

牧草袋式青貯裝填初期試驗

Primary Study on Bag-Storage of Silage for Green Feeding

國立嘉義農專
農業機械工程科
教授兼科主任

鮑其美
C. M. Pao

國立嘉義農專
農業機械工程科
副教授

黃清旺
C. W. Huang

國立嘉義農專
農業機械工程科
講師

黃慶祥
C. S. Huang

國立嘉義農專
農業機械工程科
助教

黃文祿
W. L. Huang

摘要

由牧草青貯之技術層面，知其基本條件在於含水率 $70 \pm 5\%$ 時予以閉氣貯藏，經無氧發酵而完成。機械裝填主要在壓密、包裝便於契合袋式貯藏的放置取用之機械化一貫作業。

裝填機之試造，選用高水份含量之狼尾草為對象物，若能突破，含水率較低之牧草做青貯當可一併解決。經以細斷長度為 39.9mm （標準機差 0.044783 ，變異數 0.601673 ）之狼尾草在研製之比容積機械上實驗，得到以下結果：

1. 無論定量等位移分段累計壓縮或定量等壓力壓縮所得之不同比容積，壓密之出水狀況在達錶壓力 60 kg/cm^2 時，大量排到 120 kg/cm^2 ，即使增加壓力其位移不變，壓縮前後含水率變化量差異甚微，顯示出水部分為自由水份。

2. 以壓縮比對壓力之指數直線迴歸與變方分析之顯著性測驗 [$F = 186.564, \gg F(1, 20, 5\%) = 4.35$ 及 $F(1, 20, 1\%) = 8.10$ ，相關係數 $= 0.950357$]，知以壓縮比推測所需裝填壓力之方程式 $\{P = \text{EXP}(-0.14845 + 0.40218Cr)\}$ ，極具代表性。

3. 在青貯技術層面上，壓縮比可決定裝填密度，評量青貯時閉氣程度；在青貯裝填機械上，壓縮比可決定對象物裝填壓力，對設計袋式青貯裝填機械，可提供有利之參考。

主鍵語：牧草、青貯、裝填機。

ABSTRACT

On the point of technical view, it is known that the basic condition of bag-storage of silage is to keep the moisture content at $70 \pm 5\%$ in the sealed bag, and fermentation is fulfilled without air inside. A fundamental bag-storage machine was designed and established for test. The operation procedure of this machine include forage supplying, compressing, packing and sealing the bag to make it capable of air suction.

Napier Forage that contains higher amount of moisture than others was adopted as the sample to test. The success will give us a way to solve the problems of storing the less moisture content

forage. Sample was chopped in the length of 39.9mm for testing (Standard Error is 0.0044783, Variance is 0.601673).

The Primary conclusions are as following:

1. The Chopped Napier Forage was compressed in the cylinder. It results in a large quantity of water removing away as the Gagemeter Pressure arose from 60 kg/cm² through 120 kg/cm² under the situation of fixed weight or different specific volume. The variance of moisture content showed no obvious change when the pressure fixed on 120 kg/cm², it revealed that the loss water released from Napier is free.

2. According to the F-value [$F=186.564 \gg F(1, 20, 5\%)=4.35$, $F(1, 20, 1\%)=8.10$] and the Correlation Coefficient ($r=0.950357$) derived from a Regression Model of Pressure on the basis of Compression Ratio and the Analysis of Variance, it is resonable to infer the Pressure equation from compression ratio as below:

$$P = \text{EXP}(-0.14845 + 0.40218 Cr)$$

3. The Compression Ratio can determine the loading density and keeping no air in storage. We got the estimate pressure from the equation to desgin the Ensilage Machine.

Key Word: Forage, Ensilage, Loader.

一、前 言

這幾年國內畜牧業的蓬勃發展帶動市場一片活絡，酪農人口，日見增多，牧草之需求殷切，政府為因應此一變遷，已擬訂中長期發展策略，向自動化方向邁步。

稻田轉作玉米又繼續在推動，狼尾草青割收穫機亦已由國人試驗改良成功^(14,15)並可兼作玉米青割，在收穫上的機械化可迎刃而解，問題一是玉米青割的一次收量，無法吸收消化；問題二是狼尾草的秋冬與春夏產量差異懸殊，二者為造成青料供需失衡之主要原因。

欲達牧草青貯之目的，方式很多，然青貯技術之配合，效率與成本之經濟因素，影響青貯設施之被接受與選用，故有所謂「合適之農機」去做設施之主體，來日自動化才有其實質意義。

本試驗乃站在農業機械之立場，參考國外較為省工，高效率之現有超大型青割玉米袋式青貯裝置⁽²¹⁾予以改良，期能發展一種適合本省環境需求之機型，除原本可供作青割玉米青貯外，更能合適目前本省產量居首，其適口性最佳，粗蛋白含量最高

，但水份含量特多之高莖叢生的狼尾草貯用，並提供供飼自動化設施裝置。

本試驗初期，係設計一比容密度試驗裝置，以小袋裝填供青貯至安定後，再做品質判定，依初期試驗資料，規劃設計並試製袋式青貯裝填試驗機。

二、文 獻 探 討

(一)青貯理論

用青色新鮮之芻草，閉氣貯藏，經無氧發酵而成為青貯料 (Silage) 的調製方法謂之青貯 (Ensilage)，其理論係依芻草生理作用、微生物發酵、草質與有機酸含量及 C/N 比率之關係而來^(2,3,8,9)。

1. 芻草生理作用

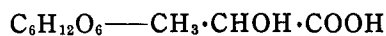
芻草細切置入青貯設備中，並加壓密閉後，植物細胞乃靠殘存氧氣進行呼吸作用，消耗芻草中碳水化合物而排出碳酸氣，令溫度上升，又因加壓使芻草物理與化學交互作用，有水份洩出，如芻草水份含量適中，可得良質之青貯料，如未加壓，且水份過少，溫度提升達 50°C 時，青貯料品質即行轉劣，但溫度有助纖維質之發酵，令粗老之牧草可食

