

梅子大小分級機構之設計分析¹

楊智凱² 劉昆揚³

摘要：設計一間距變化式分級機構，由輓子鏈、分級板、導板所組成。分級板上端連結於輓子鏈上並隨之移動，下端則靠在導板上滑行。由於導板的傾斜角使分級板之間隙隨著輓子鏈移動而增加，應用此分級原理，果實進入分級機構後隨著分級板向前移動，大小不同的果實分別在適當位置通過間隙落於各級收集盒中，完成分級作業。

自南投水里鄉取樣調查梅子粒徑分佈，結果平均短橫徑26.79mm，長橫徑28.73mm，縱徑30.12mm，重13.39g；依據以上資料決定分級機構參數，完成梅子大小分級機構離型機。經試驗後，以短橫徑與重量的關係式推算求得分級指標如後：分兩級時，分級效率為88%，分級純度88%；分三級時，分級效率約為74%，分級純度76%。

關鍵詞：分級、梅子。

前 言

梅樹的分佈多集中在中部中央山脈西側海拔300~1,000公尺的坡地上，每年三月中旬梅子七分熟時為採收期，大部分用作加工後食用（如青梅漬、梅酒、梅干……）⁽¹⁾。梅子由於枝幹上多刺，攀爬不易；以及果實和樹葉顏色相近，辨視不易；因此以人工採收每人每工作天僅可收穫約100kg 梅子。而近年人工昂貴，手採方式僅佔極少部份。大部份作業方式乃先在樹下覆以帆布，再以竹竿敲擊，使梅子掉落在帆布上，保持果實清潔，且易於收集拾取。這種方式所用人工雖較手採為少，但依然費時費工。

劉於1984年研發成功索引式振動採收機⁽²⁾⁽³⁾，平均10分鐘可採收一株梅樹（40kg 梅子），大幅減低收穫所須時間及人力，降低成本。但收穫後的大量果實若無一貫連續的後處理（收集、選別、分級……等），其效果也會大打折扣。在選別分級作業方面，為了配合機械化採收，開始研究開發作業能量高，適合臺灣坡地作業的果實分級機。

在田間收穫後的果實，除了混有雜枝、樹葉外，由於成長狀況不同，大小外形有差異。為了提高農產品價值及利於加工處理，選別和分級是必須的過程。最好能在田間收穫完後立即加以選別分級，把雜枝、樹葉甚至過小的果實篩除，留在田間。其餘符合要求的果實依其大小分級，以期獲得最大利益。

現行機械式大小分級機主要分為變化間距式與固定孔洞式兩大類。前者分級原理為分級裝置的孔隙在分級過程中變化，農產品在適當孔隙位置落入分級盒，達到分級目的。後者孔隙固定，物料經篩選後粒徑較大者留在篩面上，粒徑較小者掉落，完成分級作業。本研究乃應用劉昆揚先生研發之板式

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1912 號。
2. 本所農工系助理。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。
3. 國立臺灣大學農機系副教授。臺北市。

大小分級原理，推導其分級機構之理論模式；同時調查統計梅子物理性質，建立粒徑分佈基本資料。針對加工用梅子分級作業，設計製作分級雛型機並進行初步試驗，探討此分級機構之可行性。

理論推導

目前大部分的果實大小分級裝置多屬篩網式或輓筒式，果實在分級機構上運動，摩擦與衝擊難以避免。若採靜置式的分級方式，使果實於分級作業中與分級機構之間的相對運動降到最低，將可減少損傷。為達此目的，分級機構除了具有分級的功能外，同時必須擔負一部分運輸果實的工作，於是產生設計本大小分級機構的構想，其原理如下所述。

一、原理簡介

首先，本機構主要由輓子鏈 (Roller Chain)、分級板 (Sizing Plate)、導板 (Guide Plate) 等三部分所組成。(如圖 1)

