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

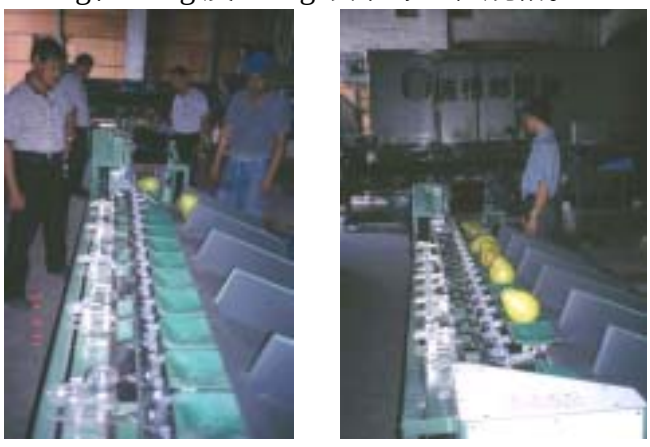
分級，如下圖一，當文旦果徑小於其滾軸與輸送皮帶間之間隙大小時滾出，本分級之級數為 6 級。分級機之滾軸轉速與輸送帶速度可以由變頻控制器控制調整，目前輸送帶最佳輸送速度 46.3 m/min，滾軸速度 76.3 rpm，另外輸送帶之傾斜角度亦可調整。其中滾軸與皮帶大小間隙決定果徑分級標準，共計分成六級，包括 8 cm 以下、8.1　10cm、10.1　10.5cm、10.6　11cm、11.1　12cm 及 12 cm 以上等六種高度，其中高度在 10.1　11 cm 分級選出之文旦在 400　550g 適合設立品牌。