性增加。

2. 微生物發酵作用

短暫呼吸作用後，隨之酵素 (Enzymes)、好氣性細菌 (Aerobic bacteria)、醱菌 (Yeasts)、黴菌 (Molds) 等相繼活躍起來，當氧耗盡並由碳酸氣替代，溫度停止上升，好氣性細菌終止活動，而能產生乳酸 (Lactic Acid) 之厭氣性細菌 (Anaerobic) 開始活躍，如乳酸產生足量 (最高限度可達1.0~1.8%，pH 值在4.2以上)，當可得乾淨氣味良好，高度可口性之青貯料，除乳酸外，醋酸 (Acetic Acid)，及有機酸也相繼產生，當 pH 值達 3.5~4.0 時乳酸菌停止活動，青貯即達安定狀態。此發酵過程為決定青貯成敗與品質之決定期，時間約 2~3 週。

乳酸生成



3. 草質與有機酸含量

青貯堆積期中溫度之不同形成相異的有機酸，因此溫度之適當控制，即可控制微生物發生之種類與活動度，亦就是控制青貯料之有機酸含量及草質。

表 1 微生物發生與活動之適溫範圍

微生物種類	適溫範圍 °C
醋酸菌	20 ~ 40
酪酸菌	35 ~ 40
丁酸菌	40
乳酸 低溫青貯	8 ~ 20
乳酸 中溫青貯	20 ~ 35
乳酸 高溫青貯	35 ~ 55

3. C/N 比

(1) 青貯料品質決定 C/N Rate，若比率適當，則乳酸菌與乳酸含量多。

C——過多，影響品質。

N——過多，影響氨之形成而散失。

一般禾草調製都尚適當，豆草因氮過多，故青貯時，對象物如豆草，應配加 20~25% 禾草為宜。

表 2 品質與有機酸含量關係

酸類	最良品	最良品	中等品	下級品
乳酸	1.77	0.76	1.14	0.59
醋酸游離態	0.63	0.79	1.54	0.20
醋酸化合態	0.05	0.16	0.01	0.06
酪酸游離態	—	—	0.04	0.26
酪酸化合態	—	—	0.10	1.93
總量	2.54	1.81	1.83	2.52

註：資料來源〈王啓柱 (1975) 飼用作物學，臺北，正中，頁699〉

(2) 青貯料調製成敗⁽²⁾可由調製後之回收量與廢棄量之對比上查知，回收量：55~97%，廢棄量：2.65~21.7%。品質與養分含量查考；變異情形依青貯對象物而定^(22,25)

Hayage Moisture Content 40±5%

Silage Moisture Content 70±5%

(3) 青貯料之優點：不受氣候影響，不佔地，保持原味，適口性佳，殘食少。

(4) 調製法與品質之關係

裝填 (分次堆積緊壓) —— 密封 (低溫發酵必備)

(二) 青貯方法與品質之判定

1. 流程 (Flow Chart)⁽²¹⁾

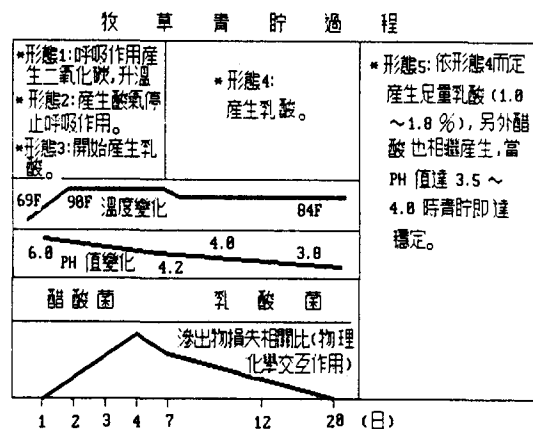
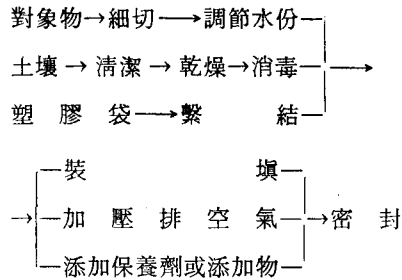


圖 1 牧草青貯過程



2.對象物

—豆草
—禾草

適期之收穫 — 所謂適期，是以單位面積所得之對象物材料做成青貯料時有最大養分所決定。

3.細切

乳酸的生成量與材料切口數成正比，據此材料不僅細切，最好是搗碎或磨碎，其理由是：

- (1)堆積密度提高。
- (2)減少作業時間與加壓力。
- (3)易除去空氣。
- (4)保存劑或添加物添加時易達均勻。

故較佳之細斷長度：狼尾草 3~10cm；玉米 1~3cm。

4.調節水份

做青貯之材料，含水率以70%（乾物30%）時最佳，青貯前，物料應做水份測定，必要時加以調節，其法為：(1)傳統日光預乾，(2)添加物法，(3)機械法，並以品質影響小者為之。

5.裝填型式

配合品質之物理、化學條件選擇袋式時應調查 (4, 5, 8, 9, 29, 30, 31)

- (1)裝填時壓擠密度。
- (2)塑膠袋之選擇，機械物性。
- (3)空氣排出。(4)水份之釋出。
- (5)保存劑、附加物添加→如何達到均勻。
- (6)塑膠袋頭端如何加封。
- (7)裝填完畢如何密封。
- (8)塑膠袋預定型式、大小、適合性、條件理由？
- (9)搬運存放。

6.青貯草容積與重量關係 (1, 2, 18, 32)

- (1)比容積 (Specific Volume)
- (2)淺容積：當密度為 30 lb/ft³ (=480 kg/m³, SV=2.083m³/Mg) 時規劃每袋，200~300

表 3 比容積與調製

調製方式	lb/ft ³	ft ³ /T
淺堆積	30.0	67
深堆積	50.0	40

kg 配合酪農搬運，則每袋容積 0.416~0.625m³/Bags，若長度為 1.0m 則 D=728~892cm。

(3)深容積：當密度為 50lb/ft³ (=80kg/m³, SV=1.25m³/mg) 時，規劃每袋，200~300 kg 配合酪農搬運，則每袋容積0.250~0.375 m³/Bags，若長度為 1.0m 則 D=564~691 cm

7.品質之判定 (17, 18)

配合酪農可自行判定者以採用簡便之 [pH 與官能判定法]

