

菱角清洗選別機之研製¹

鍾瑞永、鄭榮瑞²

摘 要

鍾瑞永、鄭榮瑞·2004·菱角清洗選別機之研製。台南區農業改良場研究彙報 44：79~90。

為提高產業競爭優勢，促進菱角採收後處理機械化取代人工清洗選別分級作業，本研究調查分析人工作業流程，依據其清洗選別方式分別設計清洗及選別兩大機組，研製開發菱角清洗選別機，期使菱角採收後清洗選別作業所需勞力降到最低，有效降低生產成本。本機於設計製造完成後，經基本性能試驗驗證其性能之後，即配合菱角採收期間進行作業性能測試，試驗品種為晚生大肚菱，試驗時以清水為選別液(即比重 1.0)。根據試驗結果顯示，菱角清洗及選別分級之作業能力為 720 kg/hr 以上，清洗後之洗淨率可達 97%以上，機械清洗造成的損傷率 1.5%以下，選別分級精度平均可達 99%以上，選別分級所致的損傷率低於 1%。採用機械化作業與人工作業方式比較，在作業效率上可提高 4.8 倍，在處理作業成本上可降低 50%。

關鍵詞：菱角、清洗機、選別機。

接受日期：2004 年 9 月 3 日

前 言

菱角又稱龍角，屬柳葉菜科一年生水生作物，原產於我國大陸南方及長江流域一帶。台灣菱角栽培始於日據時代自大陸引入，目前年栽培面積約有 800 公頃，年產量達 9,000 餘公噸，主要栽培區域有嘉義縣民雄鄉、新港鄉；台南縣官田鄉、柳營鄉、下營鄉；高雄縣仁武鄉、大寮鄉及屏東縣林邊鄉等地，而以台南縣官田鄉栽培面積最大^(3,5)。早期一般栽培品種

1.行政院農業委員會台南區農業改良場研究報告第 304 號。本試驗承財團法人中正農業科技社會公益基金會 88 中基-農-42 及 89 中基-農-21 經費補助，謹此致謝。

2.台南區農業改良場助理研究員、研究員兼課長。台南縣新化鎮牧場 70 號。

以果實具兩個角刺的晚生種大角及大肚菱為主，近年來，具有 4 個角刺的早生品種鬼菱因可在五月中旬上市，栽培面積漸有增加⁽⁵⁾。

由於菱角適栽區以沼澤地、池塘或水田田埂加高儲水種植，全期皆生長於水中^(3,5,6)，因此菱角採收後不論帶殼煮或新鮮剝殼，兩者都必須經過清洗、分級及包裝後再送市場銷售。傳統菱角清洗分級處理方式是將採收後之菱角置於 7 分滿大水桶或方型水池中，並在其下方置一有孔棧板，用以過濾沉澱清洗後雜質，作業時以人手持木棒搓弄翻洗，使比重較輕之菱角幼果往上浮，再利用器具撈起，如此往復動作直到沒有上浮菱角為止。一般沉入下層者屬比重較大的結實果體為特級品；中層為優級品，上層為良級品，經分別撈起分開堆放，蔭乾後以每袋 30 公斤分別裝入 PE 袋中送往市場出售。根據調查，菱角人工清洗、分級每人工每小時工作量約 75 公斤，以每日工資 1000 元計算則每公斤清洗、分級成本約為 1.67 元。由於菱角每公頃產量可達到約 12,000 公斤，據以估算每公頃菱角的清洗、分級費用須達 20,000 元。由於菱角生產期長達二個月之久，通常於開始採收期後約每隔兩週採收一次，全期循環採收約 6~7 次^(3,6,7)，每批採收後皆需經處理，因此以人工作業方式既浪費工時且辛苦，其處理也易因人為疏忽或處理環境衛生條件差異而影響產品品質及衛生。

為有效降低生產成本，提高產業競爭優勢，菱角採收後處理機械化以達到省時、省力及省工的效益勢在必行。同時在主要產區台南縣官田鄉等農會皆期望能有機械取代人工清洗選別分級作業，因此藉由菱角清洗選別機之研製開發，期使菱角採收後清洗選別分級作業所需的勞力降到最低、有效降低生產成本、確保品質及衛生，並促進菱角採收後處理的全面機械化。

