

坡地果園採收分級機之研究改良

臺東區農業改良場研究助理

李 國 康

一、前 言

收穫費用在果樹栽培成本中佔極大的比例，尤其在坡地更是如此。一般而言，其佔總生產費用之30~60%，甚至有採收的水果價格不足以抵付採收之工資者。以目前國內果園生產作業之果實收穫，尚停滯在爬樹、爬梯、搖樹、竹桿打擊等簡單方法與器具，而且以人工收穫時在短時間內需要大批勞力觀之，實施果實收穫機械化，乃減少採果成本及解決有限人力之良策。

柑桔為本省最重要青果之一，其栽培面積廣達二萬多公頃，年產量幾達三十萬公噸。目前大部份柑農於柑桔採收後，除了將果實擦拭乾淨外，並未加以分級即予出售，以致降低柑桔果實價格而且增加運銷上之不便。目前必須作精細分級選別之外銷柑桔，均用簡單之分級板或目測，以人手分級。此種人手分級法雖然簡單，但其分級速度緩慢、雇工不易，因此淘汰此種人手分級法，而代之以高效率之機械分級，為刻不容緩之技術改良工作。

二、有關研究說明

果樹收穫機械主要有振動式採收機及果樹收穫補助機（人力定位採收機）二種。前者係利用果實所產生之慣性力大於果實與果樹結合力之原理。其作業效率高，可節省甚多的工資，然而對於某些果樹，因外表損壞，或不易搖落，或收穫損失等關係，尚無法適用。後者係協助收穫操作，或可節省收穫操作中所需之費用，減輕作業之辛苦。一般對新鮮銷售之水果，為減少其損壞，多以定位採收機採摘之。而人力定位採收機又可分為單人操縱式與多人同時作業階梯式等二種。階梯式採收機適合於密植果園，然因數工人同時使用一套設備時，使整個操作之出量率常受工作最慢之工人所影響。故針對本省果園環境設計油壓升降補助人力採收之定位機，以期解決高大果樹之採果作業，確保果實品質。

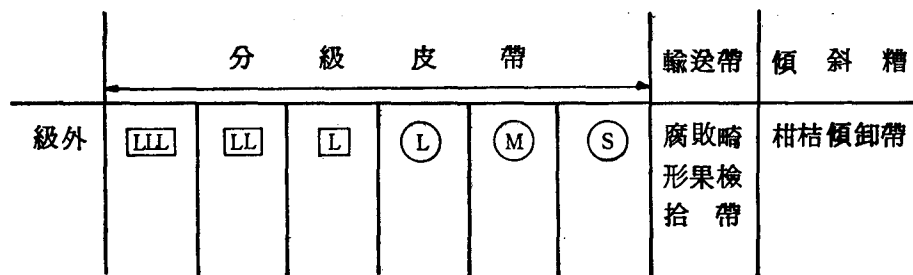
果實分級機可分為重量選果機與形狀選果機二類。前者是將果實依重量秤量之，後者是依果實大

小選別。桶柑、椪柑之分級依照中國國家標準，以其柑頭橫切直徑大小分為極大（超過8.5公分至9.5公分），超大（超過7.9公分至8.5公分），特大（超過7.3公分至7.9公分），大（超過6.7公分至7.3公分），中（超過6.1公分至6.7公分），小（5.5公分至6.1公分）等六級。故柑桔分級機應以形狀選果為宜。形狀選果機有間隙分級式與圓孔分級式等。分級後果實之損傷程度、分級之精密度，作業率大小及構造繁簡是決定分級機械發展成功與否的重要關鍵。

