

# 高效率小型柑桔分級機之試驗研究

## Development of Small Type Sorting Machine for Citrus Fruits

臺大農工系副教授

王 康 男

Kang-Nang Wang

### Summary

The citrus fruits is one of the most important fruits in Taiwan. Its total annual yield amount is about 300,000 tons and about 280,000 tons of this amount must be graded in order to increase its qualities and market price. The grading method of these fruits in Taiwan now still depends on hand sorting and consumes time and labor. So that, the purpose of this study is to develop a small type of sorting machine with high grading efficiency and to save time and labor. The sorter now is completed with the following performances:

a. The sorting machine could grade the citrus fruits effectively by controlling the distance between the spiral conveyor and the roller conveyor which is consisted of a multi-staged concentric circle.

b. The spiral-roller conveyor of the sorter was certified that it could be made of light woody material and rubber strip to reduce the total weight of the sorter effectively.

c. The grading length of the roller conveyor could be reduced to 25 cm and the sorter still is with more than 80% of the grading efficiency. So that the total length of the sorter could be reduced to less than 125 cm.

d. By using the T. T. C. test, there was no significant difference detected between the sorted citrus fruits with the machine and the citrus fruits without sorting. This shows that the sorting machine caused no damage to the citrus fruits significantly.

### 一、前 言

柑桔為本省最重要青果之一，其栽培面積廣達三萬五千多公頃，年產量多達三十多萬公噸。這些省產柑桔有一特色，即其供作加工用之數量甚少，而直接供作青果消費之數量約佔總產量的百分之

九十五，高達二十八萬公噸之多，其中每年約有二百五十萬箱（每箱為10公斤裝）供外銷，餘皆供內銷用。這些青果，除外銷用者必須作分級選別外，其供內銷用者一般亦均商品化而廣泛流通於市場，故亦必須作個體之分級選別，以提高其在商品上之品質與價格，並促進其交易之進行。目前本省一般



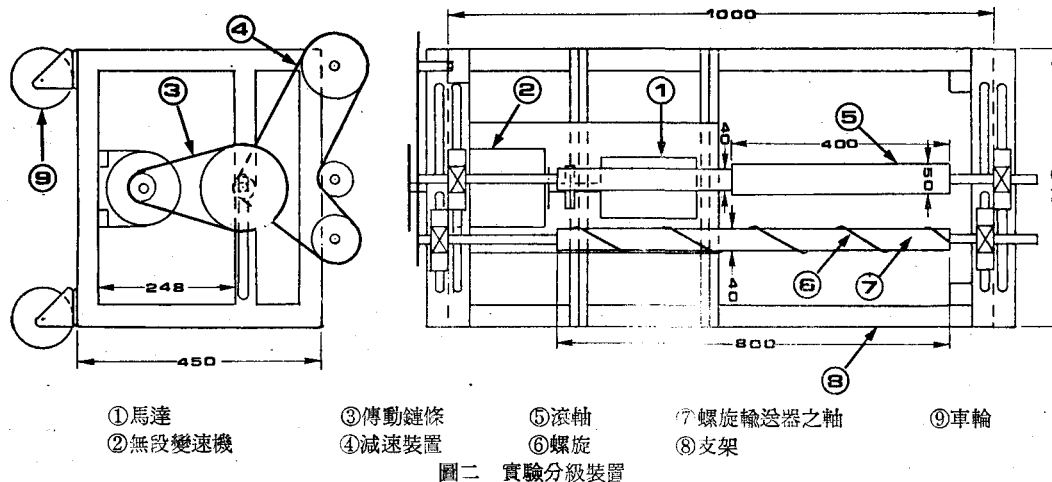
圖一 柑桔之人手分級法

柑桔果農，對於柑桔之分級，多採用如圖一所示之  
人手分級法，用簡單之分級規或目測以人手分級。  
此種人手分級法雖然簡易，但其分級速度甚緩慢，  
而省產柑桔必須分級者之數量，如前所述，多達二  
十八萬公噸之多，因之，其每年所必須耗費工時之  
多是無法估計的。且此種人手分級法，因甚費工時  
，每於農忙期，即會遭遇到雇工不易之困難，無法  
進行大量之分級選別。因此淘汰此種人手分級法而  
代之以效率甚高之機械分級，乃勢所必然，且為刻  
不容緩之急事。促進柑桔分級機械化之方法有二：  
其一為國內自行開發，其二為自國外引進。對於前  
者之國內開發而言，由於長期以來受本省既有農業  
機械化對象，一向偏重於稻作機械推廣之影響，迄  
今仍被忽視，而未見有任何之進展。至於對後者之  
國外引進而言，臺灣青果運銷合作社鑑於柑桔分級  
機械化之必要，曾進口並仿製了少量之柑桔分級機