材料及方法

一、試驗設備：

菱角清洗選別機，其設計研製討論於以下章節。

二、試驗材料：

菱農現採之生菱角，品種為晚生大肚菱。

三、試驗方法：

(一)菱角清洗選別機規劃、設計及研製

調查分析人工作業流程，依據其清洗選別方式規劃各部機械功能並分別設計清洗及選別兩大機組：清洗機主要功能在於洗淨菱角表面污垢及夾雜物，並需具備輸送功能，為改善人

工作業需每次排水之問題，使用螺旋輸送清洗圓筒配合迴轉滾刷清洗軸，使清洗水能沉澱過濾雜物及重覆使用；選別機主要功能為分選出嫩、熟菱角，使用選別水槽並配合集料括送板及上下層輸送帶，分別導出選別後之菱角。

(二)性能試驗及機構改良

配合菱角大宗產期，進行菱角清洗選別機雛型機性能試驗，測試清洗機最適當之螺旋輸送清洗圓筒轉速及選別機輸送帶轉速，並分析試驗中清洗機損傷、殘留、洗淨率及選別機殘存、上浮量變動情形，其中損傷率於本試驗定義為損傷粒/試驗材料量 $\times 100\%$ 、殘留率為殘留粒/試驗材料量 $\times 100\%$ 、洗淨率為 $(1 - \text{夾雜粒}/\text{試驗材料量}) \times 100\%$ 、殘存量為作業完畢後仍存留選別機不易或無法輸送出之菱角、上浮量為由下層輸送機送出之成熟菱角中，經比重測試上浮之菱角。藉以修正影響作業性能之不良機構，調整最佳機械操作功能，以提升整體清洗選別作業能力。同時針對機械與人工等不同作業方式，分別分析探討其作業成本，評估機械操作模式之經濟效益。

結果與討論

一、菱角清洗選別機設計研製：

菱角清洗選別機的開發主要是希望以機械代替人工作業。機械設計目標以能達到作業能量大、清潔效率高、機械損傷率低、適當的選別分級能力及省力、省工一貫化作業^(1,2)。因此規劃的菱角清洗選別機分為清洗及選別兩大部份(如圖 1)，各部作業機構及功能簡述如下：

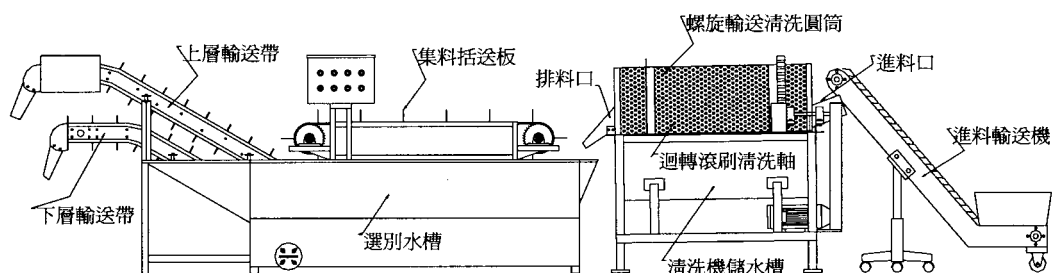


圖 1. 菱角清洗選別機機構示意圖

Fig. 1. Schematic of the washer and sorter of water caltrops

(一)清洗機：主要目的是將菱角表面之污物加以清洗去除，由於菱角形狀奇特且表面略有凹凸不平，因此，設計上採用刷滾輪對向轉動達到翻動、搓洗效果並配合螺旋設計達到輸送移動功能，主要由進料輸送機、進料口、螺旋輸送清洗圓筒、迴轉滾刷清洗軸、儲水槽、排料口、機架及動力系統等裝置所構成。

1.進料輸送機：為使待清洗菱角入料簡便流暢，設計進料輸送機裝置於進料口前方，其作用是承受待清洗之菱角，將其依序導入清洗裝置中，進行清洗作業。

2.進料口：為一上寬下窄U型斜導板，裝置於螺旋輸送清洗圓筒入口前方。

3.螺旋輸送清洗圓筒：以不銹鋼網板輾軋成圓筒型，圓筒外徑 800mm，長度 1,200mm，網板孔徑 8mm，讓清洗的水流入筒內及將清洗後之雜質排出，在其外緣焊有環齒輪及支持導環，作業時藉由馬達的驅動以反時針方向旋轉，筒內裝置螺距 240mm 之螺旋板及尼龍清洗刷，用以輸送及翻動刷洗菱角，在圓筒末端則配合排料出口於圓筒末端 300mm 內緣安裝有軸向隔板以利排出清洗後之菱角。