三、理論應用與分析

本場究製之採收機為油壓式，於伍氏W-16.D-4型國產搬運車載臺之前緣裝置主桿、副桿及第三伸縮桿，第三伸縮桿末端設一吊欄，車上設有液油箱、油壓泵、油壓馬達、方向控制閥等。主桿可作360度之旋轉，旋轉裝置係以油壓驅動油壓馬達，再轉動蝸桿齒輪，使之達成旋轉作業。副桿與主桿間裝有雙作用液壓缸，使副桿上下動作，而副桿本身亦為一雙作用液壓缸，其活塞桿可隨需要而伸縮，於活塞桿末端設作業人員站立之吊欄，並以另一液壓缸來控制吊欄，使成水平狀態。如此作業人員可利用設置在吊欄處的方向控制桿來控制吊欄之左右旋轉、上下、長短、傾斜等作業，來完成採果位置之選擇。坡地果園之採收機其設計重點應以安全為第一要求。為確保作業時安全，乃於車架四端加裝液壓缸各壹支，於活塞桿下端裝腳盤作為支架，利用方向控制閥來控制支架之上升及下降。因液壓支架於作業時所受負荷甚大，在設計液壓迴路時須考慮到受力較大之支架，其液油流向其他支架之情形，最好各支架油路各自獨立，以確保支架支撐安全。

本場設計之柑桔分級為皮帶間隔式，利用二條三角皮帶間寬度，由小漸大，於皮帶輸送柑桔之過程中連續完成柑桔分級作業，小徑的柑桔先由前端掉下，依次依其大小分級，皮帶下面設有斜槽，將落下的果實收集於塑膠籃中。此項分級機其作業流程圖如圖所示：



分級機之構造包括入口槽、輸送帶、導向槽、分級機構、承接槽、馬達、減速機及動力傳遞裝置。

四、試驗方法與步驟

(一)採收機：

1. 試造採收機，並改進其缺點。
2. 在各種不同坡度下從事穩定試驗，以確保作業安全。
3. 採收機採果測定與人爬至樹幹上採果之效率比較。

(二)柑桔分級機：

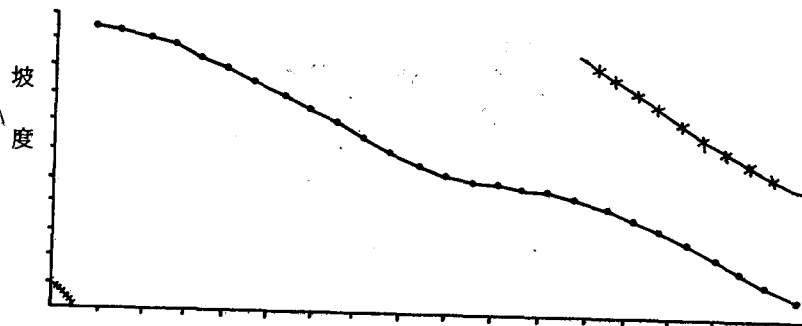
1. 調查人工分級柑桔情形。
2. 試造柑桔分級機，改進其缺點。
3. 測定柑桔分級機之作業量、分級精度及摩擦損傷等各項試驗情形。

五、實驗結果

(一)採收機：

1. 機械性能：

- (1) 吊欄在車體原中心之垂直高度可達四公尺，加上採收者本身的身高可達五公尺以上。
- (2) 橫向作業最大半徑為 2.2 公尺，加上採收者手之伸展可達三公尺以上。



+-----+ 表面液壓支架支撐
 ●-----● 附加液壓支架支撐
 ----- 左右支架各加寬五公分

2. 穩定試驗：

- (1) 採收機在各種坡度下前輪舉升試驗：在 20 度坡度下，伸縮桿雖完全伸出，不論是否有液壓缸支架支撐，於吊欄處加置負重至 160 公斤，未有前輪舉升現象。
- (2) 採收機在各種坡度下側面翻覆試驗：
- (3) 與人爬至樹幹上採收柑桔之效率比較：

調查項目 重複	(A)採收機採收		(B)爬至樹幹上採收	
	重量 (公斤)	時間	重量 (公斤)	時間
1	8.5	6'50"	4.5	5'30"
2	6.0	5'30"	4	4'50"
3	4.1	6'20"	3	5'
4	3.3	3'40"	4.2	5'
5	6.2	6'15"	3.5	4'50"
6	13.5	7'26"	3.8	5'10"
合計	41.8	36'1"	23.0	30'20"
平均	7.0	6'	3.8	5' 3"

