

破布子脫粒篩選機之研製¹

陸龍虎² 蔡致榮^{2,4} 徐武煥² 梁連勝² 王怡玓³

摘 要

陸龍虎、蔡致榮、徐武煥、梁連勝、王怡玓。2006。破布子脫粒篩選機之研製。台灣農業研究 55:234~249。

本研究旨在研製破布子脫粒篩選機，以解決費時費工之破布子摘果粒去果蒂的問題，節省人工，降低生產成本。已完成破布子脫粒篩選機乙部，主要由單組相對旋轉之縱向斜裝刷桿、挾送裝置、噴水管路、出料斜槽與篩選裝置等組件組成。經試驗分析最佳化之脫粒作業條件為脫粒轉數 107 rpm（線速度 0.59 m/s）、進料挾送轉數 23 rpm（線速度 0.06 m/s）、毛刷長度 20 mm 與毛刷交錯長度 3 mm，其機械脫粒之作業性能分別為良好率 92.7%、損傷率 0%、未脫率 3.2%與夾斷帶蒂率 4.1%；而篩選裝置採輸送柵鏈設計，柵鏈網目為 16×16 mm，經測試已符合要求。整體之機械作業能力達 9.1 kg/hr，分別為人工脫粒專業工的 2.4 倍與非專業工的 5.9 倍。

關鍵詞：破布子、脫粒篩選機。

前 言

破布子屬於紫草科（Boraginaceae）破布子屬，學名 *cordia dichotoma forst, f.*，英名 *cummingcordia*, Sebastan Plum *Cordia*，別名破子、樹子仔、破果子，為多年生落葉小喬木或灌木，原產於中國南方廣東、福建、海南島及台灣等地，分佈遍及台灣、中國大陸、菲律賓、馬來西亞、印度、錫蘭及東南亞國家。品種依產地別分為台灣破布、阿比破布、古巴破布、保塞破布、黃花破布、寧波破布與光葉破布等品種，依花的顏色分紫花種及黃花種，台灣栽培品種已發現者均為本地種，尚未發現外來種。一年之中破布子有兩次落葉現象，第一次在春天（1~2 月間）落葉，旋於 2~3 月間開淡紫色或黃白色小花，開花後隨即長出新葉，清明節（4 月間）後又第二次落葉。每年 6、7 月間果實由青綠轉為黃橙是為採收適期，採收時由分枝處（鋸）砍下，再用剪刀將果穗剪下出售，當作破布子醃漬物的加工原料。果實呈橢圓形，內含種子與大量乳白色粘液；營養成分含蛋白質、醣質、纖維、鈣、磷、鐵、維生素 A、B2 與菸鹼酸。另據台南區農改場分析果實主要成分為：蛋白質 3.5~5%、粗灰分 4.0~4.5%、糖分 7.5~9.5 °Brix、粗脂肪 8.5~11.0%與水分 70~75%。

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2271 號。接受日期：95 年 10 月 15 日。
2. 本所農工組副研究員、研究員兼組長、助理研究員、研究員。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
3. 本所園藝組助理研究員。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
4. 通訊作者，電子郵件：jrtsay@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04) 23325144。

一般破布子果實採收後，主要交由農會或廠家使用加工設備產製破布子醃漬品，破布子的嫩葉與花可煮食或炒食，為台灣古老樹木性蔬菜之一，枝條或枝幹可入藥，藥理作用為消暑、消食與化痰，主治感冒、中暑、食滯、消化不良與腹瀉，樹幹中心掏空後，也是農民拿來飼養野生蜜蜂的最佳人工巢穴，而樹皮有人拿來當貼金箔(拜拜用的紙錢上的金色錫箔紙)用的刷子，其果實可食用，是昔日本省民間拌飯的菜餚。

近年來隨著經濟起飛，健康食品盛行，淡食及素食的興起，破布子再受青睞，其價值也重獲評價和定位，因此帶動食用的熱潮，食用的人愈來愈多，甚至成為部分餐廳桌上佳餚的主要材料，產品價格隨之看漲，栽培面積也逐年增加。目前台灣破布子栽植面積尚無資料可供稽查 (Huang & Tsay 1999)，然而依據南投集集北勢坑農場興香味企業有限公司(破布子加工廠)估計破布子栽培面積約為 400~500 公頃(每公頃產量 12,000~20,000 kg)，其栽培地區計有台南縣左鎮、楠西、玉井、大內、東山、南化與六甲，嘉義縣大埔、義竹、溪口、中埔番路、梅山、竹崎與嘉義市鹿寮，東部花蓮、台東栽培面積亦逐漸增加，其他各地如高雄縣內門、甲仙，台中縣石岡、東勢與南投縣竹山等鄉鎮，亦都有栽培，足見此一樹木性果實蔬菜已備受重視。

破布子最大的用途是採取果實加工製造破布子丸(流程大致為原料洗淨→去果蒂→煮熟(殺青)→加佐料→攪拌→成型→冷卻→真空包裝→冷凍(零下 20℃)、破布子漬(流程大致為原料處理→煮熟→冷卻→鹽漬→退鹽→料理→裝罐→真空品管→包裝)、蔭油調味包與高級醬料，甚至做成破布子炒蛋、破布子蒸魚、破布子小菜及各式破布子菜餚等供人食用。惟破布子的生產與加工作業，除煮熟、攪拌、包裝與冷凍等可以機械作業外，其他仍需仰賴人工，特別是將果實一粒粒用手去除果蒂剝下果實(在水中剝下果實可避免粘液沾手與氧化褐變)，作業相當費時費工，有鑑於此，本研究目的為研發破布子脫粒篩選機，以解決人工摘果粒去果蒂的問題，除節省人工外，並降低生產成本。

材料與方法

試驗設備

試驗所需設備包括 FUDOH NRM-2002J 型粘質物性測定機 (RHEO METER, Kogyo Co., Ltd, Tokyo, Japan) 與相關配件、METTLER LJ16 型微電腦水份測定電子秤 (Mettler-Toledo AG, Greifensee, Switzerland, 精度 0.001g)、Minota® Chromameter CR-200 (Minolta Camera. Co., Ltd., Osaka, Japan)、變頻馬達、計時碼錶、游標卡尺及數位式轉速計等。

