

# 甘藍收穫機之觀念與功能設計

## A Conceptual and Functional Design of a Cabbage Harvester

國立臺灣大學農機系副教授

張 森 富

S. F. Chang

國立臺灣大學農工所機械組碩士

魏 炳 華

B. H. Wey

### 摘 要

本文之主要目的有二：

1. 分析國外已有之收集拔起及輸送機構，而後設計適合本地使用的機構。
2. 規劃整部機械各機構之位置，以期早日發展一部適用於本省的小型收穫機。

機構設計係根據一次收穫之觀念，以附掛農具方式，利用三點連接裝在曳引機之後，一次可採收兩行。主要機構包括：犁頭型收集拔起器、迴轉切刀、提昇輸送機、卸料裝置。收穫機具有自動導正的功能，行走速度約1.62 km/h，亦即每秒可採收1~2個甘藍，收穫1公頃約需8小時。

### Abstract

Main objectives of this study are:

1. To analyze existed pick-up, collecting and conveying mechanisms developed in foreign countries, then design one suitable for local use,
2. To lay-out all mechanisms for a small cabbage harvester that can be completed in the near future.

The cabbage harvester was conceptually and functionally designed on a once-over basis as an attachment and integrally mounted on the rear of a tractor through a 3-point hitch linkage. The main components of the harvester were: plow type collector, rotary cutter, lifting and conveying mechanism, and unloading unit. According to the design, the harvester could align automatically and be operated at a traveling speed of 1.62 km/h, i.e. able to collect one to two heads of cabbage per second. Therefore, the working capacity of the harvester was about 0.125 ha/h.

### 一、引 言

甘藍在本省種植的結球葉菜類中一直是栽培面積最大的。而目前甘藍從育苗、整地、作畦移植、病蟲害防治，收穫到運至市場，絕大部分是用人

工，其中收穫一項就佔30%以上的工時，可見收穫佔生產總成本相當高的比率。

蔬菜收穫機的開發一向為農業機械的瓶頸之一，而甘藍收穫機在國外已有開發的經驗可資借鏡，因此本文之主要目的即在：

- 1.分析國外已有且較佳之收穫機構，並設計適合本省使用的機構。
- 2.規劃各收穫機構之配合位置，期早日完成整台甘藍收穫機之設計。

## 二、文獻探討

甘藍收穫機的開發最早於 1908 年由美國學者 Ellinwood 所設計<sup>(9)</sup>，但並沒有成功。而後美蘇於 1960 年代分別開發幾部收穫機，日本也在 1970 年代開始發展。茲就美、日開發的順序探討之。

(一)美國部分

### 1.密西根州立大學式甘藍收穫機<sup>(12)</sup> (如圖 1)

密西根州立大學的 MSU 式甘藍收穫機係修改 Scott Viner 甜菜收穫機而發展成的。由 35 匹馬力的曳引機在前拖拉，以收加工用甘藍為主要目的。主要的構造由一對鋸齒橡膠 V 形輸送皮帶，及位在其下方之鋼指組成收集拔起機構，圓盤切刀，鬆葉分離機構及卸料輸送機等。

收穫機田間行走速度約 0.8~1.1 mph (1.3~1.7 km/h)，工作能量約每小時 0.5 英畝 (0.2 公頃)。

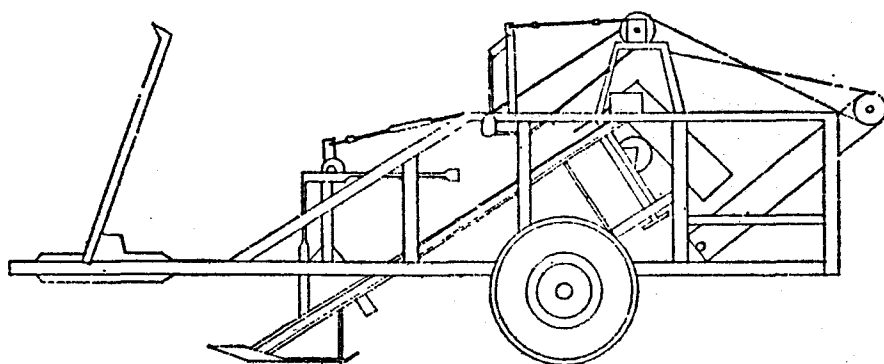


圖 1 MSU 式甘藍收穫機 (Stout et al., 1966)

