

中耕機附掛式再生稻割樁機之研製¹

賴吉雄 陳志昇 楊清祥 劉大江²

摘要：再生稻栽培需於再生芽長至20cm時自土表3~5cm處行割樁處理，以提高再生稻之產量與米質；唯目前尚無高效率割樁機械可資應用，亟待研製開發，以因應再生稻栽培而積快速增加之迫切需要。本研究將中耕管理機之耕耘部份卸除，附掛往復式割樁裝置，並完成其動力傳動裝置，以做為水稻再生栽培時再生芽及前期作稻樁割除之作業機械。其割樁裝置係利用以捆紮刈取機所改裝離型機之機構原理研製而成，主要機構為機架及割刀，其割刀之割斷速度比為1.2~1.7，處理後之漏割比率為1.1%；行走部則將中耕機之輪距加寬，並於左右各增一車輪；動力傳動裝置係由皮帶輪、皮帶、曲柄傳動軸、拉桿及割刀傳動臂等組成，其曲柄作業迴轉數為550~600rpm。田間試驗結果本機割樁作業能量為3.45hr/ha，較現行以背負式割草機作業約快5.0倍，且操作簡便省力。本機對中耕機原有功能均予保留，得隨時裝回其耕耘部以恢復其原有作業功能，使能一機數用，甚具經濟性。

關鍵詞：水稻、再生、產量、米質、成本分析、機械作業、生育期

在第一期作水稻收穫後至第二期水稻播種、整地及插秧期間，為水稻慣行栽培制度下之高峰農忙期，近年來由於農村勞力外流及務農人口老化，在此一尖峰農忙期之農村勞力極為缺乏；再生稻因能免除播種、整地及插秧等繁重工作，栽培面積因而大幅增加，依據臺灣省政府農林廳未發表之調查資料，民國78年水稻再生栽培面積已達15,321ha，並有繼續增多之趨勢。栽培再生稻時必須於再生芽伸長20cm時，自土表3~5cm處連同前期稻樁予以割除，以延長營養生長時間，促使稻株個體間之生育整齊，除能提高產量外，並因抽穗時間較為整齊，對稻米品質亦有助益⁽²⁾。

現行再生稻割樁方法係以背負式割草機為之，由於效率不高，且操作辛苦，僱工割樁極為不易，生產成本亦大幅提高，部份農民因此不採割樁處理，致使產量與品質偏低，亟待加以改進。臺灣省政府農林廳第三十五屆農業試驗評議會並做成「對於再生稻之栽培，希望開發出一套機械割樁技術，以節省生產成本並避免米質下降」之決議。本所於民國76年曾研發附掛於曳引機之錘刀式割草機，應用於再生稻割樁處理⁽⁴⁾，在正常天候下之作業效果尚佳，但因機型龐大，於多雨而田面積水且表土鬆軟之情況下，效果則不盡理想，因此繼續研發一適合全天候之快速再生稻割樁機具，於民國78年底開始，首先以捆紮刈取機 (binder) 改裝為離型機，進行設計研製試驗，再依離型機之割除機構原理研製往復式割樁裝置，將其附掛於中耕機上，並完成傳動機構之設計，第一部中耕機附掛式再生稻割樁機研發於焉完成。經於本所農場及全省各地進行田間試驗，性能優異，具有極高之實用性，對於水稻栽培技術之演進及降低稻農之勞力與成本負擔，或將有所助益。

1. 臺灣省農業試驗所研究報告第 1563 號，本研究承行政院農業委員會補助 (80—農建—7.1糧—20—19) 及本所農業工程系梁主任連勝先生與臺南區農業改良場嘉義分場主任莊商路先生諸多協助，謹致謝意。
2. 本所農場管理室副研究員兼主任、助理、助理與農藝系研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

