

改良式小型袋式牧草青貯裝填機用於 甘蔗尾作業適性試驗

The Operation Performance Test for Sugarcane Tail Used by a Modified Bag Feeding Machine of Forage Silage

國立嘉義農專農機工程科副教授

黃 清 旺

Ching-Wan Huang

摘 要

甘蔗尾一直是機採時的廢棄物，在牧草較缺需尋草源同時，隨蔗尾青割收穫機改良成功而轉成為良質青飼牧草，欲於非產季利用，青貯是唯一之選，配合國內研製完成並在商品化試驗的小型袋式牧草青貯裝填機做適性試驗。經青貯前所做相關物性調查，蔗尾採收後做成分統計，株莖佔69.3%、葉尾為30.4%、其他包括乾葉為0.4%；含水率處理測定在65%~75%間者佔86.1%；細斷長度量計在4cm以下佔96.7%，均符合青貯要件。

在機械面，經分析安息角與最大靜摩擦角，其關係決定輸送機仰角在52.4~28.6度間，此參數可做為最短的合理輸送路徑及裝填機構板凸輪曲度的設計與作業時仰角調整範圍。

由試驗結果知，PE袋周徑外張率僅1.63%、作業打滑率為2.32%、位移變化量與時間列距迴歸後其R-squared 99.67%，斜率值0.354與平均作業速度0.356m/sec比對無顯著差異，而青貯袋周徑與背壓關係雖僅有0.65的相關變化，但可知的是在正常使用下，周徑變化可為人工適時操控背壓力的憑藉。至於青貯袋平均填壓密度為605.5kg/m³，填壓比3.4，無汁液滲出，於儲放165日後的品質化性分析，pH值為3.72，以Fileg's Point 脂肪酸組成標準評點達77點，與過去不同對象物的青貯品質評點77~90間比較無明顯差異，更比一般非袋式青貯且評點低的盤固草與狼尾草高出20~30，此顯示該機作業穩定，同時證實機採甘蔗尾符合青貯，更說明袋式青貯機械之設計、作業時背壓之設定與適時調整、PE袋選定等是合理可行的。另方面，本機作業袋長可依需要裝置不同的背壓鋼索而得不同袋長的青貯料量，且每公尺袋重0.6kg，每百斤青貯料之PE袋成本僅0.93元，成本低、污染少。

關鍵詞：甘蔗尾，青貯，袋式儲放，青貯機。

ABSTRACT

The sugarcane tail is the waste during machine harvesting. When the farmer must find the forage source since lacking of forage, the silage is only one way to support the feeding material for the livestock. The sugarcane tail that was harvested by the cutting machine can be a good feeding forage after ensilaging. This study completed the performance test for the sugarcane tail by a small-bag forage silage feeding machine. The contain analysis of sugarcane tail before ensilage were stem (69.3%), leaf tail (30.4%) and others (0.4%). The other physical properties of sugarcane tail that moisture is between 65%~75%, about 86.1% on total, cutting length less than 4 cm is 96.7%, are satisfied to ensilage.

The angle range of elevation for the feeding machine is between 28.6° and 52.4° that was analyzed from the angle of repose and maximum static friction. Those parameters can be the optimum short transporting path and the optimum design for the plate-cam angle of feeding mechanism.

From experimental results, the extension rate of PE bag is 1.63%, the slip rate during operation is 2.32%, the R^2 for the relationship of displacement change and time series is 99.67%. This is no difference between slope (0.354) and average operation speed (0.356 cm/sec). But the relation of the diameter of PE bag and back pressure only has 0.65 correlation. The average pressing density of bag is 605.5 kg/m³, the pressing rate is 3.4 and no juice was permeated out during feeding process. The ensilaged forage was took out to do quality analysis after 165 days. The result of quality (point=77) observed good quality followed Flieg's point standard. There is no difference that this result compared with the other ensilage forage before.

It indicated that machine was suitable to ensilage the sugarcane tail. On the other hand, the ensilaged amount for the different bag-length depends on the back-pressure of different steel wire. The cost of the ensilaged PE bag for 100kg is NT\$0.93 dollars under the 0.6kg/m weight. It showed the low cost and no pollution for processing.

keywords : Sugarcane tail, Silage, Bag storage, Silage machine.

一、前言

甘蔗尾在60年代之前於本省曾扮演著耕牛主要之青料，當傳統走入機械化迄今，蔗作面積因情勢而銳減，至今約餘四萬多公頃，年產量約有450萬公噸，而甘蔗尾自機採開始，無論燒採或青採，一直是收穫後的廢棄物，以4%計算也達18萬公噸之多，棄置田間似可做有機肥，實則未經發酵對土壤反而不利。目前國內畜牧產業的蓬勃發展，對草源的需求更殷，如能妥為處理利用，不僅解決廢棄物

的去處問題，所提供於畜牧產業的，當是低成本、嗜口性佳的草源。

就牧草處理面而言，青貯工作在提供餵飼上，除平衡淡旺季草源外，調製或貯藏，其所佔用的勞力及儲放容積均比乾草或青割芻草要少，又因含水貯藏，在營養成分與嗜口性更受肯定。而青貯技術在國內外早已達相當成熟的程度，近年來，本省酪農為求提高鮮乳品質、降低生產成本及經營管理分工的需求，青貯草之調製用量，急劇上升，但採行之方式以簡易的Bunker Type居多。

由國外引進之3M及RoTo-Press之香腸式青貯機^[18]，裝填容量以25公尺長的塑膠袋儲放可高達140公噸，其斷面在5~6平方公尺間，有利於大場酪農戶，但卻因飼養習慣及牧草利用環境的差異，除試驗單位及一、二家大牧場外並未在國內被使用，而本省重點牧草中高莖如狼尾草，因適割期含水率過高^[10]，該機也無法用於調製狼尾草為青貯草，為配合本土化農情及乳羊飼養戶之需要（依83年農業年報資料統計，乳羊飼養達98742頭）^[6]，一種小型袋式青貯裝填機^[11, 13, 14]，在長24公尺斷面積0.9平方公尺，容量達10~15噸的機型，經研製改良試驗，製作各類牧草青貯尤以水份含量很高之狼尾草，其品質依Flieg氏青貯料脂肪酸組成標準^[19]評點達82%以上^[9, 11, 13, 14]。pH值、外觀與嚼口性均符合供飼需求。雖不能滿足大場酪農之供量，但對正積極推廣的本省乳羊業者是較合適的選擇，以單頭羊日食1公斤計，飼500頭，15噸的青貯草供量可維持30天，而大容量者料袋斷面因外界曝露所造成的損失比乳羊日食量高，形成浪費。