### 2.北卡羅萊納州立大學式甘藍收穫機<sup>(13)</sup> (示意圖如圖 2)

北卡大之 NCSU 式甘藍收穫機，其曳引機為三輪式，主要構造由四大部分組成即切割機構，輸送及提昇系統，鬆葉分離裝置及尾車裝載輸送機。

切割機構包括由一對動力傳動的圓盤之收集拔起裝置，其後接著切刀，整組機構裝在距曳引機前輪約一半車身的地方，接著輸送提昇機構，此機構由後車軸底下兩車輪之間穿過，然後經鬆葉分離裝置再連接裝在曳引機正後方，由橡膠隔皮帶組成的尾車裝載輸送機構。本機在田間之行走速度約 1.5 mph (2.4 km/h)。

### 3.康乃爾大學式甘藍收穫機<sup>(9)</sup>

主要之設計觀念與 NCSU 式收穫機相似，構造有收集進料裝置，提昇及抓穩輸送機，切除根莖之刀鋸裝置。進料裝置由一對動力旋轉圓盤直徑 20~24 吋 (51~61 cm)，抓穩機構由橡膠泡綿組成和提昇輸送機一齊均與地面成 15° 角，運動速度約與行走速度 1 mph (1.6 km/h) 相同。

切刀為一直徑 14 吋的圓盤鋸，由液壓馬達傳動，可垂直調整位置來適應各種不同葉莖部厚之切割。此機工作能量每小時 0.25 英畝，相當於人工之 9 倍。

#### 4.切刀位置之探討

Parsons 及 Rehkugler 兩人曾對甘藍切割位置問題加以分析<sup>(8)</sup>，共有三種切割方式如圖 2.1~2.3，第一種切刀離地面固定高方式，因甘藍生長高度參差不齊很難達到理想效果。第二種方式是將甘藍拔起後置於參考平面上利用固定高度的切刀將根莖部與球分開，此法只要甘藍莖部厚的變化不大則效果不錯。另外第三種方式是將切刀置於參考平面之下，假若甘藍為橢圓形則理論上其切割厚  $h$  之值可由公式算出，但因實際上甘藍非完全橢圓形， $h$  會比理論值大。

(二)日本部分

#### 1.後藤式甘藍收穫機<sup>(3)</sup>

此收穫機係以農地搬運車為驅動母機，構造有收集拔起部、搬送、根部切除部及外葉分離部等，

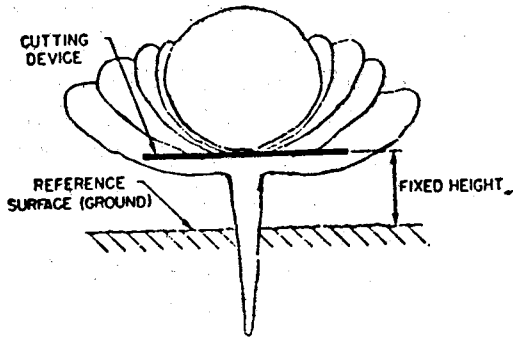


圖2.1 切刀離地面固定高度

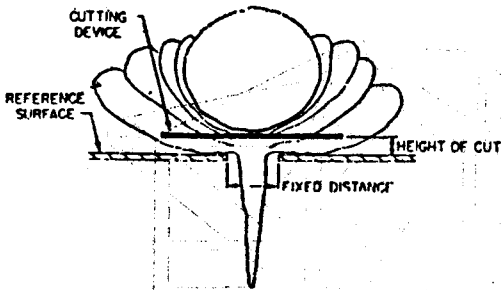
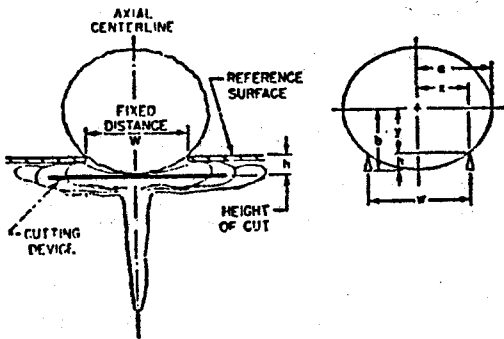


圖2.2 切刀離參考面固定高度



$$h = H/2(1 - \sqrt{1 - (W/D)^2})$$

圖2.3 切刀在參考面下固定高度

其田間作業速度為0.1~0.25 m/s。

### 2.山下式甘藍收穫機<sup>(4)</sup>

山下於1975年研製的「試作二號甘藍收穫機」，是將收穫機構附掛在曳引機之旁，收集機構由動力圓盤組成，類似 NCSU 式之設計，但因機構是附掛曳引機之旁，故無輸送機與車軸間隙問題。其作業速度約0.4~0.5 m/s。

### 3.唐橋式結球蔬菜(甘藍)收穫機<sup>(5,6,7)</sup>

這是一部集合多人智慧研製的多功能蔬菜收穫機，可採收之結球性葉菜如萵苣，結球白菜、甘藍

等。

此機以履帶式底盤配備8PS的引擎來驅動，收穫裝置基本構造為一對螺旋錐及一組提昇輸送機構，其他組件依收穫不同種類蔬菜而可改裝。在收穫結球白菜及萵苣已具良好效果，而在採收甘藍方面主要問題還是如何將球與根莖精確地分開，亦即切割之精度問題。