(1)本法為日本須藤博士於1969年發表。

(2)判定基本原則以乳酸含量較高，丁酸含量較低，以及氨生成量較少者為佳品。

(3)適當水份 (70±5%) 的青貯料依下表基準判定 pH 佔60分，感覺佔40分。

表 4 pH 與官能判定法標準

(A) pH 值與得分

pH	3.5~4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8 以上
得分	60	55	40	30	23	13	3	0

(B)官能

感覺	摘	要	得分
色	1.保持原色		10
	2.顏色改變為黃褐色者		5
	3.暗褐色 (甘薯莖例外)		0
香	1.保持原料原有芳香		10
	2.稍帶酸臭味者		8
	3.酸臭味稍強 (或酪酸臭) 者		4
	4.不像食品之惡臭者		0
味	1.有如漬物的酸味者		10
	2.酸味稍微有令人不快者		7
	3.毫無青貯料的味道者		2
	4.不可能放入口中者		0
覺	1.含適度的濕度者		10
	2.稍感水份較多者		8
	3.稍用力可榨出汁者		4
	4.發酶或捏即斷者		0

(三) 塑膠袋之選擇

1. 條件

(1) 厚，質地良好，以防破損而侵入空氣〈必要時以粘膠帶貼補〉。

(2) 防水性，可在室外貯放。

(3) 防日照，以免引起青貯料之退色，以白外內黑為原則。

(4) 適宜重量：30kg 一人搬，50kg 適合三人搬，機械搬運之參考值 200~300 kg，圓周長〈小袋裝 125 cm〉長度無限，可剪斷紮結使用。

2. 使用適性⁽²⁰⁾

(1) 環境

溫度、濕度、防水、防曬耐生物性是否被微生物 (micro organisms) 侵蝕或被老鼠咬壞。

置放要求：地板突刺，柵格是否保持光滑。

(2) 施加外力之種類方式

外力種類：拉張、壓縮、彎曲、扭曲、剪斷、摩擦

施加方式

衝擊性——

一定應力、應變，漸增性——

(潛變，變形小者為佳)。

(四) 現階段青貯方式調查與比較

1. 圓塔法 (Tower type)

(1) 圓筒形直立於地面，有地上式或半地上式。

(2) 高度直徑比在 3:1 以上，靠重力自然下壓，填密。

(3) 材料：金屬，磚泥。

2. 方型 (Square type)

(1) 無需專家即可建造，且大小可隨意。

(2) 填裝與容積易計算。

(3) 可共壁增建，省材。

(4) 四角易成空隙，留存空氣，不利調整。

3. 壕坑式 (Trench type)

(1) 旱地簡易挖壕坑，寬 2 M，深 4 M，上較下寬 0.5 M 〈可防崩潰〉周圍內側鋪塑膠布即可。

(2) 大型者 〈不宜鋪塑膠布〉。

壕底面以 6cm 以上，側面 3cm 以上之水泥築為佳。

優點：

(1) 曳引機踏實填裝。

(2) 遮雨、日光易排水簡單。

(3) 受外具影響小，夏季較不易腐敗，冬季不凍

結。

缺點：

(1) 作業未完易受雨害。

(2) 地下水位高，有浸水風險。

(3) 取出應用費用。

4. 改良壕坑式 (Improved Trench type)

(1) 深 3 m，長 3 m，中以木板間隔。

(2) 每隔一日完成作業。

(3) 踏實易，提高品質。

5. 槽式 (Bunker type)⁽²⁸⁾

(1) 造於地面之槽，或小山丘突出地以挖土機穿兩端即可。

(2) 兩側及底用水泥或底用水泥兩側用木板，上蓋屋頂。〈屋頂尚可利用，如乾草舍〉

(3) 壕坑式與利益同，但費用較大。

6. 窖式 (Pit type)

(1) 與圓塔法相反，是在地下挖掘，用磚或水泥砌成圓塔型。

(2) 上端露出地面約 1 M，狀似圓井。

7. 覆蓋式 (Stak type)

(1) 隨地可設，以 1mm 塑膠墊底，再用 0.2~0.35mm 之油布兩塊合蓋而成。

(2) 可用真空泵浦 (Volume pump) 抽出空氣。

(3) 或周圍上下塑膠捲起疊合再土蓋。

8. 國外進口之超大型袋式裝填設施^(21,25,30)

(1) 由味全公司向美國 Ag-Bag Corporation 引進在林鳳營牧草所使用之玉米袋式青貯裝填機為 G-750 型，最高裝填拖曳速度 25 M. P. H. 如圖 2 所示，其主要係以曳引機的 P. T. O. 為動力，本機及曳引機利用裝填後的袋式青貯料重量做背壓而移動，準動工作齊備，正常狀況可於兩小時內完成約 25~30m，140 Mg 的香腸式青貯工作。

(2) 該 Ag-Bag 公司並強調作業之 3M's，包括 Management, Maturity, Moisture，換句話說，青貯技術層面為主要之考量因素，此外，塑膠袋之成形，其材料特殊，有乳白與含碳之黑色兩層，並有其配合機械作業的耐張、耐衝擊性，儲放時，防水與防曬等青貯應有之條件。

