

履帶式玉米聯合收穫機之研究¹

鄭榮瑞、施清田、陳萬福、盧子淵²

馮丁樹、朱元南³、曾得洲⁴

摘 要

鄭榮瑞、施清田、陳萬福、盧子淵、馮丁樹、朱元南、曾得洲·1995·履帶式玉米聯合收穫機之開發。台南區農業改良場研究彙報 32:76~95。

為促進國內玉米收穫達到全面機械化，紓解農村勞力之不足，有效降低玉米之生產成本。本研究根據台灣地區農業環境與玉米生產條件，完成本土化玉米聯合收穫機的開發。其作業流程為玉米摘穗—含苞葉脫粒—輸送選別—暫存裝袋。主要作業機構包括：摘穗組、含苞葉脫粒組、輸送選別、回收與裝袋裝置及履帶式操控與行走底盤等四大部份，引擎馬力使用 43 馬力柴油引擎，前進、後退採用無段變速，行走速度每小時約 1~7.2 公里。採用履帶行走底盤，操作靈活，越野性優異，對土壤的壓實性小，極適於集團栽培田區或雨後玉米田搶收。收穫作業一次採收二行，適收行距 70 至 90 公分，株距不限；玉米籽粒在含水率 36~28% 最適採收；摘穗、脫粒及裝袋一次作業同時完成。具有收穫之玉米籽粒損傷率低、清潔度高及玉米完整粒率高等特點。機械作業田間總損失約 6%。機械作業能力每小時可達 0.3 公頃，機械作業成本每公頃約 4,500 元。與人工收穫作業方式比較，作業工時可節省 96%；每公頃收穫作業成本可節省 7,500~10,000 元。

關鍵詞：履帶式、玉米、聯合收穫機。

接受日期：1995年9月18日。

前 言

台灣地區玉米年栽培面積自政府稻田轉作計畫政策推行結果，每年皆達到六萬餘公頃，為主要雜糧作物之一。主要栽培區域在台南、雲林、嘉義、花蓮及台東等縣，此區域約佔總栽培面積的百分之九十⁽²⁰⁾。

玉米栽培作業在政府積極推行農業機械化之政策下，從整地、播種、中耕、施肥及培土等作業均已達到機械化之目標，收穫作業雖已引進大型雜糧聯合收穫機，唯因受限於本省農業環境、農時需求、田間與作物條件、收購制度及收穫作業功能等影響，其機械化收穫程度根據調查約達 70%，部份區域因無適當可用之收穫機械，仍停留在傳統的人工收穫方式，這種手工採摘方式相當耗工時，且收穫費用相當高。為能促進玉米栽培的全面機械化，農民甚殷盼能有本土化適用機種推出。

-
1. 台南區農業改良場研究報告第 226 號。本計畫承行政院農業委員會 80 年度計畫（80 農建-7.1-糧-42(8) 至 84 農建-3.1-糧-17(1-3)）經費補助，謹此誌謝。
 2. 台南區農業改良場副研究員、助理、助理研究員、助理。台南市 70125 林森路一段 350 號。
 3. 台灣大學農業機械系系主任、副教授。台北市舟山路 136 號。
 4. 台東區農業改良場助理。台東市中華路 675 號。

玉米機械化收穫在國外已行之有年^(6,21,22)，其研究發展情形由 1880 年第一部玉米採穗機獲得專利；1885 年去苞脫粒機出現；1909 年玉米採穗去苞機商品化；1928 兩行式 PTO 操作玉米採穗機及單行承載式玉米採穗機；1929 年雙行承載式玉米採穗機；1946 年自行推進式玉米採穗機；1954 年實用化聯合收穫機用採穗頭附件商品化；1958 年採穗機用脫粒附加裝置（1966, William H. Johnson & Benson J. Lamp）。國內玉米收穫機械之發展早期有台中場開發的耕耘機承載式玉米採穗機；種苗場開發的三輪式兩行玉米採穗機；台南場開發的履帶式玉米採穗去苞葉機^(3,5,12,18)與玉米去苞葉脫粒機；近年來則有台灣大學與種苗場共同開發的軸流式含苞葉玉米脫粒機^(1,2,4,7,8,19)等。由於農村勞力的缺乏與老化，此等非全功能作業農機難與進口大型綜合收穫機匹敵。唯如前述缺失，大型雜糧收穫機仍難全面普及，適應本土化玉米聯合收穫機種仍有其發展潛力^(9,10,11)，故為提昇國產玉米收穫機之作業功能，增加農友對國產農機認同度，進而能普遍推廣使用，以促進玉米收穫全面機械化，減輕農友田間作業辛勞度，降低玉米栽培生產成本，增加農民收益。

本計畫之目的係以改善國產履帶式玉米採穗去苞收穫機之去苞葉機構，結合含苞葉玉米直接脫粒裝置、籽粒收集、選別、裝袋與操控等裝置，作整體作業系統規劃、試造與測試，達到玉米收穫由採穗、脫粒、選別至裝袋等作業達到一貫化功能。計畫自 80 年度開始執行，研究期間感謝行政院農委會與台灣省政府農林廳的經費補助與輔導及台灣大學農機系的共同規劃、設計與台東區農業改良場的協助區域性田間試驗，本場前任場長陳場長榮五的鼎力支持、試驗的指導修正，作物環境課陳課長文雄的督促及農機研究室全體同仁的全程投入參與機械的試造、性能試驗改良，同時為加速進行此一貫作業玉米聯合收穫機的研發，並與建農農機公司與康榔機械公司合作，參與機械的製造。收穫機的研究歷經第一代雛型機、第二代實驗機及第三代樣品機依序完成製造及性能試驗改進。田間試驗結果顯示，收穫機之整體作業功能已達到原設計作業要求，其收穫作業效率、作業品質及作業精度並獲得農友普遍認同。

材料及方法

一、試驗材料：

- (一) 履帶式玉米聯合收穫機雛型機、實驗機與樣品機各一部。
- (二) 試驗用玉米田。
- (三) 性能改良用機械組件、材料等。
- (四) 測定用儀器：轉速計、碼錶、皮尺、應變規等。

二、試驗方法：

- (一) 收穫機作業流程規劃及機械設計與試造

根據台灣地區農業環境、玉米栽培收穫作業品質要求，以玉米採穗、含苞脫粒、裝袋一貫化收穫作業為目標，進行雛型機作業流程與作業機構配置規劃，經由行走底盤、動力傳導、採穗機組與脫粒作業機組整體設計檢討分析，進行雛型機的試造。機械製造完成後，配合玉米收穫期不斷進行機構功能測試分析，由採穗裝置、輸送裝置、含苞葉玉米脫粒裝置、玉米籽粒選別、收集裝袋裝置及行走底盤與操控裝置各部測試結果整理分析後，輔導合作廠商根據試驗結果，進行玉米聯合收穫機實驗機、樣品機開發與性能修正。

