中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(3): 68～81 (2000)

香菇切柄機之研製[1]

梁連勝、黃國祥、周廷弘[2]

摘要：香菇切柄機之設計包含單一化處理、自動定向及迴轉切刀等三項主要處理單元。單一化處理單元爲速比1：2：4之三層式增速輸送帶分離裝置，香菇由上層輸送帶落至下層輸送帶之過程產生距離放大，於輸送流程中香菇個體自然分離。自動定向單元，係藉左右兩條輸送帶對稱且個別皮帶前、後輸送帶輪軸向位置及俯角變化，造成輸送帶平面間產生漸開式之間隙且立體扭轉構成v型支撐空間，菇體於其空間達到穩定平衡，菇柄朝下，且菇傘底平貼於輸送帶上，再由裝置於輸送帶下方之迴轉切刀單元切除菇柄，而此迴轉切刀單元僅由4個螺桿承載於機身可簡易的調整切柄高度。

試驗顯示，自動定向單元單獨作業之切柄成功率可達85%以上，但是整機作業時，單一化處理供料不均，及自動定向時香菇相對於落點之負位移，影響處理量及切柄成功率甚巨。所以研製成之切柄機，若不計算由定向皮帶間隙選別掉落之小型香菇，目前本機連續作業最佳切柄成功率82%，每分鐘86個香菇完全切柄成功，若進一步試驗改良單一化處理及自動定向單元之搭配則其處理香菇之量能仍可再提昇。

關鍵詞：香菇、自動定向、切柄機。

前　言

太空包香菇之生產[8, 9]爲目前本省設施栽培獲利較高且較穩定之產業，唯近年來受走私大陸香菇之影響，業者獲利遭到相當之衝擊；爲重振省產香菇之『市場競爭優勢』，自救之道唯有提高品質與降低生產成本一途。爲配合本省香菇以鮮銷與乾燥後銷售之產銷型態，香菇菇柄之處理，因消費型態而異。鮮銷香菇以留柄與切柄兩種產品型態在市場上出現，而其切柄作業目前仍以人工爲主，或以半機械化作業來完成。至於乾燥香菇，近年來業者爲提高品質，有採行乾菇機械分級作業及乾燥前先分級兩類型；爲順利完成分級之作業目標，香菇於分級前必須先切柄，否則菇柄的扭曲外形，致使分級作業發生糾纏與阻塞。菇柄之剪除處理，雖可在蕈體乾燥前、後以人工完成；然而若在乾燥後再行剪除菇柄時，因菇柄堅硬不易剪除而更費工。目前栽培業者已傾向於鮮菇採收後，採用先切柄再乾燥之調製處理流程；而切柄作業除以人工剪柄作業外，爲降低處理費用，業者以四至六人一組，將蕈體排列在輸送帶上進行機械切柄。該切柄之作業方式爲工人分立簡易切柄機之兩側，並自輸送帶上將蕈體以菇柄朝下進行單一化、定向供料插入兩輸送帶之間隙，經此定向排列之菇體被輸送帶運送至迴轉切刀組完成切柄作業。此種由人工定位排列後切柄之作業方式，雖可獲致減少作業人力需求並使切柄連續進行之效益，但需用人工仍多，人工之辛勞度仍大，在香菇盛產期或栽培面積大之菇場，尖峰之勞力供需爲業者與本產業帶來致命之衝擊。因此，菇農對需用人力較少，可自動單一化供料、自動定向之切柄機，仍殷切地期望能開發成功。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2038號。

2. 本所農業工程系研究員兼主任、助理、助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

爲達成降低生產成本與提高品質之生產目標，鮮菇之切柄[15]作業必須設法予以機械化；同時乾燥前先行切柄之鮮菇，其乾燥作業時程較短，無形中減少可觀之乾燥加工費用[1]。換言之；香菇去柄機之開發，爲當前本省香菇產業佳績再創之契機。

由於本省香菇經濟栽培歷時尚短，在菇農未以太空包大量栽培前，以人工進行香菇之切柄作業尚感游刃有餘，對切柄機之需求並不殷切，可供參考之文獻篇章幾付闕如。惟考自經濟部中央標準局之專利公報中，針對香菇或其他菇類切柄機之相關專利發明文獻，大約有十餘篇；其中應用於洋菇以浸水方式供料之機構裝置對香菇之生鮮銷售或剪柄後乾燥而言，並不適用[10, 14]。進料機構有採用振動設計者[3, 7, 16]，亦有以人工排列者[12, 4]，前者對脆弱之香菇蕈體，實不相宜；而後者之作業效率則偏低。菇體之輸送有採用平面輸送帶，或其他材料者[2, 7, 13]；至於切柄裝置則多半應用迴轉刀[2, 3, 4, 5, 7, 12]或帶鋸[6]兩種型式，以使用迴轉刀爲切柄機構者較眾。然而無單一化供料及自動定向定位機構，此迴轉刀仍須由人工供料。

因之香菇切柄機之研製，旨在使切柄作業不須藉由人工將整批的香菇分開來以達到單一化，且不須由人工將香菇個別的定向，而是由機械處理整批的香菇使成單一化，再由機械將單一化的香菇自動定向，期於切柄前完成定位，獲得均一的留柄長度，達成機械自動切柄的目標。

材料與方法

一、多層速度差輸送原理

限量供料，設爲第0層輸送帶每分鐘輸送N個香菇，輸送帶水平速度爲V_0cm/min此一連串輸送的香菇落至第一層輸送帶速度V_1，又經過一段穩定輸送落至第二層輸送帶，速度爲V_2，通經過一段穩定輸送落至第三層輸送帶，速度爲V_3，以此類推至第n層輸送帶，速度爲V_n，則每個香菇間距爲：