械，但迄今其效果不大，未見普及。據筆者實地訪  
問調查結果得知，此種進口或仿製柑桔分級機之所  
以未能推廣，乃因此種機械，均屬大型，價格高昂  
，佔據空間（必須有大廠房相與配合），耗費動力  
，缺乏機動性等缺點甚多，不適合於本省一般柑桔  
果農及大部份柑桔選果場之需求所使然。因此，本  
省在自己既無開發而進口機械又不適合本省需求之  
情況下，柑桔之分級選別就自然顯得落後，而不得  
不仍沿用如圖一所示之古老且不合經濟效益的人手  
分級法了。本研究計畫之目的即在針對這些本省柑  
桔分級之嚴重問題，並配合本省產地設施規模之需  
求，開發一種易於推廣之小型高效率柑桔分級機，  
以解決本省柑桔分級所面臨之困難。

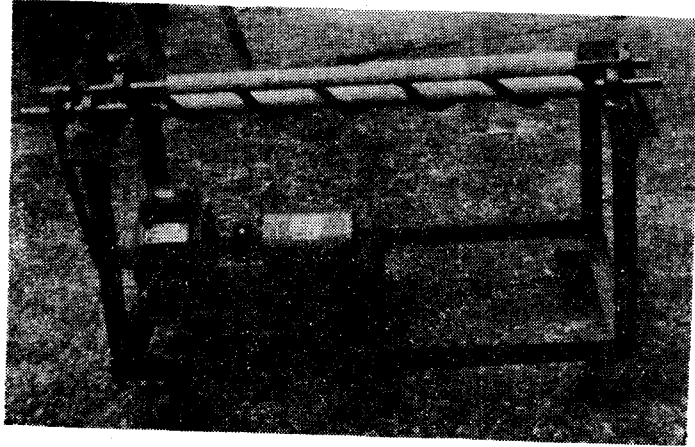
## 二、實驗裝置、材料和方法

(一)實驗裝置：本裝置之目的在探討多段間隔式



分級裝置對於達成前述小型高效率柑桔分級機之可行性，並討論此種裝置之各種影響因子對於分級精度之影響，以爲設計柑桔分級機之參考。本裝置如圖二及圖三所示，主要由(1)分級裝置，(2)動力傳動裝置所構成。

1.分級裝置：由螺旋搬運器⑥⑦與滾軸平行排



圖三 試製完成之實驗分級裝置

2.動力傳動裝置：動力是經由馬達①，無段變速機②，鏈條③，減速裝置④而傳達到選別裝置上。本省農村電化普及，110伏特之電源普遍，因此，對於本型式柑桔分級機推廣影響因子之一的動力源特選用110V  $\frac{1}{4}$ 馬力之小馬達。

(二)實驗材料和方法：本實驗除以直徑7.2 cm，重157公克之硬式棒球及直徑6.6 cm，重65公克之硬式網球模擬柑桔進行實驗外，並實際以長徑6.5 cm，短徑6.4 cm重153公克之柳橙進行測試。測試之項目包括：迴轉速度、螺距長度、滾軸長度、迴轉比等對於分級精度之影響。並且在進入實驗階段之前，先作預備實驗以觀察滾軸與螺旋搬運器之迴轉方向對柑桔損傷之影響，其結果發現螺旋搬運器與滾軸以向上之反方向迴轉時對柑桔之擠壓損傷最小。因此，實驗時均採用此種迴轉方向。

1.迴轉速度：在迴轉比及螺距固定下，使迴轉速度(r. p. m.)從40 r. p. m增至160 r. p. m，其間每隔20 r. p. m作一次分級精度試驗。

2.螺距：指橡皮螺旋兩相鄰頂峯間之距離。以螺距9 cm、12 cm、15 cm、18 cm、21 cm等五種之螺旋搬運器供作測定。

3.滾軸長度：指滾軸上所劃出之橫線間隔之距離。在滾軸上共劃出5 cm、10 cm、15 cm、20 cm、25 cm等五種長度以供作測定。

列而成。爲探討分級機之輕量化，螺旋搬運器之軸⑦選用質量甚輕之圓木經車床精密車製而成，而其螺旋⑥則以輕量而甚富彈性之圓形橡皮長條纏繞而成。滾軸⑤之材料及製法與螺旋搬運器之軸相同。此種滾軸與螺旋搬運器平行排列所構成之間隙可讓直徑較之稍小之柑桔滑落以達到分級之目的。