(3) 本型式投入成本高，對個別大戶有利，如發展牧草青貯代工中心，當更為有利，但對本省中、小型戶酪農(50~150頭) 適合性差，沒有經濟性可

言。

(4)目前省畜試所正引進一部做研究試驗中。



圖 2 國外進口之超大型袋式裝填設施

三、試驗裝置與方法

在牧草青貯之作業上，經調查分析，青貯技術層面高於機械硬體層面，祇要在機械層面規劃設計上予以適當配合，試製一小型青貯裝填機，理論上袋式貯存應是較佳之選擇。

以機械裝填，對不同對象物，問題乃在裝填時的比容上，閉氣青貯無氧發酵之程度取決於裝填時之物料密度與含水率。

(一)試驗裝置

1.動力源

以 1 PS 的電動馬達帶動油壓機構，其迴路如圖 3 所示，油壓作用缸為 63 mm ϕ ，故本體活塞實際作用壓力應為錶壓力 * 換算係數 (0.10125)。

2.本體

如圖 4 所示，以高 76.8 cm，口徑 19.8cm ϕ 5

之立式汽缸為 Silo，(一般 Silo 之高徑比在 3 以上，有利堆積氣密)在自重方式上填滿草料，再以油壓作用缸推動汽缸內之活塞壓縮，汽缸底部打

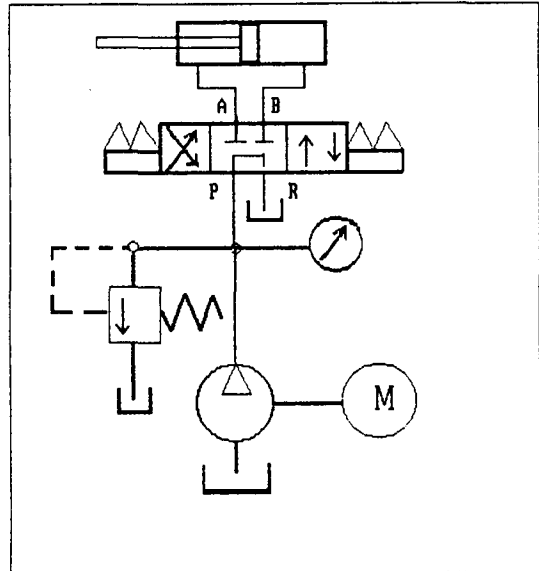


圖 3 試驗裝置油壓機構迴路

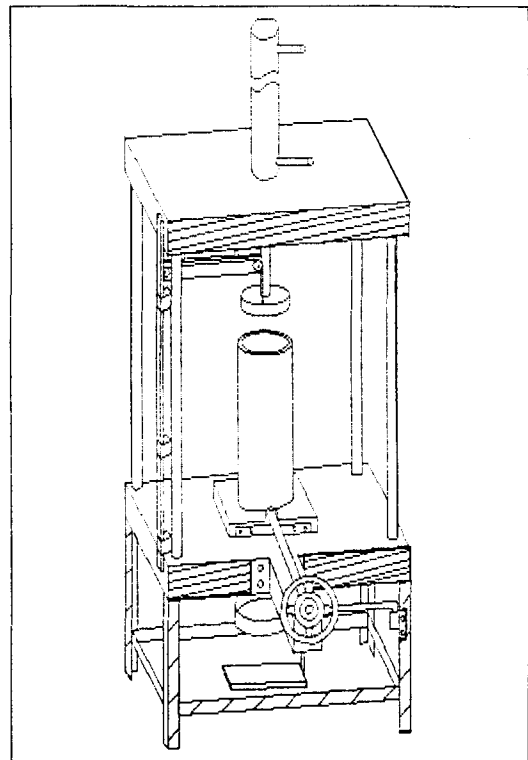


圖 4 試驗裝置本體外觀

孔排水，本裝置並以鐵架架高，以方便收集排水，並將物料裝袋與加封。

(二)試驗對象物

初期，為配合本省酪農作業環境，並未刻意規劃取樣方式，但以具一般性為代表，故選用狼尾草做為青貯之對象，其細斷常度是以青割玉米收穫頭所收穫之草料長度（細斷斧刀三支，飛輪轉數1350 rpm）為主。

(三)試驗方法

1. 做兩種型式之試驗規劃

(1) 定量等位移累進壓縮試驗。

(2) 定量等壓力之分次的壓縮試驗。

2. 做細斷長度之調查統計。

3. 壓縮裝填前之水份含量取樣測定，並比較分析。

4. 試驗後之封袋與儲放。

5. 於青貯草料安定後取樣，測定 pH 值，並洽請省畜試所、本校畜牧科、食品工業科等具此專長之專家評定品質。

6. 依此比容密度試驗，並配合儲放搬運與餵飼

環境，規劃設計試製雛型機。

四、試驗結果

(一) 試料壓縮裝填前細斷均度與一般性含水率調查

1. 試品細斷均度

試料樣品係採自酪農戶羅顯明先生（嘉義市湖內里）所有牧場之狼尾草，並以羅先生自有之 TA ARUP 101 型青貯玉米收穫頭作業，該機作業時，輪飛上僅安裝 3 支細斷斧刀，飛輪轉速達 1350 rpm，經投擲管吹入儲料箱之草料有縱向嚴重破碎情況，但長度變異小，對青貯而言，反有利^(11, 12, 13)，其長度於試驗前經取樣並以游標卡量測做頻度分析，結果如表 5 及圖 5、6 所示，無論樣品數 100 或 300，頻度圖上實驗型量，中量，幾何平均數^(6, 16)，瞭解其分佈顯示本實驗取樣，趨向理論量，具有代表性，用來做為試料應可接受。當收穫頭上細斷斧刀變換時，可變更細斷長度，不同長度在裝填上，氣密性一定受影響，問題是影響程度如何，擬進一步試驗才能確知。

表 5 試品取樣細斷均度之分析

Sample size	100	300
Average	4.42	3.99433
Median	4.4	4.1
Mode	4.2	4.3
Geometric mean	4.37314	3.91688
Variance	0.40945	0.601673
Standard deviation	0.639918	0.775676
Standard error	0.0639918	0.0447837
Minimum	2.6	1.9
Maximum	7	8.1
Range	4.4	6.2
Lower quartile	4.2	3.5
Upper quartile	4.7	4.5
Interquartile range	0.5	1
Skewness	0.306048	0.299186
Standardized skewness	1.24944	2.11556
Kurtosis	2.94518	2.10548
Standardized Kurtosis	6.01182	7.444