供試材料與試驗地點

供試材料包括破布子(台灣本地種)、五金零件與鐵材，試驗地點在臺中縣霧峰鄉。

試驗設計與資料分析

破布子果粒性狀調查與果梗拉斷力測定：以粘質物性測定機及相關配件，進行果梗之拉(斷)力測定，並調查果梗直徑、果梗長度、果實重量、果實長徑、果實短徑、果蒂底徑及果蒂高度等相關因子，俾以進行統計分析，並進一步釐清各因子之相關與影響。

破布子果粒色澤與成熟度調查：將果粒區分為熟透果(呈淡紅色)、準成熟果(呈黃色)、略熟果(呈黃綠色)及未成熟果(呈綠色)，並以 Minota® Chromameter CR-200 分別於果粒頂面與側邊進行果色測定。果色以色值 L、a* 及 b* 表示，L 代表亮度值(lightness)，a* 代表紅綠值，b* 代表

黃藍值。L 值從 0 (黑色)~100 (白色), L 值愈高表示果色愈明亮。 a^* 值正時表示偏紅色, 負值表示偏綠色。 b^* 值正時表示偏黃色, 負值表示偏藍色 (Liu & Peng 2002)。

機械之研製與改良：含破布子脫粒、挾送、篩選裝置及相關組件之設計研製與改良。

機械試驗與性能測定：針對脫粒機與脫粒篩選機進行試驗與相關性能之測試。

結 果

破布子果粒性狀調查與果梗拉(斷)力測定

將不同果色之破布子試驗材料, 使用粘質物性測定機及相關配件, 以 2 cm/min 之測試速度進行破布子之果梗拉斷力測定 (如圖 1 所示), 經測試其果梗拉斷力分佈情形如圖 2 所示。經調查、測試與統計結果得知, 綜合色 (綜合不同果色, 含淡紅色、黃色及綠色)、黃色與綠色破布子果粒之性狀參數如表 1 所示。

破布子果粒色澤與成熟度調查

將果粒目視區分為熟透果 (呈淡紅色)、準成熟果 (呈黃色)、略熟果 (呈黃綠色) 及未成熟果 (呈綠色), 並以 Minota® Chromameter 分別於果粒頂面與側邊進行色值測定, 測定結果經統計於果粒頂面與側邊之色值如表 2 與圖 3 所示。

機械之研製與改良

設計研製之破布子脫粒機主要有齒桿式 (含單純型、附加圓形擋桿型、附加低壓水柱淋沖型與低壓扇型噴嘴輔助脫粒型)、水壓衝擊式 (含多數刷桿橫置並排壓力水柱衝擊) 與刷桿式 (含雙層堆疊多數橫置並排、單組橫置與單組縱列) 等 (Tsay *et al.* 2005)。茲將較具應用潛力之刷桿單組縱列式脫粒機與刷桿單組縱列式脫粒篩選機說明如下：



圖 1. 破布子果梗拉斷力測定實況 (左) 與受測材料 (右)。

Fig.1. Tensile testing (left) of *Cordia Dichotoma* fruit (right) from their stems.

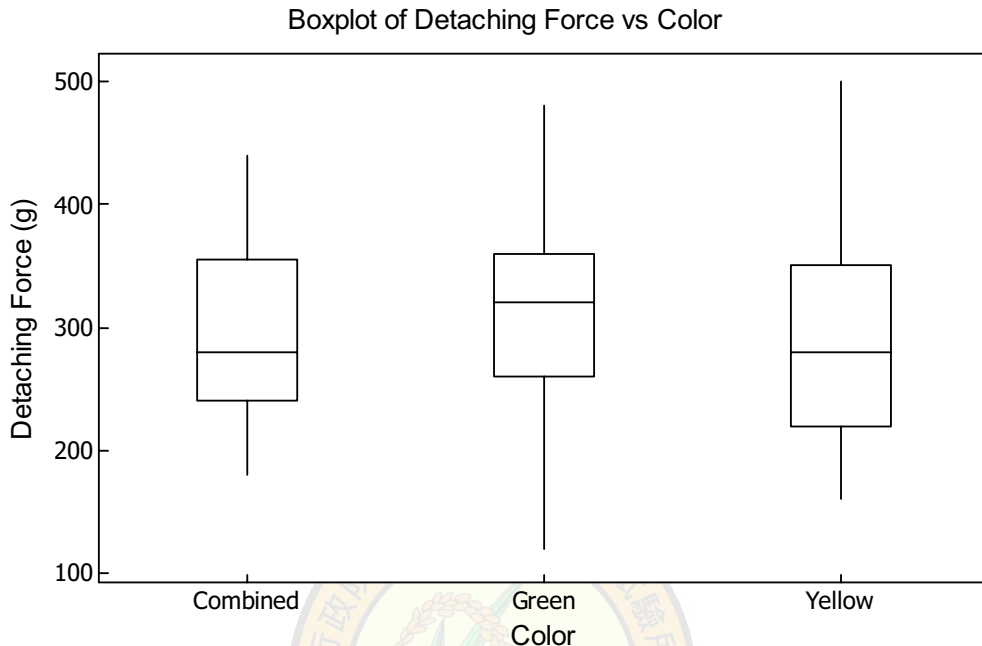


圖 2. 不同果色之果梗拉斷力分佈情形。

Fig.2. Detaching force of *Cordia Dichotoma* fruit from their stems at different fruit color stages.