(二) 田間作業性能評估及耐久性試驗

為加速試驗成效，在台南場設置試驗用玉米田以階段性種植，延展收穫機的試驗期間。同時於玉米收穫期，遴選主要玉米產區雜糧農機代耕中配合進行機械田間收穫試驗與耐久性測試，調查記錄田間作業性能—作業速度、作業能力、作業精度及各作業機構之故障部位及損害程度，以評估各機構強度、連續作業能力及機械收穫作業之田間損失。最後配合玉米收穫期，分區辦理玉米機械收穫田間示範觀摩會及耐久性試驗，加強農友對本機作業性能的了解，使本機性能順利推廣，並適時輔導生產廠商，使本機之性能更趨穩定及實用化。

(三) 機械作業性能與經濟效益分析

根據試驗結果分析機械作業性能及機械使用經濟效益，整理後供作設計修正、提供合作廠商作機械性能改進、辦理技術轉移及擴大示範推廣之參考。

結果及討論

一、收穫機作業流程規劃及機械設計、試造與性能改進：

(一) 籬型機的規劃、設計及試造

根據玉米採穗、含苞脫粒、裝袋一貫化收穫作業目標，進行玉米收穫作業流程規劃（如圖 1）。籬型機底盤、配合各作業機構關係位置之配置規畫，採用康榔公司自行開發製造之履帶底盤，其履帶中心距 95 公分，履帶寬 31 公分，有效接地長 130 公分。動力使用久保田四汽缸柴油引擎，正常馬力 25 馬力。考慮整部收穫機械平衡條件下，作業機組部份之配置配合底盤平面架進行各機構配置規劃，扶攬、集株及採穗機組安裝在底盤架正前方，含苞葉脫粒機組配置於履帶平面架之左後側，集穗輸送機組以浮動方式連結於採穗機組與含苞葉脫粒機組間，裝袋部份原配置於其左側，目前已修正配置於右側引擎後方，主控操作台在底盤平面架右前，引擎及油壓泵、操控桿等配置於右側中間。動力傳遞由柴油引擎皮帶輪，經中間減速軸分別傳動油壓機組、採穗組、行走系統、脫粒、選別及輸出機組，履帶底盤行駛動力與作業機動力可分別控制，行走速度前進主變速二檔，副變速八段，後退一檔，副變速八段。機械規格如表 1 所示，動力傳動系統如圖 2。

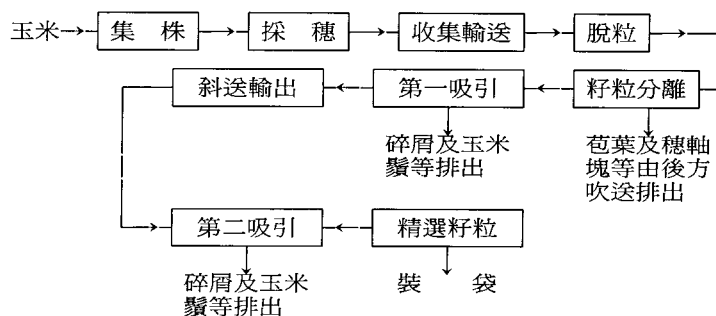


圖 1. 玉米聯合收穫機籬型機作業流程。
 Fig. 1. Operating flow chart of corn combine.
 (Experimental model I)

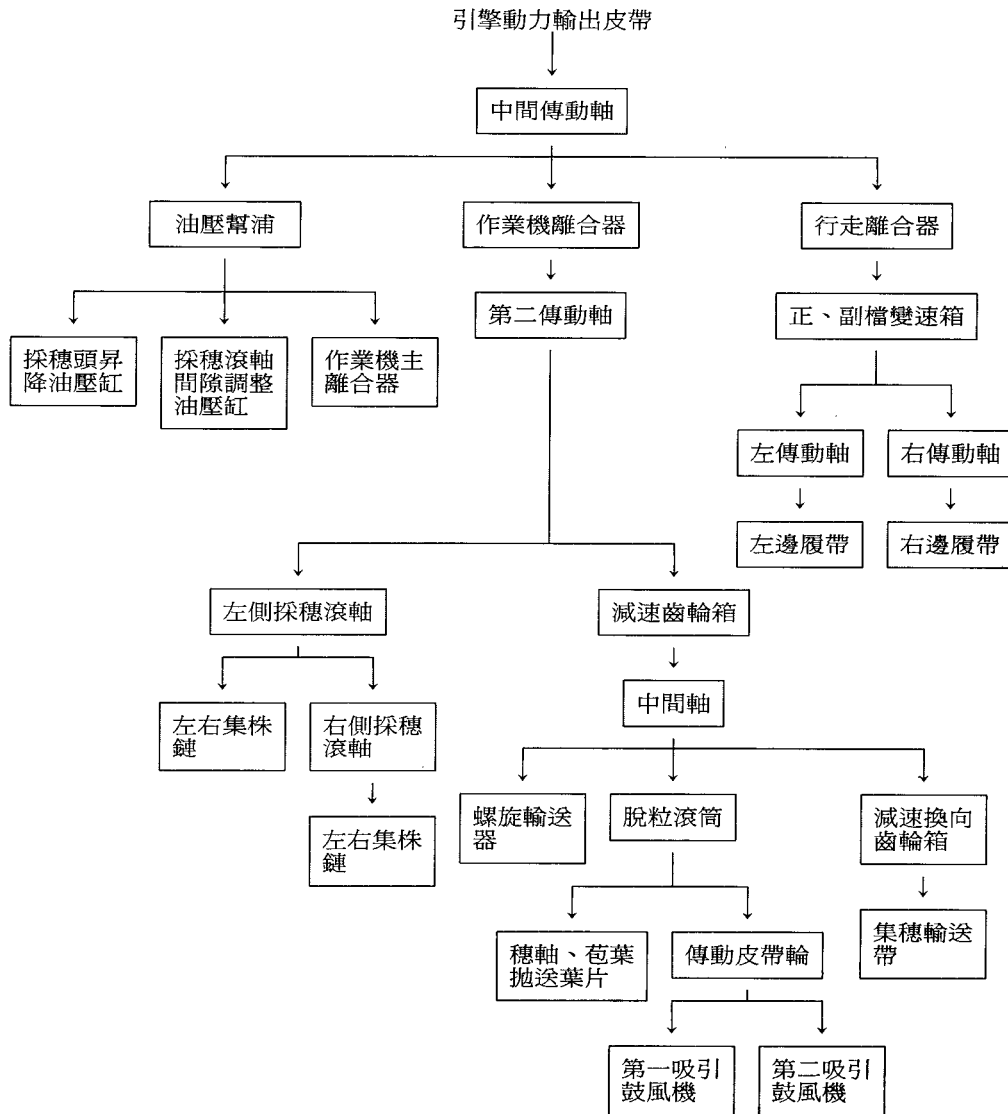


圖 2. 玉米聯合收穫機離型機動力傳導系統。

Fig. 2. Diagram of power transmission of corn combine.
(Experimental model I)