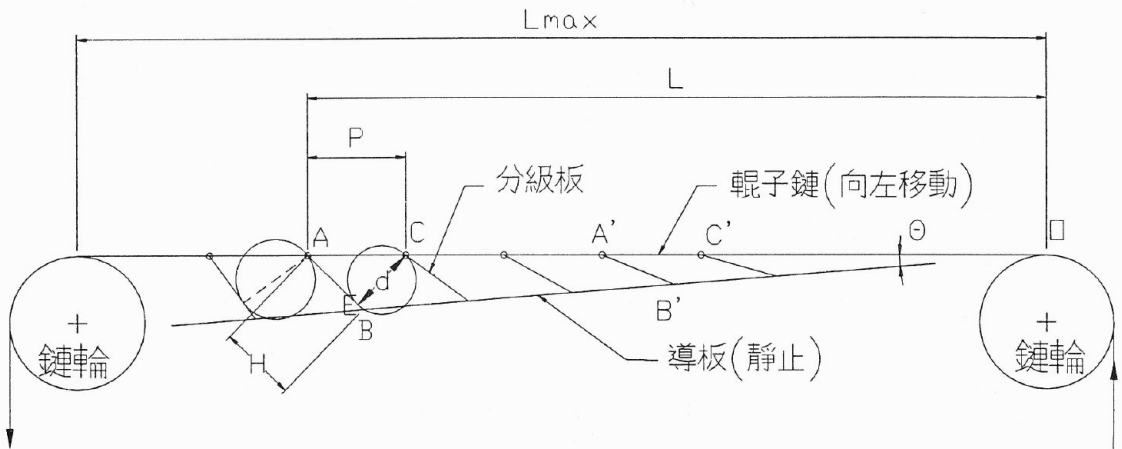


圖 1. 大小分級機分級原理圖

Fig. 1. Theoretical diagram of Sizing Mechanism.

為了能清楚介紹本分級原理，先假設分級板的厚度為零。動力由鏈輪傳入帶動鏈條 (輓子鏈)，鏈條在銷孔位置 (A 點) 以迴轉對 (Revolute Pair) 之方式和分級板 \overline{AB} 連接；換句話說，在鏈條運動過程，分級板以 A 為中心作迴旋擺動。導板固定於鏈條及分級板的下方，與鏈條行進方向成某一角度的傾斜，使分級板 \overline{AB} 隨鏈條由右至左移動過程中，以 B 點在導板上滑行，導致 \overline{AB} 擺動，使分級板之間的垂直間隙 d 由小變大，我們就利用此一間隙的變化來達到分級功能。

接下來推導其間的幾何關係：

P：分級板與鏈條之連接點間距 (\overline{AC})。

H：分級板高 (\overline{AB})。

d：分級板之間允許果實通過的間隙 (The Opening)。

θ ：導板與鏈條間的角度。

L： \overline{AO} 長。

$\triangle ACE$ 中 $d = P \times \sin(\alpha)$, $\alpha = \angle CAE$

$\triangle ABO$ 中 $\frac{L}{\sin(\pi - \theta - \alpha)} = \frac{H}{\sin(\theta)}$

$$d = P \times \sin \left(\sin^{-1} \left[\frac{L}{H} \times \sin (\theta) \right] - \theta \right) \dots\dots\dots(1)$$

但當 $\overline{AB} < \overline{AE}$ 時，果實即會落下（例如在 $A'B'C'$ 位置時），此時允許果實落下的間隙(d)為 \overline{CB} ，即

$$d = \sqrt{\overline{AB}^2 + \overline{AC}^2 - 2 \times \overline{AB} \times \overline{AC} \times \cos (\alpha)} \dots\dots\dots(2)$$

取 $\overline{AC} = P = 50.8\text{mm}$ ， $\overline{AB} = H = 40\text{mm}$ ， θ 作 1° 、 2° 、 3° 的變化，代入(1)(2)兩式作圖 2。

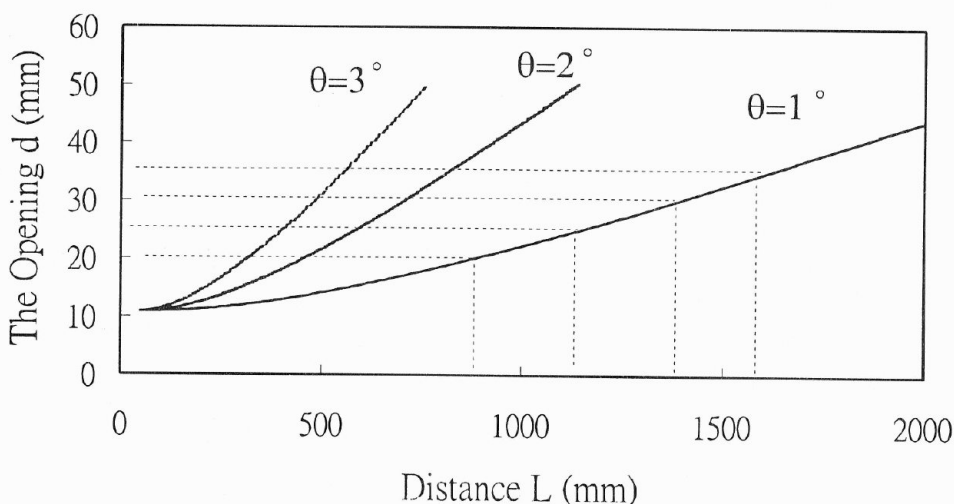


圖 2. 分級板間隙 d 與輥子鏈移動距離 L 之關係 (原理)
 Fig. 2. Relation of the Opening (d) and Displace (L) (theoretical)