刷桿單組縱列式脫粒機：如圖 4 所示，主要由單組相對旋轉之縱向斜裝刷桿、挾送裝置與出料斜槽等組成，刷桿長 660 mm、外徑 105 mm，縱向斜裝交錯 3 mm（刷桿之中心距 99 mm），刷桿係直徑 65 mm 之 PE 套軸（軸孔 16 mm），其上鑽孔 5 mm，共 10 排（行距 20.4 mm），並植入高 20 mm 之毛刷；挾送裝置則由 PU 皮帶（長 2100 mm、寬 50 mm 及厚 3 mm）與緊壓輸送輪（ $\phi 50 \times 50 - 32$ 個）組成。刷桿採縱向斜裝（斜率 6 度）設計，致使刷桿頂端至挾送皮帶下端自然形成 11 cm 高之入料口；脫粒作業採用 DC 90V-100 w 調速馬達驅動挾送果串之皮帶，並藉由 DC 90V-60 w 調速馬達驅動刷桿，進行果串之相對旋轉脫粒作業。

刷桿單組縱列式破布子脫粒篩選機（如圖 5 所示），係由刷桿單組縱列式脫粒機改良研製而成，主要由單組相對旋轉之縱向斜裝刷桿、挾送裝置、噴水管路、出料斜槽、篩選裝置與料盤等組件所組成，刷桿長 1205 mm、外徑 105 mm，縱向斜裝交錯 3 mm（刷桿之中心距 99 mm），刷桿係直徑 65 mm 之 PE 套軸（軸孔 16 mm），其上鑽孔 5 mm，共 10 排（行距 20.45 mm），並植入高 20 mm 之毛刷；挾送裝置則由 PU 皮帶（長 3580 mm、寬 50 mm 及厚 3 mm）與緊壓輸送輪（ $\phi 50 \times 50 - 50$ 個）組成；噴水管路則設於兩刷桿之左、右側上方，由外徑 17 mm、長 1250 mm 之兩不銹鋼管（水孔徑 3 mm、孔距 50 mm）組成；篩選裝置主要由長 1730 mm、寬 305 mm 之輸送柵鏈（柵鏈網目 16 \times 16 mm）與 AC110V-0.2 kw 調速馬達組成。刷桿採縱向斜裝（斜率 8 度）設計，致使刷桿頂端至挾送帶下端自然形成 20 cm 高之入料口。動力源採用壹只 AC110V-1/4HP 調速馬達驅動挾送果串之皮帶，以及藉由 DC 110V-100 w 調速馬達驅動刷桿，並搭配 0.2 kw 之調速馬達驅動篩選裝置，以進行果串之相對旋轉脫粒與篩選一貫作業。

表 1. 不同顏色破布子果粒之性狀參數

Table 1. Characteristic parameters of *Cordia Dichotoma* fruit

Parameter ^z	Mean	SE mean	St dev	Var coef	Min.	Median	Max.	Range
Combined color								
Fruit long diameter	13.2	0.20	1.25	9.45	9.5	13.5	15.0	5.5
Fruit short diameter	10.5	0.14	0.86	8.13	7.5	10.5	11.5	4
Fruit weight	1.16	0.04	0.28	24.16	0.37	1.2	1.66	1.29
Fruit cup diameter	10.3	0.11	0.71	6.90	8	10.5	11	3
Fruit cup height	4.0	0.07	0.41	10.24	3.5	4.0	5	1.5
Stem diameter	1.8	0.04	0.23	13.02	1.4	1.8	2.1	0.7
Stem length	20.5	0.55	3.48	16.95	14	20.0	31	17
Detaching force	289	12.0	75.9	26.27	180	280	440	260
Yellow								
Fruit long diameter	13.4	0.14	0.79	5.88	11.5	13.5	15.2	3.7
Fruit short diameter	10.7	0.10	0.57	5.33	9.5	11	12	2.5
Fruit weight	1.21	0.03	0.19	15.76	0.75	1.20	1.70	0.95
Fruit cup diameter	10.5	0.07	0.39	3.67	9.5	10.5	11.0	1.5
Fruit cup height	4.2	0.08	0.45	10.71	3.5	4.0	5	1.5
Stem diameter	1.9	0.06	0.35	18.57	1.2	2.0	2.5	1.3
Stem length	19.7	0.71	4.09	20.77	10	20.0	28	18
Detaching force	287	15.99	91.9	32.01	160	280	500	340
Green								
Fruit long diameter	13.0	0.17	1.01	7.78	11.0	13.0	15.5	4.5
Fruit short diameter	10.6	0.07	0.44	4.18	9.5	10.5	11.5	2.0
Fruit weight	1.12	0.04	0.22	19.49	0.69	1.10	1.76	1.07
Fruit cup diameter	10.4	0.09	0.52	5.04	9.0	10.5	11.5	2.5
Fruit cup height	3.7	0.05	0.31	8.38	3.0	4.0	4.0	1.0
Stem diameter	1.7	0.05	0.28	16.14	1.0	1.8	2.2	1.2
Stem length	18.4	0.53	3.20	17.37	13.0	18.0	26.0	13.0
Detaching force	319.7	13.07	75.9	24.87	120	320	480	360

^z Parameters were expressed by mm (millimeter), except the fruit weight and detaching force which were expressed by g (gram).

表 2. 不同果色之果粒頂面與側邊色值

Table 2. Color difference values on top and side of *Cordia Dichotoma* fruit

Color of fruit peel		Mean	SE mean	St dev	Var coef	Min.	Median	Max.	Range
Fruit top									
Rose pink	L scale	64.86	0.51	3.22	4.96	55.93	64.60	69.57	13.64
	a* scale	9.29	0.30	1.89	20.36	5.92	8.91	13.10	7.18
	b* scale	22.14	0.26	1.62	7.30	18.84	21.91	26.39	7.55
Yellow	L scale	65.56	0.55	3.47	5.30	54.05	65.52	70.56	16.51
	a* scale	8.33	0.34	2.13	25.60	5.01	8.64	13.15	8.14
	b* scale	22.74	0.25	1.60	7.04	19.84	22.63	28.16	8.32
Lemon yellow	L scale	69.33	0.26	1.65	2.38	64.13	69.65	71.36	7.23
	a* scale	5.24	0.39	2.48	47.33	-1.92	5.19	9.50	11.42
	b* scale	26.53	0.53	3.38	12.72	20.92	26.41	35.66	14.74
Green	L scale	64.70	1.05	4.71	7.28	52.97	64.65	69.97	17.00
	a* scale	-4.52	0.98	4.39	-97.13	-13.65	-3.92	0.58	14.23
	b* scale	37.95	0.70	3.15	8.31	33.72	37.56	43.20	9.48
Fruit side									
Rose pink	L scale	66.55	0.76	2.40	3.61	63.27	66.02	70.08	6.81
	a* scale	12.30	0.55	1.73	14.07	9.52	12.29	14.50	4.98
	b* scale	21.78	0.42	1.33	6.11	19.56	21.71	24.80	5.24
Yellow	L scale	70.29	0.41	1.31	1.86	67.73	70.65	71.59	3.86
	a* scale	6.39	0.24	0.75	11.81	5.54	6.21	7.87	2.33
	b* scale	25.99	1.13	3.57	13.75	22.61	24.56	31.47	8.86
Lemon yellow	L scale	70.76	0.32	1.02	1.44	68.92	70.73	72.49	3.57
	a* scale	2.81	0.64	2.01	71.63	-1.35	2.83	5.70	7.05
	b* scale	29.45	1.09	3.43	11.65	25.28	28.78	37.41	12.13
Green	L scale	61.71	1.60	5.06	8.20	51.99	63.74	66.39	14.40
	a* scale	-6.92	1.31	4.14	-59.78	-13.62	-6.53	-0.29	13.33
	b* scale	39.23	0.88	2.77	7.06	33.34	39.62	43.5	10.16

