

高效率文旦分級機

前言

花蓮縣文旦種植面積達 2,170 公頃，約佔全省總種植面積的三分之一，已為全省之最大產區，其中又以瑞穗鄉居全縣之冠。每年八至九月為文旦盛產期，文旦因產量高、產期集中，且以往在文旦分級上都倚賴人工選別，費時費工，人工分級成本往往佔生產成本中極大的比例。台灣蔬果



生產機械化程度如果與稻作機械化相比則仍顯得不足，文旦產量雖大但目前仍無分級機，市面上標示可同時應用於文旦分級的機械如滾軸式分級機，其機構乃針對較圓形之蔬果研製，大部分應用於柑橘類水果之分級，國內未見有人使用於分級文旦。其他如重量式分級機則廣用於蔬果分級，花蓮縣瑞穗鄉農會曾先後採購六台用於文旦分級，但除分級部分是採用機械外，進料部分是以人工撿拾再排列於秤盤上，仍相當耗費人力及成本，故目前棄置不用，分級仍舊全部採人工方式進行。有鑒於此，本場研改現有之滾軸式分級機及重量式分級機並研發搭配兩機使用之周邊輸送設備，期能以機械方式分級文旦，取代傳統人工分級方式以提高工作及分級效率、降低生產成本。

一、分級機之機械構造原理



1. 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。輸送機由許多圓筒形之細毛刷並排所組成，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，再利用滾軸與輸送帶間之隙大小之原理分級，文旦於果徑小於其間隙大小時滾出，分級級數 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，另外輸送帶之傾斜角度亦可調整。

2. 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，分級級數 6 級。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選別。

3. 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再逐粒輸送至重量式分級機分級。為了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式分級機馬達所驅動。

滾軸式分級機及重量式分級機，可單獨或串聯使用。單獨使用可各別依大小及重量分級，最大各可分至 6 級，串聯使用是將滾軸式分級機大小分級後同一等級的文旦經周邊輸送設備輸送至重量式分級機進一步分級，串聯後最大可分至 36 級，已足夠應付目前依大小及重量分級之所需。

二、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。滾軸式分級機之輸送機輸送文旦時旋轉之毛刷可將文旦表皮之砂、土等污漬刷除，外觀色澤及品質觀感較佳，如此可提昇品質、保持其品質穩定度並提高文旦之商品價值。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，再分級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。



三、滾軸式分級機於不同輸送帶速度及滾軸轉速下分級之效果

滾軸式分級機之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，同時文旦通過各級的時間縮短使分級效果變差。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，當進給太快時，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因被較大的文旦阻擋而無法從該級滾出；進給太慢則會降低分級速率。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。試驗後顯示在輸送帶速度 43.5m/min 及滾軸轉速 76.3rpm 分級效果較佳。

四、最大分級作業量

在分級速率上，如以傳統人工目測撿拾的方式進行，每人每天作業量大約可分級包裝 25 台斤裝之文旦 125 箱，即 1.9 公噸。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）。而兩機串聯使用最大作業量每天達 30 公噸。由此可見人工分級作業量低，本套設備作業效率較人工高出許多，操作只需傳統分級人力之 1/9 1/4，可大量節省分級人力及成本。

五、經濟效益分析

各式分級機之成本如表所示，可作為果農之參考。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)及兩者串聯使用每公噸分級成本分別需 91 元、138 元及 228 元，分別可省下 172 元、125 元及 35 元。分級成本以單獨使用滾軸式分級機較低，節省的成本亦較高。因本套分機設備還在進行研究改良，不過以文旦分級後外觀、最大作業量、操作人力及分級成本來看，現階段以滾軸式分級機作為文旦分級之用，似乎較符合農民之需求。

六、未來努力方向

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檢除。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等為未來需進一步加以努力的方向。

表 文旦於不同分級作業下之最大作業量、操作人數及成本明細

分級種類	最大作業量 公噸/天	操作 人力	成本			
			機械成本 元	機械成本 元/公噸	人工成本 元/公噸	分級成本 元/公噸
滾軸式分級機	51.8	3	240,000	33*	58**	91
重量式分級機(含周邊輸送設備)	30.0	3	160,000	38*	100**	138
滾軸式分級機串聯重量式分級機	30.0	4	400,000	95*	133**	228
人工分級	1.9	1	0	0	263***	263

*假設分級機使用年限 10 年、每年使用 14 天

**人工費用以 1,000 元/天計算

***人工分級以人工分級及包裝之 50%計算