袋式青貯裝機在適用於各類牧草青貯有不錯的結果後，在台灣糖業公司服務的賴健二先生開發「甘蔗尾青割收穫機」，經試驗成功後^[12]，甘蔗尾的利用得以展開，收穫後的蔗尾除供直接青飼外，但將之利用於青貯，其品質是否符合一般牧草標準？其發酵過程是否穩定並達到Flieg's脂肪酸組成評點較佳標準？青貯方式採用國立嘉義農專農機工程科研製完成並在商品化試驗之袋式青貯機，作業過程該機是否適用？規劃設計與操作使用上有無問題？此等蔗尾青貯之可行性，袋式青貯機對甘蔗尾特殊物性的青貯作業適性之驗證，以開發牧草多元化來源並完成袋式青貯機械作業本土化的目標乃為本研究之目的。

二、材料與方法

(一) 青貯技術層面要求

由青貯技術面^[1, 4, 5]得知，成功的青貯芻草細切投入青貯設備加壓密封後，即開始進行物理與化學交互的發酵作用，其原理是依芻草生理作用，利用乳酸菌的作用行乳酸發酵而熟成。裝填

初期消耗封存於袋內草料空隙間的氧氣，進行呼吸作用和好氣性發酵而完熟，在生成大量的二氧化碳 $[C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O]$ 取代青貯袋內的氧氣後，再進入厭氣性乳酸發酵生成乳酸菌 $[C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3 \cdot CHOH \cdot COOH]$ 。因之，青貯裝填袋內空氣含量愈少，發酵引起的升溫就低（正常應於30℃左右），才得以有高的養份維持量。

當乳酸含量達pH3.5~4.0時，乳酸菌因處於酸性狀態而自滅，並有適量的C/N比率，青貯料即成功產出且趨向穩定，得以封貯儲放提供飼飼。

完熟的青貯料，發酵過程雖有若干養份損失，但與原材料差異不大，更由於莖部軟化，可減少飼飼時的殘留量。一般以乳酸含量較高，丁酸含量低及氨生成較少為佳品，目前以有機酸含量來評分青貯料的方法，以Flieg's脂肪酸組成法居多，該法是依據乳酸含量、丁酸、乙酸含量的增減各給與分數，合計後做青貯料品質優劣之指標。本研究是以該法為主，pH值等級區分與感官評分為次。

由以上青貯的技術層面探求，做為青貯料之原材料及其環境可歸納為

1. 原材料發酵係利用材料中之碳水化合物進行的，故含水率的調配控制應合適。依王氏及^[1]與Shinner等^[20]，及Ag-Bagger公司^[18]資料顯示，其較佳之含水率應在70±5%間。

2. 提供無氧發酵環境，填壓密度愈高，氧氣殘留材料粒間隙就愈少，故粒度即以牧草細斷長度，應愈細愈好，但兼顧纖維及飼飼殘量，禾本

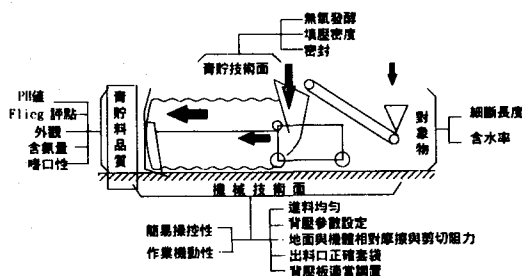


圖 1. 袋式牧草青貯裝填作業系統

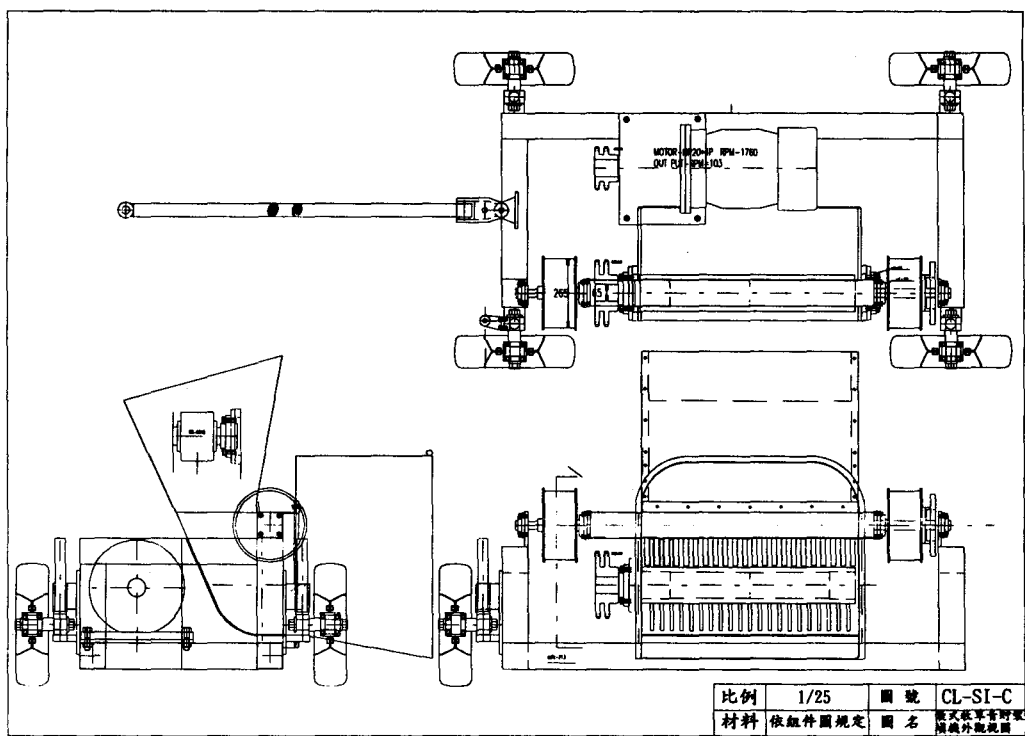


圖 2. 袋式牧草青貯裝填機主機構視圖

料應以2~4cm為佳，豆料也應在10cm以下。

3. 發酵熟成間及熟成後之貯放，密閉環境的封存處理與置放地點的考量，青貯袋材質等材料與設施應妥為選擇^(2,3)。

(二) 青貯裝填機作業的基本特性

1. 本機型經多次研製改良後，作業功能訴求均符合商品化條件⁽¹⁴⁾，其主要之作業特質如圖1所示裝填作業系統，本系統含蓋青貯與機械兩層面，須互為契合，各項機械作業以達青貯技術面的無氧發酵、填壓密度、密封為必要條件，而對象物之相關物性包括細斷長度、含水率、安息角、最大靜摩擦角與虛表比重，除符合青貯技術層面之充分條件外，本機各項機構間作業功能更應達成對象物相關物性的適性。