## 三、收穫機構之觀念與功能設計

### (一)設計構想

要開發一部適用於臺灣地區的甘藍收穫機，我們設計構想有：

- 1.為了減輕使用者之成本負擔，我們將利用現有曳引機之 PTO 來驅動收穫機構。換言之，收穫機構將附掛於曳引機之後是為附掛農具型，而非專用機型。
- 2.為了配合本省平地甘藍一畦兩行之種植方式，收穫機構採一次可同時處理兩行方式設計。
- 3.在試驗機初步設計階段，並不考慮分級機構。
- 4.為了增加機械的用途，希望機構在略事調整後能採收加工用甘藍或經局部修改後可收穫其它結球性蔬菜。
- 5.機構簡單拆裝容易。
- 6.符合經濟效益。

### (二)性能要求

本地生產的甘藍大部份是以新鮮蔬菜方式供應市場，因此我們設計的收穫機構是以採收新鮮上市之甘藍為主要目的。希望機構之性能符合下列幾點：

- 1.能把偏離行中心線左右各15 cm 內的甘藍收集拔起。
- 2.能將向畦外傾斜之甘藍收集拔起並扶正到切割點。
- 3.能處理最低葉片離畦面 1 cm 以上及株直徑 80 cm 以內的甘藍。
- 4.能連續處理球徑 14~24 cm、球高9~18 cm 之甘藍。
- 5.可將根莖部平整地切除並留下 3~4 片的外包葉。
- 6.曳引機希望其離地高在 50 cm 以上，後輪距 130cm 右後輪寬約30 cm。
- 7.在株距 45 cm 的田區，收穫機每秒可採收 1~2 個甘藍，亦即曳引機田間行走速度約1.62

km/h。

### (三)主要機構名稱及功能

採收甘藍之收穫機構裝置，一般可分為下列五大部份

#### 1. 收集及拔起輸送機構

主要的功能是導引機械，收集偏離行中心線之甘藍植株而後進入拔起裝置。

#### 2. 切割裝置

將甘藍球與根莖部及不必要的葉片分離之機構。

#### 3. 提昇輸送機構

把甘藍球輸送及昇高到後處理部的機構。

#### 4. 鬆葉分離機構

主要作用是把切割後仍附著在甘藍球上之多餘葉片去掉，只留下必要之外包葉及球。

#### 5. 從處理部

可分為有分級裝置及無分級裝置兩種，前者又有包裝平台，能在機械上完成從採收，分級到包裝一貫化的作業程序。後者則將甘藍不分大小裝箱或直接送到隨行的卡車上。

### (四)收集及拔起輸送機構之設計

目前發展出來的甘藍收集及拔起輸送機構，可區分為三種型式即犁頭型、動力圓盤型螺旋錐型。現在分別說明其作用原理及優缺點，並提出我們設計的幾種型式。

#### 1. 犁頭型之收集器

此種收集器為 MSU 式收穫機所採用，由類似耕犁之兩片鋼板組成，前端張開成適當的寬度以便收集偏離之甘藍，同時配合拔起皮帶輸送機，將進入收集器內的甘藍拉起。此裝置的優點是只要收穫機依正常速度前進即可發揮收集效果，並不需要動力傳動因而構造簡單。缺點是對偏離太大之甘藍收集效果不佳，而且若株距太小或機械行走太快，在收集器末端會有累積阻塞之現象發生。

