

甘藍收穫機二次切割機構之設計與試驗

Design and Testings of a Secondary Cutting Mechanism for a Cabbage Harvester

國立臺灣大學農機所研究生

國立宜蘭農專農機科主任

國立臺灣大學農機系教授

鍾 侑 達

張 明 毅

張 森 富

Yu-Ta Chung

Ming-Yih Chang

Sen-Fuh Chang

摘 要

本研究之目的乃是設計甘藍收穫機之二次切割機構以使收穫之甘藍外觀平整漂亮。此二次切割機構包含壓頂、輸送與切割三部分。甘藍之切割高度，可由調整輸送溝槽寬度及切刀角度設定。

未來之研究應加強甘藍球曲率分析，尤其是甘藍底部之曲率，以及最佳切割刀片之選擇。

ABSTRACT

The objective of this study is to design a secondary cutting mechanism for cabbage harvester in order to cut cabbages smoothly with a nice appearance.

The cutting mechanism is divided into three parts, namely, top holding, conveying and cutting. Cabbage cutting heights can be set by adjusting the width of conveying slot and the angle of cutting blade.

Further studies should be concentrated on the analysis of cabbage head's curvature, especially the bottom part, and the selection of the optimal cutting disk-blade.

一、前 言

有關於甘藍收穫機的開發從1908年起世界各國已著手進行並研擬出多種機型，但並未有成功的商品機推出。本研究從1986年起也開始從事犁頭式甘藍收穫機的開發工作。

犁頭式甘藍收穫機最初的設計構想是將其分成犁頭式收集切割機構、提昇輸送機構、殘葉清除機構及卸料裝填機構。但經由田間試驗結果發現切割效果並不很好。分析原因，根據甘藍物性調查得知

：甘藍最低葉片離地高約為3公分，葉莖部厚度約為3.5公分〔註1〕，加上農地崎嶇不平，因此在如此小的切割範圍，且又無一明顯的切割參考平面之下而欲採一次切割方式一次即將甘藍採收並與莖葉完全分離而達到符合市場的販賣要求；由過去的經驗得知，如此則會因切割參考平面難以掌握而使甘藍在切割時造成嚴重的切割損傷。因此本研究

註1：甘藍葉莖部厚度是指甘藍葉最外層之外苞葉至甘藍球最低部份的距離，由此可判定甘藍的切割高度。

乃設計一種二次切割機構，期使甘藍在第一次切割採收以後，造成一切割參考平面，以利甘藍與其莖葉的分離。

二、文獻探討

甘藍收穫機的構造，完整的功能一般可分成：收集（拔起）機構、切割機構、輸送機構、殘葉分離機構及卸料裝填機構等。

有關甘藍收穫機的研究開發構想大致可分為二種：一為修改已有之其他蔬菜收穫機，另一為研製一部多功能的新型收穫機。而其機型又可分為專用機型與附掛式作業機二種。

我國農業屬小農小田區制，為農機具發揮最大的效率、減少機械成本，並增進機械的作業能力、及考慮作業時的頭地問題。因此適合本省使用之農機具其體積必然要小、成本必然要低。基於此因素，本機的開發構想乃利用現有之曳引機作為動力來源，進而發展而成一附掛式作業機具。

經研究結果：造成甘藍收穫體積龐大的原因，動力式的收集機構設計為一重要之因素。有關收集機構的研究大致可分為動力圓盤式、螺旋錐型式及犁頭式等三種。因此為減少傳動系統所增加的額外體積，故乃以無動力的犁頭設計做為本機的設計依據，進而發展出目前的犁頭式甘藍收穫機。

1. 犁頭式甘藍收穫機

犁頭式甘藍收穫機的開發工作早在1986年即開始，1987年完成錐型機設計圖，1988年完成第一部甘藍收穫機原型機製造（如圖一所示），並逐年補充甘藍物性資料（1，2，3，4，5，6，7*））。原型機包含犁頭收集機構、切割機構及提昇輸送機構三部份。本機之特點為一體積小之附掛式作業機具，動力來源是利用現有曳引機之PTO軸來傳動。此三種機構的研究結果說明如下：

1) 犁頭式收集機構

犁頭本身無動力，當收穫機前進時犁頭能使生長偏離的甘藍順著犁頭邊緣向犁頭中央集中。且本犁頭能隨生長偏離的甘藍自動轉向，惟遇到偏離大之甘藍反而有造成阻塞的重大缺點。頭式收集切割機構之作用，只要甘藍偏離不致過大，犁頭可發揮良好的收集效果。