2. 經規劃設計繪製組件圖^(11,13,14)後予以製造如圖2所示主機構視圖，以五組平板凸輪組形成葉輪作用並裝在一長820mm，直徑140mm ϕ 的水平軸上旋轉，一組平行於水平軸之閘柵垂直於軸上方外側，平板凸輪旋轉時板間間隙可旋過閘

柵，使推出之牧草沿著凸輪軌跡向出袋導口前進，出袋背部有一背壓板以碟式油壓控制，背壓為設定可調，於作業中，端視草料出袋與輸送機輸送量及機體與地面間之摩阻係數而調整，當背壓超過設定值即微量釋放背壓以保持青貯料在袋

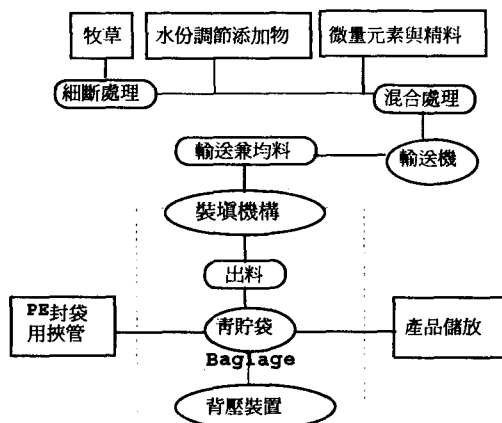


圖 3. 牧草青貯裝填機作業組合式樣

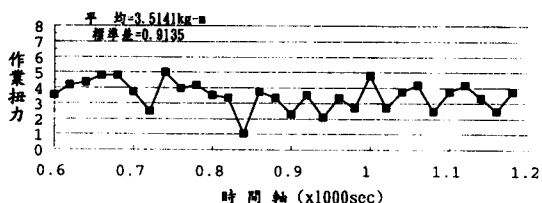


圖 4. 牧草青貯裝填機作業扭力(取max)變化

內之密度。其作業組合式樣如圖3所示。

3.機械設計應提供有利條件配合青貯技術層面的調製要求，但基於機械寬容度與成本面考慮其功能的有限性，牧草前處理過程包括牧草本身是否適割期所收穫？含水率是否在最適的比率？細斷長度是否可令乳酸達最佳生成量？機械進料輸送時，投入量是否間斷不均？以及細斷後草料間的內聚力及草料與金屬間的黏著力，關係到作業時輸送量與均度和穩定，均應予確定。本機研製後期對狼尾草、青割玉米、盤固拉草等的作業試驗，已達商品化的作業功能需求，作業時最大平均扭力為 3.514 kg-m (1780 rp m)^[7, 13]，且變化穩定。如圖4所示。

4.在本次研究試驗，以甘蔗尾青貯作業功能上的適性為主，雖未加裝扭力試驗裝置以檢測其變化特性（擬於下階段研究），但試驗中，由青貯袋外部周徑擴張性與背壓間的相關性，時間列間距與位移量關係上的表現，可用以推論其作業過程是否呈現穩定及甘蔗尾用於青貯的適性。

(三)相關物性之調查測定

青貯作業對象物前處理的確定，是可從基本的物性調查量測分析得知是否符合青貯技術層面與機械技術層面所要求的條件。前者，以粒度、含水率為必要條件，對牧草而言，粒度應指細斷長度；後者，欲得到用於青貯時的最適機械作業條件及緊密之填壓功能，機構與對象物間，應針對物性找出機構設計參數，在可接受的作業精度範圍內加大寬容度，以處理不同性狀、不同生育期的差異性。

甘蔗原屬熱帶多年生之高大禾本科之原料作物，過去擔任「台灣經濟奇蹟」任重道遠的角

色，目前雖因國際糖價之滑跌但栽植面積包括台糖公司與蔗農所屬乃有四萬多公頃，採收時之蔗尾迄今仍任其拋棄，在牧草短缺之當前開發改良蔗尾青割收穫機之成功^[12]，使蔗尾成為多元化牧草源是很珍貴的資源，但適割期所收穫者與供飼需求配合失衡，如假以青貯儲存，對草食性牛、羊可提供很好之草源。

為能符合於青貯要求條件及袋式裝填的機械操作，考量不同性狀在物理性質上的差異性，調查測定與比較分析以下之基本物性包括細斷長度、含水率、安息角、虛表比重、摩擦係數是成功的試驗所必需的。

1.細斷長度

在青貯前處理上，能接續收穫作業是最省工的合理化方式，目前本省重點牧草中，狼尾草、青割玉米等高莖牧草，因青割收穫機之開發^[8]及引進改良而獲解決並可依青貯或直接供飼不同形式的需求從該機切割頭加以調定。

甘蔗尾做多元化牧草來源，因甘蔗尾之細斷收割機的研製試驗成功^[12]而解決，本研究採用該機型收穫甘蔗尾，經隨機取樣量測，其取樣量測分析如圖7、8即可顯示該機型收穫細斷的粒度均在4cm以下，呈現出收穫作業功能的穩定性。

2.含水率

另一關鍵因素含水率，是天候所控制的一項變數，隨適割期的季節，氣候而有春夏80%~90%與秋冬60%間之頗高的差異^[10]，青貯的目的，在調節產量不均衡，一般作業農時以春夏盛產季為主，此季節牧草含水率偏高，但收穫下來，在不引起因堆積發酵升溫作用前提下，稍事為萎凋即可達青貯作業所需之條件，當然依餵飼養分的需要量（飼養標準Feeding Standard）使用添加物也是調配符合含水率要求的方法之一^[1, 4, 5]。本試驗收穫時當日的室外氣溫平均 32°C ，收穫後經搬運到作業現場置放到開始作業時距18小時，於作業前之隨機取30個樣本，以靜置烤箱調定 105°C 做24小時烘乾，量測水份結果均在青貯所需含水率的最佳範圍 $70 \pm 5\%$ 內。