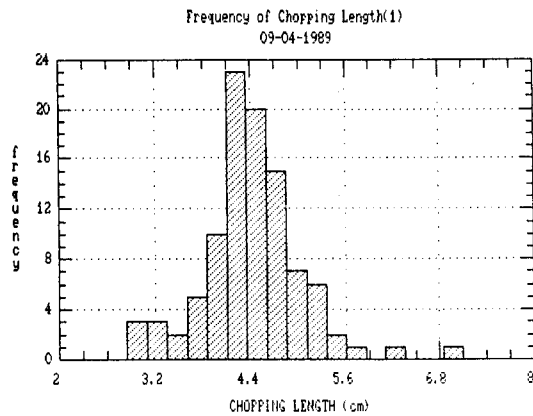


圖5 試品細斷均度取樣 100之頻度分佈

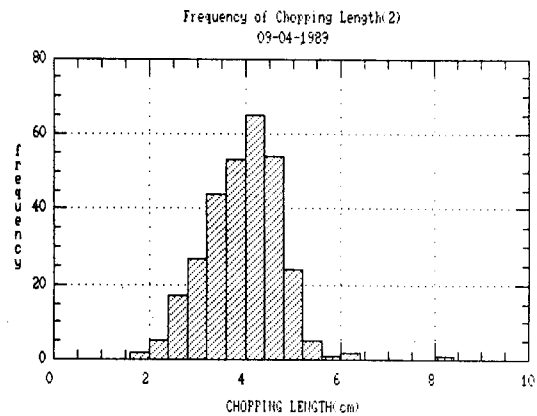


圖6 試品細斷均度取樣 300之頻度分佈

2. 試品裝填前後一般性之含水率

試品逢機取樣，用紅外線水份測定器檢測，壓縮裝填封袋前檢測也同，試驗前樣品數41，封袋前

樣品數81，經頻度分析，結果如表6及圖7、8所示。

表6 試品取樣一般性之含水率之分析

Sample size	41	81
Average	4.42	3.99433
Median	4.4	4.1
Mode	4.2	4.3
Geometric mean	4.37314	3.91688
Variance	0.40945	0.601673
Standard deviation	0.639918	0.775676
Standard error	0.0639918	0.0447837
Minimum	2.6	1.9
Maximum	7	8.1
Range	4.4	6.2
Lower quartile	4.2	3.5
Upper quartile	4.7	4.5
Interquartile range	0.5	1
Skewness	0.306048	0.299186
Standardized skewness	1.24944	2.11556
Kurtosis	2.94518	2.10548
Standardized Kurtosis	6.01182	7.444

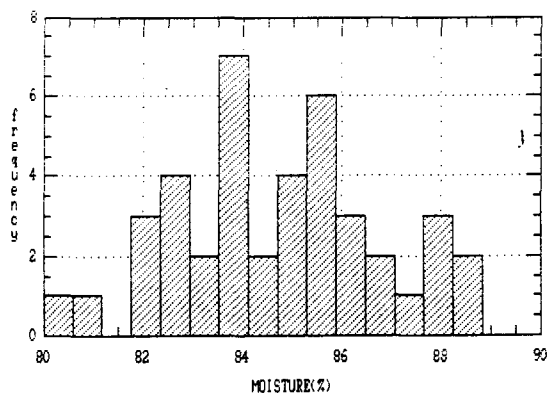


圖 7 試品試驗前含水率檢測結果之頻度分佈

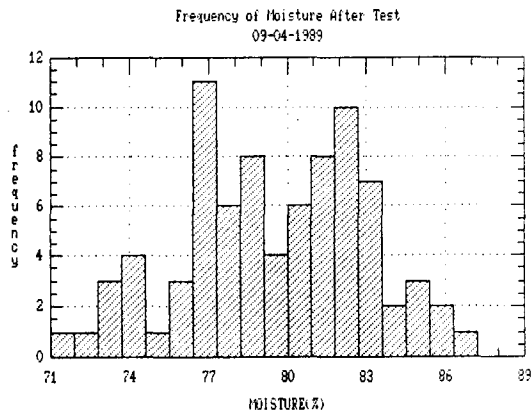


圖 8 試品壓縮後封袋前含水率檢測結果之頻度分佈

(二) 壓縮前與壓縮後封袋前之含水率及重量變化

1. 試驗前自然堆積重量與定位移分段壓縮後之重量變化，由圖 9 所呈之平滑曲線顯示，當加壓到無法壓縮時，該試料已達最大氣密程度。

2. 試品定量裝填前與等位移分段壓縮後重量減少量，含水率降低量與最大壓縮力變化，如圖 10 所示，重量方面，變異少，結果與前 1. 項相同。

而含水率降低量均在 10% 以內，且與重量減少量無關，此顯示因壓縮減少之水分，大部分為自由水份，其間變化應為取樣誤差，主要是枝桿由基部到葉尾間水分變化也大。

至於最大壓縮力在各次試驗中變化少，除顯示該試料之被壓縮已達氣密程度外，其間壓力之變化乃材料含混枝桿與葉片所致。

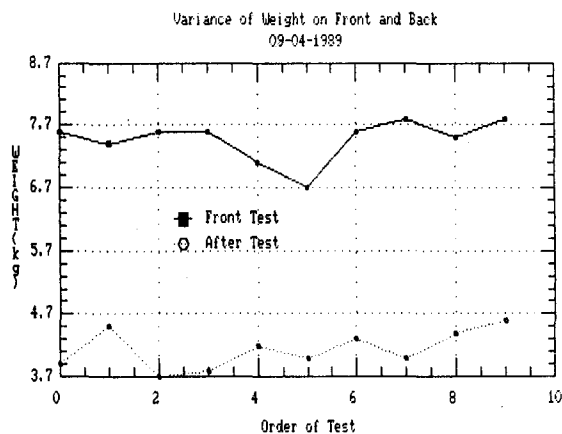


圖 9 試品自然堆積各分段加壓前後重量變化曲線

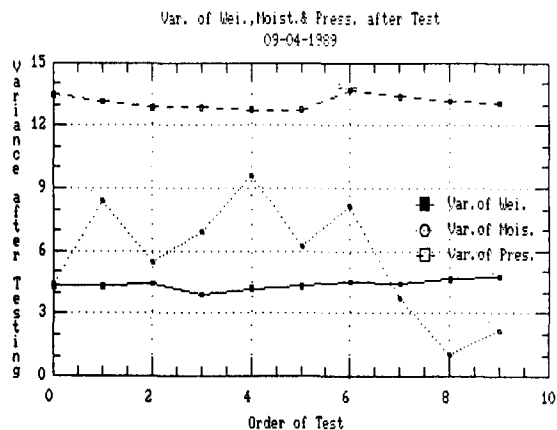


圖 10 試品定量各分段加壓後重量減少量含水率降低量與最大壓縮力變化曲線

3. 以等量之試料，施以不同之壓力，重覆三次做壓縮，如圖 11 所示，重量之減少量隨壓力之增大而增加，但增加量懸殊，當錶壓達 2 倍時，重量減少量僅增加 1.3 倍。含水率降低量隨壓力之與增大