(二) 實驗機作業機構之配置規劃修正及試製

根據離型機採穗、含苞脫粒、裝袋一貫化收穫作業試驗結果，進行玉米收穫作業流程規劃修正（如圖 3）。三菱 MC 5000G 勘用底盤、配合各作業機構關係位置之配置規畫，引擎馬力 43 馬力，考慮整部收穫機械平衡條件下，作業機組部份之配置配合底盤平面架進行各機構配置規劃，扶撥、集株及採穗機組安裝在底盤架正前方，含苞葉脫粒機組配置於履帶平面架之左後側，集穗輸送機組連結於採穗機組與含苞葉脫粒機組間，脫粒後之籽粒經螺旋輸送暫存貯存箱，俟一

定量車駛田區頭尾再御裝袋，裝袋部份配置於其左側，主控操作台在底盤平面架右前，引擎及油壓泵、操控桿等配置於右側中間。動力傳遞由柴油引擎皮帶輪，經中間減速軸分別傳動油壓機組、採穗組、行走系統、脫粒、選別及輸出機組，履帶底盤行駛動力與作業機動力可分別控制，行走速度前進主變速二檔，副變速九段，後退一檔，副變速九段，動力傳動系統如圖 4。

表 1. 玉米聯合收穫機雜型機規格

Table 1. Specifications of corn combine. (Experimental model I)

機 體	全長	4800 cm							
	全寬	2200 cm							
	全高	2150 cm							
	重量	2500 kg							
引 擎 部	型號	久保田 V1200B 立式四衝程							
	內徑×行程	70 mm×75 mm							
	總排氣量	1237CC							
	最大/額定馬力	28ps/2700 rpm/25ps/2000 rpm							
	潤滑系統	幫浦噴射潤滑							
	冷卻系統	風扇水冷式							
	燃料箱容量	高級柴油 / 10 公升							
	起動方式	電動馬達							
行 走 部	驅動方式	齒輪驅動							
	履帶寬×接地長	310 mm×1300 mm							
	履帶中心距離	900 mm							
	操向裝置	剎車與離合器併用							
		段	速 (m/s)						
		1	2	3	4	5	6	7	8
	速 前進一檔	0.10	0.32	0.54	0.76	0.98	1.20	1.42	1.64
	度 前進一檔	0.20	0.64	1.07	1.51	1.94	2.38	2.81	3.25
	後退一檔	0.12	0.30	0.64	0.90	1.16	1.42	1.68	1.94
	摘 穗 部	採收部尺寸	長 1930 mm×寬 1280 mm						
舉昇方式		油壓式，舉高 600 mm							
採穗滾軸		長度 1240 mm，表面有螺旋狀突肋							
玉米穗輸送型式		一體成型攔板式工程用輸送帶							
脫 粒 部	脫粒機組尺寸	長 242 cm×寬 180 cm×高 190 cm							
	本機組重量	400 kg							
	脫粒筒型式	四方形齒軸流式脫粒筒							
	脫粒筒長度	123 cm							
	脫粒筒作業速度	800 rpm~1000 rpm							
	承網型式	縐摺網狀承網							
選 別 及 裝 袋	選別方式	鼓風吸引式可調吸力，兩段精選							
	輸出型式	中央集送螺旋輸送機輸出							
	裝袋方式	單出口、編織袋包裝							

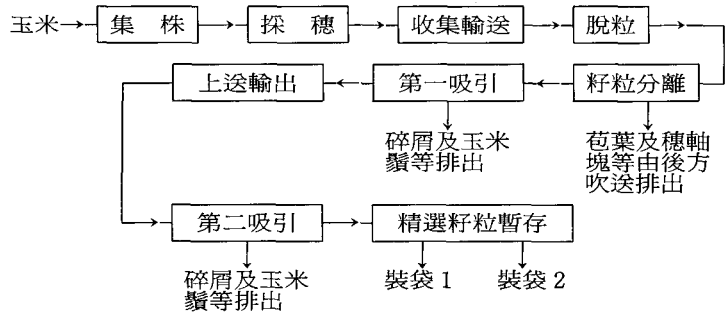


圖 3. 玉米聯合收穫機實驗機作業流程。

Fig. 3. Operating flow chart of corn combine. (Experimental model II)

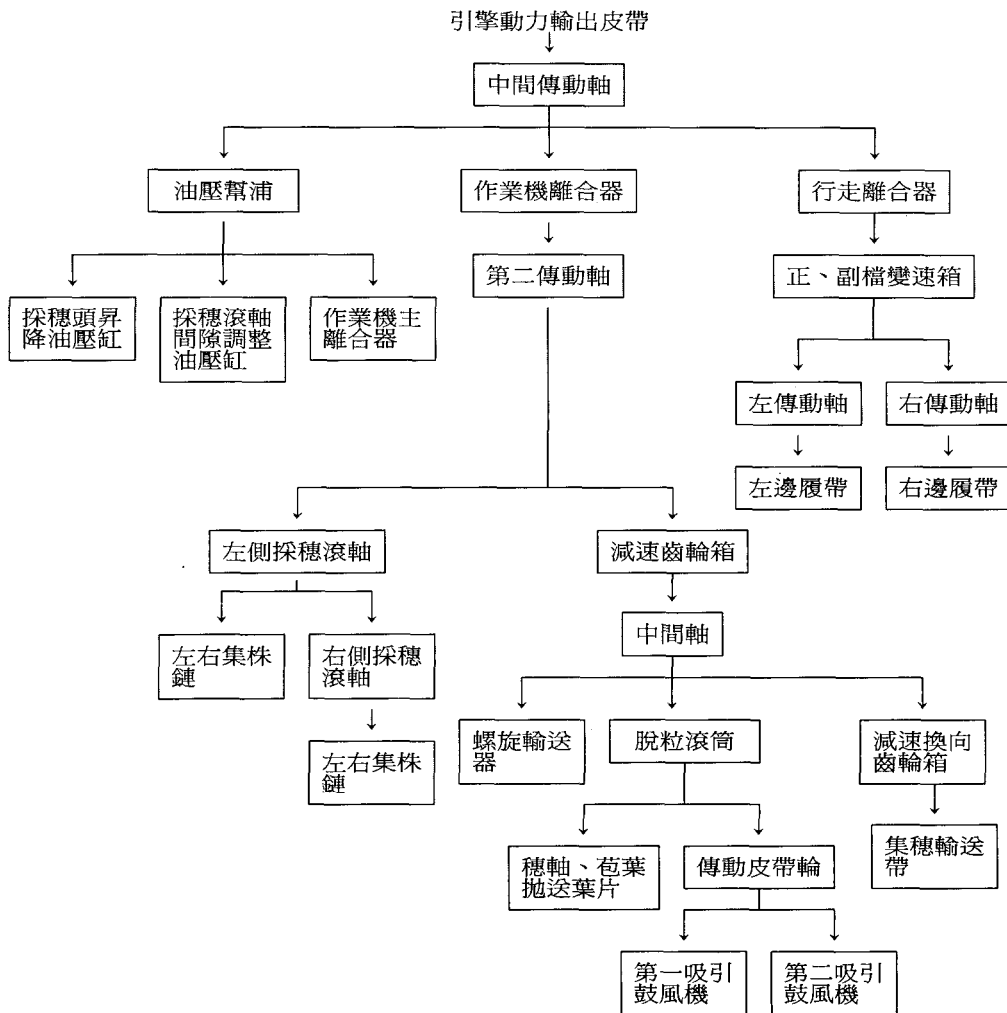


圖 4. 玉米聯合收穫機實驗機動力傳導系統。

Fig. 4. Diagram of power transmission of corn combine. (Experimental model II)