2) 切割機構

*號內之數字為參考資料之編號。

切割機構位於犁頭內，主要功能是將犁頭於田間所收集之甘藍切斷，使之達到市場販賣的要求。切割機構為一半徑為150mm之圓盤切刀，刀緣焊有鉻鋼。

3) 提昇輸送機構

提昇輸送機構為六條重疊，二排並行且具有扶起爪（橡膠爪）之皮帶所組成。扶起爪長7公分，輸送距離1公尺，輸送速度約34cm/s，與地面成45度。主要功能是将切下的甘藍往後處理部輸送。

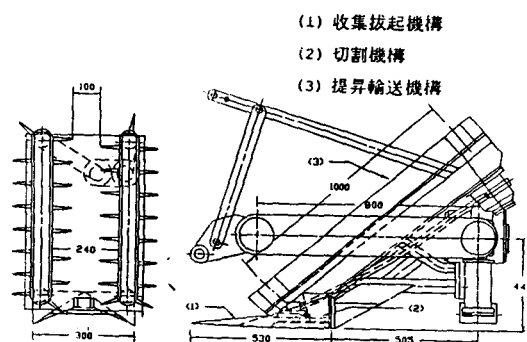


圖1、犁頭式甘藍收穫機原型機(2)單位：mm

2. 甘藍物性資料

作物物性調查是設計農業機械的首要步驟。有關甘藍物性調查，主要是在瞭解甘藍的各種物理性質及其栽培習慣以作為設計甘藍收穫機的參考依據。

本省農家種植甘藍習慣為一畦二行式。從1987年至1989年間已陸續完成甘藍的各項物性資料調查，其中影響甘藍收穫機機械設計較重要的因素詳如表一、二。

表一、甘藍大小比較 單位：cm

項目	年份	平均	標準差	影響設計參數
株直徑	1987	60.02	9.09	收集器寬度、 圓盤鋸大小、 輸送皮帶間距
	1988	64.55	7.60	
	1989	61.24	5.73	
莖直徑	1987	3.35	0.44	
	1988	3.09	0.34	
	1989	3.27	0.47	

球 徑	1987	18.98	2.68	輸送皮帶間距
	1988	19.43	2.14	
	1989	18.58	1.65	
球 高	1987	12.44	1.66	壓頂高度
	1988	12.00	1.47	
	1989	13.07	2.13	
葉莖部厚	1987	3.57	0.76	二次切割高度
	1988	3.42	0.55	
	1989	3.27	0.71	
最低葉片 離地高	1987	3.55	2.00	犁頭離地高度
	1988	2.54	1.72	
	1989	2.51	1.42	

表二、甘藍重量比較 單位：kg

項 目	年份	平均	標準差	影響設計參數
含外苞葉重	1987	1.99	0.60	輸送提昇機構 載重能力參考 及扶起爪強度
	1988	2.24	0.59	
	1989	2.37	0.52	
球 重	1987	1.39	0.46	同 上
	1988	1.48	0.44	
	1989	1.51	0.38	

3. 甘藍種植規格建議

根據甘藍物性調查結果，同時為了配合農友的種植習慣，並在不影響原有產量及適合機械採收狀況下，本研究已完成甘藍種植規格的建議，其建議如表三所示：

表三、適合機械採收之甘藍種植規格 單位：cm

行距	株距	畦面寬	畦底寬	畦溝寬	中心距
50	45	80	100	30	130

三、二次切割機構之設計

犁頭式甘藍收穫機經過三年來的研究試驗以後，發現欲在田間一次即完成甘藍的切割，使之達到市場販賣的要求，如此會因田間地面不平的關係，難以掌握切割平面，故無法得到良好的切割效果。因此在1989年又著手於二次切割機構的研究並完成二次切割機構之製造與試驗。