#### 2. 動力圓盤型收集機構 (如圖 3 所示)

動力圓盤成凸形弧狀，圖 3 是其發揮收集功能之平面圖解速度分析。其中：

$V_t$ : 收穫機田間前進 (行走) 速度

$V_d$ : 旋轉圓盤與甘藍接觸點之切線速度

$V_c$ :  $V_t$  與  $V_d$  之合成速度

在圖中  $V_{d1}=3V_t$ ,  $\bar{V}_{c1}=\bar{V}_t+\bar{V}_{d1}$

$V_{d2}=5V_t$ ,  $\bar{V}_{c2}=\bar{V}_t+\bar{V}_{d2}$

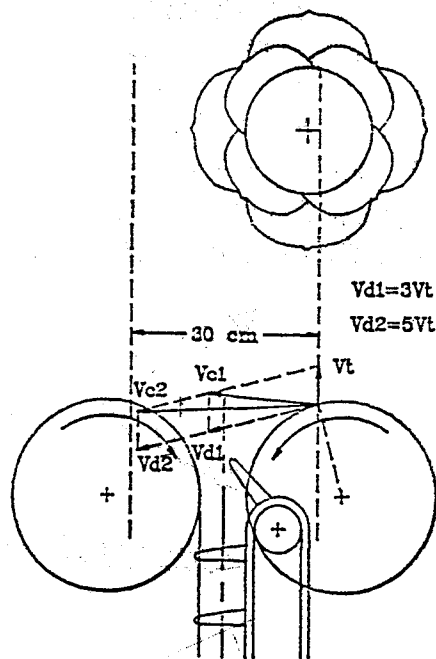


圖 3 動力圓盤收集原理之速度解析

假設(1)甘藍與圓盤接觸時並無打滑現象，(2)甘藍植株偏離行中心線在 15 cm 內，(3)圓盤够大 (直徑 300 mm 以上)。則由圖解之速度向量合成結果顯示，只要動力旋轉圓盤之切線速度 ( $V_d$ ) 為收穫機前進速度 ( $V_t$ ) 的 3~5 倍，則由  $V_{c1}$  及  $V_{c2}$  之速度方向顯示，可發揮良好的收集效果。另外為減少圓盤對甘藍造成的損傷，可在其表面加上橡膠類的覆蓋物。

被收集的甘藍，由類似水稻聯合收穫機之扶起爪構造的拔起輸送機 (如圖 3 所示) 拉起。

此機構的優點是收集效果良好 (如 Rehugler 等人開發 CU 式甘藍收穫機之試驗報告)<sup>(9)</sup>。缺點是傳動構造太複雜，使整個機構體積變大變重。

#### 3. 螺旋錐型收集及拔起輸送機構 (如圖 4)

此機構見諸唐橋需的論文「結球性葉菜收穫機之開發研究」<sup>(9)</sup>。構造如圖 4 (a)、(b) 所示，作用原理之速度向量分析如圖 4 (c)、(d) 所示。其中：

$V_t$ : 收穫機作業之行走速度

$V_a$ : 螺旋錐之輸送速度

$V_x$ : 螺旋錐之輸送速度縱向分量

$V_y$ : 螺旋錐之輸送速度橫向分量

$V_h$ : 螺旋錐之輸送速度水平分量

$V_v$ : 螺旋錐之輸送速度垂直分量

$V_c$ : 收集部之合成速度  
 $V_p$ : 輸送部之合成速度  
 $\alpha$ : 收集部之張口角度  
 $\beta$ : 輸送部與水平之夾角

在圖 (c)中  $\vec{V}_c = \vec{V}_x - \vec{V}_t + \vec{V}_y$

(d)中  $\vec{V}_p = \vec{V}_h - \vec{V}_t + \vec{V}_v$

$\alpha$  角取 $54^\circ$ ，一般 $30^\circ$ 即可發揮收集作用。而 $\beta$

角則可視需要調整，一般約 $5 \sim 10^\circ$ 。由(c)、(d)之圖解結果可清楚看出在收集部之合成速度  $V_c$  是往內運動因而能發揮收集效果。輸送部的合成速度  $V_p$  向上運動所以有拔起的作用。

這種機構的優點是構造簡單，而且在操作人員目視協助導向下，收集效果不錯，至於安置在曳引機之後的效果如何？則有待測試。

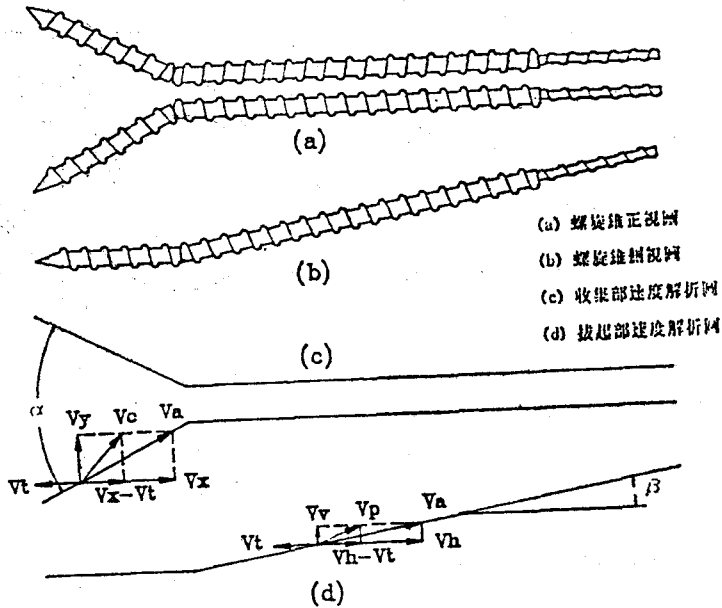


圖 4 瘦旋錐型收集拔起機構及其原理之速度解析 (唐橋, 1983)