(三) 樣品機機型設計修正及試造

根據籬型機與實驗機由底盤、採穗裝置、輸送裝置、含苞葉玉米脫粒裝置、玉米籽粒選別、收集裝袋裝置及操控裝置各部機構功能測試分析後，委託合作工廠根據試驗分析之修正結果，進行第三代玉米聯合收穫機樣品機製造，本機仍採用三菱 MC-5000G 水稻聯合收穫機底盤，引擎馬力 43 馬力，作業機整體可分為四大部份，分別為採穗部、脫粒選別部、生走操控部及貯料裝袋部等。為改善第一、二代籬型機與實驗機採穗部與脫粒部輸送系統變位，第三代樣品機將原先雙變位結合設計修正為單變位一體型式，完全改善因變位所造成的掉穗及掉粒損失，同時將前述四部份之骨架設計，重新考慮，配合外觀作整體性的修正，改善機體避免因負載差異造成局部結構變形，機械規格如表 2 所示。

1. 作業流程規劃的修正

本機是針對本省農業環境與作物條件所開發的本土化機種，其作業流程根據田間試驗調查結果及作業機構的設計修正與收穫作業精度需求再進行修正。玉米穗經摘穗滾軸由植株上採摘後，直接由輸送帶送往含苞葉脫粒機構脫粒，脫下之玉米粒經由承網、第一吸引選別、輸送螺旋、第二吸引選別後送往貯料箱至裝袋，而苞葉及穗軸由後方排出，在排出過程於回流出口增設第一處籽粒回收及在排苞葉出口增設第二處籽粒回收，修正後之整體作業流程如圖 5 所示。

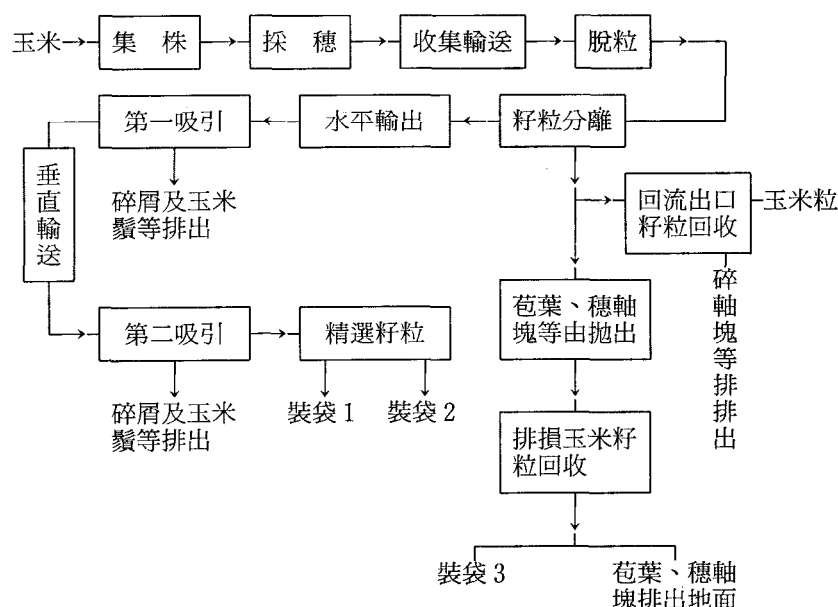


圖 5. 履帶式玉米聯合收穫機樣品機作業流程。
Fig. 5. Operating flow cart of corn combine.

2. 玉米聯合收穫機樣品機主要作業機構與作業功能

玉米聯合收穫機樣品機之構造與主要規格，本機為履帶式玉米聯合收穫機，主要作業機構包括：摘穗組、含苞葉脫粒組、集送、選別、回收與裝袋裝置及操控與行走底盤等四大部份（圖 6，圖 7，圖 8，圖 9）。



圖 6. 履帶式玉米聯合收穫機前視圖。
Fig. 6. Front view of corn combine.



圖 7. 玉米聯合收穫機後視圖。
Fig. 7. Rear view of corn combine.



圖 8. 玉米聯合收穫機左後視圖。
Fig. 8. Left-rear view of corn combine.



圖 9. 玉米聯合收穫機右視圖。
Fig. 9. Right side view of corn combine.

- (1) 摘穗組由二組摘穗滾軸，扶起頭，植株撥送鏈，玉米穗提升輸送帶及油壓昇降裝置等組合而成。
- ① 扶起頭：位於摘穗組之最前端，為浮動設計，可貼地作業，將倒伏植株導入撥送鏈。
 - ② 植株撥送鏈：每組各二條，分別裝在摘穗滾軸左、右兩側，撥送鏈上有撥送爪，可將植株強制夾入，並協助將玉米植株升高，以利摘穗滾軸作業。

- ③ 摘穗滾軸：共有二組，每組由二支相對迴轉之螺旋滾軸組合而成，其間隙可由油壓控制依玉米植株大小調整，滾軸末端有反螺旋助設計，可抑制玉米植株之積堵。
 - ④ 玉米穗輸送帶：採用工程輸送膠帶，以攔板式成型設計，經由摘穗滾軸採摘之玉米穗，利用提升輸送鏈送至含苞葉脫粒機組。
 - ⑤ 油壓昇降裝置：油壓舉昇裝置可依玉米穗位及植株倒伏情況，調整摘穗組的高低位置，調整高度的範圍由畦面至離畦面 60 公分高之間。
- (2) 含苞葉組脫粒機組係承接由輸送帶來之玉米穗，加以脫粒。由挫桿型軸流式脫粒筒、承網、揚起機構及輸出螺旋等組合而成。
- ① 脫粒筒：採用四方形齒軸流式脫粒筒，正常作業轉速每分鐘 800~1000 轉。
 - ② 承網：裝在脫粒滾筒下方，用以承受與分離玉米籽粒。
 - ③ 揚起機構：裝置於脫粒筒後方，用以將脫粒後之穗軸與苞葉拋出機體外。
 - ④ 集送螺旋：由水平輸送螺旋與垂直輸送螺旋組成，裝置於脫粒筒後段，將脫粒後之玉米粒輸送至貯料桶。
- (3) 選別、回收與貯料裝袋：
- ① 選別機構：利用吸引風扇分別設於水平與垂直輸送螺旋間及垂直輸送螺旋的出口處，將混於玉米籽粒中的雜物吸引排於機體後方。
 - ② 排出口籽粒回收機構：共有兩處，分別設於回流出口與苞葉、穗軸排出口處，前者利用斜板配合過濾網孔將玉米籽粒以盛箱回收；後者以鏈柵式將排出之玉米籽粒過濾後裝袋。
 - ③ 貯料、裝袋機構：貯料桶暫存量約 150 公斤，裝袋機具有二出口，每個出口可裝 10 只空袋，可控制開關板分別作出料裝袋。

