

水稻聯合收穫機進料裝置之研究

The Study on the Feeding Unit of the Rice Combine

臺灣省農業試驗所農機系助理研究員

臺灣省農業試驗所農機系助理

陳 加 忠

陸 龍 虎

Chia-chung Chen

Lung-hu Lu

摘 要

水稻聯合收穫機的使用已日漸普及，為減少脫穀損失和增加作業能力，聯合收穫機的進料裝置必須有適當的調整。此外水稻聯合收穫機兼用於其他作物的研究中，由於作物株高，最佳脫穀深度之不同，進料裝置必須改裝或調整，才能適應各種作業要求。

在此研究中，探討進料裝置的主要作業機構，研究脫穀深度自動調整和機械方式調整之原理，並說明作物株高與進料裝置各機構作業位置之關係。

Summary

The numbers of the rice combine is increasing. To reduce the threshing loss and increase the operating capacity, the feed units of combine must be adjusted properly. For the purpose of harvesting other crops, the feed units need to be adjusted or modified to fit the operating requirement because of the difference of the crop height and the optimum threshing depth.

On the research, the authors discuss the mechanism of the feed units and study the method of the automatic control device and mechanical control device. The relation between the crop height and crop conveyor chain was illustrated.

一、前 言

臺灣稻作機械化已是十分普及，收穫作業的機械化達80%以上，因此如何提高聯合收穫機的作業能力和增加收穫作業的精密度，此為值得重視的問題。

收穫機的進料系統主要的功能將割取部傳送的作物株桿傳送至脫穀部，脫穀深度的適當與否對於脫穀性能影響極大。此外由於進料裝置對於作物可應用的株高範圍有所限制，在聯合收穫機多角化應用中形成了輸送上之阻礙。

在聯合收穫機的多年使用中，割取、脫穀、選

別、清潔等各裝置已有許多研究和可觀的成果，但是在進料裝置方面，缺乏參考資料。在本文之研究中，探討進料裝置的主要作業機構和調整原理，並說明作物株高與進料裝置各機構的作業位置關係。

二、聯合收穫機之進料裝置

(一)聯合收穫機之作業流程

水稻經扶取裝置在割取部切割後，由底部輸送鏈之扶撥作用集中後送至縱輸送鏈條，以一傾斜角度向上輸送，經轉折作用由脫穀供給鏈條橫送至脫穀筒進行脫穀，脫穀後稻桿經排草鏈條送出機外。

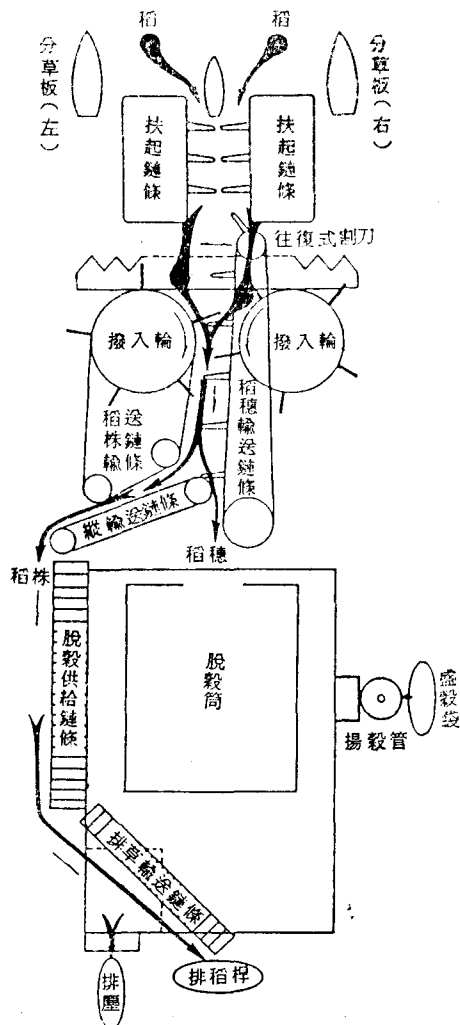
此作業流程圖如圖一所示（註一）。

(二) 進料裝置之各部構造

進料裝置指稻株自割取後輸送至脫穀供給部入口的所有裝置。此裝置主要影響了作物能够利用聯合收穫機收穫的株高範圍，也決定了作物在脫穀部的脫穀深度。經前人研究結果（註四），脫穀深度不足（淺脫）時，脫穀後殘留株穗上的穀粒增加，增大了損失率。脫穀深度過度時（深脫），脫穀部負荷增加，降低了選別性能和效率。脫穀深度對於所需馬力的影響如圖二所示。