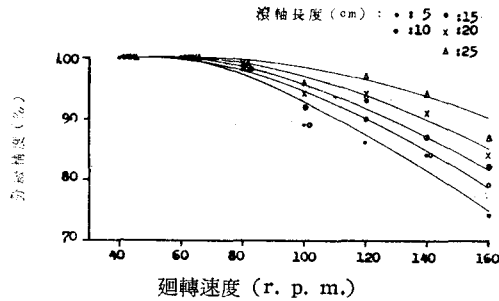
4.迴轉比：指螺旋搬運器與滾軸之迴轉速度之比，共取0.5、0.75、1、1.33、1.5、2等六種迴轉比供作測定。

(三)分級精度之表示法：在測試之前，先調節滾軸與螺旋搬運器間所形成之間隙距離，使稍爲大於(或等於)球或柑桔之直徑，然後以此特定之球或柑桔作測試，其分級精度即以從調節後之隙中滑落出來之球或柑桔之次數除以球或柑桔之實驗總次數(本實驗共作100次)表示。

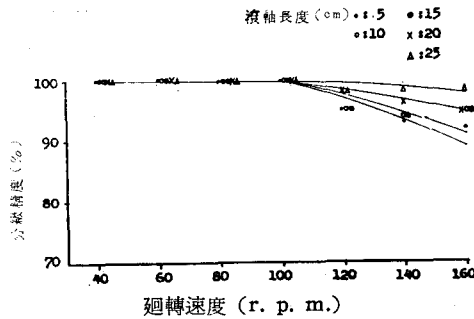
### 三、實驗結果與討論

(一)迴轉速度：經分別以棒球、網球及柳橙測定間隔式分級裝置之迴轉速度對於分級精度影響之結果如圖四~圖六所示。圖四及圖五顯示，迴轉速度在40 r. p. m~80 r. p. m之間且滾軸(圖二⑤)長度在5~25 cm之範圍內，圓形之棒球及網球之分級精度均接近於100%，顯然受迴轉速度之影響小，而迴轉速度在80 r. p. m至140 r. p. m之間，則分級精度有隨迴轉速度之增加而逐漸下降之趨勢，但其總下降幅度不大，如在滾軸長5 cm時，分級精度仍在80%以上，而於滾軸長25 cm時，分級精度更高達90%以上。至於柳橙之試驗結果，則如圖六所示。圖六顯示迴轉速度在40 r. p. m至160 r. p. m之範圍內，分級精度，隨迴轉速度之增

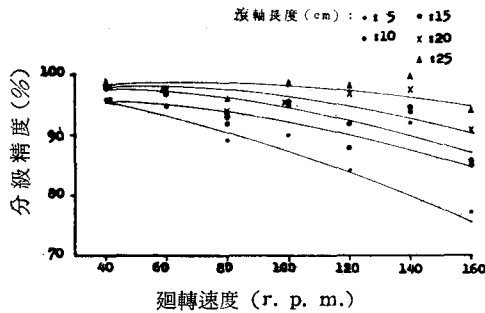
加而下降，尤其迴轉速度在40 r.p.m至80 r.p.m之間，分級精度受迴轉速度之影響較棒球、網球所受影響為大。此種原因，乃因柳橙之長徑與短徑不相等稍呈扁圓形，故在分級裝置上作翻轉滾動時較球不穩定所使然。