(4) 操控及行走機構：

本機採用三菱 MC-5000G 型水稻聯合收穫機堪用底盤、配合各作業機構關係位置之配置規畫，引擎馬力 43PS，考慮整部收穫機械平衡條件下，作業機組部份之配置配合底盤平面架進行各機構配置規劃，扶攬、集株及採穗機組安裝在底盤架正前方，含苞葉脫粒機組配置於履帶平面架之左後側，集穗輸送機組連結於採穗機組與含苞葉脫粒機組間，脫粒後之籽粒經螺旋輸送暫存貯存箱、裝袋部份配置於其左側，主控操作台在底盤平面架右前，引擎及油壓泵、操控桿等配置於右側中間。動力傳遞由柴油引擎皮帶輪，經中間減速軸分別傳動油壓機組、行走系統、脫粒機構、選別、輸出機組及採穗頭，履帶底盤行駛動力與作業機動力可分別控制，行走速度前進主變速二檔，副變速九段，後退一檔，副變速九段（每秒 0.28~2.0 公尺），動力傳導系統如圖 10 所示。

二、收穫機作業性能及耐久性試驗：

(一) 含苞葉脫粒基本作業機構功能試驗

離型機試造完成後，配合玉米收穫期間進行含苞葉直接脫粒機作業功能測試，試驗材料直接採自台南場試驗田，玉米籽粒含水率為 29.4%。試驗時，含苞葉直接脫粒機主軸之轉速為 968 rpm，兩人同時以手投入供料，試驗玉米穗總重量為 203 公斤，連續試驗時間為 4.7 分鐘，計算其作業能力每小時可達 2610 公斤以上，脫粒機之作業精度如表 3 所示。玉米含苞葉脫粒機不同安裝角度與作業性能之關係如表 4，試驗結果顯示，安裝後斜角度較大，可降低玉米籽粒從排苞葉出口的排出損失及減少玉米籽粒損傷，但雜物率稍呈增加趨勢。

表 2. 履帶式玉米聯合收穫機樣品機規格

Table 2. Specifications of corn combine

機 體	全長	6000 cm
	全寬	2100 cm
	全高	2800 cm
	重量	2700 kg
引 擎 部	型號	三菱 K4M
	汽缸/行程	4 / 4
	最大馬力	45PS/2700 rpm
	常用馬力	43PS/2400 rpm
	冷卻系統	風扇水冷式
	燃油種類/容量	高級柴油/50 公升
	起動方式	電動馬達
行 走 部	驅動方式	油壓齒輪並用
	履帶寬×接地長	450 mm×1500 mm
	履帶中心距	1100 mm
	變速段數	前進二段、後退二段
	前進速度	0.28m/s~2.0m/s
	後退速度	0.28m/s~2.0m/s
摘 穗 組	採收部尺寸	長 1930 mm×寬 1280 mm
	舉昇方式	油壓式，舉高 600 mm
	採穗滾軸	長度 1240 mm，表面有螺旋狀突肋
	玉米穗輸送型式	一體成型攔板式工程用輸送帶
脫 粒 與 回 收 部	脫粒筒型式	四方形齒軸流式脫粒筒
	脫粒筒長度	150 cm
	脫粒筒正常作業速度	800 rpm~1000 rpm
	承網型式	孔板筒狀承網
	回流口回米粒回收方式	斜流孔板篩選
	排苞葉出口米粒回收方式	無端鏈柵篩選
選 別 及 裝 袋	選別方式	鼓風吸引式可調吸力，兩段精選
	輸送、暫存方式	中央集送螺旋輸送機輸出，150l 暫貯箱
	裝袋方式	雙出口、編織袋包裝