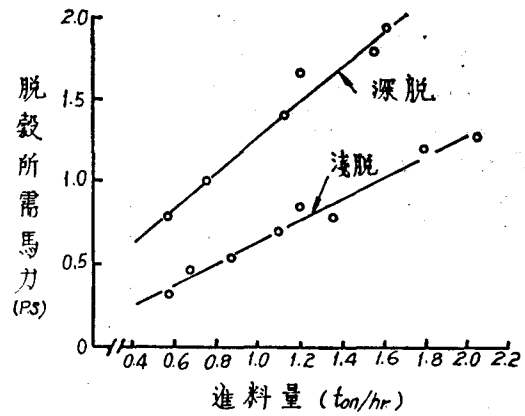
進料裝置依輸送型態共有三種：撥入輸送，橫輸送與縱輸送，各機構分述如下：

1. 撥入輸送裝置



圖一 聯合收穫機作業流程圖

撥入輸送裝置位於割刀的上方，將切斷的稻株集中後送，通常的構造有星形輪，突起皮帶，撥入棒……等，多為複合使用，如圖三所示。



圖二 脫穀深度與所需馬力之關係

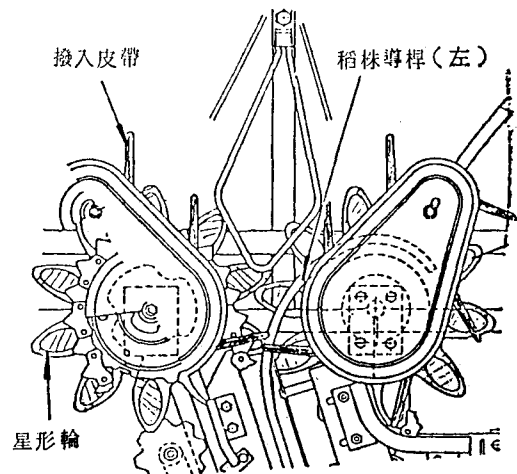
2. 橫輸送裝置

橫輸送裝置的主要作用是將撥入輸送裝置送達的稻株加以後送，構造如圖四所示。主要的機構是三種輸送鏈條，用以夾持稻穗，稻桿中部和稻桿底部，使稻桿以直立狀態後送，有些收穫機只有二種輸送鏈條。

此種橫輸送鏈條主要應用於三行以上的收穫機，二行收穫機通常無此項機構。

3. 縱輸送裝置

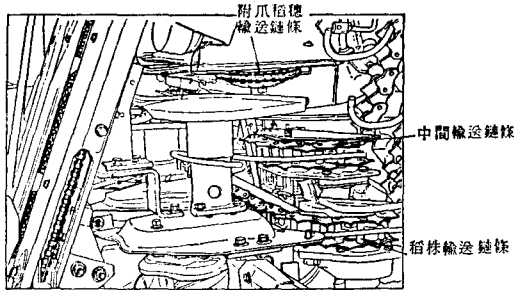
縱輸送鏈條的作用是將撥入鏈條（二行收穫機）或橫輸送鏈條（三行以上的收穫機）送至的稻株向上輸送至脫穀筒入口，再由脫穀供給鏈條送入脫穀裝置進行脫穀作業。