第0層皮帶間距$D_0 = V_0/N$

第1層皮帶間距$D_1 = V_0/N \times V_1/V_0 = V_1/N$

第2層皮帶間距$D_2 = V_1/N \times V_2/V_1 = V_2/N$

：

第n層皮帶間距$D_n = V_{n-1}/N \times V_n/V_{n-1} = V_n/N$

以多層次速度差之結果，每個香菇距離爲最終輸送帶水平速度/每分鐘供料數。此種方式可以將香菇單一化，且拉開距離使其有定向處理之間隔，但實際上將成糾纏狀況的香菇限量取出，D_0不可能是均勻間隔，所以多層輸送帶必須兼具均化間隔作用，其方法可使用狹小通道方式，使香菇相互排擠佔據輸送帶空間以達成。若無均化間隔之作用，則有如僅使用第0層輸送帶直接供料至第n層輸送帶，香菇間隔仍會不均。

二、自動定向原理

幾何外型相似的物體，可依其形狀訂定有方向之主軸，將每一個物體的主軸，朝向同一方向，此種作業謂之定向；正常無曲柄香菇依其外型可以將菇柄定爲Z_1軸，往菇傘方向爲正Z_1，往菇腳方向爲負Z_1，菇傘底平面正好與$X_1 - Y_1$平面平行。此定義於香菇上的座標稱爲移動參考座標(moving frame of reference)，而香菇定向的目標在於使任意方向的移動參考座標Z_1軸方向與固定參考座標(fixed frame of reference)Z軸方向相同。

本研究嚐試利用香菇重心與外表性質，而定向座標Z軸，應爲地球平面鉛直方向，向上爲正Z，向下爲負Z。定向機構爲兩對稱輸送帶，於是定義輸送帶行進方向爲X軸，兩輸送帶傾斜對稱於Z軸。於是定向輸送帶由X軸觀看爲V形，其形狀如圖1所示。

由另一視角觀看香菇於定向輸送帶所構成V形支撐空間上之狀況，如圖2所示，且假設香菇本身移動參考座標之$X_1 - Z_1$平面與固定參考座標$X - Z$平面平行且位於兩輸送帶傾斜對稱軸之位置，香菇

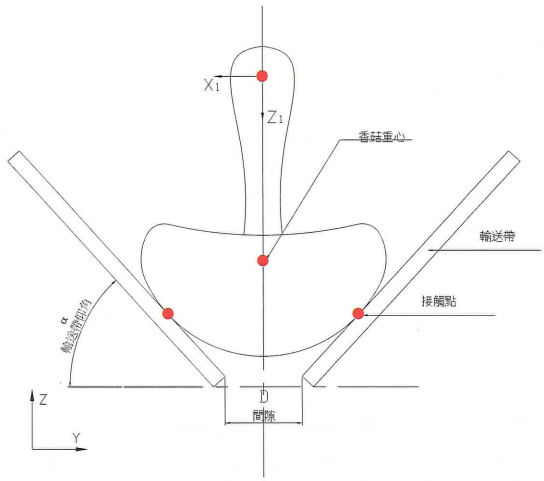


圖1. 輸送帶V形空間對香菇支撐示意圖

Fig. 1. The shiitake being supported on the V-shaped conveyor.

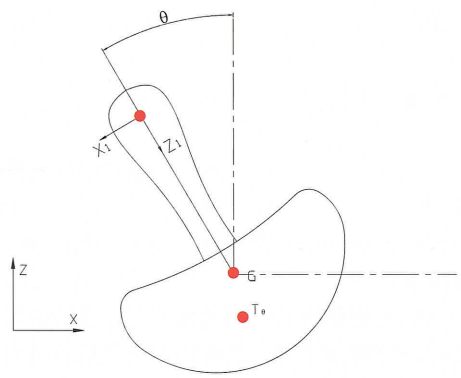


圖2. 香菇在V形空間偏斜 θ 角之XZ平面視圖

Fig. 2. The plane view of the shiitake inclined at a θ angle on the XZ plane.

Z_1 軸負方向與Z軸成 θ 角。在任何 θ 值之接觸點定義爲 T_θ，不同的 θ 值，將有不同的接觸點，香菇於V形支撐空間上因重心點與接觸點不在同一鉛直線上，香菇因重力作用，將以兩端接觸點構成瞬時旋轉軸而旋轉，θ 值亦因旋轉而改變，接觸點構成的瞬時旋轉軸亦改變，直到平衡而靜止。因香菇傘之幾何形狀類似切除一部分的橢圓球體，所以實測各 θ 接觸點構成如圖3所示的曲線軌跡。

重心與接觸點的相對位置，構成香菇旋轉及平衡的效應，所以選取10個冬季生產的直柄香菇，量測其外型尺寸，重心位置，於V形支撐接觸接觸點位置等資料，以分析其狀態。

如表一所示。以香菇 Z_1 軸正向朝上，由 $L_G - L_{180}$ 發現正常型香菇重心位置大致接近 T_{180} 點，且有很高的比例，G點高於 T_{180} 點但高出距離皆很小。

令V爲位能，依據平衡的要件：

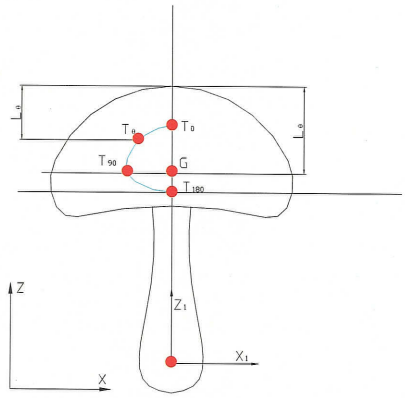


圖3. 瞬時旋轉中心軌跡

Fig. 3. The locus of the instantaneous center of gyration.