重量減少量之增加而減少，此顯示，錶壓力由 60 kg/cm² 開始有大量自由水份釋出，隨後遞減，對壓縮前後本身含水率變化無關。

(三) 壓縮裝填壓力分析

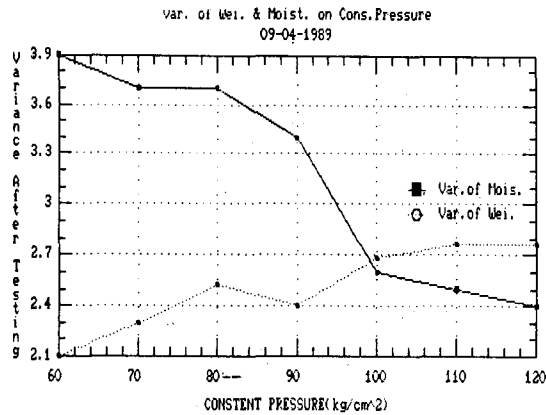


圖11 試品定量定壓分次試驗重量、水份與加壓力之關係曲線

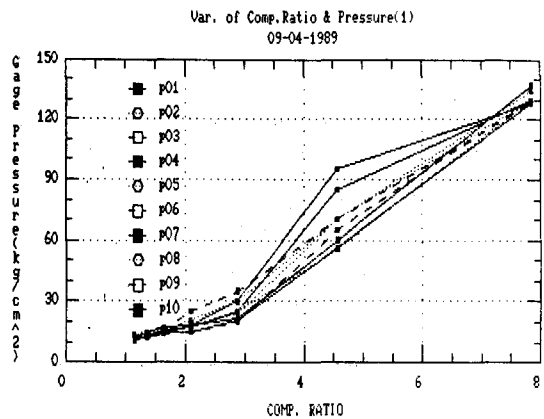


圖12 自然堆積式的等位移分段累進壓縮壓力曲線

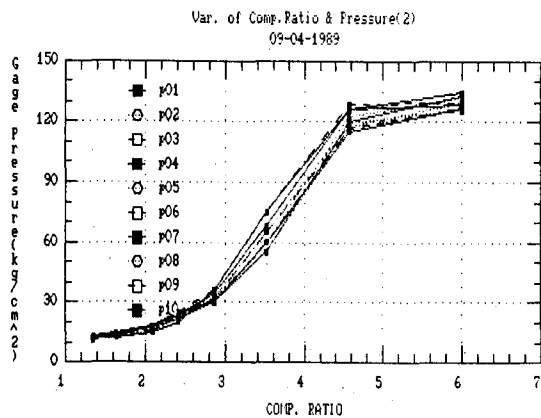


圖13 定量堆積式的等位移分段累進壓縮壓力曲線

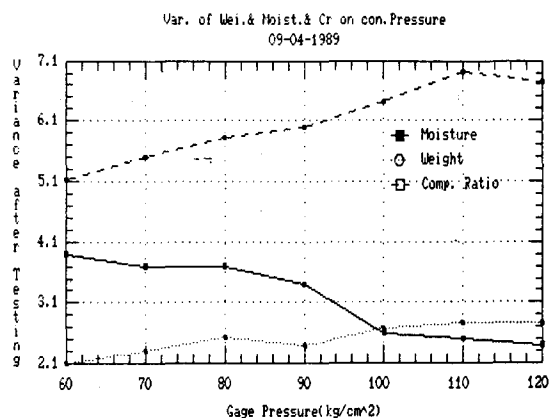


圖14 定量等壓力分次壓縮壓力曲線

1. 自然堆積方式的等位移分段累進壓縮壓力

以自然堆積方式填滿汽缸，然後以等位移分段累進方式壓縮直到最大，令青貯料達閉氣程度，在10次的重覆試驗中，如圖12所示，發現當錶壓力達60 kg/cm²，壓縮比3.5時，開始有大量水份釋出，顯示此時已達氣密，而錶壓力達130kg/cm²左右時，無法再壓縮，水份也停止釋出。

由油壓作用缸與壓縮活塞之比例換算式如(1)式所示，容積壓縮比表示式，如(2)式

$$\begin{aligned} \text{實際壓力} &= \text{錶壓力} * (63^2/198^2) \\ &= \text{錶壓力} * 0.10125 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{壓縮比} &= \text{汽缸總容積} / (\text{汽缸總容積} \\ &\quad - \text{作用活塞壓縮容積}) \end{aligned}$$

$$= \text{汽缸總行程} / \text{活塞壓縮餘程} \quad (2)$$

2. 定量堆積方式的等位移分段累進壓縮壓力
以定量青料填滿汽缸，如上(1)方式試驗，其結構如圖13所示，顯示意義相同。

3. 定量等壓力分次壓縮壓力

由上1、2所示之結果，規劃分別以錶壓力120、110、100、90、80、70、60 (kg/cm²) 予以壓縮裝填試驗，每次定壓重覆三次，試驗當中，在錶壓力為60 kg/cm² 開始一樣大量釋出水份，壓縮比變化趨緩，如圖14所示。

(四) 變數分析^(6,16)

在試驗中控制變數，包括比容(容積重量比)、壓縮前後水份變化及壓縮比三項，將取得之資料

，經電腦統計分析，如表 7 所示之全迴歸變方分析 9.29 及 $F(3, 3, 1\%) = 29.46$ ，其預測曲線在對角線上，如圖 15 所示。

表 7 全迴歸變方分析表
Table 7. Analysis of Variance for the full Regression

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F-Ratio	P-value
Model	0.0290786	3	0.00969285	79.1989	.0024
Error	0.000367158	3	0.000122386		
Total (Corr.)	0.0294457	6			
R-squared=0.987531			Std. error of est.=0.0110628		
R-squared (Adj. for d.f.)=0.975062			Durbin-Watson statistic=1.6098		