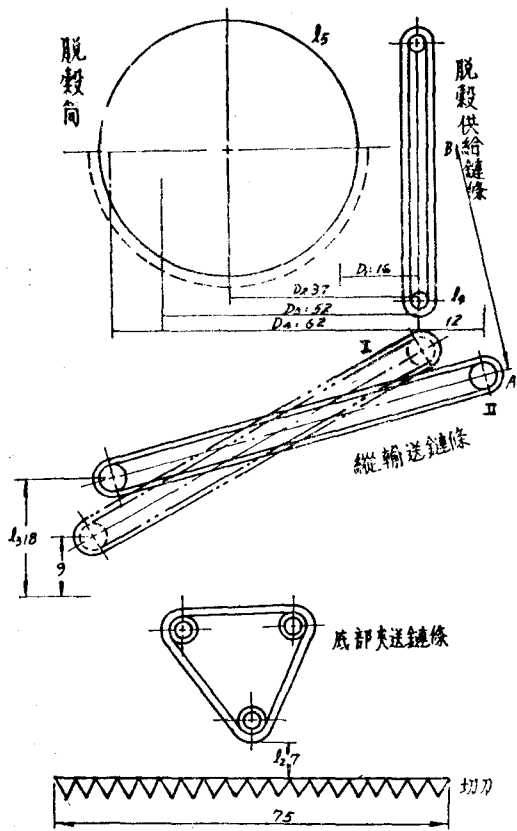
圖三 星形輪撥入裝置

為使作物在縱輸送鏈條末端轉送至脫穀裝置時方向變換順利，在此裝置往往設置流線型導桿，導桿的位置、形狀，角度因作物種類而不同。

縱輸送鏈條傾斜角度的調整，影響了作物進入脫穀筒內的脫穀深度和適合收穫的作物株高範圍，在收穫作業時必須依作物株高，品種，種類分別加以調整，在特殊的作物收穫時（如高粱），縱輸送鏈條更需要適當的延長。



圖四 橫輸送裝置



L_7 : 切刀至地面高度

圖五 (YS-1300) 聯合收穫機進料系統之相關位置

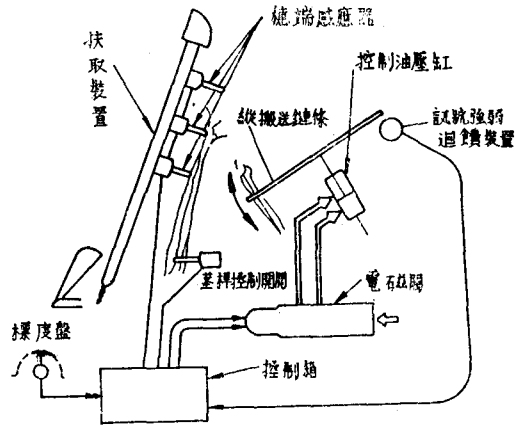
以YS-1300機型二行式水稻收穫機為例。進料裝置之相關位置如圖五所示。

三、脫穀深度之調整

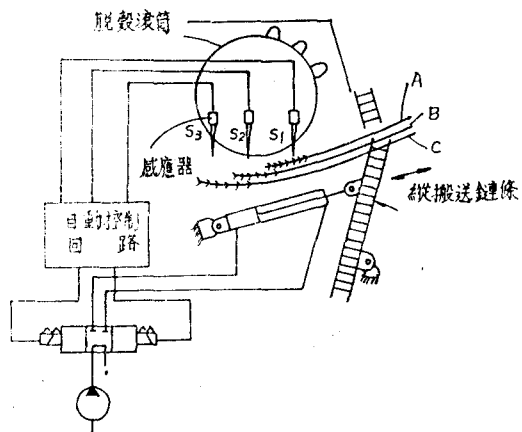
脫穀深度之調整有兩種方式：自動控制調整和機械方式調整，大型收穫機上往往同時裝置兩者。

(一) 自動控制調整裝置

聯合收穫機脫穀深度自動控制裝置如圖六所示。在扶取裝置和輸送鏈條之上設置數支感應器，用以感應作物是否通過和感應株桿長度，感應訊號由控制箱轉換，指揮電磁閥操作控制油壓缸，由油壓缸內活塞之昇降以改變縱輸送鏈條角度，以調整脫穀深度。另外有調整標度盤裝置，對同一高度的作物進行深脫或淺脫。