圖 2 顯示不同傾斜角 (θ) 時，d 與 L 的關係。以 $\theta = 1^\circ$ 為例，欲將果實分為下列三級：第三級：20~25mm、第二級：25~30mm、第一級：30~35mm，可由圖 2 找到可利用來作為分級的 L 範圍，約自 875mm 至 1,600mm，其中第三級：L = 875~1,150mm、第二級：L = 1,150~1,400mm、第一級：L = 1,400~1,600mm。

也就是說，一批待分級的果實由右側進入分級機構落在分級板上，由鏈條帶著果實一起向左侧移去，由於第三級的果實在 L 為 875mm 至 1,150mm 之間時，果實外徑會比分級板的間隙還小，於是屬於第三級的果實便在此 L 區間內落入分級盒。剩下較大的果實仍然停留在分級板上和分級板及鏈條一起前途，待鏈條行進至 1,150~1,400mm 時，同理第二級果實落入第二級分級盒。最後，第一級果實便在 L 為 1,400 至 1,600mm 的範圍落入第一級分級盒。

二、理論推導

由以上原理簡介可以初見此間距變化分級方式的可行性，但實際應用上尚須考慮分級板的厚度及分級板形狀。基於製造以及加工上的考慮，設計分級板如圖 3 左，由折彎的鐵板及圓管焊接而成，所以分級過程中實際的幾何關係應如圖 3 所示。

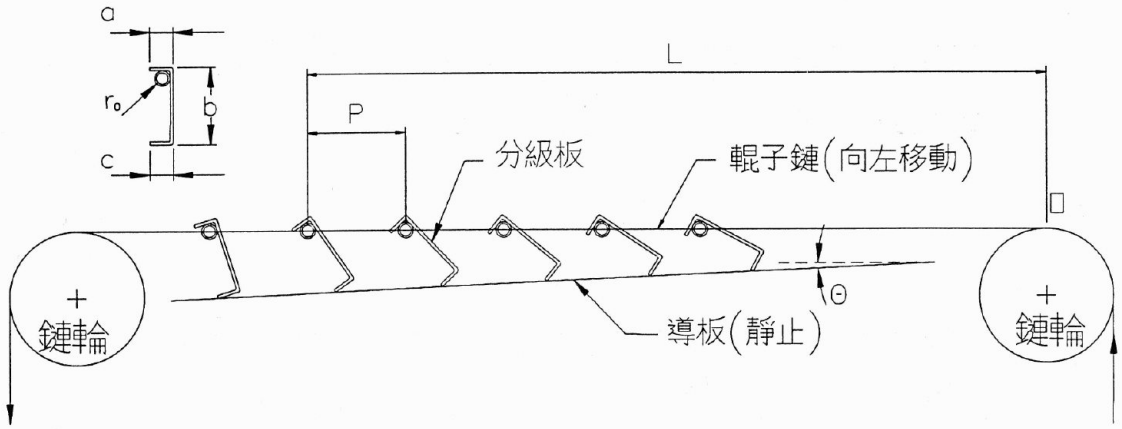


圖 3. 大小分級機分級機構圖(一)

Fig. 3. Mechanism diagram of Sizing Mechanism (I).

故先前的分級原理公式須依據真實分級機構加以修正。修正後分級板之間允許果實通過的間隙 (the Opening) d 為 (如圖 4 左) :

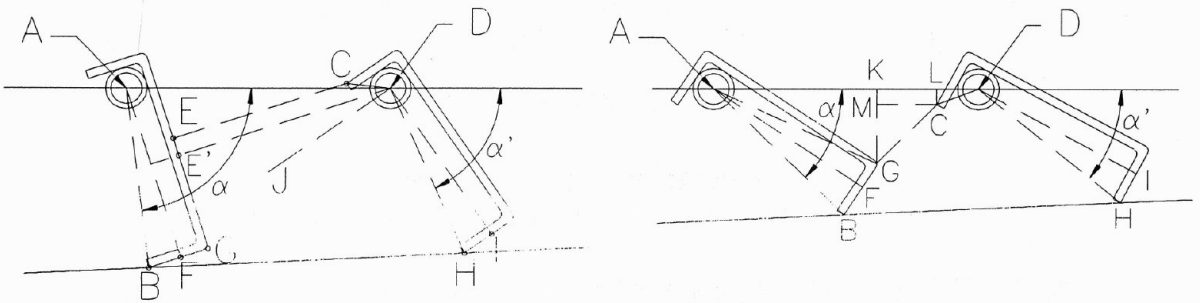


圖 4. 大小分級機分級機構圖(二)