二次切割機構，如圖2、3、4所示，包含輸送機構、壓頂機構及切割機構三部份。

1. 輸送機構

輸送機構採六條並列的橡皮輸送條且附有扶起爪，扶起爪長7cm與原甘藍收穫機之輸送機構相同，為本機輸送機構的延伸。輸送距離60cm，輸送速度35cm/s。

2. 壓頂機構

壓頂機構支架為四連桿設計並有彈簧能調節壓頂壓力，壓頂部份則由無動力之滾輪組所組成，壓頂高度可由旋轉螺絲來調整。

甘藍進入壓頂機構時，壓頂滾輪藉甘藍行進時的磨擦力，帶動滾輪而將甘藍壓住、固定，並往切割裝置輸送。

四連桿壓頂設計，使壓頂機構只能垂直上下運動，因此能由上方壓住、固定甘藍，而不傾斜。故當甘藍被切割時即不會因被推倒而不利切割。

3. 切割機構

切割機構由圓盤切刀、切刀座、馬達、活動溝槽及切割平臺所組成。切割角度可由切刀座調整；切割高度則可調整活動溝槽的寬度。

由切刀角度與活動溝槽寬度的相互配合即可控制切割高度並影響切割效果。

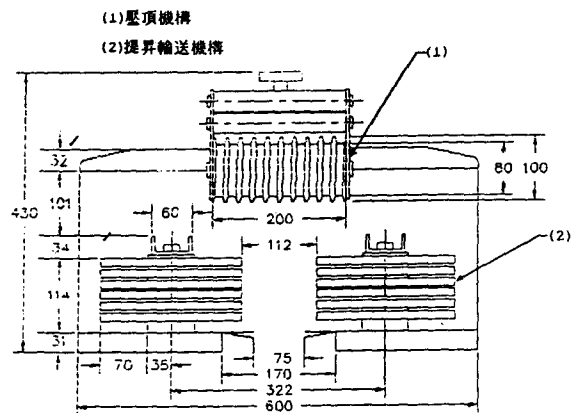


圖2. 二次切割機構前視圖 單位：mm

四、二次切割機構之試驗

以甘藍收穫機進行田間採收後，再以採收之樣品進行二次切割試驗。如無法進行機械採收，而以人工採收者，則由最低葉片切下，並保有完整之外苞葉，以模擬機械採收後甘藍之情形。