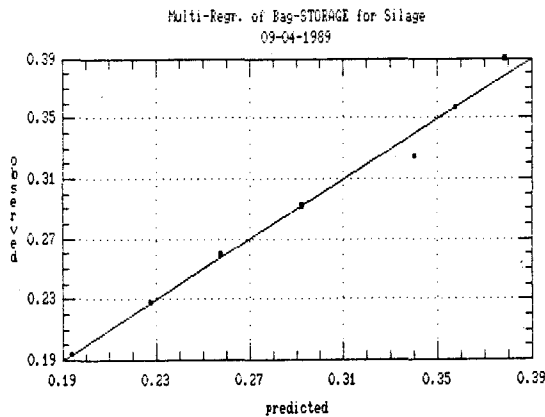


圖 15 試驗變數全迴歸分析預測曲線

(四) 壓縮裝填所需壓力之推測^(6,16)

1. 欲瞭解對象物在青貯過程中達閉氣無氧狀況，以配合青貯技術層面條件，則牧草青料應予壓密，在規劃青貯裝填機時，不同對象物，有不同之特性，其達到閉氣之壓密所需壓縮比也異，本試驗初期，以狼尾草為青貯試料是不利之特性條件（高水份含量），而不加副料以調和含水率為 $70 \pm 5\%$ ，青貯乃可行，則其它低含水份之材料應較無困難，是以從試驗中所得資料予以歸納，知壓縮比與壓縮壓力間可以找到一推測式，供袋式青貯裝填機設計時之依據。故將資料經電腦統計，以壓縮比對壓縮壓力迴歸並做變方分析，其結果如表 8、9 與圖 15、17 所示，所得之推測式如(3)與(4)。

$$\hat{y} = -1.65569 + 1.93124 x \quad (3)$$

$$\hat{y} = \exp(-0.14845 + 0.40218 x) \quad (4)$$

表 8 壓縮比對壓縮壓力之線性迴歸

Table 8. Regression Analysis-Linear model: $Y_a = + X_b$

Dependent variance: Pressure (kg/cm ²)			Independent variance: CR		
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level	
Intercept	-1.65569	0.743273	- 2.22757	0.037553	
Slope	1.93124	0.164173	11.7627	1.93332E-10	
Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	362.82497	1	362.82497	138.36160	0.00000
Error	52.445906	20	2.622295		
Total (Corr.)	415.270887	21			
Correlation Coefficient=0.934723			R-squared=87.37 percent		
Std. Error of Est.=1.61935					

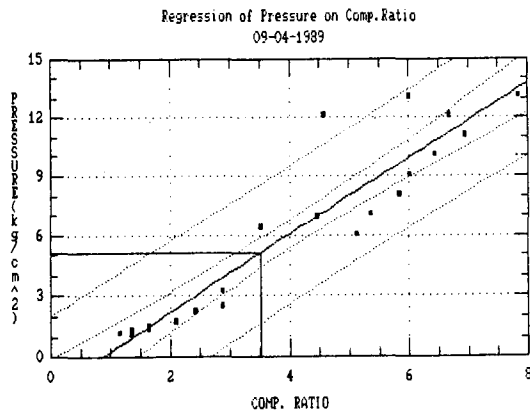


圖16 壓縮比對壓力之線性迴歸曲線

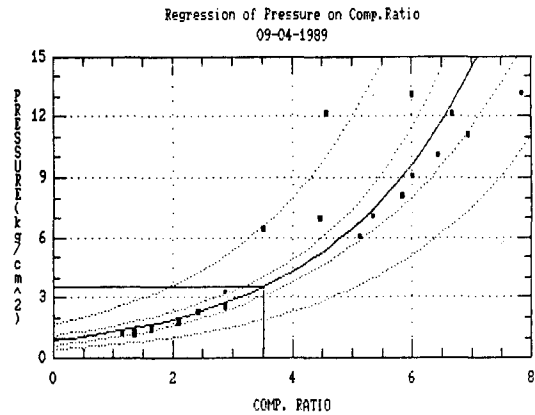


圖17 壓縮比對壓力之指數迴歸曲線

表 9 壓縮比對壓縮壓力之指數迴歸

Table 9. Regression Analysis-Linear model: $Y = \exp(a + bX)$

Dependent variance: Pressure (kg/cm ²)			Independent variance: CR		
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level	
Intercept	-0.148451	0.133298	- 1.11368	0	
Slope	0.402197	0.0295209	13.6589	1.33584E-11	
Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	15.73488	1	15.73488	185.56472	0.00000
Error	1.686801	20	0.084340		
Total (Corr.)	17.421676	21			
Correlation Coefficient=0.950357			R-squared=90.32 percent		
Std. Error of Est.=0.290414					

2.由表 8、9 之變方分析比較，指數迴歸之顯著性測驗 $F = 186.56472 [\gg F(1, 20, 5\%) = 4.35$; $F(1, 20, 1\%) = 8.10]$ ，相關係數 = 0.950216，均較恰當故予採用(4)式之推測式。因此由壓縮比推測壓力應為(5)型式，當青貯裝袋氣密性壓縮比為 3.52 時，背壓之設定應為 $3.551 \pm 0.178 \text{ kg/cm}^2$ 。

$$p = \exp(-0.14845 + 0.40218 * Cr) \quad (5)$$

(內青貯品質之判定

依日本須藤博士方法⁽¹⁸⁾，本試驗所作青貯料，pH 值偏高，如表10所列，但其外觀，如圖18、19所示；色澤方面，介於原色與黃褐色之間；香氣方面有舒暢芳香；味道方面，有略帶漬物之酸味；感覺上以手捏濕度稍高，用力榨擠仍無水份釋出，綜觀此判定法是否標準，目前正洽請省畜試所成博士游貴先生評定分析中。

表10 青貯料 pH 值

次	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
A	5.00	5.28	4.91	4.94	5.50	5.28	6.74	4.89	4.75	4.60
B	4.37	4.84	4.44	4.51	4.45	4.83	5.07	4.96	...	5.05