G：香菇重心　　L_G：傘頂至重心G之距離

T_θ：θ 角度時瞬時旋轉中心　　L_θ：傘頂至 T_θ 之距離

$$\frac{dv}{d\theta}=0 \quad \frac{d^2v}{d\theta^2}>0\ ,\qquad \text{穩定定衡}$$

$$\frac{dv}{d\theta}=0 \quad \frac{d^2v}{d\theta^2}<0\ ,\qquad \text{不穩定平衡}$$

由圖3顯示 $\theta=0$ 或 $\theta=180$ 時 $dV/d\theta=0$ 但除非重心相當高，否則 $\theta=0$ 是不穩定平衡，$\theta=180$ 時因爲無論重心是在 T_{180} 點的上方或下方，由接觸點的曲線軌跡，$\theta=180$ 時具有位能極小值，亦即 $d^2V/d\theta^2>0$ 爲穩定平衡，顯示香菇旋轉直到菇柄朝下，爲穩定平衡狀態。

然而眞實的定向作業中，香菇移動參考座標之 X_1-Z_1 平面未必與固定參考座標 X－Z 平面平行，此時須加一外力使其修正。另一方面香菇菇柄的旋轉運動可能因菇腳的彎曲而不能鑲入皮帶間隙，則應該增加另一種外力輔助菇柄繞瞬時旋轉軸旋轉，此兩種不同作用的外力，可以採用軟性材料，固定不動，香菇因由輸送帶輸送，自然與其接觸，因相對運動產生撥正作用。

三、處理流程規劃

香菇於人工收穫後，乃是以整箱的型式運送至加工場所，處理切柄卻是要將香菇個別的分開，因切柄機之機構設計必須具備自動供料、單一化、定向、切柄、收集等一連串的連續作業及輸送，其作業流程及配置如圖4所示。

四、機械製作及試驗材料

(一)輸送機及輸送帶：採用食品級輸送帶，因其耐摩擦無皮帶屑末污染，且香菇膠質沾粘易清洗。

(二)動力源：110伏特交流電供應之可調速馬達。

(三)定向單元輸送帶帶輪：直徑70mm尼龍棒車製，因其易加工、不腐蝕、不產生屑末。

(四)多層差速動力聯結材料：以鏈輪及鏈條組成，簡化變速箱結構，且各層間速度之調配及正反轉容易達成。

(五)迴轉切刀材料：不銹鋼刀片及主軸，鋁合金刀座含軸承，食品檢驗合格圓皮帶傳動。

(六)結構材料：25×50mm長方形不銹鋼管與不銹鋼板。

(七)試驗器材：轉速計、角度規、鋼尺、碼錶。

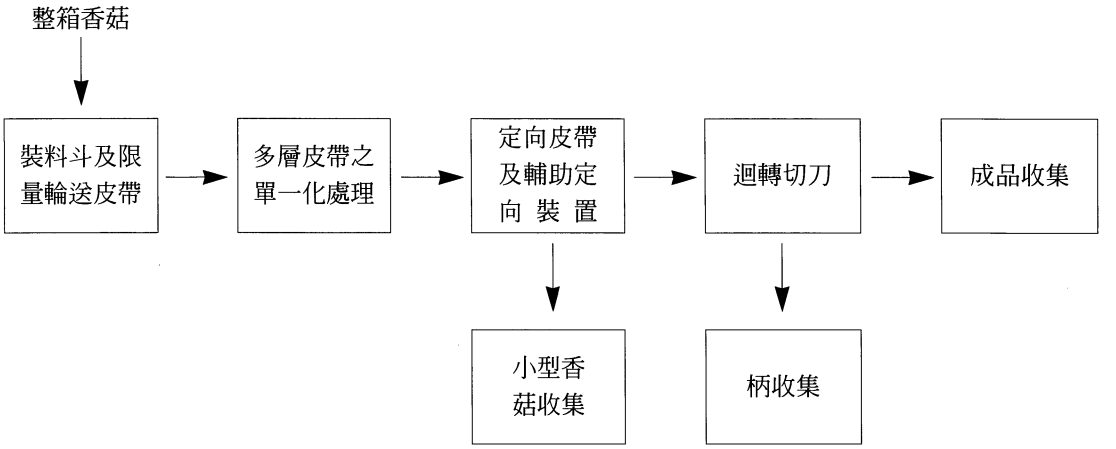


圖4. 香菇切柄機作業流程

Fig. 4. The operational flow chart of the shiitake stalk cutting machine.

結　果

一、香菇蕈體外型對定向功能之影響

由前述定向原理提及香菇重心位置是決定菇體平衡狀態，而影響香菇重心位置之主要因素爲香菇外型之菇傘大小及菇柄尺寸，表一列出隨機選取10個冬季菇柄筆直香菇之實測重心位置、外形大小、於仰角45度對稱v形支撐面之0度、90度、180度瞬時旋轉中心，由其結果顯示香菇重心位置大多是位於90度接觸點所在水平面上下，長柄香菇重心在180度點之下，短柄香菇卻介於90-0度接觸點之間，香菇的不穩定即在於此，在實際的試驗中將隨遇平衡，在受到外力作用時翻轉且因菇柄短整向外力無法作用，所以難以定向。在定向作業過程中，易造成蕈體在輸送帶之漏斗形空間中翻滾。該T_θ點即爲菇體旋轉軸之位置，定向輸送帶縱方向對地傾斜角以不超過5°爲度，以免香菇蕈體在定位過程中

表1. 香菇外型及重心表

Table 1. The shape dimensions and the center of gravity of the shiitakes.