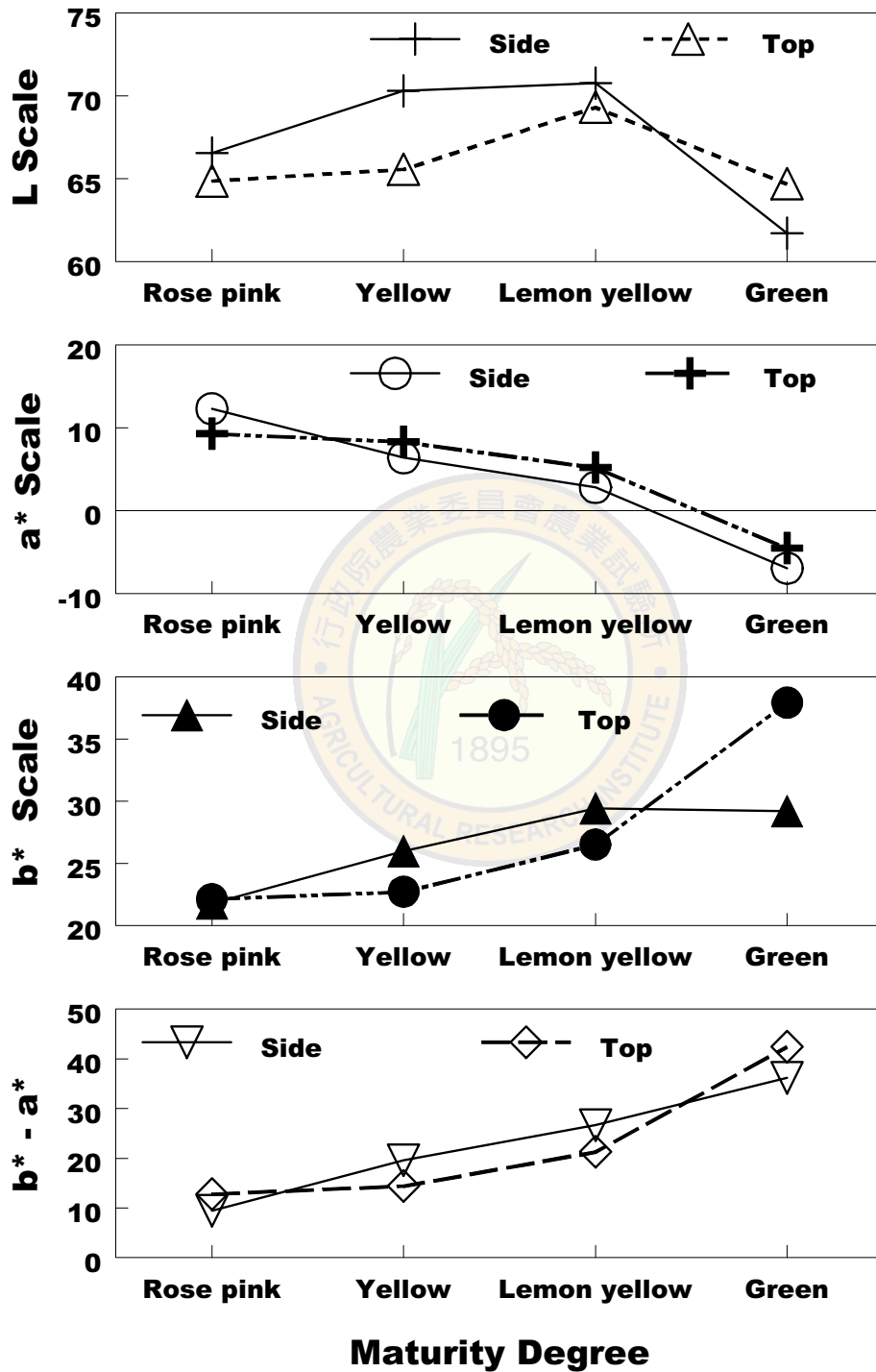
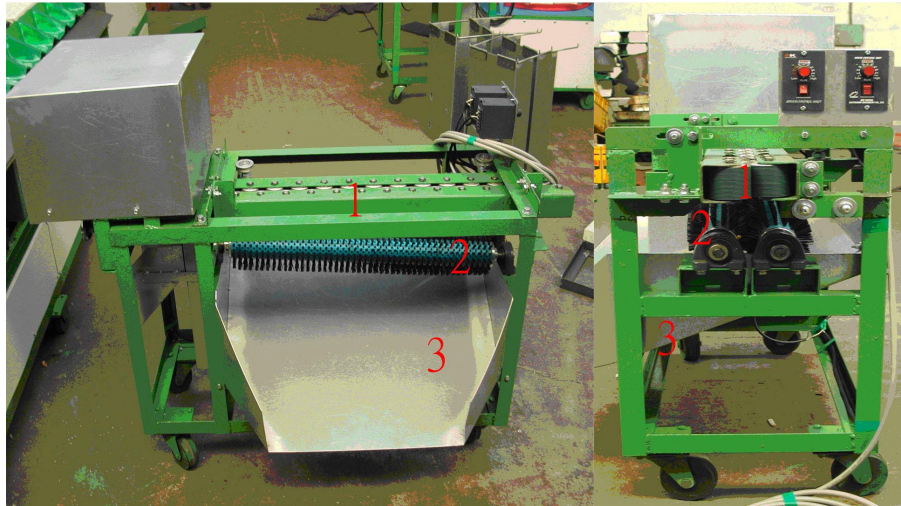


圖 3. 不同果色果粒頂面與側邊之色值。

Fig.3. Color difference values on top and side of *Cordia Dichotoma* fruit at different mature stages.