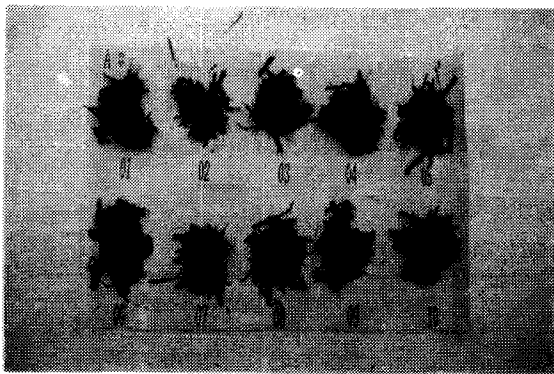


圖18 試材青貯穩定後拆包之青貯料外觀(A)

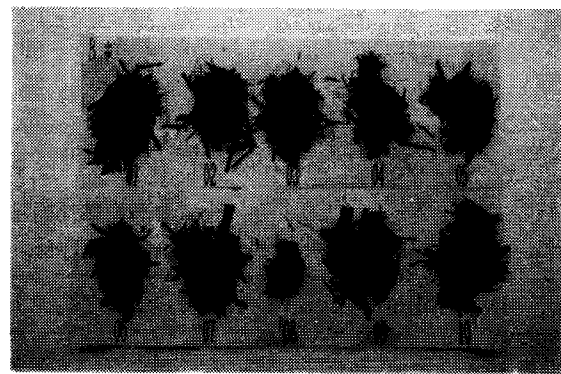


圖19 試材青貯穩定後拆包之青貯料外觀(B)

五、檢討與建議

1. 牧草袋位青貯裝填機械，依本年度之機械條件試驗結果加以規劃設計並試造完成雛型機，目前正在試車階段，預計下年度可完成試驗與改良。

2. 本試驗牽涉到青貯技術層面上，在青貯安定後，對青貯料品質之判定、化性等，已與省畜試所合作，擬進一步分析。

3. 袋式青貯在塑膠袋之選用上不但不易取得，對袋子本身之物性、化性，尚待進一步試驗篩選，以配合本試驗機及青貯料儲放之條件。

誌 謝

本試驗之完成，承蒙農委會之經費補助，省畜試所成博士游貴先生提供寶貴意見，並加入本研究，也蒙本校畜牧科及酪農羅顯明先生提供狼尾草與實作經驗，食品工業科蔣講師宗哲協助 pH 分析測定，本科畢業生王俊雄與黃裕峰同學協助試驗，得以順利完成，特此謹表由衷之謝忱。

參 考 文 獻

1. 王洪範、馬蔭春 (1961) 狼尾草用作脫水青飼料之商榷——科學農業 9 (11~12) p. 317~29。
2. 王啓柱 (1975) 飼用作物學。正中。臺北。p. 669~722。
3. 王啓柱 (1985) 牧草改良與管理。國立編譯館，p. 351~456。
4. 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。177~182, 131~136, 109~116。
5. 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。169~176, (54~56)。
6. 李良 (1982) 試驗統計方法的應用。糧食作物試驗技術講習會。臺灣省政府農林廳農產科。p. 57~67。
7. 胡宏淦、李國堂、蔡精強 (1983) 臺灣養牛飼料資源之生產調查。省政府農林廳。p. 10~35。

- 8.周紹賢、尤修德 (1978)(1980) 食品工廠副產品青貯利用試驗。省畜產試驗所畜產評議會試驗報告。191~202, 73~94。
- 9.葉苗田等七位 (1977) 農民淺說, 404A——飼料 (02)。省政府農林廳。p. 42~57。
- 10.葉澤波等 (1979) 畜牧要覽。飼料篇。p. 238~241。
- 11.黃嘉 (1963) 青貯及乾草——牧草改良概說。57~63。
- 12.黃嘉 (1966) 飼料作物經營 (1)1~135。
- 13.黃嘉 (1984) 牧草。臺灣畜牧獸醫事業 (養牛篇)。省政府農林廳。p. 304~315。
- 14.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。
- 15.黃清旺 (1988) 機械化青割狼尾草之現況與發展。中國畜牧。第20卷。第2期。中國畜牧雜誌。p. 162~168。
- 16.葉樹藩 (1977) 試驗設計學, 第一部份生物統計學。國立臺灣大學農學院生物統計室。p. 162~185。
- 17.楊清白 (1980) 家畜飼料學。藝軒。臺北。p. 74~108, 176~191。
- 18.趙新吉、黃永原 (1978) 飼料。中國。屏東。p. 154~190。
- 19.陳德卿 (1972) 中國畜牧年鑑。中國畜牧雜誌社。p. 36~38。
- 20.賴耿陽 (1980) 塑膠材料選擇指南。初版。復文。臺南。p. 37~145。
21. AG-BAGGER OWNER'S MANUAL, AG-BAG CORPORATION. P. O. BOX 418-ASTORIA, OREGON 97103 U. S. A.
22. AHLGREN, G. H. (1965) Making hay and grass silage-forage Crops p. 398-437
23. ANONYMOUS (1956) Silage in Queensland-Queensland-Agric., and Stock Dept. Advisory Leaflet 403
24. BARGER, E. L. (1968) Mechanization of haymaking and storage-forage p. 549-63
25. BLOOMFIELD, R. A. & M. E. MUHRER, (1958) Silage in plastic bags-Miissouri Agric. Expt. Sta. Bul. 710
26. BREVIK, T. J. et al (1955) Horizontal silos-Michigan Crop. Ext. Serv. Circ. 723
27. MAGEE, A. I. (1958) Harvesting Machinery for hay and silage-Canada Dept. Agric. Pub. 885
28. MCCALMONT. J.R. (1956) Bunker silo-USDA Agric. Inform. Bul. 149
29. MILLER, J. I. et al (1957) Mixed hay, grass silage, and corn silage for steer calves and beef cows-Cornel Agric. Expt. Sta. Bul. 923
30. PERKINS, A. E. et al (1953) Silage density and losses as found in laboratory silo-Ohio Agric. Expt. Sta. Ciri. 18
31. SeMPLE, J. A. et al (1966) The preparation and feeding of pangola grass silage-Tropical Agric. 43(6).
32. Shinner, K. J., R. G. Koegel, and R. J. Straub, (1987) Consolidation and Compaction Characteristics of Macerated Alfalfa Used Silage Production. ASAE Paper No. 87-1074.

專營土木、水利、建築等工程

純一營造廠有限公司

負責人：陳文國

地址：嘉義市延平街 31 號

電話：(05)2231301