試樣編號 No	菇傘尺寸			菇腳尺寸		0°接觸點	180°接觸點	實測重心
	A_1 mm	A_2 mm	H_1 mm	T_2 mm	H_2 mm	L_0 mm	L_{180} mm	L_G mm
01	71	62	30	14	59	10	27	29
02	74	70	39	14	43	16	35	26
03	72	69	37	10	53	13	34	30
04	70	68	32	16	65	14	29	35
05	56	56	29	12	46	9	27	25
06	45	43	19	10	45	8	17	18
07	41	39	19	8	30	7	17	16
08	40	35	17	7	24	7	15	13
09	82	70	33	17	60	14	30	30
10	51	50	26	10	37	10	24	22
Average	60.2	56.2	28.1	11.8	46.2	10.8	25.5	24.4

[z] 表中各符號之定義，分別參考圖3及圖5。

恆處於滾動旋轉之不穩定狀態。

香菇之菇柄外徑及其筆直或彎曲程度（圖5與圖6），分別關係到香菇在定位作業時，菇體是否順利無礙地被導入二輸送帶之間隙中。而菇柄之外徑大小，直接影響到輸送帶間隙之選擇。本省夏、冬季所產香菇中，以冬菇之菇柄大於夏季菇；而夏季香菇之菇柄彎曲程度遠比冬菇大，如表2、表3及圖5所示。夏季所生產之香菇，其柄筆直度之變異極大，經實際觀察菇體在定向輸送過程中，當菇柄彎

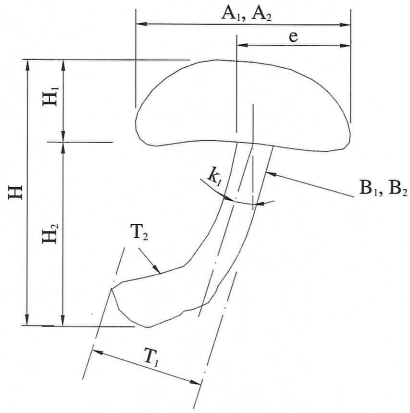


圖5. 香菇蕈體之外形

Fig. 5. View of the shiitake.

A_1、A_2	：分別爲香菇蕈傘之長、短徑。	B_1、B_2	：蕈傘底下一公分處之菇柄大、小徑。
e	：蕈傘之最短側徑。	H	：菇體全長。
H_1	：蕈傘之厚度。	H_2	：菇柄長。
K_1	：菇柄之彎曲度。	T_1	：菇柄末端與柄外緣之距離。
T_2	：菇柄末端之外徑。		



圖6. 畸形之香菇

Fig. 6. The abnormal shiitakes.

表2. 冬季所生產香菇蕈體之各部標示

Table 2. Dimensions of the sampled shiitakes growing in winter.

	H	H_2	A_1	A_2	B_1	B_2	T_1	T_2	K_1	e
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	deg.	mm
	80	53	70	60	15	14	35	18	20	37
	56	32	46	30	13	10	15	14	30	15
	86	55	68	60	14	13	22	21	10	33
	100	69	80	60	17	14	28	22	30	34
	81	50	64	58	13	12	23	17	10	35
	71	35	67	54	14	12	30	20	60	35
	60	40	47	42	12	9	19	12	50	26
	80	49	67	56	20	10	26	26	20	25
	57	39	39	30	9	7	15	13	10	19
	59	36	53	49	10	9	20	12	10	29
	95	57	67	54	16	14	24	20	25	33
	71	44	62	57	20	15	21	20	0	42
	61	40	41	40	8	7	20	14	10	23
	85	56	62	60	16	14	27	20	15	37
	105	74	73	71	24	15	25	24	0	42
	42	22	42	40	8	7	20	12	45	19
	49	31	43	40	11	10	15	11	50	22
	57	32	53	48	11	10	15	12	0	31
	69	39	64	55	16	13	22	16	45	32
	79	44	66	64	14	11	19	16	10	36
Average	72.15	44.85	58.70	51.40	14.05	11.30	22.05	17.00	22.50	30.25
C.V.	23.80	29.18	20.68	21.74	29.70	23.69	24.42	26.31	82.68	25.51

表3. 夏季所生產香菇蕈體之各部標示

Table 3. Dimensions of the sampled shiitakes growing in summer.

	H	H_2	A_1	A_2	B_1	B_2	T_1	T_2	K_1	e
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	deg.	mm
	93	69	57	46	10	14	17	16	0	30
	76	50	69	50	21	13	17	13	0	31
	62	39	45	41	10	10	21	13	50	24
	83	62	52	51	9	8	17	13	0	29
	84	53	63	52	16	13	21	15	20	30
	86	59	45	38	15	11	36	15	0	24
	80	57	56	50	15	12	18	14	0	31
	62	32	53	52	10	10	16	16	60	27
	63	44	50	46	13	11	17	13	10	27
	82	60	60	44	24	8	20	18	0	26
	82	55	52	45	18	14	26	21	30	28
	82	56	62	52	22	12	17	13	30	30
	59	43	32	32	6	7	12	10	45	19
	67	41	53	48	17	14	21	20	0	31
	60	39	50	46	9	7	14	10	60	25
	56	32	63	54	21	11	38	14	0	32
	80	60	77	67	12	18	16	14	30	42
	54	31	50	35	11	6	15	7	60	20
	44	23	47	36	11	11	18	10	90	23
	75	52	48	44	10	10	18	12	15	27
Average	51.50	47.85	54.20	46.45	14.00	11.00	19.75	13.85	25.00	27.80
C.V.	18.52	26.10	18.04	17.00	36.42	26.71	33.50	24.38	109.93	17.88