研究目的

本研究之目的在研製一部適合全天候及各種田區環境、操作容易且經濟實用之再生稻割樁機器，以解決面積正在擴展中之再生稻割樁作業技術問題。由於再生稻割樁適期正值盛夏季節，天氣不穩，土壤表面水分狀況極不易控制，同時為維持再生能力，割樁作業過程中應將對水稻母樁及再生芽之傷損減至最低程度。基於上述需求，本研究針對目前水稻再生栽培技術要求，設計符合割除再生芽及母樁作業之快速裝置，並期使整部機具能順利適用於各種天候及土表條件，且不傷損割除後留存稻樁。又鑑於一年兩作之水稻栽培作業流程中，僅需割樁一次，故在設計整部作業機具時，力求動力主體及行走機構具有多用途性，以提高其經濟價值，故本研究將割除裝置以附屬作業機具型態設計，而以輕便容易操作且具多種作業功能之中耕管理機為動力源，進一步發展動力傳動機構，同時探討整體結構，使之成為水稻機械化作業體系之一新機具。

研究方法

一、割除裝置試驗設計

1. 切割原理試驗：將捆紮刈取機 (binder) 之前處理部、輸送部及捆紮部拆除，保留行駛部與原動機，於割取部改裝機架及換裝聯合收穫機之割刀，以增加割寬，並降低切割高度，製成雜型機，試驗其割樁能力及效果，求取適當之曲柄軸轉數、切割速度比及切割角度等，並探討其機構原理。
2. 割除裝置設計：依據上述雜型機切割原理及試驗結果，並參考機構原理及中耕管理機（以下簡稱中耕機）之性能，設計一屬於附屬作業機具之割除裝置，包括機架、刀座、割刀、各種保護裝置及週邊設施。

二、動力傳動機構設計

設計中耕機耕耘傳動軸至割刀間之傳動裝置。

三、中耕機行走部調整設計

配合水稻行距及於水田作業穩定要求，設計調整輪距及增加車輪。

四、機構設計與整合

包括附掛方式設計、支架前端弧度調整、各種保護裝置設計及平衡調整等。

五、田間試驗

1. 雜型機試驗：除空車操作試驗外，並在本所農場進行田間試驗，邀請各區農業改良場稻作專家共同評定其作業功能。
2. 本機試驗：除在本所農場多處田區試驗外，並配合各區農業改良場或農會所舉辦之觀摩會，分別在高雄旗山、臺南六甲、後壁、嘉義鹿草、南投草屯、宜蘭冬山及臺中龍井、梧棲等地進行田間試驗。

結果與檢討

本機之規劃如圖 1，其規格為全長168cm，全寬149cm，全重120kg。全機包括中耕機原有之動力部份、經研究改裝之行走部份、新設計之割樁裝置、傳動系統、操作控制系統以及其他相關配備。除動力系統未予更動外，其他部份均經分析，妥為設計，成為一輕便有效之再生稻割樁機具，並能迅速拆裝以恢復其中耕機原有中耕管理作業功能，甚具經濟性。

一、中耕機之規畫改裝

以中耕機之行走及引擎為本機主體機構，將其輪軸接管由12cm延長為29cm，將左右車輪由一輪增

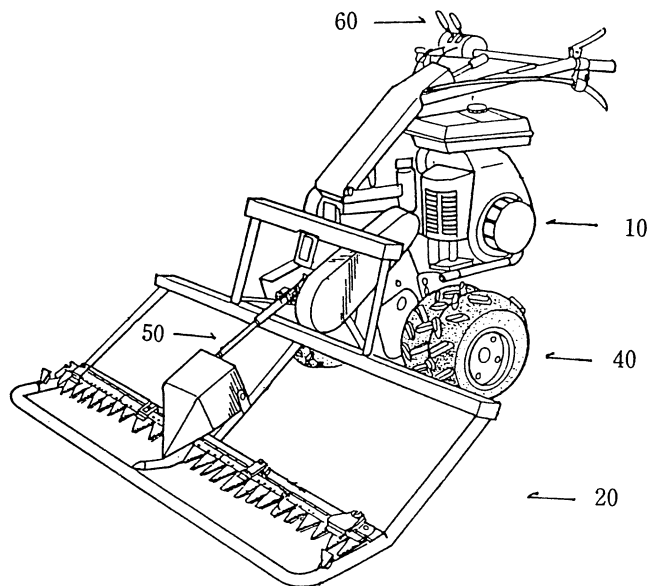


圖 1. 中耕機附掛式再生稻割樁機立體外觀圖，10：動力部份，20：割樁裝置，40：行走部，50：傳動系統，60：操作控制系統。

Fig 1. The paddy stalk-cutting device attached to a cultivator for ricercation culture. 10 and 50 : engine and power transmission system, 20 : stalk-cutting device, 40 : walking-wheel part, 60 : operating-control system.