3.安息角與最大靜摩擦角

在整個機械規劃設計上，細斷的牧草饋入裝填過程中，進料量與速度影響產品產出品質及日後儲放時間的長短。穩定的量與速度可得一致的填壓密度及順暢的出袋，當發生量變或有異常的輸送速度，機械背壓微動釋放可能拉大落差，令青貯料在袋內空隙增加，空氣滯留量加多，不利青貯發酵，裝袋的本身也因青貯料在內部不同的填壓密度導致PE袋外張程度提高令厚度變薄，強度變弱減短儲放時間。

對象物的安息角是依粒度間的內聚力的表現，而內聚力是指牧草粒子即牧草細斷長度與碎裂程度彼間之引力、含水率及草料特性所決定，以輸送機輸送進料時其斜向角度若大過安息角，則引起物料下落，降低進料量。摩擦係數指對象物與輸送機黑皮間的阻力，輸送機作業的斜角大於最大靜止摩擦角時，物料下滑，進料效率相對下挫，其彼間應有如圖5所示之關係。

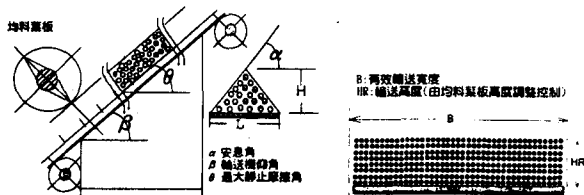


圖 5. 物料的安息角及摩擦係數與輸送機作業斜度間之相對關係

4. 虛表比重

物料在輸送計量時，虛表比重可為量計依據⁽¹⁵⁾，但在本研究中更重要的是填壓密度比例的控制，所謂虛表比重是依已得到該物料的細斷長度在自然狀態下裝入容器中量測的重量與常溫常壓下同體積水重的比值，以此比重為基準，當青貯料被裝於袋內所得密度，可得該機的填壓比。適當的填壓比用以控制該機作業時背壓力的調定。過高的填壓比，物料被擠出大液汁，造成不良之發酵作用與青貯料養分的流失，過低的填壓比，袋內空隙大，空氣滯留量多，青貯熟成間好氣性發酵，呼吸作用引起升溫，令青貯料品質劣質化^(15:9)。

四 試驗設計與方法

1. 試驗的物理意義

(1) 對象物前處理及敘述性統計分析後，即可判定其在青貯技術面與機械作業面上之適性。有關量計所利用之公式如下：

濕基含水率 m ，(Wet basic moisture content)

$$m = \frac{w}{w+d} \times 100(\%) \dots\dots\dots (1)$$

含水率調節用添加物計量

$$w_s = w_t \times \frac{(m_t - m_s)}{(m_s - m_a)} \times 100(\%) \dots\dots\dots (2)$$

安息角 (Angle of repose) α

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{2H}{L} \dots\dots\dots (3)$$

最大靜止摩擦角 θ ，(Sliding of Angle)

$$\theta = \sin^{-1} \frac{h}{l} \dots\dots\dots (4)$$

虛表比重 G_w ，(Apparent Specific Weight)

$$G_w = \frac{S_t}{S_w} \times 100(\%) \dots\dots\dots (5)$$

輸送量

$$Q_t = HR \times B \times G_w \times V \times k \dots\dots\dots (6)$$

符號說明：

B：輸送有效寬度

d：乾物重

G_w ：虛表比重

H：物料堆積高度

h：鋼板斜向上端到垂直基線高度

HR：輸送機有效斷面高度（由均料葉板高度調定控制）

K：輸送係數

L：基底直徑

l：鋼板長度

m：濕基含水率

m_t ：甘蔗尾水份調節前含水率

m_s ：甘蔗尾與添加物混合預得之含水率

m_a ：添加物混合前之含水率

Q_t ：輸送量

S_w ：甘蔗尾一定容積重

S_t ：同體積4℃水重

w：水份重

w_t ：甘蔗尾水份調節含水率前重

w_a ：添加物混合前重

V ：輸送速度

α ：安息角

θ ：最大靜止摩擦角

(二)機械作業穩定性、效率及有限性。包括在相同的輸送進料量，及裝填作業時間列間隔上，背壓力變化的同時，發生的機械位移量，青貯袋周徑變化量，其量測的資料可用以推論前處理後合宜之對象物在實際青貯作業上的穩定性。

(三)青貯料完熟封袋並儲放一段時間予以拆封，並以pH值與官能判定法^(1·4·5)（日本須藤博士1969年發表）及Flieg's脂肪酸組成法⁽²⁰⁾評定青貯品質以推定甘蔗尾用於本機型之適合性。

2. 試驗方法

(一)做機械青割後的甘蔗尾之隨機取樣，以量測細斷長度，外觀重量成份、濕基含水率、安息角、摩擦係數及虛表比重等^(10·15)。

(二)作業試驗用主機及其附件之整備，在選定平坦地面，以暫置現場固定作業方式將製造完成之商品化試驗機及配合之附件包括背壓裝置、輸送機及青貯用PE袋與封袋套管予以組合並做好出料管套袋，又為減少機體與地面間摩擦與剪切阻力所引起的打滑及青貯袋被地面不均尖物壓刺破裂造成試驗更大誤差，作業前以塑膠布墊底，完成使用前之檢查保養並依青貯料之機械物性調定輸送機進料速度（使用變頻器控制）與背壓力。

(三)使用操作中，進料計量，並以計時器及皮尺量計取點之機械位移量、時間間距、背壓力，同時以預先量測之細繩套過青貯袋量計周徑。

(四)作業後封袋，殘留量計重。

(五)青貯料封袋以待發酵成熟，經置室外存放165日後拆封，量測其周徑變化並取樣作化性分析以評定其發酵品質。

三、結果與討論

1.以台糖公司賴健二先生研製之甘蔗尾青割機配合屏東糖廠甘蔗青採作業採收之甘蔗尾，經隨機採樣30公斤，每個樣本1公斤並做蔗莖、蔗

尾、其它等三項的成分分離，其分析結果，如表1摘要統計量與圖6所示，每公斤中各成分間平均值的比例為蔗莖69.3%，蔗尾30.4%，其它0.4%，此比例會依青割作業時調整機械高低取尾部分而變化，但經取樣每公斤樣本統計測驗，各樣本之採樣由平均值、標準機差知屬高峰度趨中性的常