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。

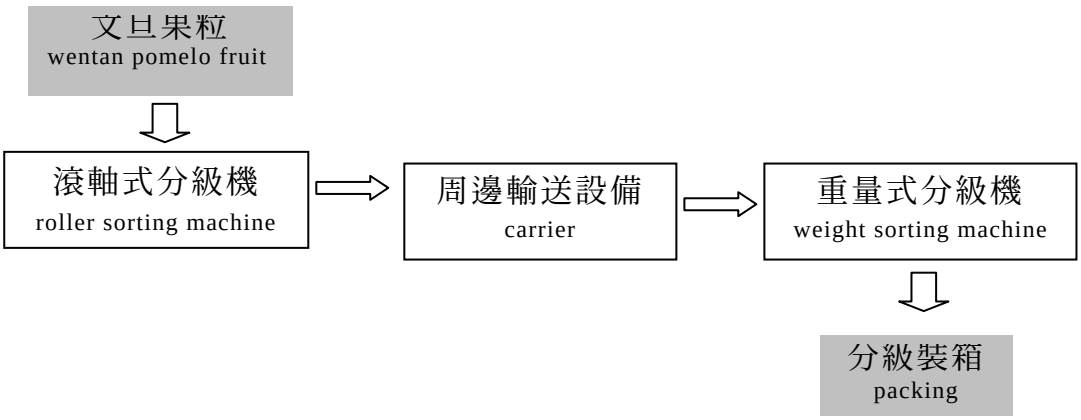


圖二、重量式分級機

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。

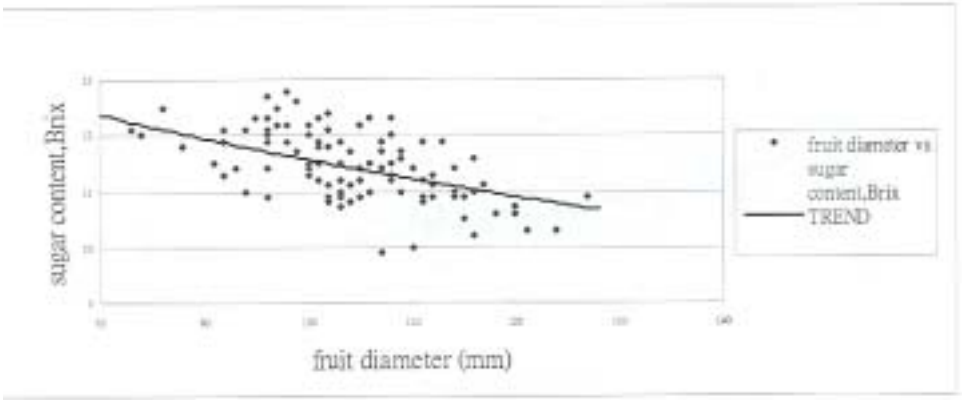
表三、12~20 年生文旦分級結果不同大小重量所佔百分比

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

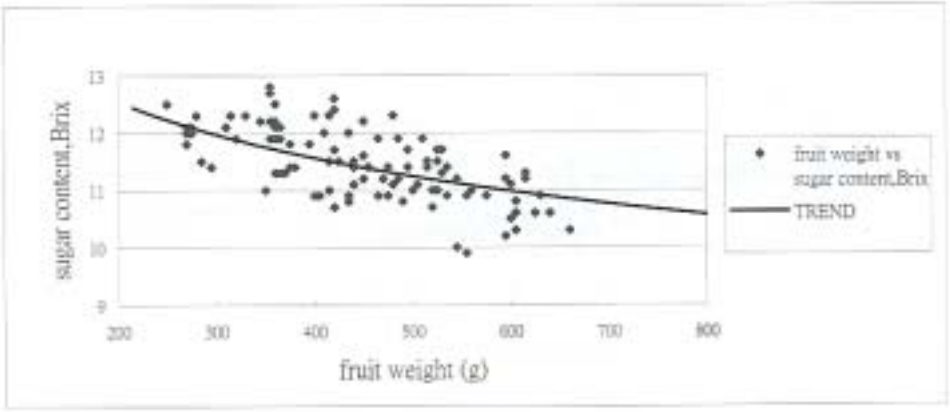
Note：A-225g、B-300g、C-375g、D-450g、E-525g、F-600g over。