#### 4. 本研究設計之收集拔起輸送機構

我們以兩行式行距 60 cm 為準，綜合前人之設計然後針對本地的甘藍種植及生長特性，前後共設計出四種型式，每種均能承受 30 kgf 以上之垂直力，現就分別敘述之：

(1) 動力圓盤犁板式：(如圖 5)

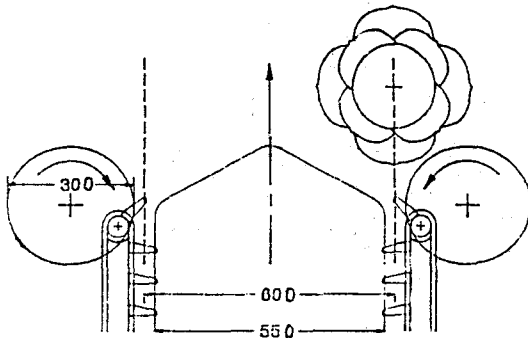


圖 5 動力圓盤犁板扶爪收集拔起機構

將動力圓盤 (直徑 300 mm，轉速 71 rpm) 裝在兩旁，並配以扶起爪式拔起輸送機，中間由寬約 55 cm 犁板隔開，整組機構與地面成約 $16^\circ$ 夾角，從犁板前端到末端長約 1000 mm。

(2) 動力圓盤式：(如圖 6)

參照 CU 式之收集機構設計，將之組成兩行式，圓盤 (直徑 300 mm，轉速 71 rpm) 從正、側面看都與地面成 $20^\circ$ ，但為了配合行距 60 cm 之種植方式，中間兩個圓盤之直徑必需縮小 10%，才不會互碰，整組機構從圓盤前緣起長約 1000 mm。

(3) 動力圓盤螺旋錐式：(如圖 7)

此組合機構乃綜合 CU 式與唐橋需之設計而來，圓盤大小、轉速及安裝方式與上述機構相同。拔起輸送部份改用螺錐其內徑 30 mm，含螺紋外徑 44 mm，配合本省甘藍莖直徑大小，兩螺旋錐中心距離 66 mm，間隙 36 mm，整組機構從圓盤

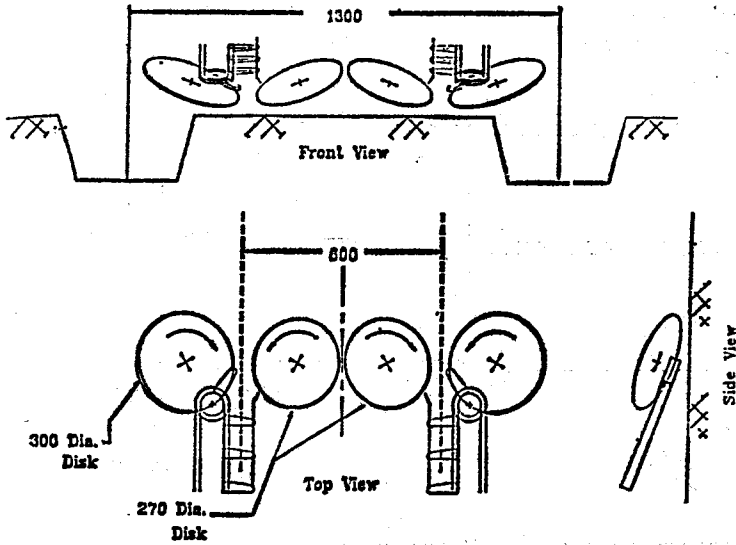


圖 6 動力圓盤扶爪式收集拔起機構

前緣起長950 mm。

(4)雙犁頭式：(如圖 8)

由鋼片構成開口夾角約  $40^\circ$ 、寬 300 mm、長約 400 mm 與地面之夾角約  $13^\circ$ 、末端寬 40 mm 犁頭收集器兼具拔起功能。