圖四、迴轉速度對於硬式棒球分級精度之影響



圖五、迴轉速度對於硬式網球分級精度之影響

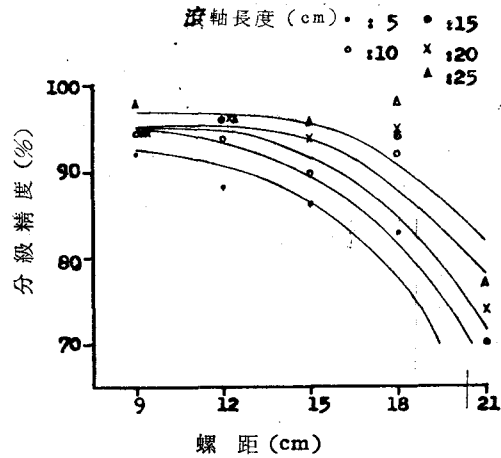


圖六、迴轉速度對於柳橙分級精度之影響

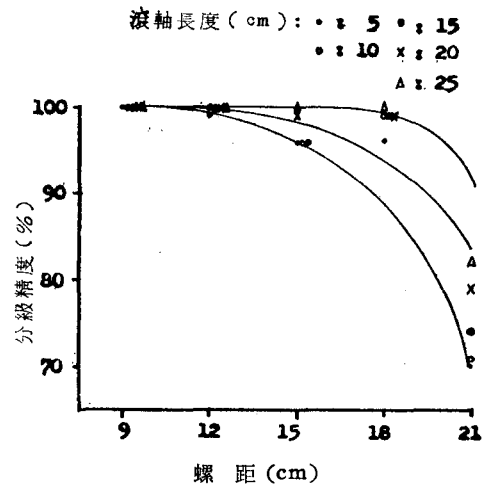
(二)螺距：螺距對於分級精度影響之結果如圖七~圖九所示。對於球形之棒球及網球而言，圖七及圖八顯示分級精度隨螺距之增長而下降，但其總下降幅度不大，在螺距小於15~18 cm時，分級精度仍在80%以上。對於稍呈扁形之柳橙而言，如圖九所示，螺距在9~18cm間之分級精度為100%，顯示螺距小時對分級精度之影響並不顯著，但螺距

大於18 cm，則分級精度急遽下降，顯示螺距大對於分級精度之影響甚顯著。此種原因可解釋為因柳橙稍呈扁形，在一定迴轉速度下，若螺距較短則柳橙在分級裝置上之前進運動速度相對緩慢，故從分級裝置上之間隙滑落之機率相對增加，而於螺距增長時，則柳橙之前進運動速度增加而呈不穩定狀態，故分級精度大減。

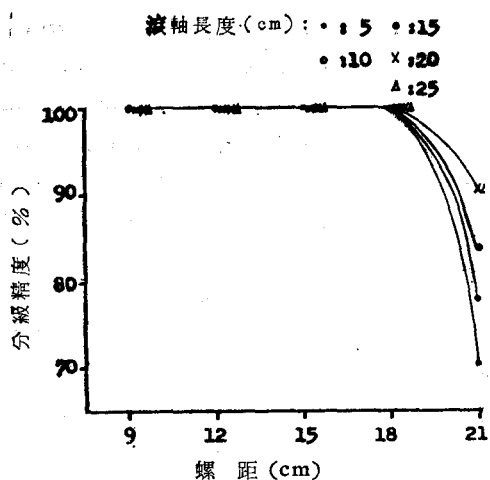
(三)迴轉比：迴轉比對於分級精度影響之結果，如圖十~圖十二所示。從圖中顯示，分級精度隨迴轉比之增加而呈類似拋物線形之變化，即迴轉比接近於1時分級精度最大約有90%，而迴轉比小於1或大於1時之分級精度均較低。