平均每採一公斤柑桔所需時間(A)為 52" (B) 為 1'20"，故僅就採果作業而言，前者較後者快 1.55 倍。

(二)柑桔分級機

1.分級作業量：

(1)二條三角皮帶以相等速度前進時：5000公斤
／小時

(2)一條皮帶停止轉動時：2500公斤／小時

2.分級準確率：

(1)二條皮帶等速前進時：桶柑 78%

柳橙 81%

椪柑 51%

(2)一條皮帶停止轉動時：柳橙 92%

3.機械損傷測定：

將柑桔浸漬於稀釋1000倍之 T.T.C. 藥液中三分鐘，受傷處流出之液汁所含酵素，即與 T.T.C. 藥劑產生化學作用，酵素經氧化後即變成紅色斑點，受傷愈多，產生之斑點愈多，愈顯著，由此即可瞭解柑桔損傷情形。取完全沒有外傷的柑桔經分級機分級作業後，再以 T.T.C. 藥劑處理，其所呈現斑點甚少，因之顯示本型式分級機對柑桔之機械損傷甚少。

六、經濟效益分析

(一)採果機：

1.人爬至樹幹上採果：

每人每天收穫量=45.5公斤／小時×8小時／天
=364公斤／天

每人每天工資=300元／天

每公斤柑桔採收工資= $\frac{300元}{364公斤}$ = 0.824元／公斤

2.機械採收：機械成本75,000元，每日採收量以557公斤計：

(1)固定費：

A.折舊費：殘 值=7,500元

使用年限=10年

若每臺採收機每年使用天數以九十天計，相當全年採50,130收公斤柑桔。

每公斤柑桔採收折舊費
= $\frac{75,000元-7,500元}{10 \times 50,130}$
=0.135元

B.投資利息：

年利率=8.5%

年投資利息= $\frac{75,000元+7,500元}{2} \times 0.085$
=3,506.25元

每公斤柑桔投資利息= $\frac{3,506.25}{50,130}$ = 0.07元

(2)使用費：

A.修理費：

年修理費=75,000元×2% = 1,500元

每公斤柑桔修理費= $\frac{1,500元}{50130}$ = 0.03元

B.燃料費：

0.33公升／小時×8小時×28元／公升
=73.92元／天

每公斤柑桔燃料費= $\frac{73.92元}{557公斤}$
=0.133元／公斤

C.潤滑油費：

年潤滑油費=15公升×70元／公升
=1050元

每公斤柑桔燃料費= $\frac{1050元}{50130}$ = 0.021元

D.工資：

每臺採收機每日工作量=69.6公斤／小時
8×小時=557公斤

每人每日工資=300元

每公斤柑桔採收工資= $\frac{300元}{557}$ = 0.539元

(3)總成本：

每公斤柑桔採收成本=0.135+0.07+0.03+
0.133+0.021+0.539
=0.928元

(二)柑桔分級處：

1.人工選果：五人選果一人搬運

每日工作量=300公斤／人·小時×5人×8小時
=12000公斤

每日總工資=300元／人×6人=1800元

每公斤柑桔分級成本= $\frac{1800元}{12000}$ = 0.15元

2.選果臺人工選果：三人選果一人搬運

每日工作量=24公斤／箱×3箱× $\frac{60分}{3分}$ ／小時
×8小時
=11520公斤

每日總工資=300元／人×4人=1200元

每公斤柑桔分級工資= $\frac{1200元}{11520}$ = 0.104元

選果臺成本=2000元（使用五年，全年分級柑桔150000公斤）

每公斤柑桔折舊費= $\frac{2000元}{5 \times 150000}$ = 0.003元

總成本=0.104元+0.003元=0.107元

3.分級機選果：機械成本=138000元

(1)固定費：

A.折舊費：殘餘價值=138000元
 使用年限=10年
 全年分級柑桔600000公斤

$$\text{全年折舊費} = \frac{138000 \text{元} - 13800 \text{元}}{10 \text{年}}$$

$$= 12420 \text{元/年}$$

$$\text{每公斤柑桔折舊費} = \frac{12420 \text{元}}{600000}$$

$$= 0.021 \text{元}$$

B.投資利息：年利率=8.5%

$$\text{年投資利息} = \frac{138000 + 13800}{2} \times 0.085$$

$$= 6451.5 \text{元}$$

$$\text{每公斤柑桔投資利息} = \frac{6451.5 \text{元}}{600000}$$

$$= 0.011 \text{元}$$

(2)使用費：

A.修理費：年修理費=138000元×1%

$$= 1380 \text{元}$$

$$\text{每公斤柑桔修理費} = \frac{1380 \text{元}}{600000} = 0.002 \text{元}$$

B.電費：

$$\text{年電費} = 0.746 \text{千瓦/馬力} \times 1 \text{馬力} \times$$

$$\frac{600000 \text{公斤}}{5000 \text{公斤/小時}} \times 3 \text{元/度} = 268.56 \text{元}$$