Item annotation : 1 Feeding belts 2 Snapping brush rollers 3 Fruits-collecting chute

圖 4. 刷桿單組縱列式破布子脫粒機。

Fig. 4. The snapping machine for *Cordia Dichotoma* with a pair of longitudinal brush rollers.



Item annotation : 1. Feeding belts 2. Snapping brush rollers 3. Water pipe system 4. Fruits-collecting chute
5. Screening device 6. Fruits Tray

圖 5. 破布子脫粒篩選機。

Fig. 5. The snapping and screening machine for *Cordia Dichotoma*.

機械試驗與性能測定

刷桿單組縱列式破布子脫粒機之試驗與性能測試：試驗初期以刷桿單組縱列式破布子脫粒機進行有關脫粒轉數（43 rpm 及 107 rpm）、進料轉數（23 rpm 及 33 rpm）、毛刷交錯長度（0 mm、5 mm、10 mm 及 15 mm）、毛刷長度（20 mm、25 mm 及 30 mm）及毛刷排列型式（L10：毛刷 10 排、L7：毛刷 7 排）等組合探討良好率、損傷率、未脫率、夾雜率與帶蒂率，初期試驗結果如圖 6 至圖 10 所示。刷桿單組縱列式破布子脫粒機經數度改良後，機械性能測試結果如表 3 所示，在脫粒作業性能方面，良好率為 92.7%，損傷率為 0%，未脫率為 3.2%，夾斷帶蒂率為 4.1%。脫粒作業能力方面，機械純脫粒能力達 8.36 kg/hr，分別為人工脫粒專業工的 2.2 倍與非專業工的 5.4 倍，而含後續處理之機械作業能力達 5.26 kg/hr，與人工脫粒比較分別為專業工的 1.4 倍與非專業工的 3.4 倍。

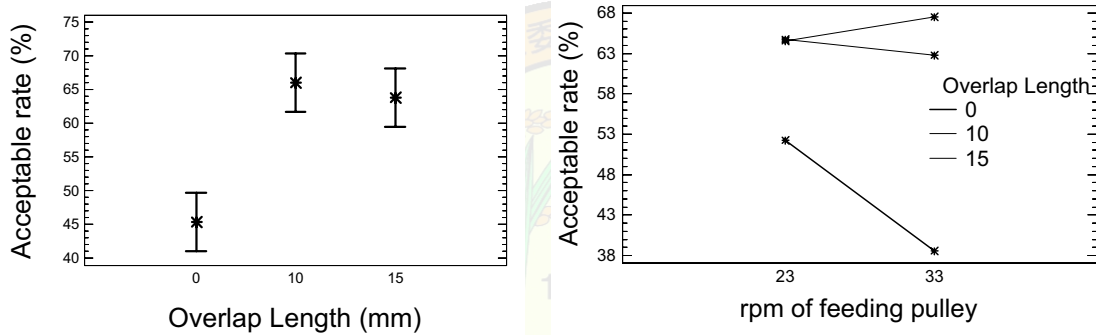


圖 6. 脫粒良好率之 95%信賴區間之平均值（左）與交感作用（右）圖。

Fig. 6. Mean (left) and interaction (right) plots for acceptable rate of the snapping machine using a pair of longitudinal brush rollers.

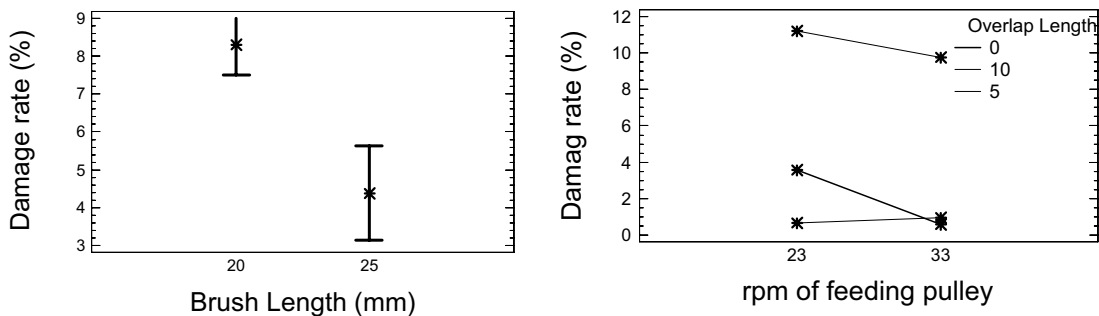


圖 7. 脫粒損傷率之 95%信賴區間之平均值（左）與交感作用（右）圖。

Fig. 7. Mean (left) and interaction (right) plots for damage rate of the snapping machine using a pair of longitudinal brush rollers.

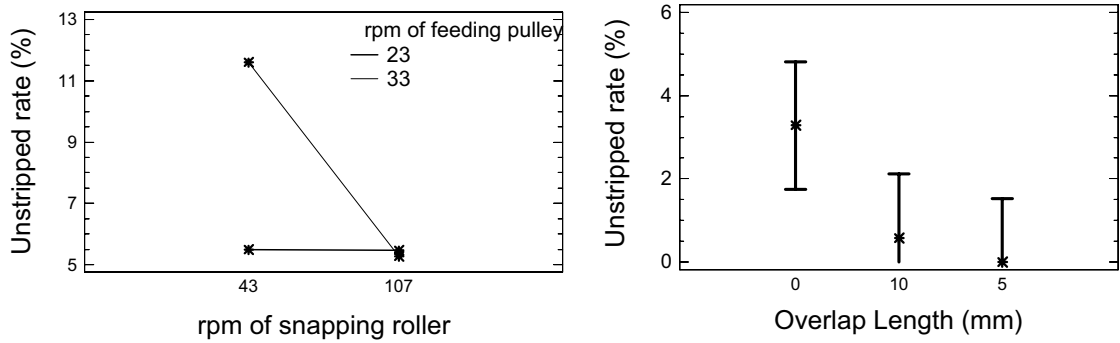


圖 8. 未脫率之交感作用（左）與 95%信賴區間之平均值（右）圖。

Fig.8. Interaction (left) and mean (right) plots for unstripped rate of the snapping machine using a pair of longitudinal brush rollers.