4.迴轉滾刷清洗軸：裝置於螺旋輸送清洗圓筒的中心，為一不銹鋼材質的迴轉軸，並於軸面加裝清洗用尼龍刷，作業時以順時針方向旋轉，配合上述反向轉動之螺旋輸送清洗圓筒的作用，達到菱角清洗及輸送目的。

5.儲水槽：裝置於螺旋輸送清洗圓筒的下方，為一半圓弧形長槽，用以盛裝清洗用水，作業時其水量維持在迴轉滾刷清洗軸的中心線，在槽下端設置有排水口，可將清洗後之污水排出。

6.排料口：為一上窄下寬U型斜導板，裝置於螺旋輸送清洗圓筒後方，以承接清洗後菱角，並將排入後接之選別機水槽中。

(二)選別機：由於菱角採收期長達兩個月左右，約每隔兩週採收一次，因此採收之菱角成熟度不一，其品質差異極大，成熟果硬度較高適於蒸煮後食用，口感佳；而未熟果由於果仁硬度較軟，通常只適合剝殼後充當蔬菜用，兩者之售價有明顯差別，因此菱角採收清洗後必需進一步分級。根據調查，菱角果仁的比重、硬度具有隨果實的成熟度而增加的特性，即老熟果比重大，硬度亦高，幼果的比重小，其硬度亦較軟，一般成熟果比重可達到 1.2，但以比重在 1.0~1.08 間不論其硬度及風味皆較易被接受，比重低於 1.0 果仁硬度太軟，不適於蒸煮；而比重高於 1.08 則其果仁的穿刺硬度可達到 2.5kg 以上，影響食用的方便性。因此，本機設計時即根據上述特性採用比重水選法作為分級方式，成熟果因比重較大而下沉，幼果比重較輕而上浮，再配合不同輸送機構將分級後之菱角分別輸出。本機主要由選別水槽、下層輸送帶、上層輸送帶、集料括送板、分級排料口、機架及動力系統等裝置所構成。

1.選別水槽：為不銹鋼水槽，其選別有效長度 2,000mm，寬度 600mm，高度 540mm，有效儲水量 640 公升。其上方裝有 1 吋進水口，底部則設有 1.5 吋排水口。

2.下層輸送帶：為一塑鋼材質間隔板型輸送帶，裝置於選別水槽的底層，其前半段與水槽底層平行，中段則安裝成一傾斜角，後段又恢復為水平，用以承接選別後比重較重而下沉之菱角並將其輸送至第一出料口。

3.上層輸送帶：為一塑鋼材質間隔板型輸送帶，設置於下層輸送帶的上方，其前段傾斜伸入選別水槽的半高位置，後段為平行，用以承接選別後比重較輕而上浮之菱角並將其輸送至第二出料口。

4.集料括送板：為改善上浮菱角會在選別水槽上任意漂浮影響及上層輸送帶的輸送效果而設計，由兩條無端點鏈條及括板組成，裝置於清洗排料口與上層輸送帶間，可將上浮之菱角集中括送導入上層輸送帶中。

二、菱角清洗選別機之作業性能：

菱角清洗選別機於設計製造完成後，即配合菱角採收期間，進行作業性能測試，試驗品種為晚生大肚菱，試驗時以清水為選別液(即比重 1.0)，試驗作業流程如圖 2，分別測試不同螺旋輸送清洗圓筒轉速下，清洗機作業能力、損傷殘留率及洗淨率；不同選別輸送機轉速下，選別機作業性能、選別精度、尖峰輸送期每輸送機分格輸送粒數，以及配合不同作業處理量試驗，分析菱角清洗選別機作業能力、性能曲線等。



圖 2 作業流程圖

Fig. 2. Flowing chart

(一)清洗機試驗：

就清洗機部分探討清洗圓筒轉速對其性能之影響。一般而言，圓筒轉速愈高清洗作業能力愈快，惟仍需考量配合選別機性能之適當轉速，在不影響整體損傷及洗淨率情況下探討出最佳螺旋輸送清洗圓筒轉速，試驗結果如表 1 及表 2。

由表 1 可知圓筒轉速明顯影響清洗機作業能力且近乎正比例，若再輔以表 2 損傷、殘留及洗淨率分析，當圓筒轉速為 5r.p.m.時，清洗機作業能力已達設計需求，且損傷、殘留及夾雜粒並未顯著增加，在同時考量清洗滾筒運轉安全性下，將圓筒轉速設定為 5r.p.m.。

表 1. 螺旋輸送清洗圓筒轉速與清洗機作業能力之關係

Table 1. Relationship of the washing cylinder rotational velocity and washer capacity.