表 1. 甘蔗尾採樣每公斤各成分量測摘要統計量

變數	蔗莖	蔗尾	其它
Weight unit	g	g	g
Sample size	30	30	30
Average	737	255.3	7.7
Median	752.5	239	8
Mode	787	241	5
Std.deviation	70.0842	71.421	4.308
Std. error	12.7956	13.039	0.786
Minimum	585	146	0
Maximum	842	441	18
Range	257	265	55.953
Sum	22110	7659	231

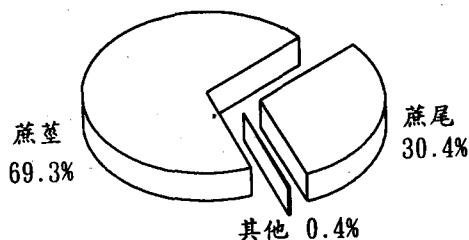


圖 6. 甘蔗尾採收後外觀成分重量比

態分佈，此仍可說明該蔗尾青割收穫機之作業穩定，其收穫後之蔗尾是適合用於本機型的青貯作業方式。

2.甘蔗尾採收後萎凋18小時，取樣量測的細斷長度、含水率、安息角、摩擦係數與虛表比重，其分析後的摘要統計量如表2所示，表中細斷長度及含水率，再經如圖7取樣及圖8之樣本頻度曲線分析與Z-分佈檢定，細斷長度在4cm以下佔96.7%，含水率在65~75%間佔86.1%，足見該甘蔗尾用於製作青貯料是符合青貯技術層面所要求之條件。

3.表2統計摘要量知安息角，其最小之樣本值 $\alpha_{min}=52.4$ 度（平均值 $\alpha_{avg}=54.69$ 度，標準差0.947）。而甘蔗尾在鋼板黑皮間的最大靜止摩擦角，其最大樣本值 $\theta_{max}=28.6$ 度（平均值 $\theta_{avg}=$

表 2. 蔗尾基本物性量測摘要統計量

變數	細斷長度	含水率	安息角	最大靜摩擦角	虛表比重
Sample size	150	40	50	40	60
Average	19.93	0.715	54.69	23.08	0.178
Median	18	0.715	54.7	23.8	0.178
Mode	10	0.71	54.7	23.8	0.167
Variance	118.57	8.814	0.898	6.96	0.000119
Std.deviation	10.89	0.029	0.947	2.64	0.01076
Std.error	0.889	0.0047	0.134	0.417	0.001389
Minimum	4	0.6	52.4	17.6	0.154
Maximum	85	0.83	57.3	28.6	0.201
Range	81	0.23	4.9	11	0.047

細斷長度 4 公分以下Z=1.84 機率為 96.7%

含水率在 70±5%間Z=1.15 & -2.26 機率為 86.1%

安息角 >> 最大靜止角

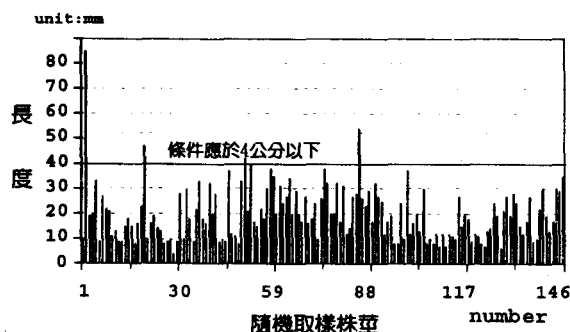


圖 7. 蔗尾細斷長度隨機取樣分佈

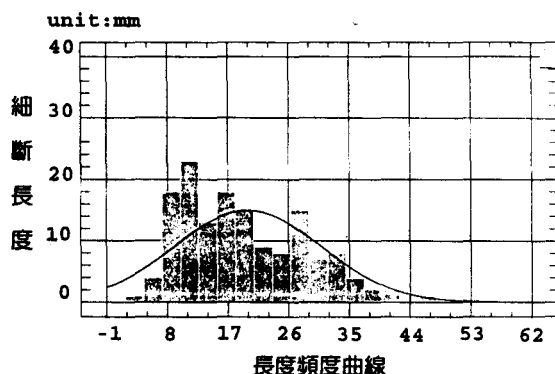


圖 8. 蔗尾隨機取樣的細斷長度頻度分佈

23.08, 標準差2.64), 對機械作業而言輸送機仰角 β 的設計只要在28.6~52.4度間作業就無物料的滑落損失。

4. 安息角與最大靜止摩擦角的另一層意義是前者為物料粒子間的內聚力指標, 角度 $\alpha_{avg} = 54.69$ 度, 內聚力大粒子間孔隙小, 空氣滯留量少, 有助發酵; 後者為物料與鋼板黑皮間的黏著力指標, 最大靜止摩擦角 $\theta_{max} < \alpha_{avg}$ (安息角平均值) 甚多, 表示物料裝填過程中對物料之推

動裝填時打滑的避免有正面效果。

5. 本機的操作試驗, 輸送機速度維持在27.32 cm/sec, 均料葉板調高8cm, 有效輸送寬度65cm, 虛表比重0.178, 量測之輸送量為92kg/min, 依(6)式可得該輸送機之輸送係數0.6261。而主裝填機構的板凸輪組轉數為 51 ± 3 rpm, 無打滑現象, 進料裝填推動中草料無滲水滑擠情形。

6. 在作業後, 青貯袋量測取點位置上的周徑與當時的背壓力如圖9所示的變化, 平均背壓力378psi, 最大最小範圍在335~441psi間呈現變化穩定之裝填壓力, 此與圖4裝填時各點最大裝填扭力的變化呈現穩定情形符合。而PE袋周徑外張程度如表3僅1.63%, 變化甚少(袋的標準周徑為332 cm), 外張變化最大處也是相位對於背壓力最大得取點處。經背壓與周徑數據予以單迴歸分析, 其結果如表4所示R-squared僅達41.93%, 迴歸不顯著, 即不能由周徑的變化決定背壓力的值, 因周徑的變化涵蓋較多不可控制的變數, 其中至少包括機體與地面間的摩擦及剪切阻力, 進料的過量、套袋不良、物料細斷不均或過長與含水率過高引起的裝填打滑、PE袋材質等主要因子, 故簡單迴歸方程式沒有意義, 不能以青貯時青貯袋周徑變化去做為背壓力反應控制之訊號, 但表4之相關係數確知兩者間尚有0.6475正相關度, 對作業中