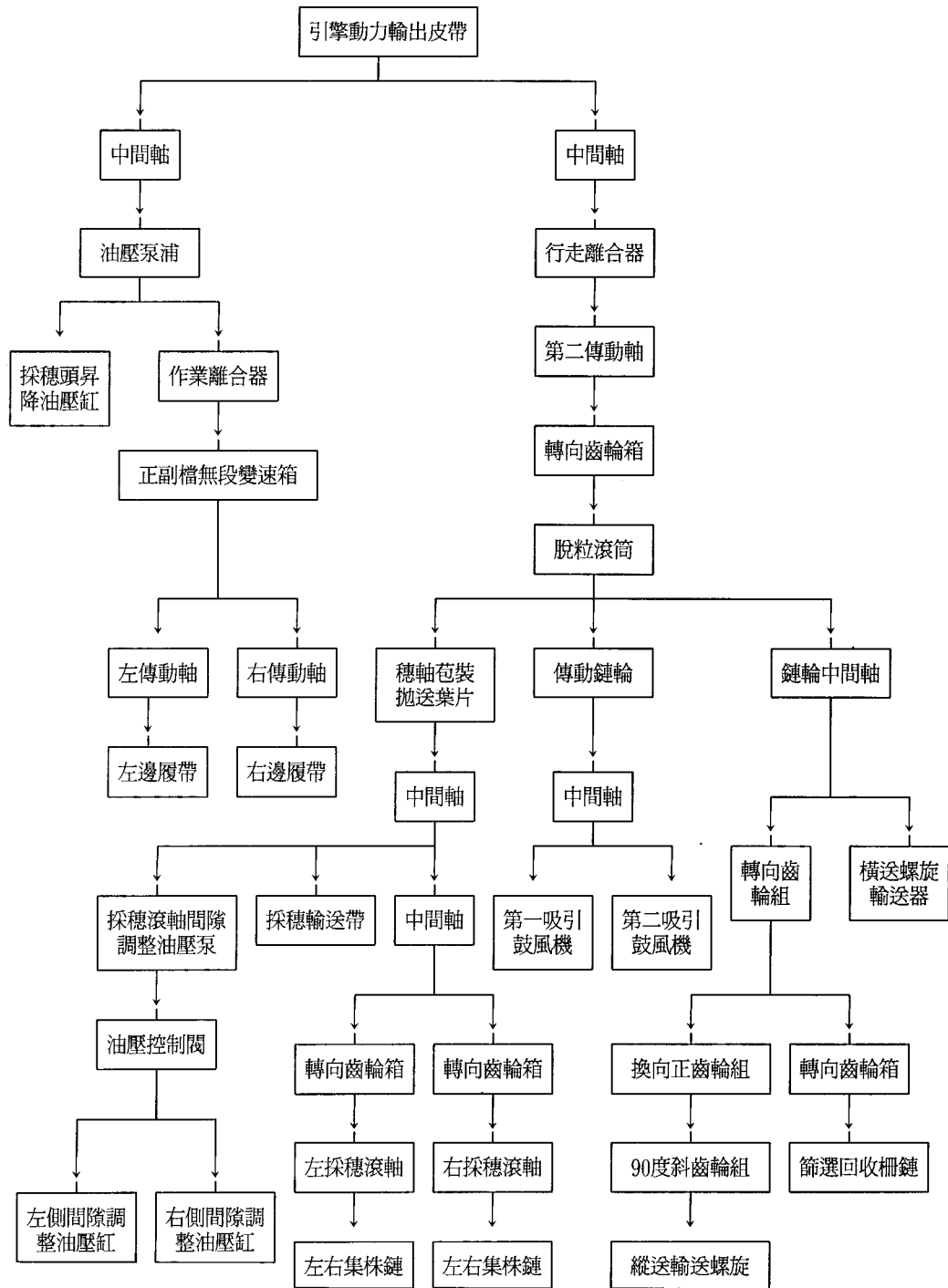


圖 10. 履帶式玉米聯合收穫機樣品機動力傳動系統。

Fig. 10. Diagram of power transmission of corn combine.

表 3. 玉米含苞葉直接脫粒機作業精度

Table 3. Operation of performance of corn thresher with husk

調查項目	重 量 (kg)	百分比 (%)
精選籽粒	151.50	98.16
排出損失	2.80	1.81
風選損失	0.05	0.03
完整籽粒	832.65	84.70
破損籽粒	102.98	10.48
夾雜物	47.34	4.82

試驗日期：80年1月22日。

表 4. 玉米含苞葉脫粒機不同角度與作業性能之關係

Table 4. Relation of operating performance and thresher installing angle

調查項目	後 斜 角 度		
	0°	5°	10°
完整粒率 (%)	94.50	95.08	95.68
損傷粒率 (%)	4.36	3.38	2.56
雜物率 (%)	1.15	1.54	1.76
排出損失率 (%)	3.92	3.01	1.76

測試日期：81年3月23日。

(二) 籬型機與實驗機田間作業試驗

籬型機與實驗機裝配完成後，曾配合玉米收穫期分別於本場、台南鹽水、佳里、學甲與嘉義六腳鄉等地區進行田間實際收穫試驗，調查其機構配置合理性及機械作業功能，作業性能試驗結果如表 5、作業精度試驗結果如表 6。綜合各次田間試驗結果於試驗期間易發生機械故障部位有右集株鏈條脫落、玉米穗集中輸送鏈條脫落及操向控制與變速換檔困難等；發生掉穗部位有採穗後穗由採穗組前方滑落、第二段穗輸送機銜接部掉落及脫粒滾筒入料反彈被輸送括板帶出等。田間掉粒發生部位有苞葉、穗軸排出口、第一、二碎屑吸引風鼓及人工換袋過程。其他有高速作業馬力不足、機體寬度過大造成未採穗行玉米植株倒伏或折斷等。

(三) 樣品機田間作業試驗

樣品機於 83 年度製造完成，田間收穫性能與耐久性測試配合玉米收穫期，分別於本場、台南縣麻豆鎮、新營市、嘉義縣六腳鄉及台東縣鹿野等地區進行。其作業性能試驗結果如表 7、作業精度試驗結果如表 8。試驗期間並於分別假台東鹿野鄉、嘉義六腳鄉及台南縣麻豆鎮等地區擴大辦理六場區域性田間作業示範觀摩會，將本機作業性能推介紹給農友，其作業功能普獲各界肯定（如圖 11）。

表 5. 玉米聯合收穫機雛型機與實驗機之作業性能

Table 5. Operating efficiency of corn combine (Experimental model I & model II)

調查項目	機 型							
	雛型機 [#]				實驗機 [@]		雛型機改良型 ^{##}	
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.1	No.2	No.1	No.2
試區面積 (m ²)	132.6	132.6	132.6	132.6	954	954	675	4169
直線作業速度 (m/s)	0.31	0.35	0.43	0.38	0.66	0.69	0.67	0.68
總作業時間* (min)	3.85	4.01	2.35	2.50	21.00	20.00	10.47	75.00
作業能量 (ha/hr)	0.21	0.20	0.34	0.32	0.27	0.29	0.39	0.33

[#]：引擎馬力 28 PS。

^{##}：引擎馬力除原 28PS 外，另有一 25PS 引擎作脫粒作業。

[@]：採用 MC 5000G (43 PS) 履帶底盤。

*：含掉頭轉彎時間。

表 6. 玉米聯合收穫機雛型機與實驗機之作業精度

Table 6. Operating performance of corn combine (Experimental model I & model II)

調查項目	機 型							
	雛 型 機				實 驗 機		雛 型 機 改 良 型	
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.1	No.2	No.1	No.2
玉米含水率 (% , wb)	28.10	27.80	27.20	27.30	27.00	27.50	39.30	24.20
掉穗損失率 (%)	4.92	1.38	1.60	1.84	2.88	2.72	3.80	3.61
未採摘穗損失 (%)	0.61	1.22	1.02	0.49	1.10	1.20	3.20	2.12
田面掉粒率 (%)	2.34	2.01	1.29	1.83	2.37	2.42	4.84	4.10
玉米粒總損失 (%)	7.87	4.61	3.91	4.16	6.35	6.34	11.84	9.83
損傷率 (%)	4.3	4.9	8.50	10.91	4.91	4.98	16.70	5.05
夾雜物率 (%)	2.8	2.2	1.10	1.67	5.28	5.16	10.88	1.77
完整粒率 (%)	92.9	92.9	93.6	93.9	89.81	89.86	72.42	93.18

表 7. 玉米聯合收穫機樣品機之作業性能

Table 7. Operating efficiency of corn combine

調查項目	機 型					
	樣 品 機			樣 品 機 改 良 型		
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.1	No.2
試區面積 (m ²)	2033	495	505	870.4	2223	1123
直線作業速度 (m/s)	0.67	0.53	0.68	0.69	0.72	0.71
總作業時間 (min)	*45.60	*9.77	*9.18	13.58	34.65	19.83
工作能量 (ha/hr)	0.27	0.30	0.27	0.38	0.38	0.34

* 含掉頭轉彎、機械故障調整時間。

表 8. 玉米聯合收穫機樣品機之作業精度

Table 8. Operating performance of corn combine

調查項目	機 型					
	樣 品 機				樣品機改良型 ^f	
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.1	No.2
玉米含水率 (% · wb)	17.2	35.2	26.2	24.7	21.5	23.2
掉穗損失率 (%)	1.2	1.0	1.5	2.82	2.25	4.00
未採摘穗損失 (%)	•11.9	1.0	1.2	—	—	—
田面掉粒率 (%)	4.4	3.7	4.1	9.77	4.54	1.93
玉米粒總損失 (%)	17.5	5.7	6.8	12.59	6.79	5.93
損傷率 (%)	3.5	2.9	4.79	8.50	10.91	9.20
夾雜物率 (%)	3.0	3.0	5.6	1.10	1.67	1.70
完整粒率 (%)	93.5	94.1	89.61	90.48	87.42	89.10

• 因倒伏達 25% 影響摘穗效果。

^f 排苞葉出口加裝玉米籽粒篩選回收機構。



圖 11. 玉米聯合收穫機田間作業情形及收穫之玉米籽粒。

Fig. 11. Field-operating of corn combine and kernel after corn harvested.

