

布袋蓮壓縮脫水之研究

A Study on the Dewatering of

Waterhyacinth by A Presser

國立臺灣大學農工系教授兼主任 國立臺灣大學農工系技士 農業工程研究中心助理研究員

曹以松 葉錦文 張文亮

Yii-Soong Tsao Chin-Wen Yeh W. L. Chang

Abstract

The aquatic weed waterhyacinth [*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms] at 93.8% moisture content was pressed in a cylinders in order to determine the relation between the moisture content and applied pressure. It is found in this study that pressing removed 38 percent of the water at 22.0 kg/cm² pressure, reduced 43 percent of the original volume.

A self-propeling presser is then designed according to the results of above-mentioned experiments. This presser was then tested in fields, the primary results of the tests were found to be quite satisfactory.

一、前言

在熱帶與亞熱帶地區，水生植物布袋蓮 (*Waterhyacinth*) [*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms] 已經成為近代水域生態學與營養經濟學之一重要研究主題。在上述地區，布袋蓮因藉人類活動所造成水中氮營養源過剩而蔓延；同樣的，生產足夠氮源以供動物與人類日益增加之消耗，亦是該地區面臨之一經濟困擾，利用布袋蓮作為營養源，可以舒解該地區之氮源要求，亦可達到營養源再利用之功效。此外；布袋蓮在生態上有它基本功能，包括：藉着光合作用增加水中溶氧、提供各種水生物理想之生育環境；穩定水底淤泥、合成食物供水生動物食用，阻礙漂浮性藻類之蔓延。布袋蓮具有上述之生態功能，因此用化學殺草劑防除水生植物，即使在技術上已證明可行，但是其目標與效益尚待商榷。

控制布袋蓮在池塘、渠道之蔓延，管制水中營養質是最根本之方法；蓋因技術性之困難，在可預

見之未來仍然無法一蹴而致。根據近代許多水生生態學家之理論：目前可行之改善水域環境之技術，採割除或移除水生植物；這種方法不只可以立即解除渠道阻塞；恢復池塘美觀，尚可將收穫之水生植物作為營養質或作為它種經濟用途使用，在整個過程中，不需加入任何外界物質進入水域，也不會有污染水域之慮。藉着移除水生植物而去除水中大量營養質，實在是集水區水質管理與水生植物管制之一正確方向。

小水域有布袋蓮困擾者，祇需以手採收方式，每年採收一至二次（該次數依水深度與水之清潔度而定），即可消除。在大水域，根據國外經驗即需使用氣艇，艇下緣裝置切割柵，與一傳送器，將所切割之布袋蓮送至甲板，再由氣艇輸送上岸，達到陸地時，尚需輸送至離水域一段距離後再處理，所以目前藉機械採收生產力低且操作費高，有所困難。低生產力之主因有二：一者，密集繁殖布袋蓮地區，氣艇推進速度緩慢；二者，布袋蓮剛從水域取出者含水量超過90%，亦即每移除10公斤布袋蓮，

其中就含有9公斤之水，巨大之體積與重量，致使布袋蓮難以撈取與輸送，因此任何一種方法能在採收布袋蓮時，又兼能移除布袋蓮水份，就可以大大地增加操作效率，減少操作成本。

本計劃即研究在採收與運輸布袋蓮中，如何減少布袋蓮之重量與體積之方法。

二、布袋蓮之形態特性與組織營養成份

布袋蓮是一飄浮性之水生植物，在葉柄 (Petioles) 有充滿着空氣之海綿組織，典型葉柄之氣囊直徑為 10 厘米，隨着植物成熟度，氣囊直徑可以增達 50 厘米。布袋蓮吸收水中營養份，因此生有一細網般之根系。植株生長於高度優養化 (Eutrophic) 之水中，葉柄可高達 1 公尺，根部長度低於 0.6 公尺；反之，生於貧瘠化之水中，葉柄低於 0.2 公尺，根部長度大於 0.6 公尺。繁殖器官主要是走莖 (Stolon)。當布袋蓮植株形成密集

羣落時，葉柄可以延伸至 1.5 公尺，而且氣囊消失。

水生植物生長環境因與陸生植物有極大差異，其組織亦迥然不同。布袋蓮葉柄有一擴大橫斷面，內部含有纖維質，包括許多氣泡組織，陸生植物完全由纖維質構成，但是纖維質中不含氣泡組織。布袋蓮有此氣泡組織，所以比水輕 (比重約 0.8)，浮於水面。由於水能支持布袋蓮本身重量，在組織發展上，不必形成一堅強之主軸，而是 5~12 枝之葉體；將氣泡組織解剖，則知其細胞壁間充滿了空氣，氣泡間累聚了光合作用之氧，偏佈延伸於整株植物中，可以傳導氣體供為呼吸作用；氣泡分佈直至根區，愈趨近根部，氣泡所含之氧氣亦逐漸消失。