表 3. 青貯作業試驗時相關參數量測之統計量

變數	時間距	位移變化	作業速度	背壓力	周徑	外張率
Unit	sec	cm	cm/sec	psi	cm	%
Sample size	23	23	23	7	337.429	7
Average	44.3478	15.0435	0.356	378	335	1.63
Median	40	14	0.33	397	335	0.9
Mode	30	10	0.33	412	14	0.9
Variance	280.237	30.8617	0.015089	2757	619	1.3157
Std. deviation	16.7403	5.55533	0.122839	52.5071	3.8234	1.0147
Std. error	3.49059	1.15837	0.025363	19.8458	1.4451	0.4335
Minimum	30	8	0.11	308	335	0.9
Maximum	90	25	0.63	441	345	3.9
Range	60	17	0.52	133	10	3

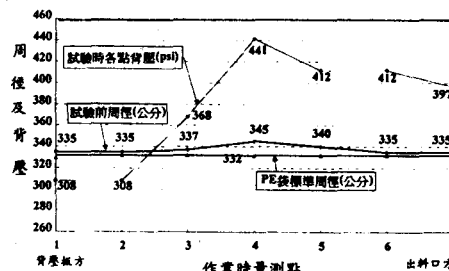


圖9. 青貯時周徑與背壓力在作業時量測點上的變化

表 4. 試驗作業時青貯袋背壓與周徑數據單迴歸分析結果

Regression Analysis - Linear model: P = a+bD				
Dependent variable: Backpressure Independent variable: Round circle				
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	-2622.39	1579.26	-1.66064	.15768
Slope	8.89251	4.68002	1.9001	.11585
Analysis of Variance				
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio Prob. Level
Model	6936.1564	1	6936.1564	3.610 .11585
Residual	9605.8436	5	1921.1687	
Lack-of-fit	181.09365	2	90.54682	.0288 .97186
Pure error	9424.7500	3	3141.5833	
Total (Corr.)	16542.000	6		
Correlation Coefficient	= 0.647538 R-squared = 41.93 percent			
Std. Error of Est.	= 43.8311			

背壓力的調定，表示在可減少變數的作業環境下仍可藉由該周徑的變化訊息做即時的反應以爲手動操作控制的指標。

7.本機作業時，青貯料裝填出袋係利用碟煞機構所形成的背壓，以鋼索拉住背壓板及做背壓力設定來加以控制，作業時背壓力在一定範圍內依對象物及作業環境因子而變動。作業初期，背壓板距出料口125cm，袋內青貯料少沒有背壓力，青貯袋與主機體無相對運動，作業6分鐘後，袋內青貯料裝填達一定密度發生阻力令背壓漸次達到設定壓力，此時機體開始發生位移一段距離，直到青貯袋阻力小於設定背壓後停止，裝填不斷直至下一個時距又重覆位移一次，如此循環到作業結束。圖10爲各時間列間距上量測所得之累計位移量變化情形，圖中呈線性變化，顯示機械作業正常平穩，穩定的進料下，背壓釋放引起位移量相對應的時間距有密切相關，經位移量(S)與時間列間距(T)做簡單迴歸分析，其結果如表5及圖11所示，其線性方程式如(7)式

$$S=-147.995+0.354T \dots\dots\dots (7)$$

表5中，R-squared達99.65%，其斜率爲0.354，此值與表3量測之平均作業速度爲0.356cm/sec無明顯差異，此點更由車輪外徑乘行走圈數所得的理論距離爲345cm，與實際位移337cm計算的打滑率僅爲2.31%相符合。

8.在填入2150kg的甘蔗尾後，結束試驗作業並移開主機，量計出料口處青貯的殘留量有112 kg，累計位移量爲462cm，而有效袋長在扣除出料

口長90cm後，封存的實際袋長爲372cm，平均裝填周徑爲337.4cm如圖10所示，經計算得到之青貯容積爲3.366m³，青貯袋的平均填壓密度爲605.5kg/m³，由表2虛表比重平均爲0.178，可知本機裝填比3.4，依鮑、黃等氏研究⁽⁹⁾牧草壓擠出汁液程度的壓縮比爲3.5，而本次試驗無汁液滲出，PE袋平均外張率如表3及表6所示僅1.63%，此點證明機採

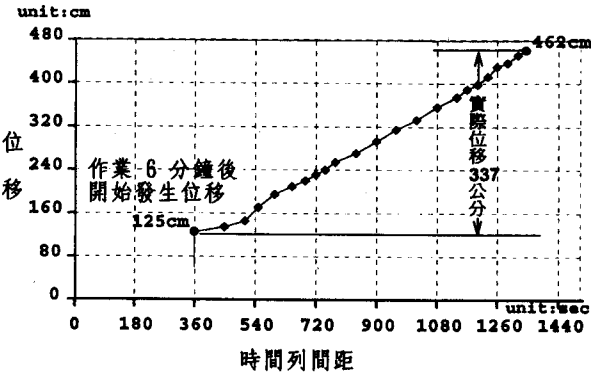


圖 10. 試驗時間列間與累計位移量變化情形

表 5. 試驗時青貯袋位移量與時間列間距單迴歸分析結果

Regression Analysis - Linear model: S = a+bT				
Dependent variable: Displacement Independent variable: Overtime				
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	-147.995	4.37486	-33.8284	.00000
Slope	0.354413	4.58669E-3	77.2699	.00000
Analysis of Variance				
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio Prob. Level
Model	261011.27	1	261011.27	5970.6 .00000
Residual	918.03323	21	43.71587	
Total (Corr.)	261929.30	22		
Correlation Coefficient	= 0.998246 R-squared = 99.65 percent			
Std. Error of Est.	= 6.6118			