圓筒轉速 (r.p.m.) Cylinder velocity	試驗材料量 (kg) Work amount	開始出料時間 (sec) Initial export work time	作業時間 (sec) Work time	作業能力 (kg/hr) Capacity	尖峰流量 (kg/30sec) Peak rate
5	30	20.27	131.76	818	18.8
4	30	21.18	176.94	610	16.6
2.5	30	27.30	252.03	429	9.2

表 2. 螺旋輸送清洗圓筒轉速對清洗機損傷及洗淨率之影響

Table 2. The affect to washer damaging and cleansing rate by washing cylinder rotational velocity.

圓筒轉速 (r.p.m.) Cylinder velocity	試驗材料量 (pods) Work amount	重量 (kg) Weight	損傷率 (%) Damaging rate	殘留率 (%) Residue rate	洗淨率 (%) Cleansing rate
5	1000	14.5	0.2	1.1	97.4
4	1000	14.7	0.1	1.1	97.9
2.5	1000	15.0	0.0	1.0	98.7

(二)選別機試驗

影響選別機性能的主要因素分別為導出嫩、熟菱角之上下層兩組輸送機轉速，轉速慢

直接影響選別機作業性能，轉速過快則因輸送機隔板造成選別液紊流不易導出上浮之嫩菱角並影響選別精度，試驗結果如表 3。

由表 3 試驗結果顯示，輸送機轉速慢將使選別機基本作業時間過於冗長，直接影響選別作業能力，轉速過快則因產生紊流不易送出上浮之嫩菱角致影響選別性能。如圖 4，在輸送機每格輸送量分析方面，最佳之尖峰輸送量應在 130~180 粒間，因此輸送機轉速設計為 14r.p.m.時較為適當，同時選別精度亦可達 99%以上。

表 3. 上下層輸送機轉速與選別機作業性能之關係

Table 3. Relation between conveyor rotational velocities with sorter capacity.

輸送機轉速 (r.p.m.)	試驗材料量 (kg)	開始出料時間 (sec)	殘存量 (pods)	上浮量 (pods)	尖峰輸送量 (pods/grid)
Conveyor velocity	Weights of sample	Initial export time	Residues of pods	Floaters of pods	Peak amounts of pods
7	30	84.78	0	2	252
14	30	51.98	8	1	145
21	30	37.48	20	0	103

(三)菱角清洗選別一貫作業機性能試驗

以清洗機及選別機之個別試驗結果，將螺旋清洗圓筒轉速及選別輸送機轉速分別設定為 5r.p.m.及 14r.p.m，進行菱角清洗選別機性能試驗，並就不同處理量探討其作業能力及性能曲線。

表 4 顯示在不同處理量下，進行菱角清洗選別機試驗之結果，由圖 3 顯示，清洗選別作業能力與其作業量有關，但並非呈直線關係。主要原因係如表 4 所示，各部機組作業流程有其基本作業工時，如進料輸送機 7 秒、清洗機 15 秒及選別機 52 秒，合計約 1 分 14 秒，假如作業量低於 60 公斤，將無法正確顯示出其作業能力。若再輔以圖 4 菱角清洗選別機性能曲線說明，清洗選別作業處理量有其尖峰期間，若以選別輸送機每輸送格粒數 50 粒為估算基準，離峰期處理量僅佔 15%以下，且其總作業量愈多離峰處理量所佔比例愈少。

表 4. 菱角清洗選別機作業能力

Table 4. Working capacity of washer and sorter of water caltrops.

處理量 (kg) Work amount	進料輸送機 入料時間 (sec) Import time of conveyor	清洗機開始 出料時間 (sec) Initial export time of washer	選別機開始 出料時間 (sec) Initial export time of sorter	總作業時間 (sec) Total work time	作業能力 (kg/hr) Working capacity	殘存量 (pods) Residues of pods
30	6.92	21.81	74.48	234.23	462	13
60	6.57	21.76	72.39	315.38	685	14
90	7.00	21.63	75.85	365.42	887	13
120	6.82	21.03	72.26	448.76	963	11