曲角度K_1>50°時，蕈傘(cap)嵌入定位輸送帶之間隙中，蕈傘被切柄刀具剪切，造成對香菇之機械損傷。表2、表3中之T_1及T_2值若大於輸送帶間隙時，蕈體之定向效果不佳，可能影響切柄成功率。同時蕈傘之最短側徑e之值若小於定向輸送帶之間隙時，蕈體將自間隙中掉落，導致無法定向與切柄。

香菇蕈體影響定向之第二項物理特性爲其外形，當H_1<A_1或A_2時，因蕈體之重心偏高，菇體之轉動力矩無法克服菇體與輸送帶間之摩擦阻力，同時撓性撥指對菇柄偏離之香菇無法作用。

爲瞭解試驗用香菇之背景資料，取樣一堆香菇，將其分類而得到香菇各項比例如下：

當S=香菇總數，

S_1＝小型香菇數【凡e＜皮帶間隙爲小型香菇】。

S_2＝不易定向香菇數【T_1或T_2＞d、h_1＜A_1或A_2，k_1＞50度爲不易定向】。

則小型香菇比例：R_1＝S_1/S

不易定向香菇比例R_2＝S_2/（S-S_1）

依據實際調查結果，夏季菇之R_1=10%、R_2＝31%，冬季菇R_1＝7%、R_2＝27%。

二、切柄機之研製與機構修正

本機依作業功能，可區分爲電源主控制箱、單一供料機組與自動切柄機組兩作業單元，經規劃、分析設計後，製作元件與組裝成型，各驅動馬達之啓動開關均集中裝設於控制箱中，爲作業安全，本機另有一緊急停止開關，可在發生意外時緊急切斷電源。該控制箱可配合工作人員之作業位置，在固定軸上迴轉，以改變面板之操作方向，便於操作。主要單元機構之相關研究結果分別說明如後：

（一）限量供料單元

香菇採收穫後，以容器盛裝運送至處理場，傾入階梯式供料輸送機之形V型盛斗內，輸送機以45°之傾斜角，藉輸送帶上等間距之橫肋提取定量香菇，將香菇往上輸送至出料口後，利用重力依序自然落下至單一供料機最上層輸送帶，進行原料單一化作業。本限量輸送機爲了達成較合理之均勻供應量，在輸送行程中嚐試不同之限量裝置，經試驗結果，階段式原料輸送機(圖7)之仰角度提高爲60°，並在輸送帶之中央裝置圓棒式阻力棒，以便在盛斗滿載時，將輸送帶所提升過量之菇體推離下滑，限制每一階段有效供料個數。

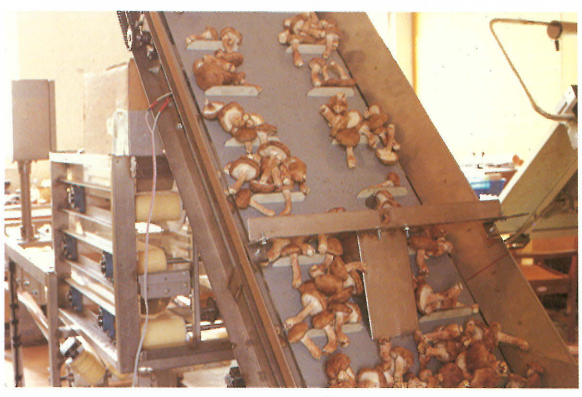


圖7. 香菇原料輸送機

Fig. 7. The shiitake conveyor.

（二）單一化供料機組

爲顧及鮮菇無法承受機械外力撞擊之物理特性，並減少機體空間，本單一化機組採用三層立體式結構，香菇經各層輸送帶之上輸送，藉層間輸送帶之線速差，形成香菇在輸送帶上之位移變化，自然

達成將菇體單一隔離之目標。單一化供料機組計有左、右兩作業線，同時進行兩組單獨作業；輸送帶由ψ 70之滾輪與調頻馬達驅動，馬達與下、中及上層輸送帶之鏈輪比爲60：30、30：15及1：1，即下層送帶與馬達等速，中層速度爲上層之2倍，下層速度則爲上層之4倍。同一輸送帶上前後相鄰之香菇，在落下至下一層輸送帶時之瞬間因位移差，將前後相鄰二香菇蕈體之間隔錯開。爲防止菇體自上一層輸送帶落下時發生位置偏離之現象，在輸送帶行程終端安裝一傾斜之V形承接引導裝置，可有效改善前述狀況之發生。本機組之作業速度與主切柄機組輸送帶互相對應，藉馬達調頻來完成。單一化供料機組之長、寬及高分別爲800 × 590 × 530 ㎜，作業時移置於切柄主機之橫樑上，收藏時則可與切柄主機分離，以減少對貯存空間之需求，本單一化供料機組之結構如圖8所示。爲了提高單一化供料作業效率，經試驗分析結果，本機構建議增加層數。

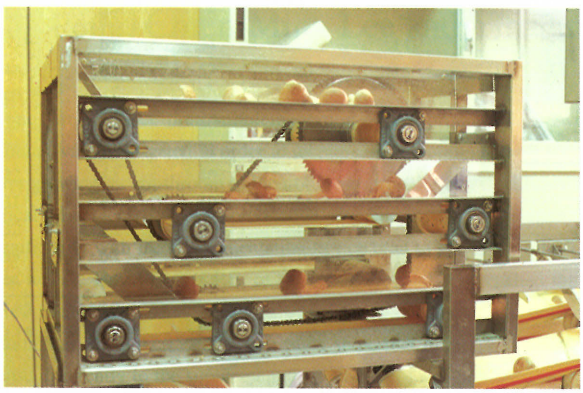


圖8. 三層式單一化供料機

Fig. 8. Three layer singularizing feeder.