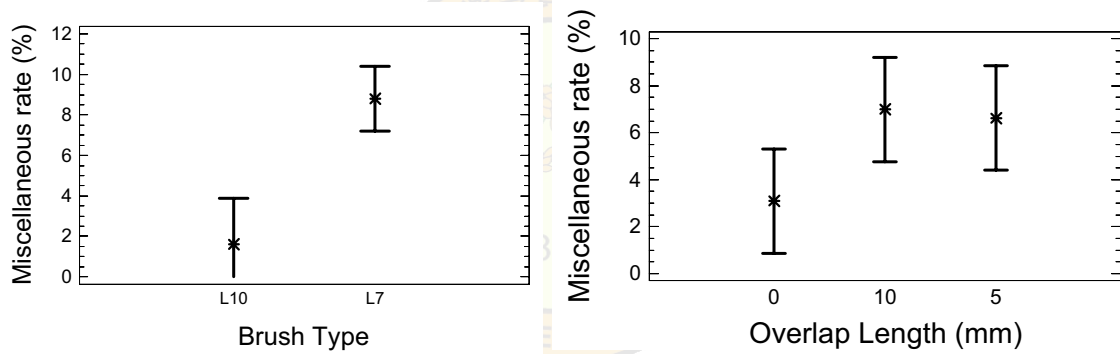


圖 9. 夾雜率之 95%信賴區間平均值圖。

Fig. 9. Mean plots for miscellaneous rate of the snapping machine using a pair of longitudinal brush rollers.

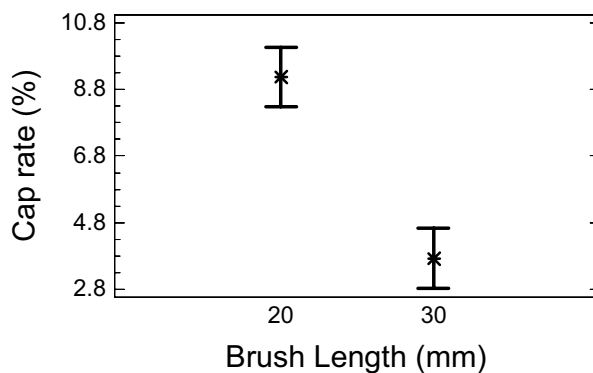


圖 10. 帶蒂率之 95%信賴區間平均值圖。

Fig. 10. Mean plot for cap rate of the snapping machine using a pair of longitudinal brush rollers.

表 3. 刷桿單組縱列式破布子脫粒機之作業能力分析表

Table 3. Analysis of operating capability of the snapping machine using a pair of longitudinal brush rollers.

Evaluation item	Description of related parameters	Values of related parameters
Operating setting	Rotating speed of snapping roller (rpm)	107
	Rotating speed of feeding pulley (rpm)	23
	Brush arrangement type (row)	L7 型 (7)
	Brush length (mm)	20
	Brush overlap length (mm)	3
	Diam. × length (mm) of brush rollers	105 × 660
	Inclination angle of brush rollers (°)	6°
	Height of feeding inlet (mm)	110
Operating performance	Weight of acceptable fruits (Kg)	5.85
	Weight of damaged fruits (Kg)	0
	Weight of unstripped fruits (Kg)	0.2
	Weight of miscellaneous parts (Kg)	0.26
	Total Weight of processed fruits (Kg)	6.31
	Acceptable rate (%)	92.7
	Damage rate (%)	0
	Unstripped rate (%)	3.2
	Miscellaneous rate (%)	4.1
Operating capability	Snapping time (min)	42
	Follow-up handling time (min)	Handling miscellaneous parts: 18 Handling unstripped fruits: 12 Total: 30
	Pure snapping capability (Kg/hr)	8.36 (2.2 times as professional, 5.4 times as amateur)
	Operating capability with follow-up handling (Kg/hr)	5.26 (1.4 times as professional, 3.4 times as amateur)
	Snapping capability by labor (Kg/hr)	3.75 (professional), 1.54 (amateur)

破布子脫粒篩選機之試驗與性能測試：破布子脫粒篩選機之作業實況與篩選後之果粒如圖 11 所示，機械性能經測試結果如表 4 所示，在脫粒作業性能方面，良好率為 88.8%，損傷率為 0%，未脫率為 1.1%，夾斷帶蒂率為 10.1%；篩選作業性能方面，良好率為 98.1%，帶蒂率為 0.7%，夾斷帶蒂率為 1.2%；整體機械作業能力達 9.1 kg/hr，分別為人工脫粒專業工的 2.4 倍與非專業工的 5.9 倍。