$$\text{每公斤柑桔電費} = \frac{268.56 \text{元}}{600000} = 0.000448 \text{元}$$

C.潤滑油費：

$$\text{年潤滑油費} = 70 \text{元/公斤} \times 2 \text{公升/年}$$

$$= 140 \text{元/年}$$

$$\text{每公斤柑桔潤滑油費} = \frac{140 \text{元}}{600000}$$

$$= 0.000233 \text{元}$$

D.工資：

$$\text{每日工資} = 300 \text{元/人} \times 6 \text{人} = 1800 \text{元}$$

$$\text{每日分級柑桔} = 5000 \text{公斤/小時} \times 8 \text{小時}$$

$$= 40000 \text{公斤}$$

$$\text{每公斤柑桔分級工資} = \frac{1800 \text{元}}{40000} = 0.045 \text{元}$$

(3)總成本=0.021元+0.011元+0.002元
 +0.000448元+0.00283元
 +0.045元=0.08元

4.比較：

(1)每年每臺分級機可較人工選果節省分級成本：

$$(0.15 \text{元/公斤} - 0.08 \text{元/公斤}) \times 600000 \text{公斤}$$

$$= 42000 \text{元}$$

(2)每年每臺分級機可較選果臺人工選果臺節省分級成本：

$$(0.107 \text{元/公斤} - 0.08 \text{元/公斤}) \times 600000 \text{公斤}$$

$$= 16200 \text{元}$$

七、檢討與建議

(一)採收機對於坡度較大的果園較易發生危險，一般以坡度度以下的果園內作業較為合適。

(二)採收機在液壓支架支撐下，能增加車體穩定性，確保作業安全。

(三)採收機除了從事採果作業外，尚可供高大型果樹剪枝及噴藥之用。

(四)由經濟效益分析中知：採收機的投資成本高達75,000元，且其作業量的增加有限，故未能產生其最大成效。

(五)採收機適合於種植管理成一條連續不超過六呎寬之密植樹行，或如龍眼、荔枝等連成串採收之果樹，或如椰子等高大型果樹之採收作業。

(六)以分級機分級柑桔乃是可行方式，不但可節省分級成本，且可爭取時效，使產品品質不致變化。

(七)試造小型高效率之分級機供柑農機動性移動至果園內，於採收後立即分級包裝，當可簡化產銷過程。

(八)當二條分級皮帶以等速度前進時，因柑桔果形不圓，於滾動至分級皮帶上時無法以柑頭橫切面最大直徑通過二條分級皮帶間之縫隙，是為造成分級不準確原因。若一條皮帶不轉動而以另一條皮帶輸送柑桔時，因柑桔自轉，有使柑桔以橫切面通過皮帶間縫隙之趨勢，使得分級準確率提高。

(九)因每一等級柑桔之價差在3~4元/公斤以上影響果農利益甚大，故如何提高分級準確率乃為分級機研究之主要課題。

八、參考資料

(一)陳俊明：高效率小型柑桔分級機之試驗研究，國立中興大學印行。

(二)劉昆揚：坡地果園振動採收機之初步研究—小型果實機械振動採收機之設計試驗，中國農業工程學報第二十六卷第二期。

(三)王康男：高效率小型柑桔分級機之試驗研究，中國農業工程學報第二十六卷第四期。

(四)園村光雄等，農業機械學。

(五)Kepner: Bainer: Barger, Principles of Farm Machinery.

(六)中國國家標準(C N S)，「椪柑、桶柑、溫州蜜柑等級及包裝」，經濟部中央標準局。