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。



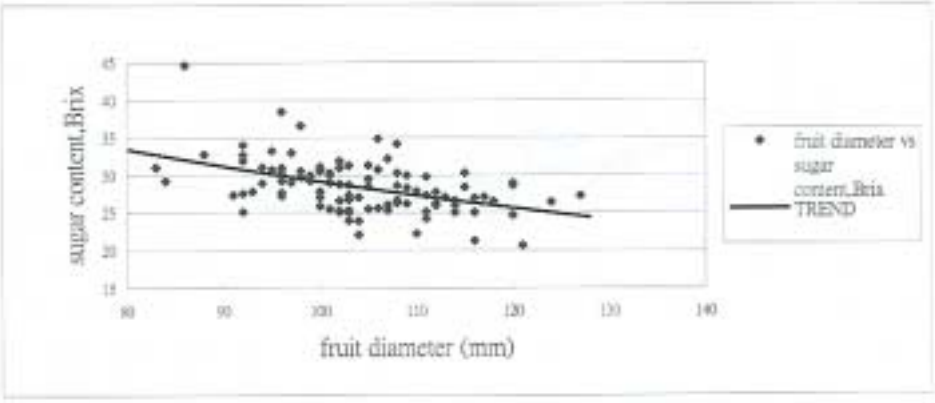
圖四、果徑與糖度之相關

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



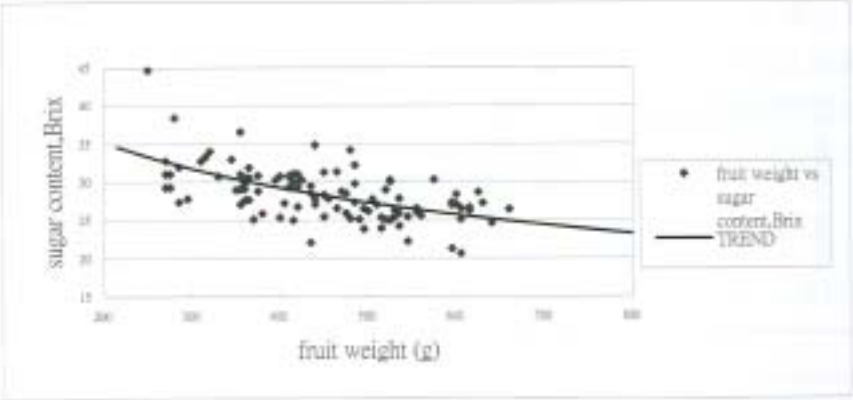
圖五、果重與糖度之相關

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



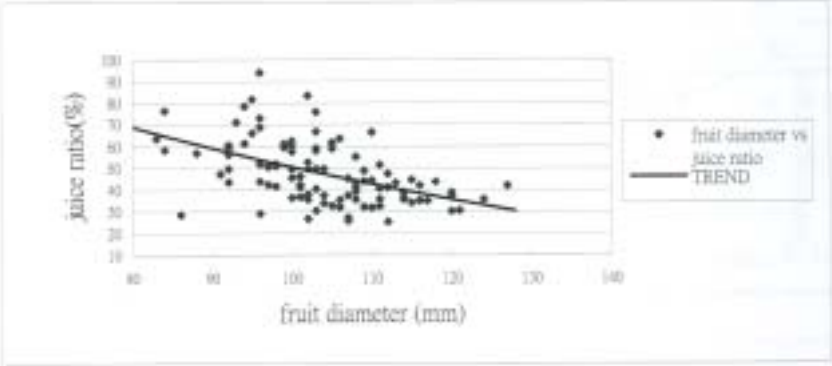
圖六、果徑與糖酸比之相關

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



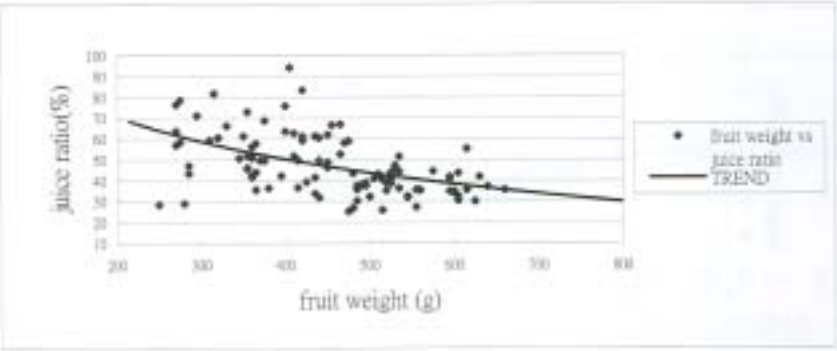
圖七、果重與糖酸比之相關

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



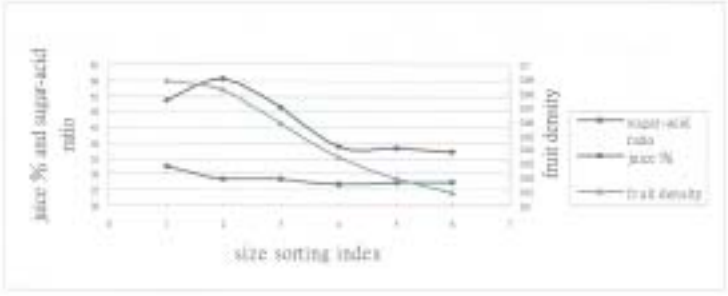
圖八、果徑與榨汁率之相關

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



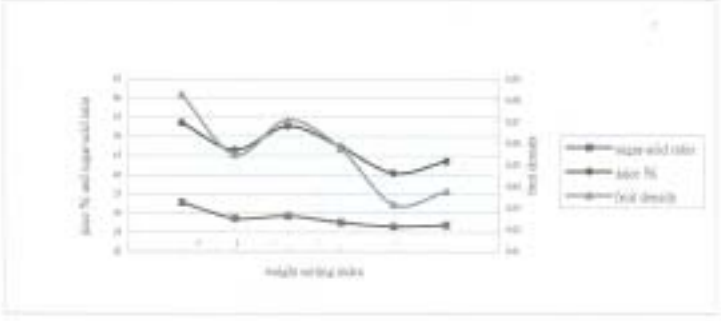
圖九、果重與榨汁率之相關

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.