為二輪，使其輪距增為60cm，輪寬增為20cm。此一設計使機輪跨越二行稻株，避免稻株受到碾壓，並因增大跨距而提高機體平衡穩定，同時因車輪著地面積增加一倍，大幅增加車輪驅動功能，降低打滑空轉機會，而使本機能在各種田區環境下全天候作業。

二、割樁裝置之設計與研製

割樁裝置之研製係依據離型機之割除機構作業原理規畫而得，其主要機構組成如下：

1. 機架規劃：機架寬149cm，縱長87cm，以2吋方鐵為主樑，前以三支1吋直徑圓鐵為刀座支架，上方設曲柄軸座，後設機架固定盤。其中圓鐵支架前端呈圓弧形上揚，以尖形收端，其底部供作業時之滑行用，前端則用以排除前期作殘存稻草雜物，此一設計使本機作業時割樁高度確於3至5cm 範圍內穩定浮動，進行作業。另於中間圓鐵支架下後方設一行走輔助輪插座（圖 2 及圖 3）。
2. 割刀設計：本機割刀採用聯合收穫機之割刀，長145cm，有效割寬135cm，由承刀（ledger plate）29片及切刀（knife section）28片組成，每片刀鋒均呈鋸齒形，片寬5cm，承刀固定於刀架（cutter bar），切刀則固定於切刀固定桿（knife bar）。切刀固定桿由曲柄傳動臂啟動後做往復運動，其切斷速度比（P/L值）為1.2~1.7（周，1981），此一比值在再生芽長至20cm左右適時作業時，割切情況極佳。又割刀之角度（tilting）影響亦大，經試驗結果，將本機割刀角度設計為向前下傾15度（圖 2 及圖 3）。
3. 行走輔助輪設計：為使本機空車行走方便，將中耕機尾輪做為行走輔助輪，於行走時插入機架下方插座，進入田間作業時可快速取下；此一設計有助於本機之移動搬運。
4. 割刀安全護架：本機前端刀片鋒利，支架尖銳，應考慮行走或搬運時之人員安全性，故以空心圓鐵做成安全護套，套於支架前端，下田作業時可迅速取下。此一設計不但可保護人員安全，亦可避免刀片於搬運過程中受損。

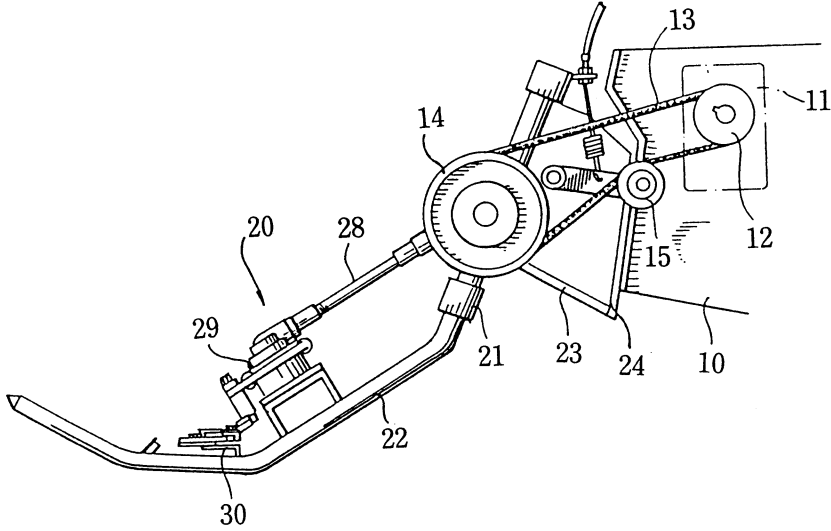


圖 2. 割椿裝置及傳動機構平面組合側視圖, 11: 變速箱, 12: 皮帶輪, 13: 皮帶, 14: 皮帶輪, 15: 惰輪, 20: 割椿裝置, 21: 主樑, 22: 刀座支架, 23: 曲柄軸座, 24: 固定盤 (連接板), 28: 連桿, 29: 搖動臂, 30: 承刀。

Fig 2. Side view of the paddy stalk-cutting mechanism. 11: gear box, 12: sheave, 13: V-belt, 14: sheave, 15: idler, 20: stalk-cutting device, 21: mainbar, 22: cutter frame, 23: crank shaft bearing, 24: fixed plate, 28: connecting rod, 29: wobble arm, 30: ledger plate.