布袋蓮之營養成份分析，Boyd 氏 (1969) 研究分析之結果如下：

表 1 布袋蓮營養成份分析

分析項目	灰分	粗蛋白	磷	硫	鉀	鎂	鈣	鈉	鐵	錳	鋅	銅
營養成份 (%)	18.11	2.64	0.43	0.33	4.25	1.05	1.00	0.34	3940 (ppm)	250 (ppm)	50 (ppm)	11 (ppm)

Parra 氏 (1975) 分析資料顯示：粗蛋白含量 1.61%，Shirley 氏 (1970) 認為布袋蓮粗蛋白在 5~21%，含量依環境與植株生育期之不同而改變。國人洪國源與葉苗田 (1978) 分析布袋蓮之

營養成份，與 Boyd 氏、Parra 氏之資料近似，均認為布袋蓮可發展為一種飼料資源，分析結果如表 2 示之：

表 2 布袋蓮各營養組織之營養成份分析

項 目	部 位	水 份	粗 蛋 白	粗 脂 肪	粗 纖 維	粗 灰 分	夾 雜 物	鈣	磷
根	基	96.51	1.27	0.09	0.47	0.52	0.03	0.07	0.02
柄		95.25	1.31	0.25	0.83	1.08	0.02	0.08	0.08
葉		90.13	3.61	0.53	1.11	1.33	0.01	0.13	0.10
全	株	94.00	1.91	0.30	0.87	1.05	0.02	0.08	0.09

本省布袋蓮繁殖面積約 1300 公頃，根據 Steward 氏 (1970) 之結算布袋蓮之乾重生產量為 3.3~15 公斤/平方公尺。年，布袋蓮含水量以 95%，粗蛋白以 1.91% 粗估，則本省布袋蓮年生產粗蛋白量達 1600 噸~7500 噸。布袋蓮實為一向未開發之含氮營養源。

三、前人研究

布袋蓮之脫水處理，主要脫去植株表面附着水與植株組織體水份。脫水機械裝置主要有四種：滾筒 (roller) 壓縮、切草機 (chopper) 切割、螺旋 (screw) 壓縮、圓筒 (cylinder) 壓縮。

滾筒壓縮主要去除植株體表面附着水，尤其是

根系吸附水。滾筒試驗裝置係以一組塑膠滾筒 (rubber-covered rollers), Cifuentes 氏 (1976) 設計滾筒之外徑 8.5 吋, 塑膠厚 7.5 吋, 共計 16 吋, 將滾筒鑲嵌成一列, 在旋轉運動時, 可造成一軸壓力, 壓榨後布袋蓮之殘餘水份平均為 78.4 %, 主要是植物體纖維質水份 (cellular moisture) [未被滾筒所移除。滾筒所壓出之植物體液, 固形物其化學需氧量濃度低; 壓榨後植株體積減少 40 %。植物殘渣含水量仍然偏高, 為便利運輸, 必須再進行處理。

布袋蓮採收後, 植物體所佔之表面積甚大, 而且植株糾纏, 難以起卸, 必需處理成一定之型式才易搬運。傳統之牧草切割機 (Forage chopper) 將植株切割。切割後可以急劇地減少植物體體積, 減少儲存, 搬運所需之面積, 並且切割過程中有些細胞質被破壞, 脫水速率得以加快。

移除植物體內水份, 包括兩種步驟: 一者, 顯著地增加組織細胞之破壞; 二者, 壓縮已破壞之細胞體而使水份穿過纖維多孔介質體而流出。前者步驟稱之 maceration。在單位時間有一最小壓力比降, 可以顯示破壞細胞組織百分比; 後者稱之 fractionation, 在單位壓力下, 有一時間比降, 可以壓力顯示增加之水份。移除植物體內之水份, 包括二種機械方法, 一者, 螺旋壓縮推進器。設計結構利用一組螺旋, 旋轉螺紋、孔洞 (perforation) 與圓筒狀之儲存器 (storage), 藉着螺紋旋轉壓縮破壞細胞壁, 植物體水份即由孔洞排入儲存器中, 設計優良之螺紋壓縮推進器, 可移除植物體 60 % 之水份。二者, 圓筒壓縮器, 設計結構為一圓形壓力槽、圓筒、孔洞與儲存器。藉着軸壓力壓碎細胞壁, 而將植物脫水; 設計優良者, 壓縮器可移除植物體 70 % 之水份。