Fig. 4. Mechanism diagram of Sizing Mechanism (II).

$$d = \overline{CE} = \overline{AD} \times \sin(\angle DAF) - \overline{FG} - \overline{CD} \times \cos(\angle CDJ - \alpha + \alpha') \dots\dots\dots(3)$$

其中 $\alpha = \sin^{-1} \left[\frac{L}{AB} \times \sin(\theta) \right] - \theta$, $\alpha' = \sin^{-1} \left[\frac{L-P}{AB} \times \sin(\theta) \right] - \theta$, $\angle DAF = \alpha - \angle BAF$,

但當如圖 4 右時, 果實會以通過 \overline{CG} 的路徑落入分級盒, 幾何關係如下:

$$\overline{CG} = \sqrt{\overline{MG}^2 + \overline{MC}^2} \dots\dots\dots(4)$$

綜合(3)(4)兩式, 以 $\theta = 0.5^\circ$ 為例, $a = c = 12$; $b = 40$; $r_o = 8$; $P = 50.8$ 代入, 作圖 5。

若要將果實分成 20~24mm、24~28mm、28~32mm 等三級, 可利用圖 5 找到可利用來作為分級的 L 範圍, 約自 3,100mm 至 3820mm, 其中第三級: $L = 3,100 \sim 3,350$ mm、第二級: $L = 3,350 \sim 3,610$ mm、第一級: $L = 3,610 \sim 3,820$ mm。

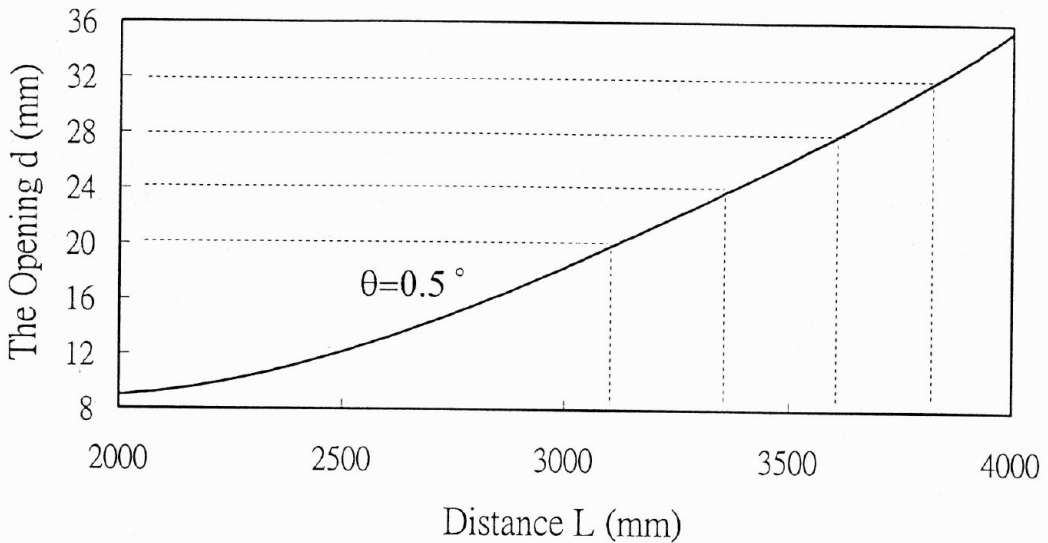


圖 5. 分級板間隙 d 與輥子鏈移動距離 L 之關係 (實際)

Fig. 5. Relation of the Opening (d) and Displace (L) (practical)

同理，一批待分級的果實由右側進入分級機構落在分級板上，由鏈條帶著果實一起向左側移去，果徑 20~24mm 的果實在 L 為 3,100mm 至 3,350mm 之間落入第三級分級盒。剩下較大的果實仍然停留在分級板上和分級板及鏈條一起前進，待鏈條行進至 3,350~3,610mm 時，果徑 24~28mm 的果實落入第二級分級盒。最後，第一級果實便在 3,610 至 3,820mm 的範圍落入第一級分級盒。

材料與方法

一、梅子物性調查

梅子的形狀大致呈編橢圓球形⁽⁴⁾，靠近蒂頭部分較為飽滿，且有一淺溝由蒂頭端延伸至另一端。其主要尺寸有短橫徑 (D_1)、長橫徑 (D_2)、縱徑 (D_3)。自南投縣水里鄉取得梅子 40kg，隨機取樣 200 個量測短橫徑、長橫徑、縱徑及重量，記錄如表 1。

表 1. 梅子粒徑及重量統計表

Table 1. Investigation in dimension and weight of plum.