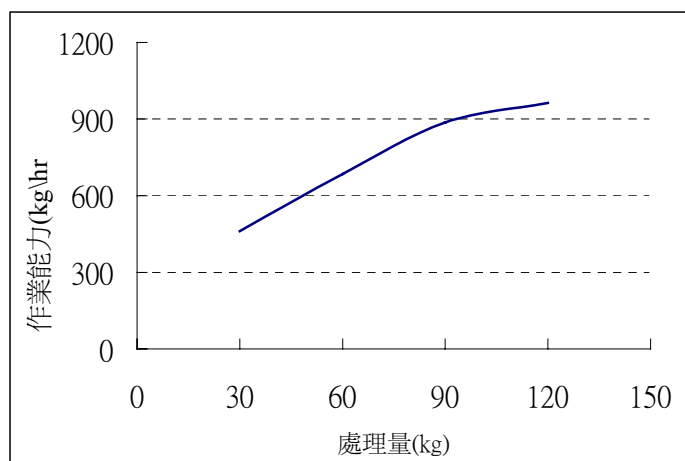


圖 3 處理量與作業能力關係

Fig. 3. Relationship between the treatment and working capacity.

由圖 4 性能曲線顯示，在總處理量分別為 60、90 及 120 公斤時，離峰時間估算前段約為 1 分 20 秒，後段約為 2 分鐘，亦即在不同作業量下，總離峰處理時間均為約 3 分 20 秒，在這段作業時間內處理量極少，而處理量少時將佔去大部作業時間，影響整體清洗選別作業能力。當然，最佳的機械使用方法，應是每次作業量為上百甚至上千公斤，可節省工時及機械待機時間，若以此作業量估算本機作業能力將達約 1,000 kg/hr，然考量菱角採收及集貨場分批到貨之特性，本機作業能力以每次作業量 70 公斤(即菱農以機車載運約兩袋 60 台斤重之現採菱角)計算，本機清洗選別作業能力為 720 kg/hr 以上。

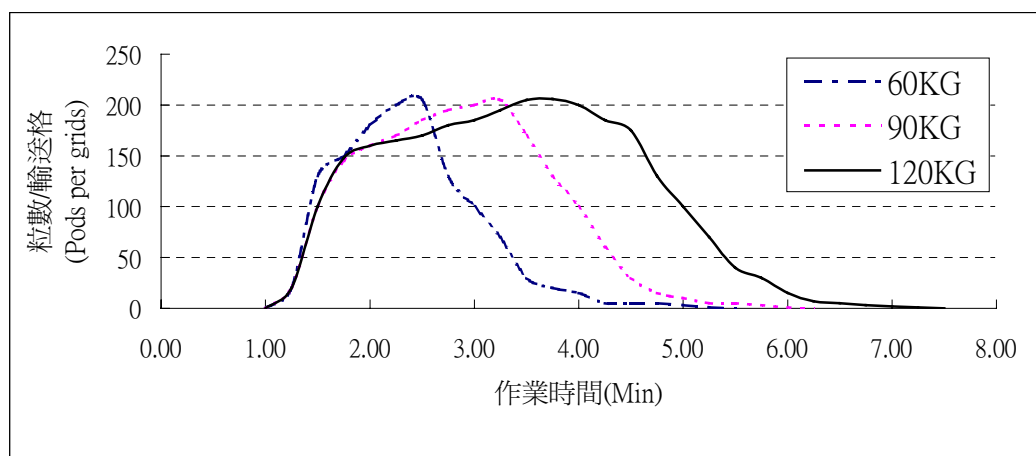


圖 4. 菱角清洗選別機性能曲線

Fig. 4. Performance curves of the washer and sorter

綜合上述試驗結果顯示，菱角清洗及選別分級之作業能力達 720 kg/hr 以上，清洗後之洗淨率可達 97%以上，機械清洗造成的損傷率及殘留率合計在 1.5%以下；而兩級比率視採收期菱角成熟度而定，一般於盛產期時比重大於 1.0 者約佔 92.5%，比重小於 1.0 者約佔 7.5%，兩者選別分級精度平均可達 99%以上，選別分級所致的損傷率低於 1%。