通常植物體在較大壓力下或愈多之預處理 (如: 切草機切割) 時, 所壓出水份之固形物濃度與化學需氧量也愈高。本計劃以電導度 (單位: micro-mhos/cm) 取代固形物濃度, 測定壓出後水份之總可溶性鹽份。

Koegel 氏 (1973) 將植物體熱處理 (heat blanching), 在 100 psi 槽中以 100°C 溫度烘乾 1 小時, 可增加脫水效率 85 %, 此外 Aboaba 氏 (1973) 將水生植物體加熱處理後, 在螺旋推進器或圓筒壓縮槽中可移除較多水份, 而且水中之可溶性固體濃度較高。熱處理主要改變蛋白質本性或

將其凝結化, 導致細胞壁之滲透壓 (osmotic pressure) 功能消失或細胞壁被破壞, 而使水份容易移除。蛋白質凝結時將促使部份纖維質收縮, 使纖維質在壓縮過程中隨水份流出, 故水中可溶性固形物增加。

根據 Steward 氏 (1970) 之研究顯示: 圓筒壓縮布袋蓮排出單位水量所耗能量為螺旋推進器之 1 %, 而且排出液體部份, 水溶性固形物 (單位 ppm) 較螺旋推進器排出者少, 而蛋白質較多。

本計劃為布袋蓮壓縮脫水之初步研究, 以油壓機推進圓筒壓力槽, 使槽中布袋蓮在承受軸壓力下, 組織體水份與表面附着水, 隨着壓力之漸增而依次於壓力槽下之穿孔中排出, 排出口外承接一塑膠製之儲水器, 可將水份定量, 並將水份測定其電導度與總氮量。研究之目的為藉着對布袋蓮施加壓力, 由單位體積與排出水份之變化, 尋求布袋蓮脫水之最經濟能量。

四、試驗材料與方法

布袋蓮壓榨試驗之主要原則, 係藉着壓力機 (油壓), 將布袋蓮植株體, 固~液分離, 固體部份存留於壓力槽中, 液體部份排出槽外。本計劃以圓筒壓力機為主要之壓縮器, 採圓筒裝置之主要優點: 操作簡便與所費能量較螺旋壓縮器者, 較具田間實際使用性。圓筒壓力機主要具三個特別裝置組合而成: 一者, 圓筒壓力槽; 二者, 油壓機; 三者, 壓力計。其間最主要者為圓筒壓力槽, 包括一高 11 公分, 直徑 9.5 公分之圓柱; 一長 16 公分、寬 12.5 公分之長方形凹形槽, 槽深 2.5 公分, 槽底有一排水孔; 一高度 9.8 公分、外徑 11.7 公分、內徑 9.6 公分之中空圓筒, 筒之四週等有細小之排水口。上述材料皆由鑄鐵所造, 試驗前將凹形槽置於油壓機之上緣, 中空圓筒密接於凹形槽之中間, 除圓筒之穿水口外, 筒與槽形成一三面密接之壓力槽, 以手搖方式將油壓機起動, 使壓力槽接近固定於油壓機上方之圓柱體, 當槽中放置植物體時, 即受圓柱軸壓, 植物表面吸附水與植物體纖維質之水份, 依壓力之大小, 分別由圓筒之穿水口與筒槽接合處外溢, 當流出凹形槽之排水口時, 下置一定量筒, 將排出水予以定量, 殘留於凹形槽之少量水份, 為防止壓力減少時, 反被植物體吸收回去, 故用定量吸管吸收, 定量吸管與定量筒之定量總和, 視為該一壓力段排出之水量。壓力槽中布袋蓮承受之相對