(a)各機構之配合方案

各機構位置之安排是整部機械設計的重點所在，我們共設計了以下三個組合方案：

1.第一方案

如圖 9 之組合，收穫機全長 3240 mm、高 1725 mm。主要機構有：

- (1)收集及拔起輸送機構
- (2)提昇輸送機構
- (3)切割機構
- (4)鬆葉分離裝置
- (5)卸料裝置

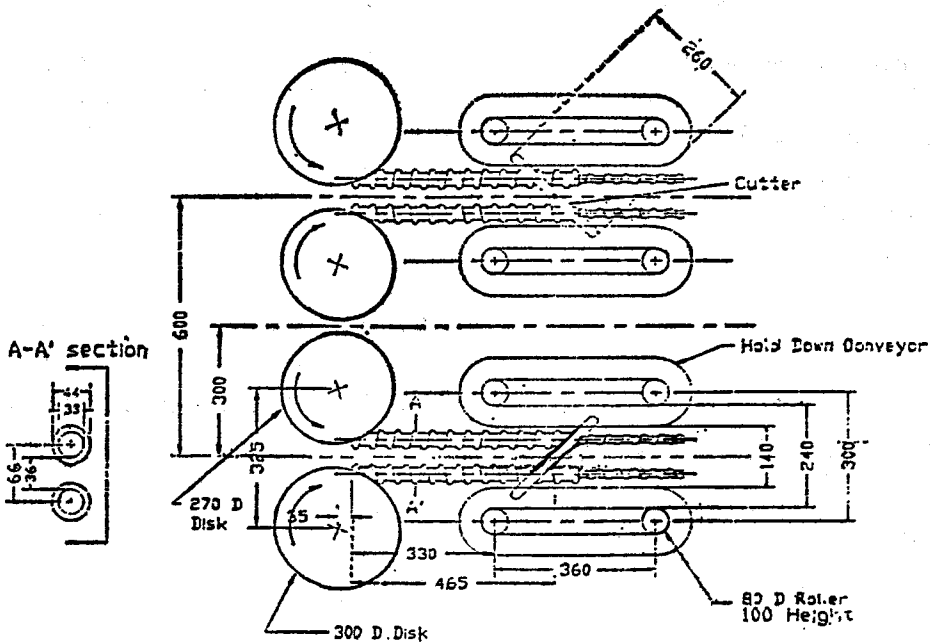


圖 7 動力圓盤螺旋式收集拔起機構

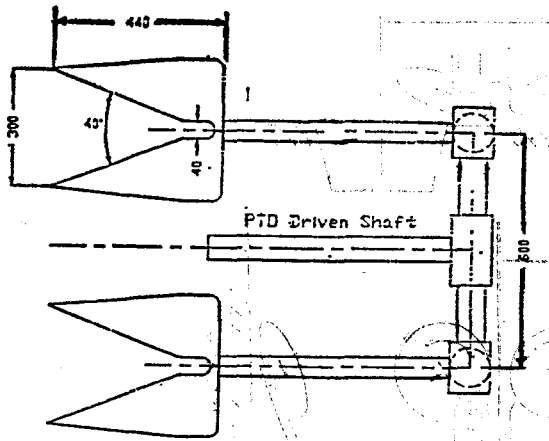


圖 8 雙犁頭式收集拔起機構

### (6) 壓頂皮帶輸送機

此組合之輸送部份均採用扶起爪式鏈條輸送機，收集拔起機構則有動力圓盤犁板式或動力圓盤式兩種，在機構(2)及(3)之上方有使甘藍在載送過程安穩之壓頂裝置(6)。機構(4)之傾斜角度是參照靜態之試驗結果，並考慮動態情形，以布質帆布為表面，角度與約成 $17^\circ$ 。

### 2. 第二方案

如圖10之組合，本機全長約 1630 mm、高約 1220 mm，主要構造有：

#### (1) 收集拔起機構

採用動力圓盤螺旋錐式之構造。其後段螺旋錐較細是用來排除切下的根莖部。

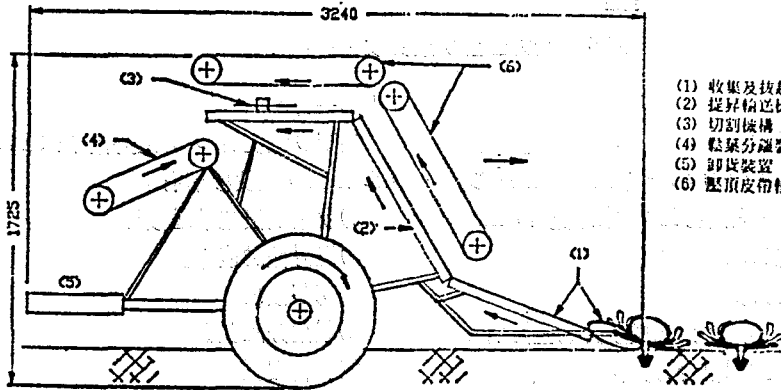


圖 9 動力圓盤扶爪式甘收穫機

#### (2) 抓穩皮帶機構：

由柔軟的橡膠皮帶與皮帶輪（直徑 80 mm，高 100 mm）組成，能使甘藍在被切割時穩定，運動線速度約 0.45 m/s。

#### (3) 帶形切刀：

位在抓穩皮帶機構之下方，較粗螺旋錐的末端處。

#### (4) 提昇輸送機構底部：

由兩條並列中間相隔約 40 mm 之 V 形皮帶組成的輸送構造。兩皮帶輪之距離約 650 mm 與水平面成  $60^\circ$  夾角。運動線速度約 0.45 m/s。