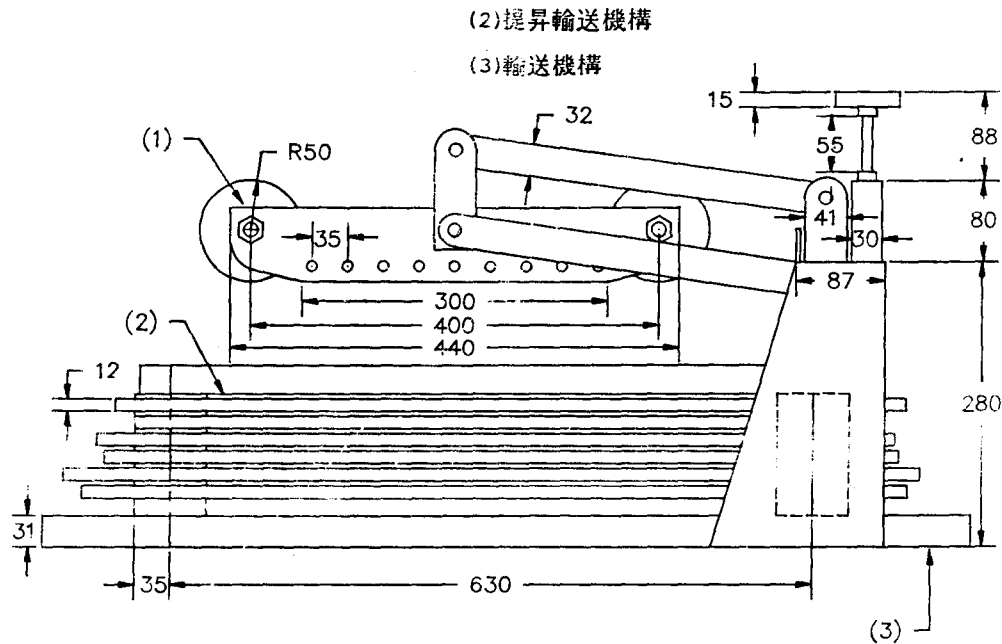


圖 3. 二次切割機構側視圖

單位：mm

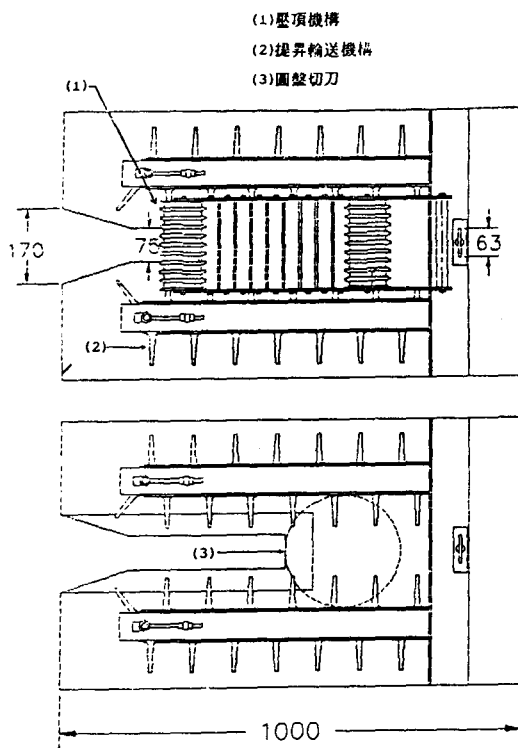


圖 4. 二次切割機構上視圖

單位：mm

1. 試驗項目

(1) 壓頂機構高度對切割效果的影響。

- (2) 溝槽寬度對切割效果的影響。
- (3) 切刀角度對切割效果的影響。
- (4) 切刀轉速對切割效果的影響。

2. 試驗步驟

- (1) 更換切刀下的鏈輪大小，再以轉速計測定切刀轉速。
- (2) 調整切刀座角度。
- (3) 調整活動溝槽寬度。
- (4) 調整壓頂機構高度。
- (5) 以人工進料，將甘藍送入輸送機構，進行切割。

3. 切割效果判定

- (1) 切口是否整齊，有無撕裂現象。
- (2) 切口是否水平，有無斜切。
- (3) 外苞葉殘留是否理想。

五、試驗結果與分析

1. 壓頂機構

(1) 滾輪式壓頂機構在試驗過程中效果良好。甘藍進入時，甘藍能如預期地頂起壓頂機構；壓頂機構亦能保持下壓的力量，藉著滾輪的滾動亦能將甘藍順利的往前送，而不會因壓頂機構的壓力而造成甘藍的磨擦損傷。

(2) 於本壓頂試驗中，將壓頂高度調至最低時不論

甘藍大小均能順利地頂起壓頂機構。因此於使用時只要將壓頂高度調至最低，則可不考慮因壓頂高度太高而不利小甘藍的固定及因甘藍太大而無法進入壓頂機構的問題。

2. 溝槽寬度

溝槽的目的在使甘藍能沿著斜面坐於其上，保持切割、輸送的穩定。由於甘藍的外苞葉柄基部附近比葉片堅硬許多，且呈水平展開，從側面看含有全部外苞葉之甘藍底部幾呈水平。因此不論甘藍大小，在溝槽下陷部份都差不多，即二次切除部份一樣。所以在進行二次切割時只要適當的調整溝槽寬度並以含有全部外苞葉的甘藍進行切割效果即可不管甘藍的大小。

3. 切刀角度

在同一溝槽寬度之下切割高度是由切刀角度來調整。角度愈大，切割高度愈高，外苞葉去除的更乾淨。但切刀角度大會使得甘藍受到切刀向上的分力及水平的阻力，加上輸送前進的力量，會使甘藍向前旋轉，造成一有弧度的切面。此時在不造切割損傷時並無大礙，但過大的切刀角度所造成的大弧度切面，則會切到較大部份的甘藍，而造成切割損傷，甚至阻力太大而導至阻塞。初步試驗取角度 6° 及 8° 做比較，其結果如下：

	8°	6°
切割高度	大	小
切割次數*	2~3	3~4
切割平面	弧面	平面
切割損傷	大	小
殊葉阻塞	較多	較少

4. 切割轉速

實驗以 3500rpm 及 4600rpm 做比較。可明顯看出以 3500rpm 切出的切口有一道的切痕，而以 4600rpm 者則較不明顯。

切割轉速對切割效果有顯著的影響。當轉速加快時，鋸盤周邊切線速度隨之加大，另外單位時間內接觸甘藍部的鋸齒數增加，每一鋸齒所受阻力減

* 原則上，切割次數應以一次為限，但因切割高度不夠，因此將甘藍反覆切割至上市的標準。

小，如此可使切割更為順暢。但轉速增快亦有其缺點：單位時間內接觸甘藍莖部的鋸齒數增加，會加大鋸齒磨耗的機會，且功率消耗增加。是以在切割能順利進行的情況下，將轉速降低，以期達成最理想的切割效果。