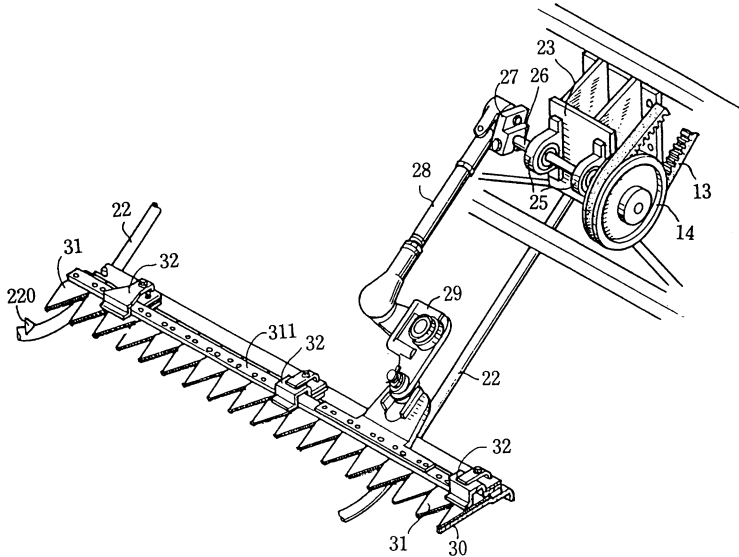


圖 3. 割椿裝置組合頂視圖。13: 皮帶, 14: 皮帶輪, 22: 刀座支架, 220: 三角片, 23: 曲柄軸座, 25: 曲柄軸承, 26: 曲柄軸, 27: 曲柄, 28: 連桿, 29: 搖動臂, 30: 承刀, 31: 切刀, 311: 主樑, 32: 穩定片 (切刀導板)。

Fig 3. Top view of the paddy stalk-cutting mechanism. 13: belt, 14: sheave, 22: cutter frame, 23: crank shaft bearing support, 25: crank shaft bearing, 26: crank shaft, 27: crank, 28: connecting rod, 29: wobble arm, 30: ledger plate, 31: knife section, 311: main bar, 32: knife guide.

三、傳動機構

為傳遞中耕機之動力，藉以啓動割刀作業，將中耕機變速箱傳動皮帶輪之直徑由8吋改為5吋，以提高主機作業速度。又於割樁裝置機架上裝設曲柄傳動軸，此軸一端設有5吋皮帶輪，以皮帶連接前述中耕機變速箱動力傳動軸另一端之3吋皮帶輪，另一端透過曲柄作用再以連桿啓動割刀上之傳動臂，曲柄迴轉數為550—600rpm。上述兩個皮帶輪中間設一惰輪做為離合裝置（圖2及圖4）。

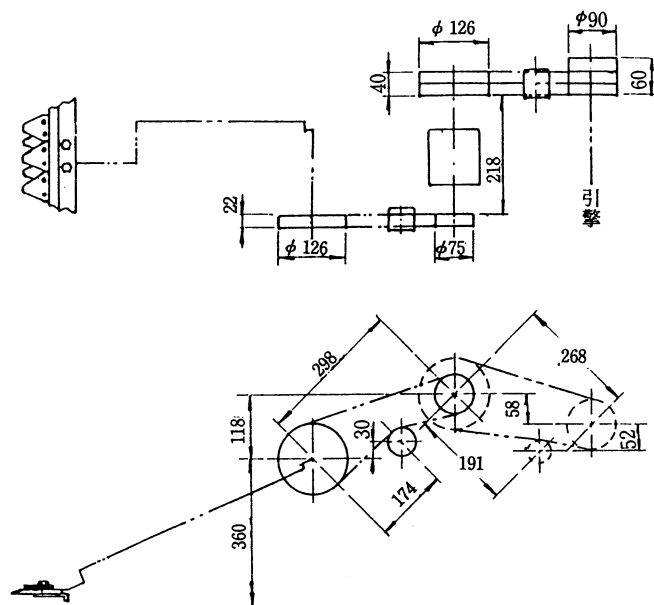


圖 4. 中耕機附掛式再生稻割樁機傳動機構示意圖。

Fig 4. Schematic diagram of the power transmission of the paddy stalk-cutting device attached to a cultivator.