#### (5) 提昇輸送機構頂部：

參照唐橋先生之研究報告文獻的設計<sup>(9)</sup>，用來固定以大傾斜角度（超過  $60^\circ$ ）輸送之甘藍使其不致滑落。運動線速度與上述底部皮帶之線速度相同。

#### (6) 卸料裝置：

我們初步設計之試驗機並不考慮分級機構，因此以簡單之卸料漏斗及平臺代替。

### 3. 第三方案

這是我們目前採行的設計，也是工廠正在試造中的機構。其設計圖如圖11所示，機械田間作業情形示意圖如圖12。主要機構有：

#### (1) 收集拔起器：

採用犁頭式構造，尺寸如前述，與其連接的支架可靈活的轉動，因而犁頭碰到偏離之甘藍植株，即能自動配合轉向對正，增加收集效果。

#### (2) 迴轉切刀：

位於收集器末端，高度之安排設計是趁著甘藍被收集器拉到將起未起時把球切下，如此能去掉抓穩裝置，切割厚度是可調整的，以適應各種甘藍之葉莖部厚。

#### (3) 提昇輸送機構：

具有橡膠隔板的輸送皮帶與皮帶輪組成輸送機

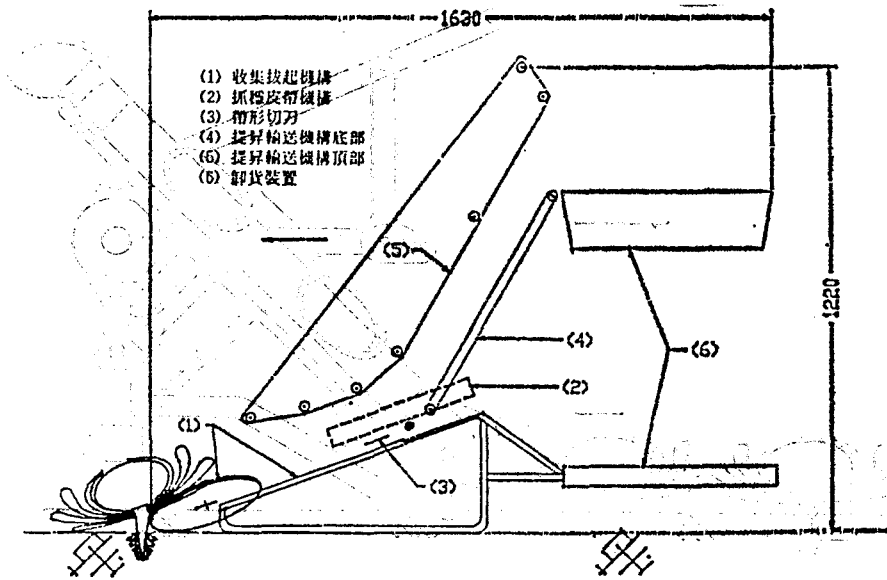


圖10 動力圓盤螺旋錐式甘藍收穫機

部份，而其支撐底部則用不銹鋼帶構成。

(4)卸料裝置：

在圖11中並沒畫出，如前所述原因，此部份為一簡單的卸料漏斗及平臺。

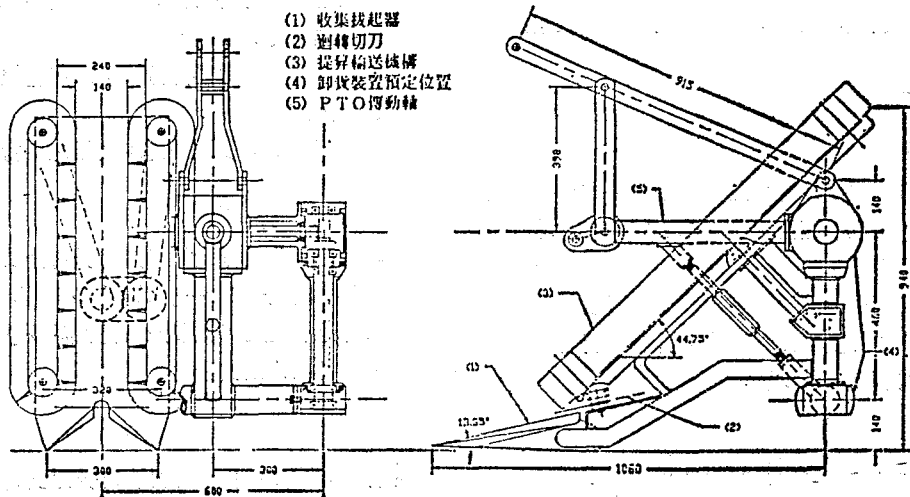


圖11 犁頭式甘藍收穫機

#### 四、討論與結論

以下比較各方案之優缺點，並說明我們選擇第三方案之原因及其以後可能發生的問題：

1. 方案一

(1)優點：

機構完備，切割位置容易掌握。

(2)缺點：

a. 構造複雜，傳動機構亦多使得整部機械重量會超過曳引機之舉昇能力，b. 全長達 3240 mm 對於臺灣地區的小農種植面積而言，曳引機在頭地迴轉時會有困難。

由於以上兩個無法與曳引機配合的缺點，我們放棄這一方案。

2. 方案二

(1)優點：



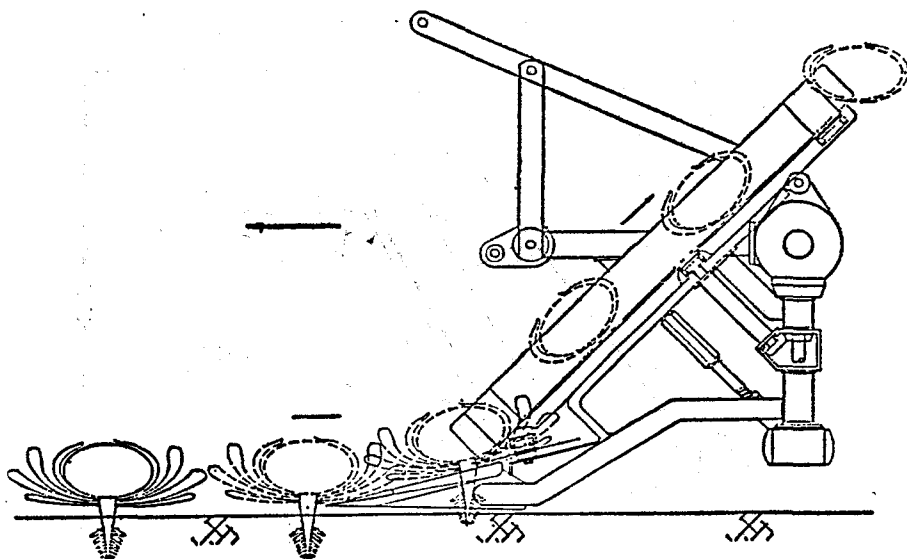