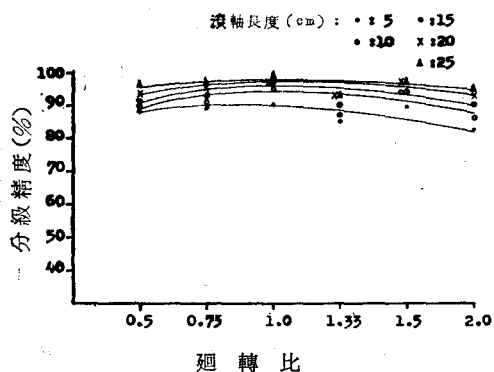
圖七、螺距對於硬式棒球分級精度之影響



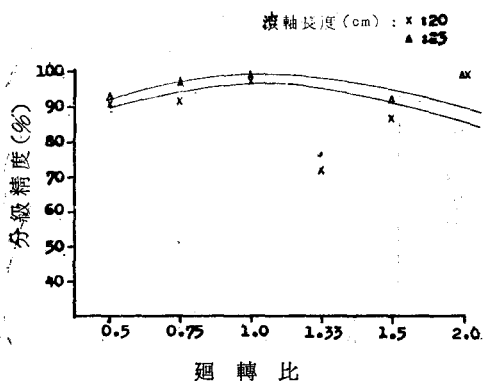
圖八、螺距對於硬式網球分級精度之影響



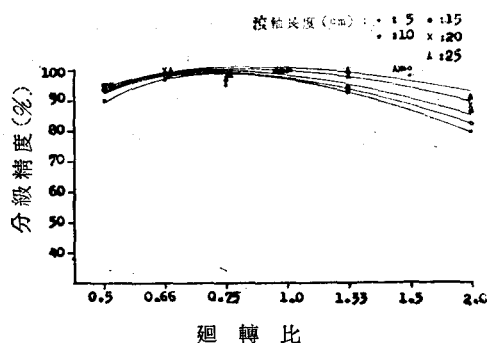
圖九、螺距對於柳橙分級精度之影響



圖十、迴轉比對於硬式棒球分級精度之影響



圖十一、迴轉比對於硬式網球分級精度之影響



圖十二、迴轉比對於柳橙分級精度之影響

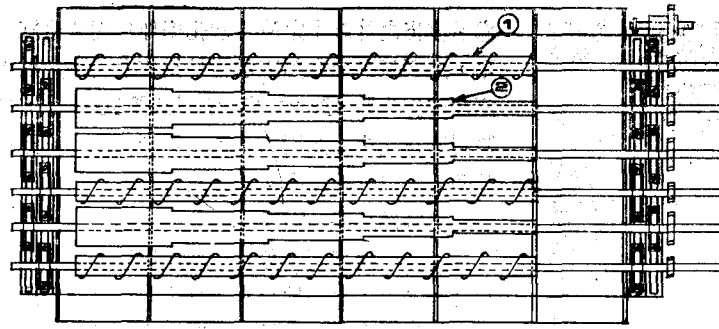
#### 四、結 論

為發展小型高效率柑桔分級機以解決本省柑桔分級所遭遇之困難，試製並已完成一供作基礎實驗用之間隔式柑桔分級裝置，以探討使用此種分級方式之柑桔分級機之可行性。此外，並研討此種裝置之各影響因子對於分級精度之影響，以為設計柑桔分級機之參考。從前述各實驗結果顯示，此種間隔式之分級裝置欲獲得80%以上之精確度時之條件為：迴轉速度在 120 r.p.m 以下，螺距在 18 cm 以下，而迴轉比應等於 1。在此條件下滾軸之單級分級長度縮短至 25 cm，可得到 90% 以上之分級精度，若此滾軸再縮短至 5 cm 亦可得到 80% 之分級精度。故在此種高精度下，滾軸之短縮顯示柑桔分級機可小型化。而在同樣條件下，此種分級裝置之螺旋搬運器及滾軸之製作材料是以輕量之木材及橡皮製成的，因之柑桔分級機可據以輕量化。

#### 五、實際應用和討論

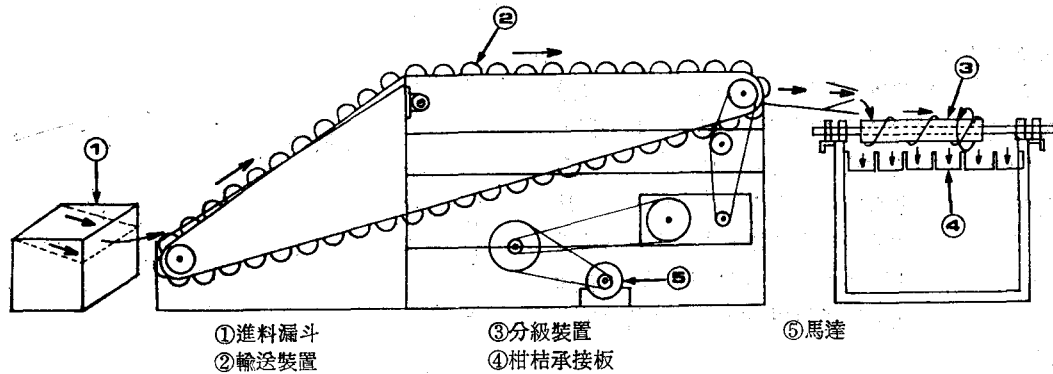
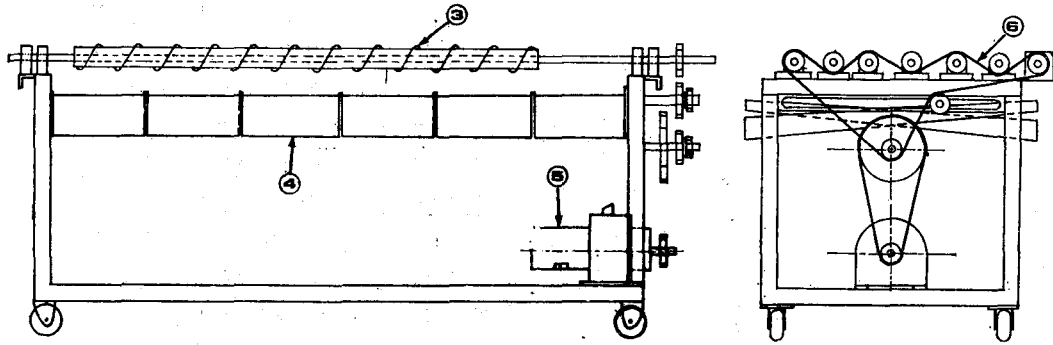
前述之基礎實驗結果顯示，間隔式分級裝置之單級滾軸長度可縮短至 25 cm 以下，而其分級精度仍在 80% 以上，且這種分級裝置可用輕量之圓木及橡皮條製成。因之利用這種裝置之柑桔分級機可小型輕量化而其分級精度甚高。此外，這種裝置在合格分級精度（至少 80%）下之最佳迴轉方向、迴轉速度、螺距、迴轉比等基礎資料亦經實驗求得。以下之實驗用分級機即實際應用此種間隔式分級裝置及其已求得之各種基礎資料製作而成，其構造、性能實驗及結果如下：