四、操作控制系統

本機於行走、轉向、進退及速度控制等方面，均未改變原中耕機之設計，僅加裝割樁裝置之離合器，固定於新設惰輪上，以控制割刀作業，其操作控制極為容易。

五、全機組合及平衡設計

本機割樁裝置以四個螺絲固定於中耕機附屬機具固定座，全機重量120kg，包括中耕機60kg與割樁機60kg。機體重量前傾26kg，作業時由割刀支架支撐，空車行走時由行走輔助輪承載。由於中耕機輪距經調整後寬達60cm（左右輪外距達80cm），而割樁裝置之左右支襯點均在最外緣，故全機於田間作業時之平衡極為良好。

六、保留中耕機原有功能

本機以中耕機為動力源，在整體設計上即以維持其原有功能為考量，故研製結果並未改變其原有結構。當供割樁機使用時，僅需換裝車輪接管與加裝車輪，卸下耕耘部，裝上割樁裝置，換裝傳動皮帶輪及皮帶即可，操作簡便；而欲恢復其中耕作業時，只需逆向裝卸即可。一般使用者可於半小時內完成換裝工作，對於中耕機原有功能絲毫不損，此設計在農機使用上極具經濟性，且可提高農民購用意願。

七、田間操作試驗

1. 在本所內之田間試驗：本機研製成型經試車調整後，先後在本所農場第36、40及87號田區進行試驗，並於第87號田區記錄測試結果，其有效割寬為135cm，作業速度0.77m/sec，理論工作

量為0.37ha/hr (合2.67hr/ha)，實際工作能量為0.36ha/hr (合2.78hr/ha)，有效工作效率為96.2% (表1)，就其處理每公頃稻樁需2.78小時之工作能力而言，與傳統背負式割草機之17.2小時及錘刀式割草機之1.4小時 (賴等，1988) 相比較，較前者快6.2倍，但較後者慢2.0倍。

表1. 中耕機附掛式再生稻割樁機田間試驗結果

Table 1. Field experiments of the paddy stalk-cutting device attached to a cultivator for rice ratoon culture

項 目	本所農場	南投草屯	臺南六甲	高雄旗山	加權平均
試驗割藥面積 (m ²)	5,400	3,000	1,860	6,530	4,198
試驗割藥所需時間 (min)	90	83	39	132	87
行車速度 (m/sec)	0.77	0.55	0.72	0.73	0.69
公頃割藥時間 (min)	167	277	210	201	207
實際工作量 (m ² /hr)	3,600	2,169	2,862	2,980	2,903
理論有效工作量 (m ² /hr)	3,742	2,673	3,499	3,548	3,366
有效工作效率 (%)	96.2	81.2	81.8	84.0	85.8
漏割百分比 (%)	2.3	0.5	0.7	0.8	1.1

2. 地區試驗：承各區農業改良場之協助，自79年6月22日起至8月2日止先後在高雄旗山、臺南六甲與後壁、嘉義鹿草、南投草屯、宜蘭冬山及臺中龍井與梧棲等地進行田間操作試驗，結果除冬山與龍井兩地因再生芽齡超過20天，剪除草量大增，測試結果較差外，一般作業均與在本所內試驗結果相近 (表1)，情況良好。綜合本所與草屯、六甲及旗山之試驗結果，平均理論有效工作量為0.34ha/hr，實際工作量則為0.29ha/hr (合3.45ha/hr)，有效工作效率亦達85.8%，漏割率則僅為1.1% (表1)。在全省各地區試用時，均甚受農民歡迎，其中草屯係在大雨情況下進行，六甲試區表土積水2cm，梧棲試區積水5cm，亦能順利進行；亦即錘刀式割草機處理稻樁所遭遇之問題，本機均能克服，充分展現其全天候之作業能力。至於再生芽如已超齡至超過割樁適期，在農藝生產上已無處理價值⁽³⁾，故在適時進行割樁處理方面，將來有待加強農民教育，以妥為配合。