圖六 脫穀深度自動控制裝置之構造

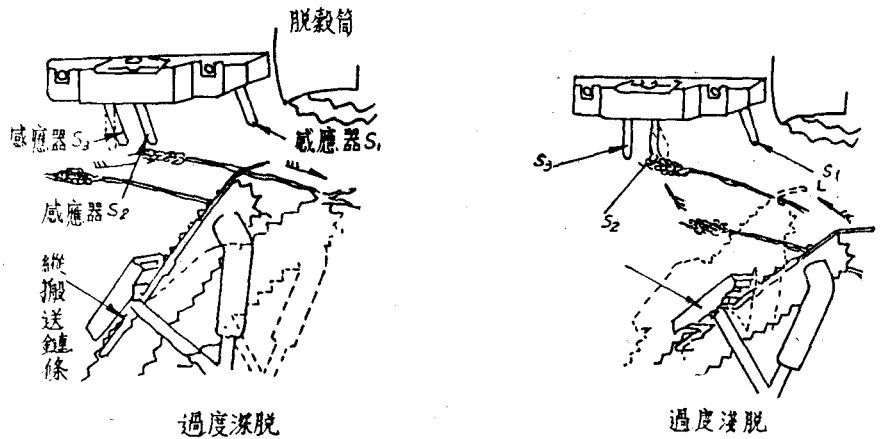


圖七 縱搬送鏈條自動控制作用原理

感應器對於作物株桿的感應方式如圖七所示，

作物穗端與感應器 S_1 接觸時， S_2 即開始接受作用。穗端與 S_2 或 S_3 接觸後，感應器的訊號經過辨別而調

整縱輸送鏈條。過份深脫和過份淺脫之調整情況如圖八所示。



圖八 縱搬送鏈條自動調整作用圖

使用自動控制調整裝置有其特別限定之事項。

1. 必須注意“on”，“off”的延遲效應，不受微小訊號之影響（例如田區中偶生之數株雜草）
2. 特別適用於附有稻桿結束器的收穫機，可結束整齊。
3. 收穫機割取部停止作業時，自動控制設備必須停止作用。在頭地轉彎舉升割取部時，感應器會失去安定性，必須停止作用。
4. 聯合收穫機作業速度維持定值時，才能進行有效的自動控制，作業速度太慢，進量少時，感應器作用不良，必須停止自動控制作用。
5. 多雜草的田區進行收穫作業時，因為雜草容易引起感應器的訊號紊亂，無法使用自動控制調整。

(二) 機械調整裝置

a. 縱輸送裝置之構造

以野與YS-1300為代表機型，說明縱輸送裝置之構造和調整原理。YS-1300縱輸送鏈條之構造如圖九所示。調整螺桿旋轉時，縱輸送鏈條自最高位置移至最低位置，螺桿旋轉 34 圈，移轉角度降低 22.5 度。縱輸送鏈條的移動方向有兩種。一、自位置 B 點沿着上昇螺桿（高4.5cm，長10cm）以23.5°昇降。二、在 D 點位置沿着旋轉托架旋轉。因此對於縱搬送鏈條兩端 A、C 點而言，最高位置的 A 點以曲線軌跡至 A' 點，主要為平移作用，高度略有下降。C 點沿着曲線軌跡至 C' 點，主要的作用為上昇。由於鏈條位置的改變，使穀物進入脫穀筒的深度為之改變。在此研究中，由於兩者方向的作用相互影響極少，因此分別研究其影響。

b. 調整裝置之作用原理

1. 右上調整部份

以縱輸送鏈條旋轉托架之 D 點為原點，則縱輸送鏈條右上之各相關位置如圖十所示。

(1) x 方向之調整

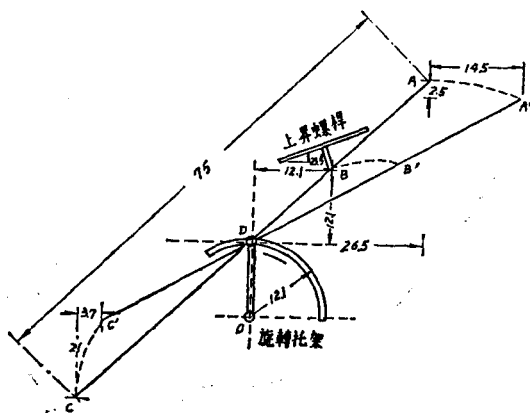
$$x_1 = DA \cos \theta = 43 \cos 45^\circ = 30.4 \dots \dots \dots (1)$$

經過 N 轉調整後，x 方向的新位置 x' 值如下

$$x' = \frac{4.5}{34} N + 43 \cos \left(45 - \frac{22.5}{34} N \right) \dots \dots \dots (2)$$