	Short-diameter D_1 (mm)	Long-diameter D_2 (mm)	Length D_3 (mm)	Weight W (g)
Mean	26.79	28.73	30.12	13.39
Std. Dev.	2.02	2.19	2.15	2.92
Minimum	20.6	21.8	23.9	6.4
Maximum	34.7	36.7	37.9	27.3

為簡化實驗時數據記錄，將短橫徑與重量作線性迴歸，結果如式(5)。但其殘差分析時，粒徑較小及較大範圍的殘差皆偏向正值，因此改為二次多項式迴歸分析，結果如式(6)。

$$W=1.9991D_1-24.0923, \quad R\text{-sq}=0.9333 \dots\dots\dots(5)$$

$$W=0.0428D_1^2-0.93818D_1+7.62998, \quad R\text{-sq}=0.949\dots\dots\dots(6)$$

二、分級機之研製

為實現本分級機構之分級試驗，須配合進料部與出料部之設計製造。雛型機長2.4m×寬0.55m×高1.1m，機體包括(一)進料部(二)分級部(三)出料部。如圖6，待分級之梅子倒入承斗(容量60公升，約可承裝25kg梅子)內，由承斗下方開口(350mm×200mm)以滑動擋板控制梅子流量，經圓桿輸



圖 6. 梅子大小分級機

Fig. 6. Plum sizing machine.

送裝置(傾斜約15度)落於分級板上，輸送動力由馬達(1/8hp、4poles、附減速機構、最終轉速55rpm)帶動鏈輪傳動兩組平行棍子鏈(40號，節距12.7mm，長3,251.1mm)。分級板由外徑8mm、長520mm的圓管與兩端折彎的1.6mm鐵板焊接而成，高度40mm、面寬520mm，藉圓鐵桿穿過分級板圓管，兩端再穿過棍子鏈外板圓孔，以卡簧將64片分級板固定於兩組棍子鏈之間。作業時，分級板間隙隨著鏈條移動漸漸打開，各級梅子便在適當位置經由出料部的各級導槽，落入分級箱。為方便分級試驗導板的調整，製作指針與指標尺以作為導板斜率及高度調整的指標。

三、分級試驗

(一)分級參數方程式

果實經過分級機構時，可能以任何狀態通過分級板間隙，並非一定以短橫徑、長橫徑或縱徑為通過分級板，而是視進入分級機構時果實的姿態。將實際通過分級板間隙的果徑稱之等效徑，其大小一定介於縱徑與橫徑之間。分級參數方程式(Sizing Parameter Function)定義出等效徑與縱徑及橫徑之間的關係如下：

$$P = \alpha L + \beta D \quad ; P \text{ (等效徑) }、L \text{ (縱徑) }、D \text{ (橫徑) }、\alpha + \beta = 1$$

分級參數方程式所代表的意義是：真正通過分級孔隙的等效徑是縱徑與橫徑的組合 (Peleg, 1985) ⁽⁵⁾。一般皮帶式與滾筒式分級機 (變化間距分級方式) 的分級參數方程式為

$$P = 0.17L + 0.83D \quad \dots\dots\dots(7)$$

而一般孔隙式分級機則是

$$P = 0.25L + 0.75D \quad \dots\dots\dots(8)$$

本分級原理為變化間距分級方式，在計算等效徑時，採用公式(7)，將先前梅子物性調查結果的短橫徑與長橫徑之平均代入D，得到另一組等效徑P資料，將D₁與P作線性迴歸得到式(9)。

$$P = 0.9916D_1 + 1.5939, \quad R\text{-sq} = 0.9559 \quad \dots\dots\dots(9)$$

(二)分級指標

加權方程式 (Weighting function)

$$W_i = K_i P_i / \sum K_i P_i \quad K_i: \text{第 } i \text{ 級相對加值分量}, P_i: \text{原料中第 } i \text{ 級佔總重量百分率} \quad \dots\dots\dots(10)$$

加權分級雜度 (Contamination Index)

$$C_w = (C_{1,2} + C_{1,3} + \dots + C_{1,i}) W_1 + (C_{2,1} + C_{2,3} + \dots + C_{2,i}) W_2 + \dots\dots + (C_{i,1} + C_{i,2} + \dots + C_{i,i-1}) W_i \quad \dots\dots\dots(11)$$