八、結 論：

本機機構簡單，操作容易，既能從事再生稻割樁作業，復能保有中耕機原有功能，割樁作業效率較背負式割草機顯著提高，操作又極輕便，且無錘刀式割草機受天候及土壤狀況嚴格限制之缺點，因此在各區試驗時，深受農民喜愛，競相要求儘早商品化推廣，顯示本設計之功能已受肯定。將來如能順利推廣，對於減輕稻農勞力負荷、降低生產成本及提升再生稻米質等問題必將有所助益。

本機初創新製完成，復受農時季節短暫限制，一時無法進行更長時間與更大面積之操作試驗，且因屬新機型及新作業型態，可供參考之資料極為有限，其間難免有未發現之缺點或考慮欠週之處，同時部份農民建議加長割寬以更提高作業效率等，均有待更進一步研討，繼續謀求改進。

再生稻雖屬一種省工之栽培方法，但其栽培技術要求極高，雖經農林廳編印技術手冊發給農民參考使用⁽¹⁾，然大多數農民因缺少經驗，對耕作技術並不熟悉，仍有待加強栽培技術管理之輔導，配合本機之使用，將可事半功倍；亦即採用本機只是一種作業方法之改善，而再生稻之栽培成功與否，則需以良好的栽培管理為前提。

參考文獻

1. 臺灣省政府農林廳。1984。水稻再生栽培技術。南投縣中興新村。
2. 候福分。1984。再生栽培法之研究及展望。科學農業32：27—33。
3. 蘇昌吉、劉瑋婷。1984。水稻再生栽培生產力之探討與其經濟效益之評估。花蓮區農業改良場彙報1：17—30。
4. 賴吉雄、楊清祥、陳志昇、劉大江。1988。利用錘刀式割草機改進大面積水稻再生栽培技術研究。中華農業研究37：127—133。
5. 周宗武。1981。農業機械學。第236—240頁。科技圖書公司，臺北市。

The Development of the Paddy Stalk-Cutting Device Attached to a Cultivator for Rice Ratoon Culture¹

C. H. Lai, C. S. Chen, C. H. Yang and D. J. Liu²

Summary

Cutting the ratoon tillers at 3–5 cm from the soil surface when ratoon tillers are about 20 cm in height is a necessary operation in ratoon rice culture to ensure prolonged vegetative growth and enhanced grain yield and quality. As an efficient paddy stalk-cutting machine is not available at the present time, the development of such a device is of critical importance to cope with the fast-increasing of ratoon rice acreage. A new design was developed by this Institute through remodeling the widely-used small cultivator. The design includes the remove of the cultivation part, the install of a cutting device, and the development of the power transmission system. The stalk-cutting device is based on the principle of a binder and is composed of main frame and ledger plates. The speed ratio of machine movement to cutting (P/L) is 1.2–1.7. The distance between wheels of the walking-wheel part is increased and an additional wheel is installed on both side of the device. The power transmission part is composed of sheaves, V-belts, crank shaft, and the wobble arm of ledger plates, with a speed of 550–600 rpm. Results of field experiments indicate that the working capacity of the machine is 3.66 hr/ha which is 4.7 times more efficient than that of the conventional shoulder-carried mower operation. The attachment of paddy stalk-cutting device to the cultivator does not affect the original function and thus enable multi-function use of the cultivator. The high efficiency, economic value, as well as all-weather availability make the new device worth to be applied to the ratoon culture of rice in Taiwan.

Key words : Rice, Ratoon, Yield, Rice quality, Cost analysis, Machine operation, Growth duration.

1. Contribution No. 1563 from Taiwan Agricultural Research Institute. The financial support from the Council of Agriculture, Executive Yuan, ROC, and the valuable suggestion by Mr. L. S. Liang, Head of the Department of Agricultural Machinery, TARI, are acknowledged.

2. Respectively, agronomist and head, and research assistants, Office of Farm Management, and senior agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 41301, ROC.