34 轉後，x 之位置為 x_2 ，其值如下：

$$x_2 = \frac{4.5}{34} \times 34 + 43 \cos \left(45 - \frac{22.5}{34} \times 34 \right) =$$



圖九 縱搬送橫桿作用軌跡

$$44.2 \dots\dots\dots(3)$$

由此得知，在N轉時， Δx_1 值輸送鏈右移量如下：

$$\begin{aligned} \Delta x &= x' - x_1 \\ &= \frac{4.5}{34}N + 43\cos(45 - \frac{4.5}{34}N) - 30.4 \quad (4) \end{aligned}$$

(2) y 方向之調整

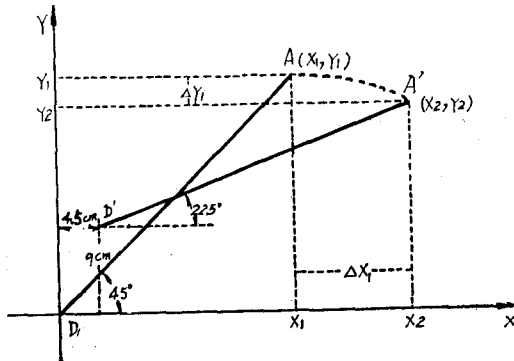
$$y_1 = AB\cos\theta = 30.4 \dots\dots\dots(5)$$

N轉調整後，y 方向新位置y'值如下：

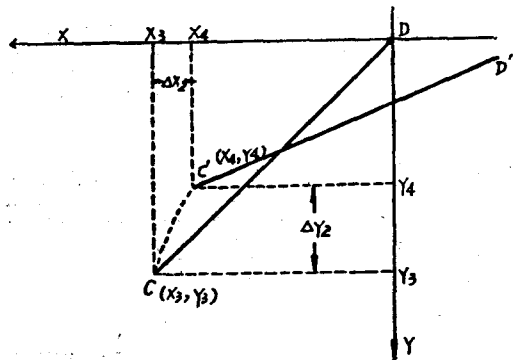
$$y' = \frac{9}{34}N + 43\cos(45 - \frac{22.5}{34}N) \dots\dots\dots(6)$$

34轉後，y 之位置y₂值如下：

$$y_2 = 25.4 \dots\dots\dots(7)$$



圖十 縱輸送鏈條右上調整軌跡圖



圖十一 縱輸送鏈條左下調整軌跡圖

由(5)(6)式得到N轉後 Δy 值(輸送鏈下移量)如下：

$$\begin{aligned} \Delta y &= y' - y_1 \\ &= \frac{9}{34}N + 43\sin(45 - \frac{22.5}{34}N) - 22.4 \quad \dots(8) \end{aligned}$$

令 $w = (45 - \frac{22.5}{34}N) \dots\dots(9)$ ，則輸送鏈右上之調整軌跡

$$x = \frac{4.5}{34}N + 43\cos w \dots\dots\dots(10)$$

$$y = \frac{9}{34}N + 43\sin w \dots\dots\dots(11)$$

$$(x - \frac{4.5}{34}N)^2 + (y - \frac{9}{34}N)^2 = 43^2 \quad \dots\dots(12)$$

此為以 $(\frac{9}{34}N, \frac{4.5}{34}N)$ 為圓心，半徑43cm之圓弧。

2. 左下調整部份

以縱輸送鏈條上D點為原點，各相關位置如圖十一所示。

(1) x 方向之調整

$$x_3 = CD\cos 45^\circ = 34\cos 45^\circ = 24.0 \quad \dots\dots(13)$$

$$\begin{aligned} x_1 &= CD\cos(45 - \frac{22.5}{34}N) - \frac{4.5}{34}N \\ &= 43\cos(45 - \frac{22.5}{34}N) - \frac{4.5}{34}N \quad \dots\dots(14) \end{aligned}$$

34轉後，x₄之位置如下：

$$x_4 = 43\cos(45 - 22.5) - 4.5 = 26.9 \quad \dots\dots(15)$$

因此在N轉後， Δx_2 值(輸送鏈右移量)之值如下：

$$\begin{aligned} \Delta x_2 &= x' - x_3 \\ &= 34\cos(45 - \frac{N}{34} \cdot 22.5) - \frac{4.5}{34}N - 24 \quad (16) \end{aligned}$$