表 4. 刷桿單組縱列式破布子脫粒篩選機之作業能力分析表

Table 4. Analysis of operating capability of the snapping and screening machine

Evaluation Item	Description of related parameters	Values of related parameters
Snapping operating setting	Rotating speed of snapping roller (rpm)	107
	Rotating speed of feeding pulley (rpm)	23
	Brush arrangement type (row)	L10 型 (10)
	Brush length (mm)	20
	Brush overlap length (mm)	3
	Diam. × length of brush rollers (mm)	105 × 1205
	Inclination angle of brush rollers (°)	8°
	Height of feeding inlet (mm)	200
Screening operating setting	Rotating speed of screening pulley (rpm)	22
	Length × width of Bar-Chain (mm)	1730 × 305
	Screening mesh size (mm)	16 × 16
Snapping performance	Weight of acceptable fruits (g)/ acceptable rate (%)	2010+15/88.8
	Weight of damaged fruits (g)/ damage rate (%)	0/0
	Weight of unstripped fruits (g)/ unstripped rate (%)	25/1.1
	Weight of miscellaneous parts (g)/ miscellaneous rate (%)	205+25/10.1
	Total weight of processed fruits (g)	2280
Screening Performance	Weight of acceptable fruits (g)/ acceptable Rate (%)	2010/98.1
	Weight of fruits with cap (g)/ with-cap Rate (%)	15/0.7
	Weight of miscellaneous parts (g)/ miscellaneous rate (%)	25/1.2
Operating capability	Snapping time (min)	10
	Follow-up handling time (min)	Handling miscellaneous parts: 4 handling unstripped fruits: 1 Total: 5
	Pure snapping capability (Kg/hr)	12.2 (3.3 times as professional, 7.9 times as amateur)
	Operating capability with follow-up handling (Kg/hr)	9.1 (2.4 times as professional, 5.9 times as amateur)
	Snapping capability by Labor (Kg/hr)	3.75 (professional), 1.54 (amateur)



圖 11. 破布子脫粒篩選機作業狀況中（左）與篩選後之果粒（右）。

Fig.11. The snapping and screening machine for *Cordia Dichotoma* in operating (left) and screened fruits (right).

討 論

本研究主要係規畫設計、研製與改良破布子脫粒機構、挾送裝置、篩選裝置及相關零組件。除此之外，並針對影響破布子脫粒與篩選性能之關鍵因素如破布子果梗的拉斷力、果實的成熟度、果實長短徑、果實重量、果蒂底徑、果蒂高度、果梗直徑與相關性狀參數等進行測試與調查，以供機械規劃設計之參考。

由表 1 的結果可知，破布子果實長徑之最大值達 15.5 mm，而最小值為 9.5 mm，此資料可供設計篩選裝置的網目大小參考；至於其他參數如果梗直徑、果梗長度、果蒂底徑、果蒂高度、果實重量、果實長徑及果實短徑等經統計與拉斷力並無顯著相關。圖 12 顯示不同果色果梗拉斷力之平均值分析，其係假設果梗拉斷力為常態分佈並以 95%信賴水準進行平均值比較，由於各位準平均值與中間總平均值線之差異並未超越上下兩差異決定線，因此不同果色之果梗拉斷力與總平均值並無統計上之顯著差異。然而就實際觀察可知，所有受測破布子果梗的拉斷力最大值為 500 g，而最小值為 120 g，就未成熟的綠色果而言，其果梗的拉斷力平均值為 319.7 g（變異係數 24.87%）大於成熟的黃色果之果梗拉斷力平均值 287 g（變異係數 32.01%），其可能意謂綠色果較難脫粒。又其最大值（500 g）與最小值（120 g）差異大，此不利採用動力機械進行脫粒，所以在脫粒速度與相關條件之設定上，宜參考果梗的拉斷力以找出最佳作業條件。

關於果實成熟度方面，由於破布子採收時其果實成熟度極不一致，且會影響機械之作業性能，故有必要進行探討，依目測果實外表之顏色可區分為淡紅色果（熟透果）、黃色果（準成熟果）、黃綠色果（略成熟果）及綠色果（未成熟果），然為求精準最好以量測果粒之色值作為依據較為妥當，經測試調查宜以圖 3 果粒側邊之色值 a^* 與 b^* 作為判定果實成熟度之依據，即色值 b^* 與 a^* 之差值約 10 判定為淡紅色果（熟透）、色值 b^* 與 a^* 之差值約 20 判定為黃色果（準成熟）、色值 b^* 與 a^* 之差值約 27 判定為黃綠色果（略成熟），以及色值 b^* 與 a^* 之差值約 35 判定為綠色果（未成熟），亦可單以 a^* 值為主要判定依據，然後依成熟果與未成熟果之多寡來決定最佳之採收日期，以利機械脫粒作業，並可兼顧提升收穫果實之整體品質。

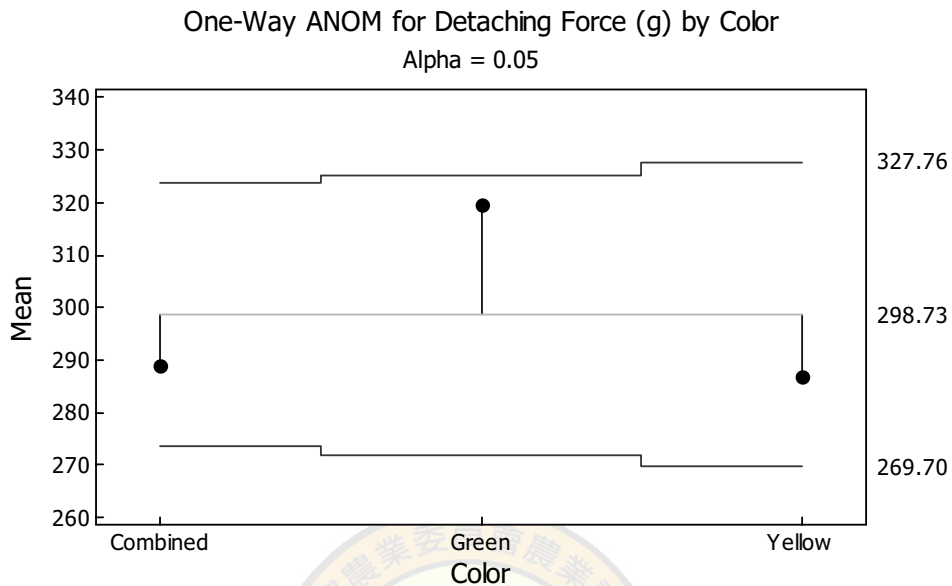


圖 12. 不同果色果梗拉斷力之平均值分析。

Fig.12. One way ANOM for detaching force of *Cordia Dichotoma* fruit from their stems at different fruit color stages.