其中 C_{i,j} (i ≠ j) 表示分級後第 i 級分級盒中含有第 j 級的重量百分率。

加權分級純度 (Purity Index)

$$P_w = P_{g1} W_1 + P_{g2} W_2 + \dots + P_{gi} W_i = \sum P_{gi} W_i \quad \dots\dots\dots(12)$$

其中 P_{gi} 表示分級後第 i 級分級盒中含有第 i 級的重量百分率。

加權分級誤差 (Weighted Sorting Error)

$$S_w = \sum \left(\frac{QP_i - P_{gi}G_i}{QP_i} \right) W_i, \quad G_i: \text{分級後第 } i \text{ 級重量 (單位時間)}, \\ Q: \text{分級總重量 (單位時間)} \quad \dots\dots\dots(13)$$

加權分級效率 (Weighted Sorting Efficiency)

$$E_w = \sum \left(\frac{P_{gi}G_i}{QP_i} \right) W_i \quad \dots\dots\dots(14)$$

以上各指標皆滿足 P_w + C_w = 1, S_w + E_w = 1。

(三)分級試驗

為了驗證本分級機構的可行性，以實際分級結果代入分級指標評估之。考慮調整導板斜率及高度的方便性和先前梅子粒徑分佈，設計 ABC 三型分級範圍作為分級試驗依據(如表 2)。

表 2. ABC 三型分級試驗分級範圍
Table 2. Grade range of sizing test A,B,C.

	Grade1	Grade2	Grade3
Test A	>28.41mm	24.3 mm~28.41mm	<24.30mm
Test B	>26.3 mm	20.05mm~26.3 mm	<20.05mm
Test C	>27.35mm	25.09~27.35mm	<25.09mm

利用指針及指標尺調整導板高度及斜率，使分級範圍符合A分級試驗。將重約5公斤的梅子倒入承斗內，以擋板控制進入分級部流量，進行分級作業。完畢後各級取樣50粒記錄短橫徑、樣本重及總重。重新調整導板高度及斜率，以同一批試料進行B、C分級試驗。更換下一批梅子重複A、B、C分級試驗。試驗流程如圖7。

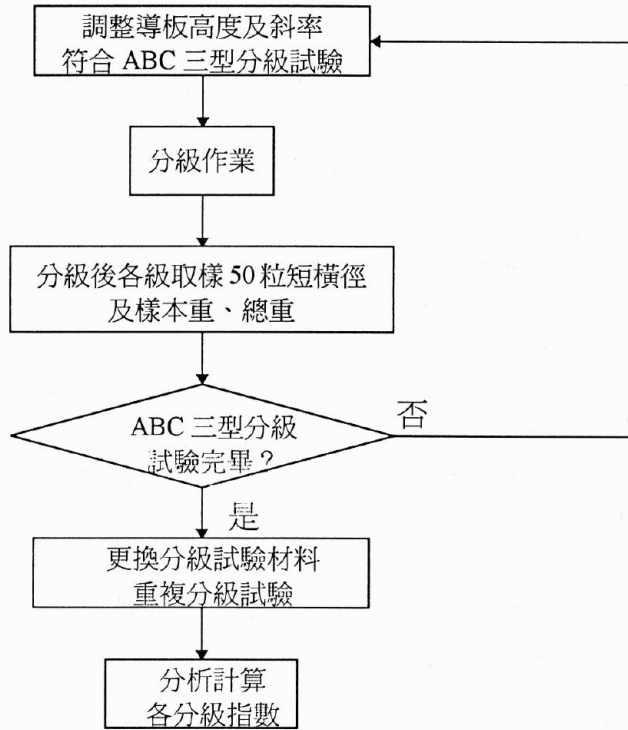


圖 7. 分級試驗流程圖

Fig. 7. Flow chart of Sizing test.

結果與討論

為簡化分級試驗中數據的量測，利用(9)及(6)式的高相關性，僅量測梅子的短橫徑代入(9)式及(6)式，推算出分級參數方程式中的等效徑及重量，配合量測50粒梅子樣本重、各級總重。依此計算各試驗的分級雜度與分級純度，結果如表3～表5。

表3代表A型分級範圍的試驗結果，大於28.41mm為第一級、24.3至28.41mm為第二級、小於24.3mm為第三級。重複三次分級試驗後，皆可明顯分出三個等級，其中又以第二級的純度（正確率）最高。表4代表B型分級範圍的試驗結果，大於26.3mm為第一級、20.05至26.3mm為第二級、小於20.05mm為第三級。重複三次分級試驗後，第三級出口皆無排料，將此分級範圍視為二級作業，而一二級的純度皆可達80%以上。表5代表C型分級範圍的試驗結果，大於27.35mm為第一級、25.09至27.35mm為第二級、小於25.09mm為第三級。重複三次分級試驗後，皆可明顯分出三個等級，其中又以第一級的純度最高。若價格以第一級最高（式(10)中， $K_1 > K_2 > K_3$ ），則C型分級範圍的分級結果能較高純度的第一級梅子取得較高單位售價，獲得最大收益。

表 3. A型分級範圍之分級結果

Table 3. Contaminant and pure product fractions of grades for test A.