（三）自動定向、切柄機組

本機構之作業功能包含菇體在切柄前之定位與定向、切柄及菇體收集等，當經單一化分離之香菇蕈體掉落至本切柄主機入口時，菇體在輸送帶上藉轉動力矩產生扭轉作用，將菇體之菇柄朝下，按落下之先後依序排列在輸送帶上，並由輸送帶往後運送，菇體在接觸迴轉切刀時，由輸送帶之攜帶作用通過切刀組，而將菇柄以預定之長度切除，處理後之菇體由收集器收集，完成切柄作業之全程（圖4所示）。至於切下之菇柄或小型之菇體下腳料等，則由另一收集輸送帶收集。

1.定向、定位單元

切柄主機（圖9）之菇體定位與定向設計爲本機成敗之關鍵，而定位及定向之完成，則係藉菇體之重心自然不穩定性。本機對菇體能產生定向扭轉之原因，則藉助於輸送帶雙向傾斜，使菇體在輸送帶表面產生轉動，並利用兩條輸送帶間之微小相對速度差，將鮮菇體於輸送過程溫和地轉動，使菇柄朝下而夾入兩輸送帶間之預留間隙，此後菇體即以菇柄向下蕈傘在上之平放位置進入切刀組。但因兩輸送帶間之微小速差對蕈體之定向引導作用並未顯著，爲簡化機構設計，將兩組輸送帶以共軸方式驅動，廢棄輸送帶間之差速設計。由於輸送帶在起始端先以三度空間之方式扭轉，其最適扭轉仰角爲何（參考圖1），則由錯誤嚐試中獲得。爲了讓菇體在進入本機時能確實進行扭轉產生定向之作用，本機輸送帶之扭轉由起始點向上傾斜45度後，角度緩緩增加，至第二扭轉點時放大爲50度（相對於垂直位置），隨後保持水平不變；在角度由45度扭轉爲50 度這一段輸送過程，輸送帶係向上斜送，這一斜送之過程，可協助部份未進入定位狀態之菇體產生滑動而再度定位。同時在本機輸送帶之入口端，兩輸送帶之間原預留供夾入菇柄之15 ㎜間隙，偶而會誤導部份落下之菇體以蕈傘之邊緣嵌入，造成永遠無



圖 9. 香菇自動切柄機

Fig. 9. The automatic shiitake stalk cutter.

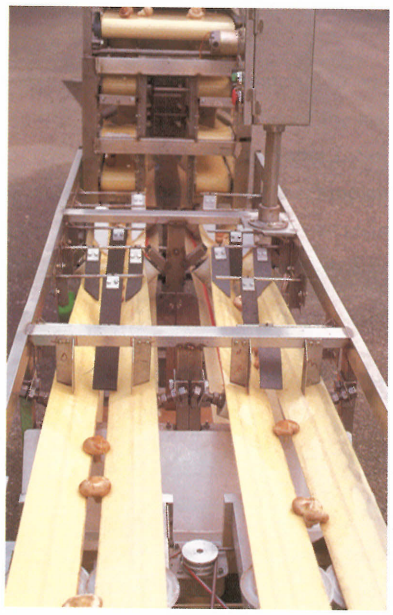


圖 10. 撓性撥動機構

Fig. 10. The flexible stiring strips.

法定位與定向之缺點。爲補救並改善此一缺點，在輸送帶組之正下方，另沿與帶緣平行之方向裝置一條寬 30 ㎜之小型輸送帶，托住菇體並兼具協助輸送之功能。當菇體離開這一條托送帶後，菇柄即依定向結果朝下夾入輸送帶間隙；唯經數度實測檢視結果，該托送帶並未達成預期之功能，經檢討分析後，將輸送帶組在起始端以幾近零間隙之設計取代托送之機構設計後，獲得更正面之定向效果。惟經多次室內試驗觀察結果，在定向過程中仍有少量之菇體並未完全依照設計達成定位與定向作業；爲了讓這少量未定向之菇體，能在定向處理流程繼續完成定向作業，本機在輸送帶轉折之區段，另以撓性之撥動機構（圖 10）協助菇體進入正確之定位、定向位置。輸送帶共有左右兩組作業線，原設計內側

兩條輸送帶共用一只驅動馬達，外側兩條輸送帶則另用一只馬達，如此可依照作業狀況將每一組輸送帶以微小之相對速度差，協助菇體定向；經修正後，已如前述使用共軸驅動。至於其動力傳導，則爲以18：15之鏈輪比由馬達加速驅動。以人工利用隨機方式將香菇蕈體任意投到定向輸送帶上，在四種不同之輸送作業線速下作業，以定向成功之蕈體數除以投入香菇蕈體數減去被分離異常之小型下腳菇體數後餘數，所得之定向成功率介於82%至91%之間，如表4所示。由該表可知在不同輸送帶作業速度下，本切柄機之定向功能並無顯著之差異。

表4. 定向輸送帶單獨作業功能試驗

Table 4. The shiitake orientating performance when the orientating unit operated individually.