5. 圓盤半徑

鋸盤周邊切線速度為 $Vd=R\omega$ ，轉速一定時，圓盤半徑加大，可使 Vd 加快，使切割更為順暢。但半徑加大亦有不利的影響，依公式

$$T = F \times R$$

F：鋸齒所受阻力

R：鋸盤半徑

$$P = T \times \omega$$

P：切割所需功率

T：切割扭矩

ω ：切割轉速

當鋸盤半徑加大，扭矩加大，導至功率消耗增加。至於在兩者之間如何尋平衡點，則尚待更進一步的動力分析。鋸盤半徑加大有另一個好處便是減少阻塞。

目前所使用的圓盤鋸直徑為 255mm，對於較大的甘藍會有無法切斷，造成葉柄殘莖抵住圓鋸盤軸心而發生阻塞的現象。

在調整切割高度時，較大的鋸盤只需調整一小角度便可達到預定的切割位置。切刀角度愈小，切割時的阻力減小，較不易發生阻塞，切面也較平整。因此，基於上述原因，鋸盤半徑加大有其要性。

六、結 論

本研究所得到的初步結論如下：

1. 由甘藍物性調查可知，葉莖部厚約 3.5公分。又不論甘藍大小，只要含有全部外苞葉之甘藍其底部幾乎都呈平面。因此於二次切割時應用含有全部外苞葉之甘藍，其切割高度可設為 3.5公分。切割高度的控制則可調整溝槽寬度與刀座角度。
2. 為取得含有全部外苞葉之甘藍，甘藍收穫機於採收甘藍時，犁頭在不接觸土壤狀況下應儘量放低。
3. 圓盤鋸大小影響切割效果與是否造成阻塞及功率的消耗，因此如何尋求一最佳之平衡點則有待更進一步的動力分析。

七、建 議

1. 進行含有全部外苞葉之甘藍其底部在進入壓頂機構後之曲率半徑調查，以決定適當的溝槽寬度及最小的圓盤鋸直徑。
2. 進行圓盤鋸的動力分析以尋求最佳之圓盤鋸大小。
3. 分析甘藍在輸送過程中的運動狀態，並將甘藍收穫機與二次切割機構整合，以確定甘藍能順利的進行二次切割。

八、誌 謝

本研究經費承行政院農業委員會補助，計劃編號為78農建-7.1-糧-96(12)及79農建-7.1-糧-32(9)，謹此致謝。

參 考 文 獻

1. 張明毅，1989，甘藍收集與切割機構之設計分析，臺大農工所機械組碩士論文。
2. 許耀生，1988，甘藍收穫機之初步研究與田間試驗，臺大農工所機械組碩士論文。
3. 許耀生、張森富，1988，甘藍收穫機性能之田間試驗，臺大農學院研究報告 28(2)：10-18，臺北市。
4. 張森富，1987，甘藍收穫機之開發，學術研討會論文集，78-87，中國農業工程學會。
5. 張森富、魏炳華，1987，甘藍收穫機之觀念與功能設計，農業工程學報33卷3期：42-50，28，臺北市。
6. 魏炳華、張森富，1987，設計甘藍收穫機有關之物理性質研究，臺大農學院研究報告27(2)：83-95，臺北市。
7. 魏炳華，1987，甘藍物理性質研究及其收穫機構設計，臺大農工所機械組碩士論文。
8. Lenker, D. H., D. F. Nascimento. 1978. A machine for tying leaves of a cauliflower plants to branch the heads. Transactions of the ASAE 23(5):1105-1109.
9. Lenker, D.H., P. A. Adrian, G. W. French and M. Zahara. 1973. Selective mechanical lettuce harvesting system. Transactions of the ASAE 16(5):858-861.
10. Rehkugler, G. E., E. S. Shepardson and J. G. Pollock. 1969. Development of a cabbage harvester. Transactions of the ASAE 12(2):153-157.
11. Schield, M. and B. L. Harriot. 1973. Cutting lettuce stem with a water jet. Transactions of the ASAE 16(3)：440-442.
12. Rehkugler. 1974. Research and development of a lettuce harvester. Transactions of the ASAE 17(2):212-216.
13. Stout, B. A., F. W. Bakker-Arkema and S. K. Ries. 1966 Developing a mechanical cabbage harvester. Transactions of the ASAE 9(6):860-861.
14. Wright, F. S. and W. E. Splinter. 1966. Development of a mechanical cabbage harvester. Transactions of the ASAE 9(6):862-865.

收稿日期：民國80年 1月23日

接受日期：民國80年 2月27日