(一)間隔式分級機：本分級機之視圖、柑桔輸送流程圖及其實際製作完成圖，各如圖十三～圖十五所示。本機主要由(1)進料漏斗，(2)輸送裝置，(3)分級裝置，(4)取接板，(5)動力傳動裝置等五部份所構



- ①螺旋輸送器之軸
- ②多段滾軸
- ③螺旋輸送器之橡皮螺旋
- ④柑桔取接板
- ⑤馬達
- ⑥傳動鏈條

圖十三 間隔式多段柑桔分級機之視圖 (比例: 1/10)



- ①進料漏斗
- ②輸送裝置
- ③分級裝置
- ④柑桔承接板
- ⑤馬達

圖十四、間隔多段式柑桔分級機之分級流程圖

成。

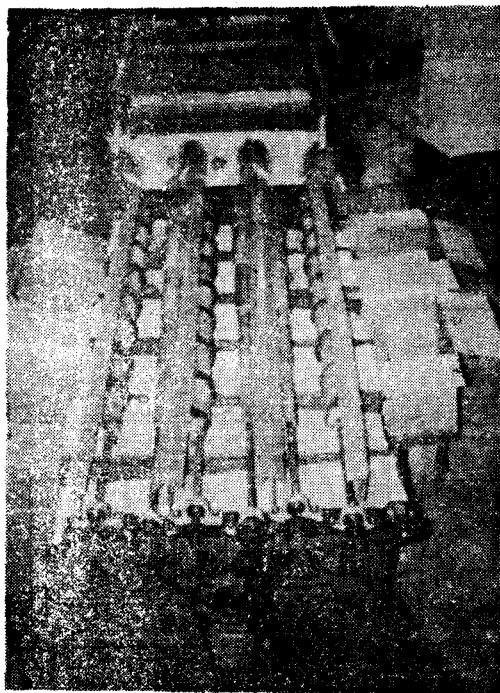
1. 進料漏斗：如圖十四①所示，目的在收集柑桔，使其順利進入輸送帶。為減輕柑桔之摩擦損傷，進料漏斗之表面均敷以海綿。

2. 輸送裝置：如圖十四②所示，係一種在帆布皮帶上裝設橫木以防止柑桔滑動之輸送裝置。此種裝置僅由一段構成，中間並無間斷，因此可防止柑桔因越段所引起之摩擦或撞擊損傷。此裝置除具輸送柑桔使流入分級裝置之功用外，尚可利用本段流程揀拾或分離出不良柑桔。

3. 分級裝置：如圖十四③所示，其構造及分級原理均與基礎實驗之分級裝置相同，惟滾軸由原來

之一段擴大成爲四段，而各段又由直徑各不相同之同心圓木所構成。此種同心圓木柱之排列係由大而小，因之柑桔之分級即由小而大。又爲免除調整各段相對間隙差之麻煩，滾軸各段同心圓木柱之直徑使配合國家柑桔分級標準對各級柑桔大小之規定而算出，因之滾軸與螺旋輸送器所構成之各間隙差即成一定值，不必調整。又依據前述實驗結果，螺旋輸送器之螺距選用18 cm，而其與滾軸之迴轉比固定爲1:1。