	Grade 1 $P_1=54.55\%$	Grade 2 $P_2=43.52\%$	Grade 3 $P_3=1.93\%$
Trial 1	$P_{g1} = 72\%$ $C_{1,2} = 27\%$ $C_{1,3} = 1.0\%$	$C_{2,1} = 10.2\%$ $P_{g2} = 88.5\%$ $C_{2,3} = 1.3\%$	$C_{3,1} = 0.0\%$ $C_{3,2} = 36.7\%$ $P_{g3} = 63.3\%$
Trial 2	$P_{g1} = 54.3\%$ $C_{1,2} = 45.7\%$ $C_{1,3} = 0.0\%$	$C_{2,1} = 10.3\%$ $P_{g2} = 86.8\%$ $C_{2,3} = 2.9\%$	$C_{3,1} = 0.0\%$ $C_{3,2} = 30.8\%$ $P_{g3} = 69.2\%$
Trial 3	$P_{g1} = 69.1\%$ $C_{1,2} = 30.9\%$ $C_{1,3} = 0.0\%$	$C_{2,1} = 10.0\%$ $P_{g2} = 86.5\%$ $C_{2,3} = 3.6\%$	$C_{3,1} = 0.0\%$ $C_{3,2} = 25.7\%$ $P_{g3} = 74.3\%$

P_i : Fraction of grade i sampled in raw material.

$C_{i,j}$: Contaminant product fractions of grade j sampled in outflow of grade i ($i \neq j$).

P_{gi} : Pure product fractions of grade i sampled in outflow grade i .

表 4. B型分級範圍之分級結果

Table 4. Contaminant and pure product fractions of grades for test B.

	Grade 1 $P_1=88.94\%$	Grade 2 $P_2=11.06\%$	Grade 3 $P_3=0.0\%$
Trial 1	$P_{g1} = 85.9\%$ $C_{1,2} = 14.1\%$ $C_{1,3} = 0.0\%$	$C_{2,1} = 5.1\%$ $P_{g2} = 94.9\%$ $C_{2,3} = 0.0\%$	$C_{3,1} = -$ $C_{3,2} = -$ $P_{g3} = -$
Trial 2	$P_{g1} = 93.9\%$ $C_{1,2} = 6.1\%$ $C_{1,3} = 0.0\%$	$C_{2,1} = 13.3\%$ $P_{g2} = 86.7\%$ $C_{2,3} = 0.0\%$	$C_{3,1} = -$ $C_{3,2} = -$ $P_{g3} = -$
Trial 3	$P_{g1} = 84.8\%$ $C_{1,2} = 15.2\%$ $C_{1,3} = 0.0\%$	$C_{2,1} = 21.0\%$ $P_{g2} = 79.0\%$ $C_{2,3} = 0.0\%$	$C_{3,1} = -$ $C_{3,2} = -$ $P_{g3} = -$

表 5. C型分級範圍之分級結果

Table 5. Contaminant and pure product fractions of grades for test C.

	Grade 1 $P_1=73.30\%$	Grade 2 $P_2=23.73\%$	Grade 3 $P_3=2.96\%$
Trial 1	$P_{g1} = 90.3\%$ $C_{1,2} = 9.7\%$ $C_{1,3} = 0.0\%$	$C_{2,1} = 34.5\%$ $P_{g2} = 60.9\%$ $C_{2,3} = 4.6\%$	$C_{3,1} = 2.8\%$ $C_{3,2} = 44.9\%$ $P_{g3} = 52.3\%$
Trial 2	$P_{g1} = 87.9\%$ $C_{1,2} = 11.1\%$ $C_{1,3} = 1.0\%$	$C_{2,1} = 36.1\%$ $P_{g2} = 56.1\%$ $C_{2,3} = 7.7\%$	$C_{3,1} = 2.8\%$ $C_{3,2} = 37.6\%$ $P_{g3} = 59.6\%$
Trial 3	$P_{g1} = 75.0\%$ $C_{1,2} = 25.0\%$ $C_{1,3} = 0.0\%$	$C_{2,1} = 26.4\%$ $P_{g2} = 56.1\%$ $C_{2,3} = 17.6\%$	$C_{3,1} = 0.0\%$ $C_{3,2} = 45.7\%$ $P_{g3} = 54.3\%$