皮帶速度	受測數	先期選別	未定向完整	未定向切損	完成數	損傷率	成功率
24	100	7	10	3	80	3.2 %	86 %
33	100	6	8	3	83	3.2 %	88 %
42	100	7	9	5	79	5.4 %	85 %

[z] 作業條件：以人工供料，於定向皮帶上，任意方向投擲，試料爲冬季品，外型異常率35 %，定向皮隙25mm

2.迴轉切刀組

本切柄主機另一項作業功能爲最後之切柄，當菇體由傾斜定位、定向階段轉入水平輸送後，菇體即進入待切除菇柄之狀態，直至菇體與相對迴轉之切刀組接觸至通過後，完成切柄作業[7]；該切刀組係由不銹鋼板切削而成，並以相對迴轉之作業方式進行菇柄之切除作業，切刀組之動力由另一只低功率調頻馬達以1：1之速比完成動力傳導，切刀組與輸送帶間之相對位置爲可調式，其調整幅度視留柄長度而定。本機之設計結構如圖9所示，全機之長、寬及高分別爲2560 × 695 × 800 ㎜。

3.收集裝置

已完成具備動力之菇柄收集、篩落香菇收集與成品收集裝置，目前僅以平板爲之已達收集功能；未來可於其空間修改爲利用輸送帶輸送至附屬之菇柄與小型等之收集配備，該配備可因地制宜，作爲選擇性之附屬設備；唯其機構設計仍比照本自動切柄機相關輸送帶之設計與材料，由低功率馬達來驅動並完成相關作業。

三、連續切柄試驗

於香菇切柄機單一化供料機組與自動切柄機組完成研製、個別功能試驗與改良後，針對整體作業功能進行試驗，與綜合性之機構改良爲本計畫之另一研究主題。如前所述本香菇自動切柄機切柄作業流程中（圖4），包含了限量供料、單一化供料處理及後續之自動定位與切柄。供試之單一化供料機構爲三層式轉折設計，至於切柄機組部份，則爲經簡化爲共軸傳動機構後之機組。切柄試驗時將未經選別分級之混合新鮮香菇原料傾倒入對地角爲60°之原料輸送機貯料斗中，藉輸送機上階段式隔板將香菇往上輸送。爲在最初期輸送原料作業流程中，達成限量供料之目的，以減少後續單一化處理之作業負荷，輸送帶上隔板由完整板條式修改爲斷開設計，並由嚐試錯誤試驗確定隔板之合理高度，同時分析香菇之穩定安息角，將輸送機之斜角修正爲對地60°而告定型。本次供試之香菇體外形正常與異常之比率爲2.1：1（由圖5及圖6，凡$e<24mm$、$T_1>24$、$H_2<2/3H$、$K_1>50°$之香菇均爲畸形異常香菇，），香菇在輸送機終程直接落入單一化供料機上，經三次轉折藉輸送帶之差速讓香菇自然產生位移變化，在最底一層輸送帶末端，理論上香菇個體間之間隙已達20～30公分。惟單一化處理效果與設計期望值仍存有落差，經分析檢討結果，係肇因於未經選別分級、混合原料間之糾纏與處理流程不足。經單一化供料處理後之香菇體接著落入自動切柄機組後，在輸送帶形成之漏斗狀空間中滾動，並自動完成菇柄朝下之定向與定位動作，菇柄自動夾入漸開式輸送帶間隙中，蕈傘則平貼於輸送帶表面，持續往後輸送至相對迴轉切刀組，進行預設柄長之切柄作業（圖11）。在定向輸送過程中，小型菇體則經由輸



圖11. 切柄後香菇

Fig. 11. The shiitake were cut off the stalk.



圖12. 被切損之香菇

Fig. 12. The shiitakes damaged by the cutter.

送帶間隙掉落至下腳料收集輸送帶上，另予收集處理。一般而論，因蕈傘平貼於輸送帶上，故只要完成定向，在切柄時發生蕈傘被切損（圖12）之比率極低。由表5查知，即使原料輸送帶之線速度不同，當供料輸送帶及定向輸送帶速度皆低時，切柄處理之損傷率較低。供料輸送帶速度高時因蕈體供給量多，同一時間有成堆之香菇落下，單粒化效果不佳。因此要得到高流量、高均勻度的香菇單一化效果，必須適度控制進料量，並以多層轉折變速設計，達到加速蕈體之分散效果。

結　論

一、本切柄機初期所使用之輸送帶傾斜角爲18°，作業中菇體在帶上翻滾數次，徒增定向之困擾，解決之道似可由減少傾斜角著手，經增加輸送流程改變機體長度後，傾斜角修正爲5°，已可控制香菇在輸送帶上額外之翻滾。

二、兩條定向帶之間距，採用前段較小，逐漸加大至水平階段爲等寬之不等距設計，以減少香菇

表5. 連續作業時不同進料一定輸送帶速度之切柄成效

Table 5. The shiitake stalk cutting efficiency at various belt speeds.