三、機械作業性能與經濟效益分析：

(一) 玉米聯合收穫機作業性能與作業特性要求

1. 本機採用履帶行走底盤，操作靈活，越野性優異，對土壤的壓實性小，適合於本省小田區或雨後玉米搶收。
2. 收穫作業一次可採收二行，摘穗、脫粒及裝袋作業同時進行，一次完成。
3. 玉米損傷率：本機適用玉米含水率在 36%~28% 之範圍，適收期含水率玉米籽粒損傷率皆可低於 4% 以下，含水率過低或過高皆將使破損率劇增，根據試驗結果約 28%~10% (如圖 12)。

4. 雜物率與完整率：採用本機作業收穫之玉米粒中雜物率平均約 2.5%。玉米完整粒率可達 90%（如圖 13）。
5. 機械作業總損失：本機作業包括未摘穗、採收後掉穗及玉米籽粒掉落等合計總損失約 6%。
6. 機械作業能力：每小時田間作業能量可達 0.38 公頃，田間作業效率可達 70%，視田間條件而異，若栽培頭地以橫式作畦栽培，更適合本機收穫作業，其適收栽培行距為 70 cm~90 cm，株距不限。

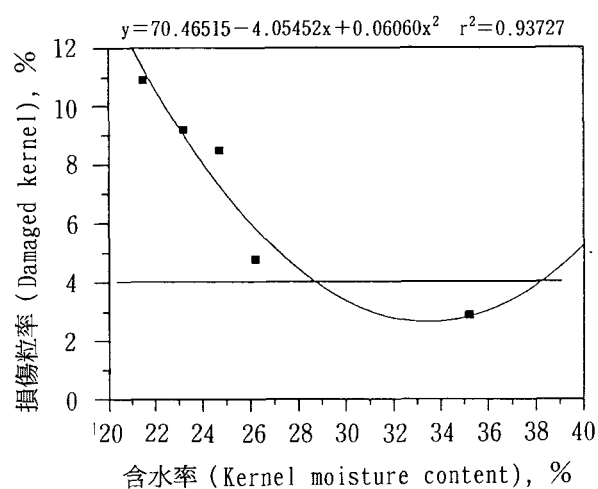


圖 12. 不同玉米含水率與收穫玉米損傷粒率之關係。

Fig. 12. Relation of damaged and kernel moisture content.

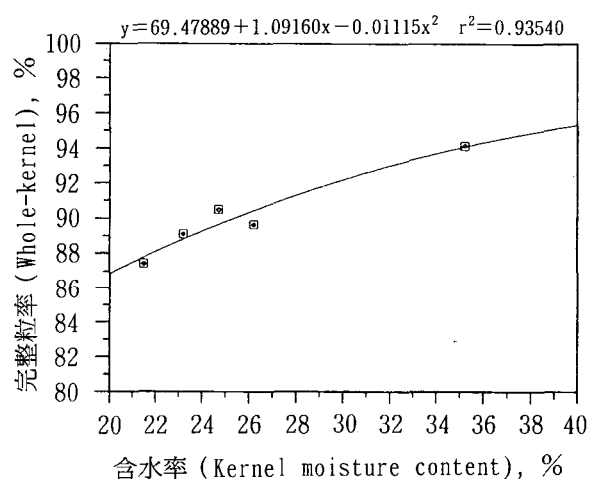


圖 13. 不同玉米含水率與收穫玉米完整粒率之關係。

Fig. 13. Relation of whole kernel and kernel moisture content.

(二) 機械作業成本評估：

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面積、貸款年利率、農機購入價格、耗油量常數、機械折舊殘存比、操作人員工資、機械總修理係數、操作人員數、田間作業能力、總作業時數與農機馬力等。機械作業成本採用估算式如下：

$$Ca = \frac{P(1-\alpha + Cr)}{Fc \times TH} + \frac{i}{2}(1+\alpha) \frac{P}{A} + (1.3 \times K \times HP + Lc \times PPM) \frac{1}{FC}$$

Ca	：每公頃作業成本	
A	：年作業面積	50 公頃
i	：年利率	4.5%
P	：農機價格	750,000 元*
K	：耗油量常數	1.862 元/小時·馬力
α	：折舊殘存比	通常為農機價格的 10%
Lc	：工 資	187.5 元/小時 (1500 元/天×天/8 小時)
Cr	：總修理係數	農機價格的 50%
PPM	：操作人員	2 人
Fc	：田間作業能力	0.33 公頃/小時
TH	：總作業時數	1200 小時 (3.0 小時/公頃×50 公頃/年×8 年)
HP	：農機馬力	43 馬力

* 假定農機廠商定價

將上述資料代入上式可得每公頃作業成本為：

$$Ca = 2,652 + 371 + 1,452 = 4,475 \text{ (元/公頃)}$$

(三) 機械作業與人工作業之比較

根據上述田間作業試驗結果，使用本機進行收穫作業每公頃約需 3 小時，以兩人共同作業則每公頃共需 6 工時，據以計算機械作業成本每公頃需 4,475 元。而根據調查，玉米人工收穫作業每公頃需 160~200 工時（含脫粒作業時間），若以每天工資 600 元計算，則每公頃所需的收穫作業費用約在 12,000~15,000 元。因此機械收穫作業與人工收穫作業方式比較，在作業工時方面，每公頃可節省 154 工時，即可節省 96% 以上工時；而就收穫作業成本而言，使用本機可較人工作業每公頃節省 7,500~10,000 元。