(2) y 方向之調整

$$y_3 = CD\sin 45^\circ = 24.0 \quad \dots\dots\dots(17)$$

$$y' = 34\sin(45 - \frac{22.5}{34}N) - \frac{9}{34}N \quad \dots\dots\dots(18)$$

因此在N轉後， Δy_2 值(輸送鏈上移量)如下
 $\Delta y_2 = y' - y_3$

$$= 34\sin(45 - \frac{22.5}{34}N) - \frac{9}{34}N - 24 \quad \dots(19)$$

由(14)(17)式可得此移動軌跡如下

$$(x + \frac{4.5}{34}N) + (y + \frac{9}{34}N) = 34^2 \quad \dots\dots\dots(20)$$

此為以 $(-\frac{4.5}{34}N, -\frac{9}{34}N)$ 為圓心半徑34cm之圓弧。

3. 有效調整值

輸送鏈右上部份之平移和左下部份之上昇，可用以進料深度之調整，因此在調整N轉後，可增加之有效調整置為 Δx_1 和 Δy_2 之總和，其式如下：

$$\begin{aligned} \Delta l &= \Delta x_1 + \Delta y_2 \\ &= \frac{13.5}{34}N - 6.4 + 43\cos w - 34\sin w \quad \dots(21) \end{aligned}$$

四、作物株高與進料裝置之關係

(一) 穀物高度和夾持位置

穀物在聯合收穫機中各夾持作用的位置如圖十二所示，由此以估算聯合收穫機可收穫的作物株高範圍。

$$l = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 \dots \dots \dots (22)$$

l_1 = 切刀至地面之距離，由切刀位置決定，可由油壓裝置調整。

l_2 = 切刀至底部輸送鏈條距離。在 YS-1300 之機型， l_2 之值為 7cm。

l_3 = 底部輸送鏈條至縱輸送鏈條之距離。由於縱輸送鏈條可加以調整，其高和最低位置以 I，II 表示。

l_4 = 縱輸送鏈條至脫穀供給鏈條之距離。

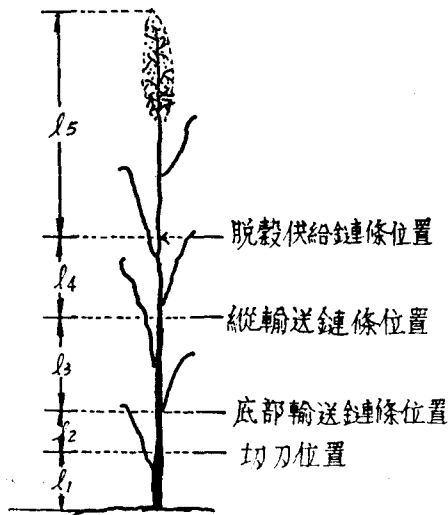
l_5 = 脫穀供給鏈條至脫穀筒之距離，以 YS-1300 機型為代表，其相關位置如圖五所示。

D_1 = 自脫穀供給鏈條至脫穀筒之最小距離。

D_2 = 自脫穀供給鏈條至脫穀筒中心之距離。

D_3 = 自脫穀供給鏈條至脫穀最佳位置之距離。

D_4 = 自脫穀供給鏈條至脫穀筒之最大距離。



圖十二

(二) 水稻收穫作業之調整

聯合收穫機收穫水稻之最佳株高為 70~110cm，在此研究中，以野與 YS-1300 之機型說明進料系統之調整和作物株高之關係。

1. l_1 值：

l_1 之最低值為 5cm，通常收穫時高度維持此定值，最大值為 15cm（以油壓裝置提高切刀位置）。

2. l_2 值：在此機型中為定值 7cm。

3. l_3 值：在縱輸送鏈條於 45° 傾斜時， l_3 為最小值， $l_{3min} = 9cm$ ，縱輸送鏈條於 22.5° 傾斜時， l_3 有最大值， $l_{3max} = 18cm$ 。

