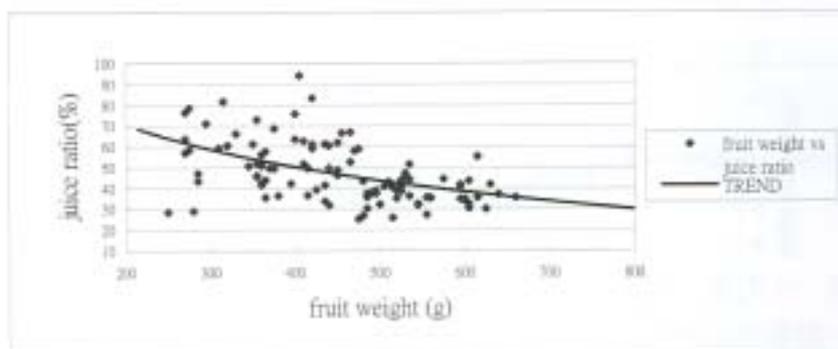
圖七、果重與糖酸比之相關

Fig. 7. Relationship between fruit weight and sugar content.



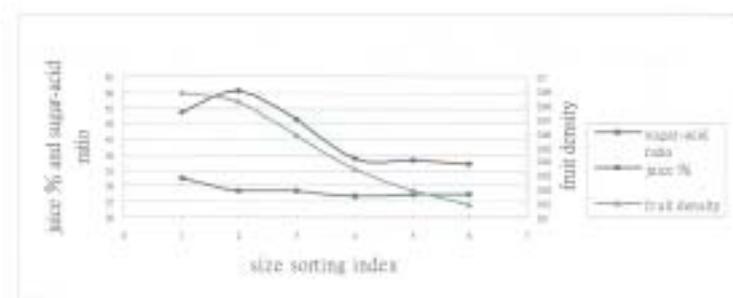
圖八、果徑與榨汁率之相關

Fig. 8. Relationship between fruit diameter and juice %.



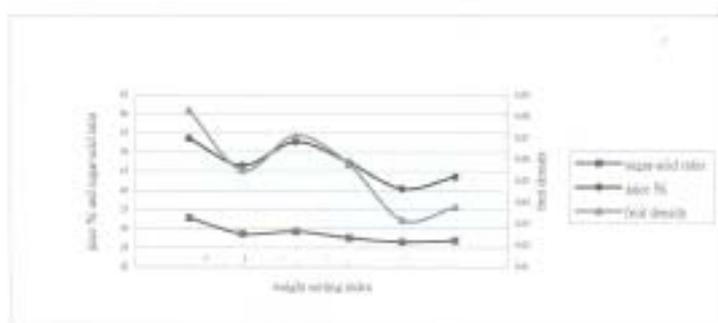
圖九、果重與榨汁率之相關

Fig. 9. Relationship between fruit weight and juice %.



圖十·果徑大小分級與糖酸比·榨汁率·比重之關係

Fig. 10. Relationship between size sorting index and juice % and sugar-acid ratio and fruit density.



圖十一·果實重量分級與糖酸比·榨汁率·比重之關係

Fig. 11. Relationship between weight sorting index and juice % and sugar-acid ratio and fruit density.

結論與建議

今後加入世界貿易組織 (WTO)，將逐年開放柚果進口配額。面對進口柚強勢競爭，在產業調整策略上，要提高本土競爭力就必須從提升品質、建立品牌、降低成本上著手。因此以機械化提昇效率、落實分級銷售進而建立品牌是勢所必行。

文旦分級機研製完成，可大幅減少文旦分級人力，提升效率、降低成本、提高品質穩定度及商品價值，配合「花宜兩縣文旦產業策略聯盟」精選頂級文旦，建立「蘭花文旦」品牌，為傳統農產品打開一個全新的品牌行銷市場，甚至進一步打入國際市場，突破困境轉防守為攻擊，才能開創台灣農業的新契機。才能提高本土競爭力、促進文旦產業之永續發展。

未來更可積極研發文旦柚加工產品，以抒解盛產時產銷壓力。配合分級加工之需要進行文旦分級機之改良工作，將分級方式分成三級處理，配合加工機械之運行，簡化機體構造及相關體積，對農友置放空間不會造成障礙。

滾軸式分級機及重量式分級機在文旦果實物理性分級上皆可獲得不錯之結果，以機械方式分級也取代相當多之人力，提高效率及產業競爭力。在文旦外部物理性分級上，未來希望再簡化分級機結構，以減少文旦與分級機構的摩擦，降低文旦表皮組織損傷程度，再縮短文旦於採收後貯存的時間以降低機械及庫存場地的成本等。一般而言，消費者在購買文旦時，果實外觀顏色多少也會影響到消費者對文旦第一印象的好壞，進而影響到消費者購買的意

願，而現階段本設備仍無法對外觀加以辨識，對外觀有瑕疵之文旦目前仍須以人工方式於包裝過程中撿除。未來在外觀分級上，可結合簡單光學分級等方式分級，以減少結構需求，降低成本。在文旦內部品質分級上，將來如何使用非破壞性檢測方式進一步選別高品質文旦，均為未來需進一步加以努力的方向。

參考文獻

- 1.陳俊明 1982 柑橘分級機械之研製 農業工程學報 28 (3) p.66-77。
- 2.劉昭雄 1990 高品質文旦柚之生產管理技術 花蓮區農業改良場農技報導 (5) 花蓮區農業改良場。
- 3.邱奕志、陳世銘、馮丁樹 1992 果蔬分級機並列出料原理 農業機械學刊 1 (1) :p1-10。
- 4.張文宏、陳世銘 1993 以機械視覺引導機器人選別水果 農業機械學刊 2 (3) :p11-24。
- 5.盧福明 1994 台灣蔬果收穫及加工機械化發展程度 農業機械學刊 p41-49。
- 6.劉昭雄 1994 文旦柚栽培管理 花蓮區農業改良場。
- 7.王禮陽 1996 文旦柚上市時機之探討 台北農產運銷公司供銷動態。
- 8.盧福明 1997 農產加工工程學 國立編譯館 茂昌圖書發行:p.57-96。
- 9.吳松杰、區少梅 1997 麻豆文旦品質之鑑定 文旦產銷經營研討會專刊 p119-136。
- 10.鄭仲、林秀玲、簡文憲、陳凱俐 1999 花蓮地區文旦產銷結構分析 文旦產銷經營研討會專刊 p175-188。
- 11.行政院農委會中部辦公室 91 年農業統計年報。
- 12.山下律也等人 1996 新版農業機械學 文永堂出版:p.53-83。
- 13.庄司英信等人 1996 農業機械學概論 東京株式會社、養賢堂發行:p.53-83。