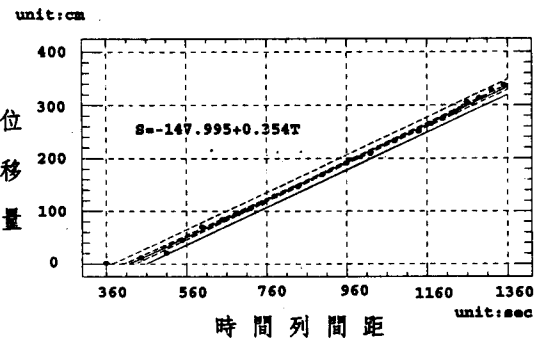


圖 11. 試驗時青貯袋位移與時間列間距的迴歸曲線

蔗尾有利於青貯，而袋式青貯裝填機之設計、作業時背壓之設定與操控調整及PE袋之選定是合理可行的。

9.本試驗完成之青貯料經封袋令其發酵成熟並儲放165日後予以拆封，拆封前再量測試驗時的作業周徑處的量測點，並予對照如圖12所示，青貯料各點周徑均有縮小，表示完熟後的青貯料儲放後有軟化情形，其軟化程度以各量測點的周徑做基準，所得之軟化率之平均為1.23%，由表6與圖12顯示，青貯料袋頭尾差異較大，軟化情況也同，此點符合青貯技術層面上的青貯條件如草料

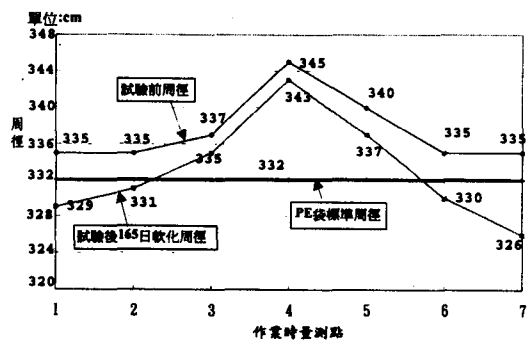


圖 12. 青貯作業當時與儲放165日後量測點上的周徑變化

表 6. 青貯料作業試驗當時外張與儲放後軟化量測點數據

作業時量測點	1	2	3	4	5	6	7	平均值
PE袋原周徑(cm)			332					
作業當時周徑(cm)	335	335	337	345	340	335	335	337
作業當時外張率(%)	0.90	0.90	1.51	3.92	2.41	0.90	0.90	1.63
儲放後周徑(cm)	329	331	335	343	337	330	328	333
儲放後軟化率(%)	1.79	1.19	0.59	0.58	0.88	1.49	2.09	1.23

表 7. 甘蔗尾袋式青貯儲放165日後化性分析與脂肪酸組成評點結果

— % of fresh weight —					
取樣	pH值	乳酸	乙酸	丁酸	Flieg's Point
1	3.67	0.78	0.44	-	78
2	3.71	0.76	0.49	-	76
3	3.68	0.80	0.49	-	77
4	3.62	0.81	0.46	-	80
5	3.71	0.78	0.48	-	77
6	3.67	0.84	0.40	-	83
7	3.71	0.79	0.50	-	76
8	3.74	0.82	0.52	-	76
9	3.81	0.79	0.46	0.003	76
10	3.53	0.84	0.49	-	78
11	4.08	0.70	0.55	0.005	70
平均	3.72	0.79	0.48	-	77
標準差	0.138	0.039	0.040	-	3.2

青貯前粒度、水分、材料之硬度，並與作業時填壓密度、封袋有關，故恰當的裝填比，其軟化程度當視對象物之本身物性而定。

10.化性分析方面，經不同位置的取樣分析，其結果如表7所示，pH值平均為3.72。而經Flieg's Point青貯料脂肪酸組成評點平均達77，依該評點標準在61~80間，應屬「Good」的水準。

11.由過去所做不同對象物的青貯裝填作業所得化性分析比較，如表8所示，在各類牧草中評點以盤固草pH值4.29最高，評點77最低，而以白玉米加米糠pH值3.88，評點90為最高，根據盧氏1990所作分析中^[16, 17]其青貯料樣本均非袋式裝填方式，但對不同牧草青貯品質之優劣排序上是相同的，Flieg's評點高低的代表性因不同的對象物及製作方式與取樣之不同而有差異，可是同以本機方式所作不同種類牧草的青貯，其評點範圍均落於77~90間，品質差距不大，尤以盤固草與狼尾草，用一般青貯方式的青貯評點分別54、46^[16]，比本機作業要低20~30個評點，此表示本機型對

表 8. 各類牧草袋式青貯的Flieg's青貯料脂肪酸組成評點比較

對象物	pH值	乳酸	乙酸	丁酸	評點	優劣序
盤固草	4.29	0.64	0.39	0.00125	77	6
狼尾草	4.00	0.71	0.35	0.00133	82	4
青割玉米(1)	3.91	0.78	0.38	0.00127	82	3
青割玉米(2)	3.98	0.73	0.33	0.00127	84	2
白玉米+米糠	3.88	0.83	0.30	-	90	1
甘蔗尾	3.72	0.79	0.48	0.00073	77	5

本省主要牧草及甘蔗尾之青貯作業，機械的功能性與穩定性是肯定的、合適的。

12.評估本機之效益，商品化試驗階段，機械設備尚未量產，固定成本無法評計，但以耗材及作業效率而言，使用之PE袋每百公斤用量為0.93元，每公尺長重0.6kg，成本低，污染少。每小時作業量15~20噸，最大作業量以控制背壓的鋼索繞捲長度25公尺計可得20噸。

四、結 論

1.利用袋式牧草青貯裝填機，在符合青貯技術面條件下，本省各類重點牧草予以青貯都有不錯之結果，而首次以機採之甘蔗尾為青貯對象，

經基本物性試驗評定符合青貯要件後予以作業，所得之甘蔗尾青貯料品質，其pH值為3.72 (<4.0)，乳酸量為79%，依Fli eg's脂肪酸組成標準判定，其評點為77，是屬於「good」的水準。

2.作業機作業過程中，主機構裝填主軸轉數一直維持在 51 ± 3 rpm上穩定運轉，進出料順暢，作業速度，以位移量對時間列距迴歸，其 R -squared為99.96%斜率值為0.354，與平均作業速度 0.356cm/sec 比對沒差異，與作業中機體打滑率僅2.31%相符合。

3.作業中，青貯袋各點周徑之變化情況雖受另外因子包括機體與地面間的摩擦及剪切阻力、進料的過量、套袋不良、物料細斷不均或過長與含水率過高引起的裝填打滑、PE袋材質等影響，但前因子適當處理後，周徑與背壓力仍呈一致性變化，經迴歸其 R -squared僅為41.93%，是無意義，但0.6475之正相關度，顯示作業中對背壓力之調定，可藉由周徑之變化訊息做即時的手動背壓操控反應。