在脫粒機方面，試驗初期有關脫粒作業條件與脫粒性能之影響試驗摘述如下：良好率方面：毛刷交錯長度較多者（10 與 15 mm），脫粒良好率較佳（平均值分別為 66.1%與 63.8%，如圖 6 左所示），惟於較快進料轉數（33 rpm）下，以交錯長度 10 mm 者最佳（平均值為 67.6%，如圖 6 右所示）。損傷率：脫粒轉數較大、進料轉數較小、毛刷長度較短（如圖 7 左所示）與毛刷交錯長度較多者，脫粒損傷率較大，而以毛刷交錯長度為 0 或 5 mm 配合較快進料轉數（33 rpm）者，可得到較低脫粒損傷率（大約 1%），如圖 7 右所示。未脫率：脫粒轉數較大（如圖 8 左所示）、進料轉數較小（如圖 8 左所示）、毛刷長度較短與毛刷交錯長度較多者，未脫率較小，而以毛刷交錯長度為 5~10 mm 者為佳，如圖 8 右所示。夾雜率：脫粒轉數較大、毛刷長度較短、L7 型毛刷排列（如圖 9 左所示）與毛刷交錯長度較多（如圖 9 右所示）者，夾雜率較多。帶蒂率：毛刷長度較長者，帶蒂率較小，如圖 10 所示。

據此，綜合推估較佳之脫粒作業設定為脫粒轉數 107 rpm（線速度 0.59 m/s）、進料挾送轉數 23 rpm（線速度 0.06 m/s）、毛刷長度 20 mm 與毛刷交錯長度 3 mm，以此條件為基礎，配合經數度改良後之脫粒機進一步進行脫粒作業性能測試，得知其良好率 92.7%、損傷率 0%、未脫率 3.2%與夾斷帶蒂率 4.1%；脫粒作業能力方面，機械純脫粒能力達 8.36 kg/hr，分別為人工脫粒專業工的 2.2 倍與非專業工的 5.4 倍，顯然效果良好。惟脫粒作業後 4.1%之夾斷帶蒂粒與 92.7%之良好粒係攙雜在一起，故必須進行後續之挑選處理，頗為費工。為此，本研究於脫粒機構外加設篩選裝置，除進行脫粒外，並可一併去除脫粒作業過程中所產生之斷梗果粒與夾雜物；同時為避免果粒摘脫後粘液沾在脫粒組件上與防止果粒迅速氧化褐變，另設計有噴水管路與出料斜槽構成破布子脫粒篩選機。

在篩選作業性能方面，經採用網目 16×16 mm 之輸送柵鏈進行試驗，其良好率為 98.1%，帶蒂率為 0.7%，夾斷帶蒂率為 1.2%，然而據實際觀察 1.2% 之斷梗果粒均由輸送柵鏈回帶引起，故篩選裝置之設置已達原設計之目標。惟由於脫粒篩選機（圖 5）之脫粒刷桿長 1205 mm、傾斜角 8 度與入料口達 20 cm 高，可進行較長果串之脫粒作業，相較於原脫粒機（圖 4）之脫粒刷桿長 660 mm、傾斜角 6 度與入料口僅 11 cm 高，其整體之機械作業能力已提升至 9.1 kg/hr，分別為人工脫粒專業工的 2.4 倍與非專業工的 5.9 倍，但其夾斷帶蒂率反而提高至 10.1%，故最佳入料口高度與脫粒刷桿之安裝傾斜角度仍有待進一步深入探討。

誌 謝

本研究承蒙財團法人中正農業科技社會公益基金會 92-中基-農-13 與 93-中基-農-8 計畫補助部份經費，以及本組柯平福先生、簡文章先生、魏阿娟小姐協助試驗始得以完成，謹此誌謝。

引用文獻 (Literature cited)

- Huang, C. C. and J. G. Tsay. 1999. Diseases and insect pests and their damage to *Cordia dichotoma* in Chiayi area. J. Chiayi Inst. Tech. 65:105~114. (in Chinese with English abstract)
- Liu, M. C. and J. C. Peng. 2002. The study on the optimum operation conditions of tea roasting machine by using response surface methodology. J. Agric. Mach. 11(2): 45~55. (in Chinese with English abstract)
- Tsay, J. R., L. H. Lu, W. H. Shyu, and L. S. Liang. 2005. Development of a snapping machine for *Cordia dichotoma*. p.85-99. in the Proceedings of Symposium on 2005 Annual Result of Research Projects of Chung Cheng Agriculture Science & Social Welfare Foundation. Taichung. (in Chinese with English abstract)

Development of a Snapping and Screening Machine for *Cordia dichotoma*¹

Lung-Hu Lu², Jyh-Rong Tsay^{2,4}, Wu-Huann Shyu²,
Lien-Sheng Liang² and Yee-Ting Wang³

Abstract

Lu, L. H., J. R. Tsay, W. H. Shyu, L. S. Liang, and Y. T. Wang. 2006. Development of a snapping and screening machine for *Cordia Dichotoma*. J. Taiwan Agric. Res. 55:234-249

To solve the time-consuming, labor-intensive problem of detaching fruits from stalks, a snapping and screening machine for *Cordia Dichotoma* was designed and manufactured to reduce the labor requirement and production cost. The machine was made of a pair of longitudinal brush rollers, a pair of feeding belts, a screening device, a water pipe system and a fruits-collecting chute. A better combination of settings for snapping operation includes a rotating speed of snapping roller at 107 rpm, a rotating speed of feeding pulley at 23 rpm, a brush length of 20 mm, and a brush overlap length of 3 mm. The Operating performance of developed snapping machine was determined to be with an acceptable rate of 92.7%, an unstriped rate of 3.2% and a miscellaneous rate of 4.1%. Attached screening device, manufactured by using a bar-chain conveyor with a mesh size of 16×16 mm, was proved to achieve the design goal. Overall operating capability (9.1 kg/hr) of the snapping and screening machine is about 2.4 (5.9) times as that of a professional (amateur) worker.

Key words: *Cordia dichotoma*, Snapping and screening machine.

-
1. Contribution No. 2271 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: 15, Oct. 2006.
 2. Respectively, Associate Researcher, Senior Engineer and Director, Assistant Researcher, Senior Engineer, Agricultural Engineering Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
 3. Assistant Researcher, Horticulture Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
 4. Corresponding author, e-mail: jrtsay@wufeng.tari.gov.tw ; Fax:(04) 23325144.