圖12 犁頭式甘藍收穫機田間作業情形示意圖

綜合美、日開發之機構優點並配合本地甘藍物性及種植條件而設計。

(2)缺點：

做為曳引機附掛農具，其傳動機構及收集拔起構造仍嫌複雜。

### 3.方案三

(1)優點：

本收穫機之最大特色是構造精簡，傳動機構也簡單，整部機械可完全由曳引機支撐，在頭地迴轉時不會發生困難。

此機構因構造簡單很適合做為曳引機之附掛農具，而且具備日後改良之彈性，所以我們選擇做為開發甘藍收穫機構之試驗機型。

(2)缺點：

也就是可能發生問題的地方有：

a.切割位置很難把握，b.輸送皮帶若碰到太小的甘藍球（球徑小於14 cm），可能抓不到而產生阻塞的現象。

問題a是因此收穫機在拔起機構設計上，並沒有考慮將甘藍完全從土中拔起後再切割，所以切割之參考平面（reference plane）很難掌握。問題b以目前兩提昇輸送機均為固定式之設計是無法避免的，因球徑小於14 cm的甘藍，已經小於兩輸送皮帶橡膠隔板端之間的距離。

## 五、建 議

- 1.犁頭式收穫機之切割位置掌握，仍待繼續研究，阻塞問題可將兩提昇輸送機構改為可調整間距方式，得到改善。
- 2.可對每個機構做動力分析，求出整組機構所需的馬力大小。
- 3.考慮配合高架農地搬運車使用之可行性。

## 六、致 謝

- 1.本研究經費承行政院農業委員會補助（計劃編號為76農建-8.1-糧61(3)），謹此致謝。
- 2.本研究承蒙大田農機公司提供諸多意見及圖樣，作者在此敬表謝忱。

## 參 考 資 料

- 1.魏炳華，1987。甘藍物理性質研究及其收穫機構設計，國立臺灣大學農業工程研究碩士論文。
- 2.臺灣農產品生產成本調查報告。1985。284頁。臺灣省政府農林廳。臺中。
- 3.後藤美明、山本健司、金光幹雄。1976。キャベツ收穫機の試作研究。農業機械學會誌 38：285。
- 4.山下勝男。1976。キャベツ收穫の機械化に関する研究。農業機械學會誌38：286-287。
- 5.唐橋需、井上喬二郎、澤村宣志、石束宣明。

（文轉第28頁）