4. 取接板：如圖十四④所示，爲承接柑桔從間隙滑落之平板，其傾斜度可任意調整，故可控制柑桔之流動速度。又爲減輕柑桔之摩擦或撞擊損傷，



圖十五、試製完成之間隔式多段柑桔分級機

此板上均貼以海綿。

5.動力傳動裝置：如圖十三(5)Ⓒ所示，主要成分級裝置及輸送裝置等兩部份之動力傳動裝置。

(二)實驗材料及方法：本實驗主要目的在測定各種迴轉速度對於分級精度之影響及柑桔受傷害之情形，以檢驗本型式分級機之性能。實驗中迴轉速從 40 r.p.m 增至 140 r.p.m，中間每隔 20 r.p.m 測定分級精度一次。實驗用柑桔之性質及其受傷之測定法如下：

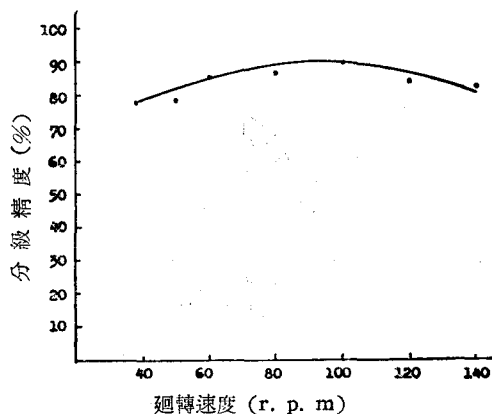
1.供試柑桔：因限於產季，只能用柳橙測試。又為除去如採收或搬運中之撞擊或摩擦損傷等之影響，並為保證柳橙之鮮度，所有試驗用之柳橙均直接由試驗者親自小心採自同一柳橙果園並迅速小心包裝運回，而避免採用一般市販之柳橙。這些採回之柳橙依其大小共分成三級：第一級為 17.3~19.2 cm/周長，第二級為 19.3~21.2 cm/周長，第三級為：21.3~23.2 cm/周長。

2.柑桔摩擦損傷之測定：柑桔果皮受到輕微損傷時，甚不易用肉眼分辨其是否受傷及受傷之程度，但此種受傷之柑桔，往往較易腐敗不易保存，故輕微損傷亦須避免。測定柑桔果皮受傷的方法之一為使用 T. T. C (2,3,5-Triphenyl-tetrazolium chloride) 化學藥劑測定。此種藥劑能與果皮受傷

處所流出之汁液中之酵素起化學作用而產生紅色斑點，這種斑點愈多即表示柑桔果皮之受傷愈嚴重。測定時宜先將 T. T. C. 藥劑稀釋 1000 倍，然後將對照用之未經選別柑桔及已選別後之柑桔泡浸於此藥液中三分鐘取出。