三、經濟效益分析：

(一)機械作業成本評估^(1,4)：

機械作業成本之估計包括固定成本與變動成本，其考慮因子有機械年作業清洗選別分級量、機械購入價格、耗電量常數、機械折舊殘存比、操作人員工資率、作業人員數、機械總修理係數、作業能力、總作業時數及使用馬力數等。機械作業成本估算以年作業量 345,600 公斤(估計清洗分級期間 60 天×8 小時×720 公斤/小時)、年利率 4.5%、農機價格 450,000 元(農機廠商之定價)、耗電量常數 1.56 元/度(基本農業用電)、折舊殘存比為農機售價 10%、總修理係數以農機總價的 50%，2 人共同作業，每日工資 1,200 元，每小時作業能力 720 公斤，機械總作業時數 2,400 小時及機械總馬力 3.25 馬力，計算結果可得每公斤作業成本約為 0.823 元(其中機械成本 0.365 元；利息成本 0.032 元；電費 0.009 元；工資 0.417 元)，折算每公頃處理成本為 9,872 元。

(二)機械與人工作業效益分析：

根據上述作業性能試驗結果，採用本機進行清洗選別分級一貫化作業每小時作業

能量為 720 公斤，以 2 人共同作業，若以每公頃產量 12,000 公斤計算則約需 4.17 人日，據以計算機械作業成本每公斤為 0.823 元，每公頃為 9,872 元。另根據前述人工清洗、選別分級作業調查結果，人工清洗、分級每人工每小時工作量約 75 公斤，則每公頃需 20 人日，據以計算每公斤清洗、分級成本約為 1.67 元，折算每公頃費用約為 20,000 元。因此，採用機械化作業與人工作業方式比較，在作業效率上可提高 4.8 倍，在處理作業成本上可降低 50%以上。

結 論

為因應加入世界貿易組織，具地方生產特性的作物已普受重視，在政府一鄉一特產政策的推動下，菱角已成官田等地區重要地方特產，緣於菱角栽培時生長環境特殊，自育苗到收穫處理幾乎完全人工作業，菱農對於各項作業機械化需求甚殷。台南場乃著手進行菱角採收後調製處理技術的建立，目前已完成菱角的清洗、選別分級機試驗機的研發，其作業性能與作業精度在不斷的試驗改良後已可為農友接受及肯定，未來將進一步技術轉移給農機生產廠商，以擴大示範推廣與使用，同時也結合冷藏保鮮技術發展，以促進菱角採收後處理清洗、分級、包裝及冷藏保鮮全面機械化，確保產業的永續發展。

誌 謝

本研究承蒙財團法人中正農業科技社會公益基金會贊助，合作研究廠商台南縣善化鎮吉利機械工廠全力配合與本場研究同仁鄭志峰、梁紹發及鄭明賢先生熱心協助與提供寶貴意見，謹此致謝。

引用文獻

1. 施清田、鄭榮瑞。1999。蒜頭剝瓣選別分級機之研製。台南區農業改良場研究彙報第 36 號：59~68。
2. 施清田、鄭榮瑞、盧子淵。1998。多用途蔬菜清洗機之試驗改良。台南區農業改良場研究彙報第 35 號：81~90。

3. 財團法人豐年社。1995。台灣農家要覽 農作篇（二）：479~484。
4. 陳加忠、賴建洲。1989。雜糧收穫機械使用成本之研究。中華農業研究，38(3)：374~378。
5. 劉民卿。1998。菱角栽培與食譜利用。台南區農業改良場技術專刊 87-7 (NO.79)：1~7。
6. 鄭榮瑞、施清田、鍾瑞永。2000。菱角清洗選別機的研發。台南區農業專訊第 32 期：2~5。
7. 鍾瑞永、鄭榮瑞、施清田。2002。菱角清洗選別機之研製。中正農業科技社會公益基金會九十一年度研究計畫成果研討會專刊：67~75。

Development on the Washer and Sorter of Water Caltrops¹

Chung, J. Y., and J. J. Cheng²

Summary

In this study, the washer and sorter for the water caltrops was developed. According to the performance testing, the operation capacity is over 720 kg/hr. The cleansing rate is above 97%, the sorting rate is above 99%, and the damaging rate was below 1.5%. Comparing with manual work, the efficiency of mechanical operation was higher about 4.8 times, and the operation cost could be reduced 50%. The machine could be used to promote the mechanization of water caltrops washing and sorting operations for water caltrops, the production cost then could be reduced significantly.

keywords : Water caltrops , Washer , Sorter.

Accepted for publication : 3 September, 2004

1. Contribution No.304 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station. This work was financially supported by the Chung Cheng Agriculture Science & Social Welfare Foundation.

2. Assistant researcher, and Research fellow and Head of Crop Environment Department, respectively. Tainan DARES. No.70 Muchang, Hsinhua town, Tainan county 712, Taiwan, R.O.C.