4.以甘蔗尾裝袋青貯，在平均為378psi的背壓力下，所用PE袋的外張率僅1.63%，在儲放165日後，由原擴張後周徑之軟化率為1.23%，填壓比3.4，已達擠出汁液時壓縮比為3.5的上限而無滲水現象，此點知機採甘蔗尾與各類牧草一樣，是適合做為青貯的牧草利用，對以袋式裝填機械作業方式是可行的。

5.配合甘蔗尾之機採，將之由廢棄物轉為良質之牧草，透過此等一系列機械之開發改良研製成功，如予推廣使用，則減少污染源，又有低成本草源是很好之選擇。提供本省羊農或小酪農戶配合TMR作業供飼，對節省人工、調節牧草季節供需、開發多元化草源及袋式青貯機械作業之本土化都有先導之作用。

五、誌謝

本研究計劃承蒙行政院農委會經費補助，並一直與省畜產試驗所恒春分所合作做青貯技術層面之配合開發研製改良，試驗期間更承農委會李技正廣武博士之指導，恒春分所成分所長游貴博

士與彭柄戊、盧啓信先生全力之青貯技術支援，台糖公司賴健二先生與陳國祥主任提供甘蔗尾材料，本科同仁艾主任群博士、楊主任仁岡博士、林組長正亮博士之提供寶貴意見，黃慶祥講師、郭鳳瑞助教與吳騰彥先生、四機同學等鼎力相助得以順利完成試驗，特此由衷表示謝忱。

六、參考文獻

- 1.王啓柱。1975。飼用作物學。正中。台北。p.669~722。
- 2.尤修德、周紹賢。1974、1975、1976。青貯草使用塑膠袋裝填調製之研究。省畜產試驗所畜產評議會試驗報告。p.177~182、p.131~136、p.109~116。
- 3.尤修德。1978、1979。青貯草使用紅泥膠皮調製之研究。省畜產試驗所畜產評議會試驗報告。p.169~176。
- 4.葉澤波等。1979。畜牧要覽一飼料篇。p.238~241。
- 5.楊清白。1980。家畜飼料學。藝軒。台北。p.74~108、p.176~191。
- 6.台灣農業年報—83年版。1994。台灣省政府農林廳。
- 7.黃清旺。1989。狼尾草青割收穫機作業扭力特性初步試驗。中國農業工程學報。Vol.1:35。No.2。p.37~58。
- 8.黃清旺。1987。狼尾草青割收穫機之研究。中國農業工程學報。Vol.33.No.4.p.62~81。
- 9.鮑其美、黃清旺、黃慶祥、黃文祿。1989。牧草袋式青貯裝填初期試驗。中國農業工程學報。Vol.35.No.2.p.98~111。
- 10.黃清旺。1988。狼尾草機械青割有關之物性研究。嘉義農專學報。No.17.p.217~231。
- 11.郭鳳瑞、黃清旺。1994。改良型袋式牧草青貯裝填機之研製(1)。嘉義農專學報。No.34.p.73~87。
- 12.賴健二。1994。甘蔗尾青割收穫機之試作。台糖公司研究試驗計劃報告。編號831550-4。
- 13.黃清旺。1992。牧草青貯裝填機之研製試驗。行政院農委會81年度研究計劃研究報告。資訊

- 庫編號：811242。
14. 黃清旺。1993。牧草袋式青貯裝填機械之商品化。行政院農委會82年度研究計劃研究報告。資訊庫編號：821461。
 15. 盧福明。1986。農產加工工程學。國立編譯館。台北。茂昌圖書。p.5~31。p.101~127。
 16. 盧啓信。1990。牧草青貯調製。台灣牧草研究研討會專集。省畜產試驗所。p.153~158。
 17. 盧啓信。1990。水分含量及玉米粉添加物對盤固草青貯品質的影響。畜產研究。省畜產試驗所。23卷(2)期。p.125~131。
 18. AG-BAGGER OWNER'S MANUAL.1988.AG-BAG CORPORATION,P.O.BOX 418-ASTORIA, OREGON 97103 U.S.A.

19. Mcculough,M.E..1978. Silage some general consideration. In M.E.Mcculough, Fermentation of Silage. A review. National Feed Ingredient, Association, IOWA, U.S.A.
20. SHINNER, J.K., R.G. Koegtel, and R.J. Straub. 1987. Consolidation and Compaction Characteristics of Macerated Alfalfa Used Silage Production. ASAE Paper No.87-1074。

收稿日期：民國83年10月8日

修正日期：民國83年11月16日

接受日期：民國83年11月19日

(上接第90頁)

- 究開發新產品第四年度計畫。第26子計畫。台北：農機中心。
2. 梁浩旋、張森富。1990。平地茶園栽培機械化作業分析。農業工程學報。36(1):26-40。
 3. 蘇重生、翁金瑞。1990。甘薯施肥築畦插植聯合作業機械之研究。農業工程學報。36(1):60-77。
 4. Crowther, A.J. 1958. The Distribution of particles by a spinning disc. Journal of Agricultural Engineering Research. 3(4):288-292.
 5. Cunningham, F. M. 1963. Performance characteristics of bulk spreaders for granular fertilizer. Transactions of the ASAE. 6(2):108-114.
 6. Cunningham, F. M. and Y.S. Chao. 1967. Design relationships for centrifugal fertilizer distributors. Transactions of the ASAE. 10(1):91-95.
 7. Hephherd, R.Q. and J.A. Pascal. 1958. The

- transverse distribution of fertilizer by conventional types of distributor. Journal of Agricultural Engineering Research. 3(2):95-107.
8. Inns, F. M. and A. R. Reece. 1962. The theory of the centrifugal distributor. Pt. 2. Journal of Agricultural Engineering Research. 7(4):345-353, 1962.
 9. Patterson, D. E. and A. R. Reece. 1962. The theory of the centrifugal distributor. Pt. 1. Journal of Agricultural Engineering Research. 7(3):232-240.
 10. Timoshenko, S. and D. H. Young. 1984. Advanced dynamics. Mc Graw-Hill, New York.
 11. Totten, D.S. and W.F. Millier. 1966. Energy and particle path analysis. Transactions of the ASAE. 9(5):629-636, 640.

收稿日期：民國83年10月8日

接受日期：民國83年11月16日