結 論

1. 本機採用履帶行走底盤，操作靈活，越野性優異，對土壤的壓實性小，適合於本省小田區或雨後玉米搶收。且收穫作業一次可採收二行，摘穗、脫粒及裝袋作業同時進行，一次完成。
2. 根據試驗結果分析，本機適用玉米含水率在 36%~28% 之範圍，適收期含水率玉米籽粒損傷率皆可低於 4% 以下，含水率過低或過高皆將使破損率劇增。收穫之玉米粒中雜物率平均約 2.5%。玉米完整粒率可達 90%。因機械作業所致的損失包括未摘穗、採收後掉穗及玉米籽粒掉落等合計總損失可控制在 6% 以下。
3. 機械田間作業能量每小時可達 0.3 公頃以上，田間作業效率視田間條件而異，可達 70%。若栽培頭地以橫式作畦栽培，更適合本機收穫作業，其適收栽培行距為 70 cm~90 cm，株距不限。
4. 機械收穫作業與人工收穫作業方式比較，在作業工時方面，每公頃可節省 154 工時，即可節省 96% 以上工時；而就收穫作業成本而言，使用本機可較人工作業每公頃節省 7,500~10,000 元。
5. 本機歷經台南縣麻豆鎮、新營市、嘉義縣六腳鄉及台東縣鹿野等地區進行田間收穫性能試驗與耐久性測試，以及擴大辦理田間作業示範觀摩會之結果顯示，其作業功能普獲各界肯定。其作業精度及收穫品質與大型收穫機比較有過之而無不及。頗適合國內玉米收穫環境，可補充大型雜糧綜合收穫機之不足，具有開發推廣之價值。

引用文獻

1. 李武一·1991·軸流式玉米含苞葉脫粒機研究。八十年度農業機械論文發表會論文摘要集 P：93~94。
2. 李武一·1990·軸流式帶苞葉玉米穗脫粒機研究開發經過。台灣農業機械。第五卷第三期 P：11~12。
3. 呂俊堅、陳萬福、盧子淵、梁連勝·1990·玉米收穫機田間試驗改良。七十七年農機研究發展與示範推廣報告：44~46。
4. 奚永明、吳中興·1987·軸流式玉米脫粒機脫粒損傷之基礎研究。農業工程學報 Vol. 33(4)：54~61。
5. 梁連勝、呂俊堅、陳萬福、施清田·1984·玉米收穫機之研究(1)。台南區農業改良場研究彙報 (18)：63~68。
6. 陳加忠·1984·玉米收穫機之開發研究。農工學報 Vol. 30(2)：136~151。
7. 馮丁樹、謝建家、李武一、劉醇權·1991·含苞葉玉米穗用脫粒機械之研究改良及商品化。七十九年農機研究發展與示範推廣報告：81~93。
8. 馮丁樹·1991·含苞葉脫粒機多用途作業之研究。八十年度農業機械論文發表會摘要集 P：95~96。
9. 鄭榮瑞、施清田、陳萬福、盧子淵、馮丁樹、朱元南·1993·玉米聯合收穫機性能改良及田間試驗。八十二年農機研究發展與示範推廣報告：180~184。

10. 鄭榮瑞、施清田、陳萬福、盧子淵、馮丁樹、朱元南・1993・玉米聯合收穫機之試驗研究。八十一年農機研究發展與示範推廣報告：12~22。
11. 鄭榮瑞、施清田、陳萬福、盧子淵、馮丁樹、朱元南・1992・履帶式玉米採收脫粒一貫作業機試驗研究。八十年農機研究發展與示範推廣報告：102~111。
12. 鄭榮瑞、盧子淵、陳萬福、施清田、梁連勝、周延弘・1990・履帶式玉米收穫改良及試造樣品機。七十七年農機研究發展與示範推廣報告：47~50。
13. 鄭榮瑞、呂俊堅、陳萬福、施清田、盧子淵・1987・玉米收穫機之研究(2)。台南場研究彙報(21)：57~61。
14. 盧子淵、鄭榮瑞、施清田、陳萬福、林永順、李武一・1992・履帶式玉米收穫機之示範。八十年農機研究發展與示範推廣報告：87~90。
15. 盧子淵、鄭榮瑞、施清田、陳萬福、林永順・1991・履帶式玉米收穫機之改良及示範。七十九年農機研究發展與示範推廣報告：94~99。
16. 盧子淵、鄭榮瑞、施清田、陳萬福・1990・履帶式玉米聯合收穫機性能改良及試驗。七十八年農機研究發展與示範推廣報告：84~87。
17. 盧子淵、鄭榮瑞、陳萬福、施清田・1990・履帶式玉米收穫機示範。七十七年農機研究發展與示範推廣報告：51~53。
18. 盧子淵、陳萬福、呂俊堅、施清田、鄭榮瑞・1987・南改型履帶式玉米收穫機之研製。台灣農業 Vol. 23(6)：43~37。
19. 謝建家、李武一、馮丁樹、龍國維、鄭榮瑞、林永順・1992・軸流式含苞葉玉米脫粒機研究改良。八十年農機研究發展與示範推廣報告：102~111。
20. 台灣省政府農林廳・1994・八十一年版農業年報。
21. Kepner R. A., Roy Bainer and E. L. Barger. 1978. Principles of Farm Machinery. third edition p. 432~445。
22. William H. Johnson and Benson J. Lamp. 1966. Principle, Equipment and Systems for Corn Harvesting. Library of Congress Catalog Card Number : 66~13380。

Studies on Track-type Corn Combine¹

Cheng, J. J., C. T. Shin, W. F. Chen, T. I. Lu²,
D. S. Fon, Y. N. Chu³, and D. C. Tseng⁴

Summary

To promote the mechanization of corn harvesting, Solve the labor shortage, and decrease the corn production costs are purposes of this study. Based on the cultivation of corn and the harvesting condition of corn in Taiwan, a track-type corn combine was developed at Tainan DAIS in 1994. The corn combine performs the following operations, in sequence: snapping, shelling, conveying, clearing and bagging. The principal operation components include snapping unit, shelling unit, conveying and separating unit, recollecting and bagging unit, track type operating unit. The machine with hydrostatic transmission used 43 HP diesel enging. The travel speed varied form 1 km per hour to 7.2 kms per hour. The advantage of track type are easy controlling, excellent field movement and small soil compressibility. Those are suited for group field and harvesting after rainy day. The performance of this machine includes two rows in one harvesting processing, limitless hill space within row. Results of the testings indicated that the optimim harvesting corn kernel moisture between 28% and 36%, snapping, shelling and bagging finish simulaneously, low kernel crackage, high cleaning of kernel, high percentage of whole kernel. The total field loss is 6% by the machine. The working capacity was 0.3 hectare per hour. The harvesting costs is 4,500 NT dollars per hectare. In comparison with farm workers, this machine can save 96% working hours and harvesting costs 7,500~10,000 NT dollars per hectare.

Key words : track-type, corn, combine.

Accepted for publication : September 18, 1995.

-
1. Contribution No. 226 from Tainan District Agricultural Improvement Station.
 2. Associate researcher, assistant, assistant researcher and assistant, respectively, Tainan DAIS, 350, Section 1, Linsen Road, Tainan 70125, Taiwan, R.O.C.
 3. Professor, and assocate professor, respectively, Dept. of Agricultural Machinery Engineering, National Taiwan University, 136 Chou-shan Road Taipei, Taiwan, R.O.C.
 4. Assistant, Taitung DAIS, 675, Section 1, Chunghua Road, Taitung, Taiwan, R.O.C.