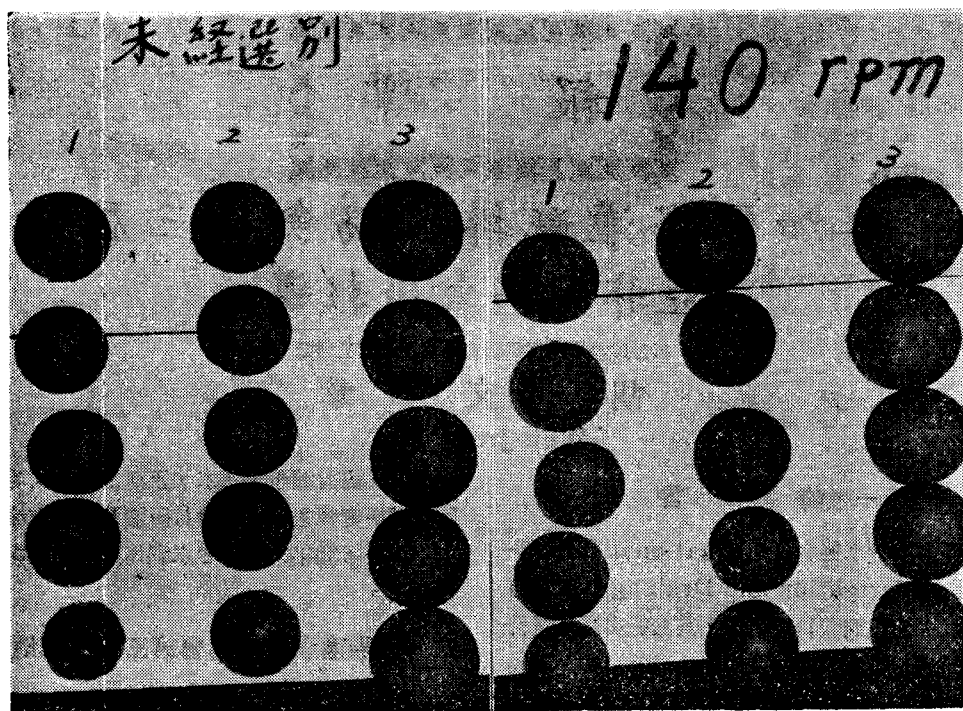
(三)實驗結果及討論：

1.迴轉速度對於分級精度之影響：本實驗在螺距為 18 cm，迴轉比 1:1，迴轉方向為反向向上時之最佳條件下進行，其結果如圖十六所示。圖中顯示本型分級機之分級精度隨迴轉速度之增加而逐漸增加，而於迴轉速度為 100 r.p.m. 時達到頂點，超過 100 r.p.m. 則分級精度又逐漸下降。此種分級精度微昇之現象與前述之基礎實驗所得之結果相反。經仔細觀察結果，發現其原因為分級裝置上柑桔移動前進速度較輸送皮帶之速度（約為 15.2 m/sec）為慢，致使滾軸第一級處之柑桔有重疊擁擠之現象，而影響到第一、二級之分級精度。因此解決此問題有兩種方法：其一為降低輸送皮帶之速度，其二為增加第一分級處滾軸之長度，使擁擠之柑桔有散開之機會。



圖十六 間隔式多段分級機之迴轉速度於柳橙分級精度之影響

2.摩擦損傷：選別及未選別之柳橙經 T. T. C 藥液處理後之結果如圖十七所示。圖中顯示，未經選別之對照柑桔果皮上之斑點數量與經選別後者大致相同，可見其間並無差別，因之，顯示本型式分級機對柳橙之機械損傷不顯著。又測定柑桔之損傷除用 T. T. C 藥液外，另用柳橙之腐敗情形判定柑桔之損傷程度。照片中中之柳橙已經放置一個月，有些已經腐敗，但經選別之腐敗個數與未經選別者亦大致相同。



圖十七、T. T. C. 藥液處理後之柳橙

## 六、摘 要

柑桔為本省最重要青果之一，其每年必須藉分級以提高品質與價格之數量高達二十八萬多公噸。然目前本省對於柑桔之分級多使用人手分級法，甚費時間與勞力，致發生嚴重的問題。因之本研究之目的即在試圖開發一種小型、高效率之柑桔分級機，以解決此項問題。本研究之結果如下：

1. 本小型柑桔分級機係用多段同心圓滾軸與螺旋推送器平行排列所形成之多段間隙來作有效之分級。

2. 分級用之滾軸及螺旋搬運器可用輕量之圓木及橡皮條製成，以減輕分級機之重量。

3. 滾軸之分級單級長度縮短至25 cm以下時，其分級精度仍可達80%以上，故可用以使柑桔分級機小型化至125 cm。

4. 本型式分級機使柳橙受傷害之情形，經用 T. T. C 藥液檢定結果，顯示不顯著。

## 七、謝 啓

本研究係在國科會 NSC-68H-0401-02(02) 計畫下完成，試驗期間承蒙王者忠助理及學生莊勝雄等人之協助，在此一併致謝。

## 八、參 考 文 獻

1. 中馬豐：溫州みかんの輸送損傷に関する研究，日本農業機械學會誌，Vol. 23, No. 3, 1967.
2. 中馬豐：選果機處理がみかんの保存性に及ぼす影響について，日本農業機械學會誌，Vol. 29, No. 3, 1967.
3. Allshouse, G. W. et al.: Development of a handling and sorting system for certain fruits and vegetables, (TASAE)12(3)290-291, 294, 1969.
4. 森鳴博：選別、包裝作業の裝置化、機械化(1, 2)日本機械化農業，10~11, 1970.
5. 田邊一：スパイラルロール形じやががいいも選別機について，日本農業機械學會第31回總會講演要旨，3~29, 1972.