若假設各各級價格一樣(式(10)中, $K_1=K_2=K_3$), 將三次試驗結果依式(12)與式(14), 求得分級純度與分級效率, 整理如表 6。平均而言, 分三級時(A、C型試驗), 平均分級純度為76%、分級效率為74%; 分兩級時(B型試驗), 分級純度為88%、分級效率為88%, 由以上結果可以初步驗證本分級機構應用在梅子分級的可行性。

表 6. 平均分級純度與分級效率
Table 6. Average purity index and sorting efficiency.

	Trial 1	Trial 2	Trial 3	Average	
Test A	P _w	79.0%	68.7%	76.8%	74.83%
	E _w	77.1%	58.7%	76.5%	70.77%
Test B	P _w	86.9%	93.1%	84.1%	88.03%
	E _w	86.4%	92.7%	84.7%	87.93%
Test C	P _w	82.2%	79.5%	69.9%	77.20%
	E _w	82.3%	77.6%	70.1%	76.67%

由先前的理論推導, 分級板的尺寸(圖 3 之 a,b,c) 對板間間隙大小影響甚鉅。因此分別量取64片分級板的 a,b,c 值: a 平均為11.886mm、標準差0.248mm; b 平均為40.273mm、標準差0.461mm; c 平均為11.766mm、標準差0.168mm。若假設分級板的主要尺寸為常態分佈, 代入(3)或(4)式, 則分級板間隙(d)則會因此而產生大約 2mm 的誤差, 造成分級純度下降。故在實際組裝分級機構時, 也特別剔除不符尺寸公差要求的分級板, 以提高分級機構的分級效率與分級純度。

經過多次在水里現場操作, 一袋約 40kg 的梅子在五分鐘左右分級完畢最適, 否則進料流量過大時易產生阻塞、挾帶的現象; 流量過小時則不符經濟效益。換算結果, 分級能量約為 500kg/hr, 足以應付索引式振動採收機的收穫量。

本分級機構的特色為: 採用靜置式的分級方式, 果實於分級作業中與分級機構碰撞機會減少; 另外只要調整導板高度及角度, 亦可適用於類球形或橢球形小型果類的分級作業。若加強進料時的整型, 使大部份水果以等效粒徑等於分級板間隙的姿態通過, 以及控制分級板的製造精度, 預料將可改進本大小分級機構的分級效率與分級純度。

引用文獻

1. 臺灣農家要覽。789~794頁。豐年社。臺北。
2. 劉昆揚。1982。坡地果園振動採收機之研究(三)索引式振動採收機之研究。農業工程學報28(3): 60~64。
3. Liu, Kun-Yang. 1984. A study on shaker design for harvesting tree fruit on slopeland. Compiling special report on slopeland mechanization. 23 pages.
4. Mohsenin, Nuri. N. 1986. Physical Properties of Plant and Animal Material. pp.697~710. Gordon and Breach Sreach Science Publishers, Inc.
5. Peleg, K. 1985. Produce Handling, Packing and Distribution. pp.53~87. The AVI. Publishing Co.

Design and Analysis of Grading Mechanism for Plum Sizing Machine¹

Chih-Kai Yang² and Kun-Yang Liu³

Summary

The purpose of this study is to design a grading mechanism which is constructed by roller chain, sizing plates and guide plate. Sizing plates are linked to roller chain, the other side is sliding against guide plate. The opening between sizing plates is increasing as roller chain moving. Fruits enter grading mechanism and lie on gaps between sizing plates. When roller chain moves to proper position at which the opening is large enough, then smaller fruits will drop into bin through gap between sizing plates. Later, the larger fruits drop into different bin, and grading procedure is accomplished.

The main dimensions of samples of plum from Shuili town in Nantou county were measured. Averaged short-diameter is 26.79mm, long-diameter is 28.73mm, length is 30.12 mm and weight is 13.9g. According to the investigation, we decide main parameters of grading mechanism. Using the relationship between short-diameter and weight, we calculate the sorting indices after grading experiments, and find sorting efficiency is 88% and sorting purity is 88%, when two-grades is achieved; sorting efficiency is 74% and sorting purity is 76%, when three-grades is achieved.

Key words : Sizing, Plum.

1. Contribution No. 1912 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Assistant, Department of Agricultural Engineering, TARI, Wufang, Taichung, Taiwan, ROC.

3. Associate Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.