配速比(m/min)	輸送數	先期選別	未定向完整	未定向切損	切柄成功數	損傷率	成功率
2：6：12：24：24	104	5	19	4	76	4.0 %	77 %
2：6：12：24：33	112	7	15	4	86	4.7 %	82 %
2：6：12：24：42	107	5	19	7	76	6.8 %	75 %
3：6：12：24：24	171	9	38	11	113	6.8 %	70 %
3：6：12：24：33	167	12	27	11	117	7.1 %	75 %
3：6：12：24：42	158	11	29	14	104	9.5 %	71 %

[z] 1.作業條件：以單線作業，切柄2分鐘，試驗香菇爲冬季品，外型異常率35 %，定向皮帶間隙25mm

2.配速比定義：分別爲限量輸送帶速度：單一化第一層速度：單一化第二層速度：單一化第一層速度：定向輸送帶速度。

於落下時之嵌入現像，藉以提高定向效率。定向輸送帶之速度若太高時，將會發生擦傷菇體之現像。

三、單一化供料機構之作業精度直接影響後續定向與切柄作業之效果，爲了克服階梯式斗升機承斗存量變化造成定量輸送帶之供料量變化懸殊，形成單一化效果不彰之現象，經分析結果，應可利用增加單一化差速輸送帶組數來達成，檢討後之結論採五層設計，惟提高單一化之效果如何則有待進一步之試驗後驗證。

四、香菇蕈體外形對本切柄機作業性能影響極大，短柄或外形扭曲者，在定位、定向時易發生不穩定之現象，因此定向作業功能之穩定度恆受不同產期菇體外形之影響。同時由於傳統之收穫作業，未將大小不同之菇體於收穫時先行分級，致香菇蕈體在定向輸送過程中，小型菇體會在中途掉落，必須在定向帶下方加裝小菇體收集帶。本切柄機之最終試驗結果，定向效率未達90 %以上，究其原因爲香菇外形及菇柄扭曲較嚴重所致，不過在定向輸送過程若將其行程增加，則可由管理人員於作業中隨時檢除，應可提高定向之精確度。

如表4所示，定向輸送帶使用42m/min之線速度，不計異常蕈體數，所得之定向結果爲85%。相鄰香菇蕈體之間距達30公分，在導入定向作業時，蕈體間無干涉與阻滯之現像。若以85%之定向及切柄成功率計算，供切柄香菇之蕈體正常率爲94%，以每分鐘200個蕈體之供料速率進行切柄作時，每分鐘切柄成功數爲160個。

誌　謝

本研究計畫承中正農業科技社會公益基金會贊助，謹申謝忱。

引用文獻

1. 王宏智、陳俊明、尤瓊琦、王豐政。1995。香菇乾燥基本特性之研究。農業機械學刊4(1): 1-13。
2. 余文彰。1996。可調整菇腳餘長之菇類切腳機結構。經濟部中央標準局專利公報第289916號。
3. 吳盛雄。1983。洋菇根部自動切腳機。經濟部中央標準局專利公報第54860號。
4. 許炳富。1997。香菇加工切腳機。經濟部中央標準局專利公報第299583號。
5. 陳文祥。1979。洋菇根部切除機。經濟部中央標準局專利公報第26772號。
6. 陳文祥。1981。草菇切根機。經濟部中央標準局專利公報第34871號。
7. 黃俊雄、李錦楓、謝定時。1979。洋菇續式自動切柄機。經濟部中央標準局專利公報第36233號。
8. 農委會。1983。香菇木屑塑膠包栽培。農民淺說255A。
9. 臺灣農業年報。1993。臺灣省政府農林廳編印。102-103頁。
10. 鄭添壽。1979。生菇自動切頭機。經濟部中央標準局專利公報第26347號。
11. 盧炳榮。1980。生菇自動切頭機。經濟部中央標準局專利公報第29677號。

12. 譚奇才。1982。半自動洋菇切柄機。經濟部中央標準局專利公報第45571號。
13. 譚奇才。1985。洋菇香菇切柄機用之帶式洋菇香菇輸送裝置。經濟部中央標準局專利公報第72338號。
14. Antonio Turatti. 1978. 洋菇自動篩選及切莖用機器。經濟部中央標準局專利公報第23428號。
15. Nuri ,N. Mohsenin. 1980. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breachscience Publishers New York.
16. Rao Singiresu s. 1984. Mechanical Vibrations. Taipei Publications Trading Company.

Development of the Shiitake Stalk Cutter[1]

Lien-Sheng Liang , Kuo-Hsiang Hwang and Tyng-Horng Chou[2]

Summary

The stalk cutting machine for shiitakes consists of three major components- a singularizing feeder, an orientating unit and a cutter set. Through the three floor singularizing feeder with a designed conveyor speed ratio of 1:2:4, the processed shiitakes falling down from the upper floor to the lower floor are displaced at increasing amounts to separate with adjacent ones. Each processing line of the orientating unit comprises two twisted conveying belts. A V-shape carrying gap with an increasing width through the processing line is purposely formed in-between these belts to keep stalk sides of the shiitakes downward. When being transported through the disk cutter set, the orientated shiitakes are then cut off their stalks at desired lengths. From experimental results, more than 85% of the processed shiitakes were cut successfully when the orientating unit was operated individually. However, when the whole stalk cutting machine was put in action, the handling capacity of this machine and the percentage of shiitakes successfully cut were reduced tremendously due to the non-uniform feeding at the singularizing feeder and the backward bouncings of shiitakes at the orientating unit. The best case of this machine operated continuously showed that the percentage of shiitakes successfully cut was about 82% with a handling rate at 86 shiitakes per minute neglecting small shiitakes dropping from the gap of orientating belts. The handling ability of this machine would be increased if further improvements were properly made on the singularizing feeder and the orientating unit.

Key words : Shiitake, Auto-orientation, Stalk cutter.

---

1. Contribution No.2038 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.
2. Respectively, Head and Senior Engineer, Assistant and Assistant, Department of Agricultural Engineering.,TARI, Wufeng,