4. l_4 值：

因縱輸送鏈條調整之不同，最小值 $l_{4min} = 0$ ，最大值 $l_{4max} = 18cm$ 。

5. l_5 值：

在 YS-1300 機型中

$D_1 = 16cm$

$D_2 = 37cm$

$D_3 = 52cm$

$D_4 = 62cm$

由此估算適合收穫的水稻株高

(1) 最小株高

$$\begin{aligned} l_{min} &= l_1 + l_2 + l_{3min} + l_{4min} + l_{5min} \\ &= 5 + 7 + 9 + 0 + 16 \\ &= 37cm。 \end{aligned}$$

(2) 最大株高：

$$\begin{aligned} l_{max} &= l_{1max} + l_2 + l_{3max} + l_{4max} + l_{5max} \\ &= 15 + 7 + 18 + 18 + 62 \\ &= 120cm。 \end{aligned}$$

(3) 適當的收穫株高

$$\begin{aligned} l_{opt} &= l_1 + l_2 + l_{3max} + l_{4max} + l_5 \\ &= 5 + 7 + 18 + 18 + 52 \\ &= 100cm。 \end{aligned}$$

(三) 高粱收穫作業之調整

高粱之品種與水稻有顯著之差異，收穫時其株高範圍為 90~180cm，因此水稻聯合收穫機無法直接應用於高粱之收穫。新開發之高粱聯合收穫機為解決此問題，除了將切刀儘量抬昇位置增加 38cm（使 l_1 值之最小值 5cm，最大值 43cm）將縱輸送鏈條增長 27cm。並調整至最長位置，因此高粱收

穫機適用的株高可分析如下：

(1)最小株高

$$\begin{aligned}l_{\min} &= l_{1\min} + l_2 + l_{3\min} + l_{4\max} + l_{5\min} \\ &= 5 + 7 + 18 + 45 + 16 \\ &= 91\text{cm}\end{aligned}$$

(2)最大株高

$$\begin{aligned}l_{\max} &= l_{1\max} + l_2 + l_{3\max} + l_{4\max} + l_{5\max} \\ &= (5+38) + 7 + 18 + 45 + 62 \\ &= 175\text{cm}\end{aligned}$$

(3)適當的收穫高度

$$\begin{aligned}l_{\text{opt}} &= l_1 + l_2 + l_{3\max} + l_{4\max} + l_5 \\ &= 15 + 7 + 18 + 45 + 52 \\ &= 137\text{cm}\end{aligned}$$

五、結論與建議

(一)聯合收穫機的進料系統影響了進料量的穩定性和脫穀深度是否適當，在進料系統中縱輸送鏈條，為決定脫穀深度的主要作業機構。

(二)聯合收穫機的脫穀深度自動調整裝置必須在良好的田區才能使用，農民的操作技術和機械知識更加重要。在聯合收穫機日趨大型化，自動化時，

農機售價隨之提高，若不能妥善的利用此設備，造成了投入資本的浪費。

(三)為適合聯合收穫機多角化應用的要求，對於不同株高的作物，可依水稻收穫作業的調整原理對於進料裝置加以適度的調整。

六、參考文獻

(一)經濟部農業現代化職訓中心，1979，「水稻聯合收穫機訓練教材」，上册，pp.6~28。

(二)Hideo Kaburaki, etc, 1982 "Farm Mechanization in Japan", Part II, chap II-(4), "Rice-Harvesting Machines", pp. 119-137. Association of Agricultural Relations in Asia.

(三)江崎春雄，1977，「コンバインの自動化。小型化—自動化されるコンバイン」，機械化農業，1977年8月，pp.5~10。

(四)鈴木光雄，1982，「農業機械の感覺器官(2)—多くのヤンサ持つコンバイン」，機械化農業，1982年11月，pp.28~31。

(五)鶴身學，1983，「農業機械における自動控制—コンバインにおける自動控制」，pp. 25~28，農業機械學會。

承攬土木、水利、橋樑、建築等工程

澄輝營造有限公司

地址：高雄市凱旋三路 505 巷 5 號

電話：(07) 7 2 1 3 3 5 5

園藝、造景、綠化、美化工程

利用花園企業有限公司

地址：臺南縣新營市開元路 263 號

電話：(066) 3 2 3 9 8 3