壓力數以壓力計示之，壓力計於裝置附於油壓前，先經過檢定，壓力計之讀數（單位： kg/cm^2 ）與真正所承受之壓力（單位： kg/cm^2 ）之關係式，如式1示之：

$$Y = -0.0669 + 0.10154X \dots\dots\dots 1$$

其中：x：壓力計之讀數。

y：實際承受壓力數。

本計劃，係一布袋蓮脫水之初步研究，以此簡單結構之壓力機，在擬定之壓力設限下，測定布袋蓮排水量之變化。

所有供試之布袋蓮，皆生長於稀釋豬糞尿之水泥槽中，水泥槽長 10 公尺、寬 10 公尺，深 1 公尺。試驗前兩個月由田間池塘任意採集數株移植水泥槽中，二個月後布袋蓮蔓延，覆蓋水池槽 $\frac{1}{2}$ 之面積，生育良好，平均株高 0.7 公尺、7 葉體、葉面寬 12 公分。布袋蓮培養於 9~10 月間，生長密集，葉柄膨脹氣囊除少數分佈於密集羣落之外緣者大抵全部消失。此情形與田間狀況相同，因此可作為田間代表性之試驗材料。

試驗程序包括四種步驟：(一)布袋蓮含水量與體積變化試驗；(二)布袋蓮與各部份營養器官在壓力槽中壓縮，各種壓力之排水定量試驗；(三)壓榨後布袋蓮之含水量與體積變化試驗；(四)壓榨排出液體之電導度與總氮量之測定。基於上述程序，主要研究布袋蓮植株體積、水份移除與壓力關係，其次才研究排出水份之營養成份。各種試驗步驟分述如下：

1. 試驗一：布袋蓮之含水量與體積。

在培養布袋蓮之水泥槽，逢機採取 10 株布袋蓮，稱其新鮮重；而後依葉、葉柄與根部（包括走莖與根冠）三部份分開，測重量與體積（測定其排水體積）；再將分開之植株，放於洋鐵皮盤中，置於通風處，六日後取回再測其總重、分重與體積；最後將植株置於 103°C 之烘箱中 24 小時，冷卻後取出測定總重，分重與體積。2. 試驗二：布袋蓮與各營養組織在各種壓力下之排水量。

逢機採取水泥槽中之 8 株布袋蓮，攜布袋蓮於實驗室中仔細清洗，株體上附着物、根部吸附之大量淤泥、藻類、浮萍與水生昆蟲。清洗時必須小心仔細以免根毛脫落，腐爛葉柄予於切除，而後懸掛於乾淨之塑膠盆中 2 小時，以蒸發根部之附着水。

將預處理後之植株依次放入壓力槽中（每次一株），在壓力計 20、70、120、170、220 kg/cm^2 （註 1）之壓力逐次壓榨。每一壓力施加之停滯時間為 40 秒，將依不同壓力下排出之水份予以定量。壓力機每壓榨一次，需以蒸餾水清洗一次，尤其凹形槽與壓力圈，後以乾淨紗布拭乾後再進行次一次之壓榨實驗。

此外逢機採取 40 株布袋蓮，依據上述之預處理，將布袋蓮拆分為走莖、根、葉柄、葉等四部份，各部份累聚一處，方依上述之擬定壓力壓榨。

由於各部份之份量不相同，以致試驗之次數也不相同。試驗結果以表 4 示之，並進行統計迴歸分析之。

3. 試驗三：壓榨後布袋蓮之含水量與體積。

試驗二所壓榨之布袋蓮植株，當達最高壓力段時，壓縮成餅狀之或塊體取出，稱重與量體積，復置於空氣中氣乾，6 日後再取回稱重與量體積；再放入 103°C 烘箱中 24 小時，稱重與量體積，所得結果以表 3 示之。

4. 試驗四：壓榨排出液體之電導度與總氮量測定。

將試驗二壓榨之液體，定量後，立刻測定電導度與總氮量。電導度以電導度計（單位 micro-mhos/cm ）測定，總氮量以總凱氏氮法測定（單位 ppm）。將所得結果以表 8 示之，並進行統計變異性測定。



圖 1. 布袋蓮之形態圖

註 1：

壓力計所示之讀數 20、70、120、170、220 kg/cm^2 ，經過 1 式之換算實際承受壓力分別為 2、7、12、17、22 kg/cm^2 。

註 2：

五、試驗結果與討論

試驗(一)與試驗(三)所得結果，以表 3 示之。

1. 布袋蓮壓榨前後之含水量與體積之變化，將

表 3 布袋蓮壓榨前後之含水量與體積之變化表

處理別	重量 %			體積 %			整株重量減少 (%)	整株體積減少 (%)	重量減少 (%)			體積減少 (%)		
	根	葉柄	葉	根	葉柄	葉			根	葉柄	葉	根	葉柄	葉
折 鮮	23	66	11	21	62	17	0	0	0	0	0	0	0	0
氣 乾 *	3	19	2	12	51	8	75.6	29	87	71	82	43	18	53
烘 乾 **	1.3	3.0	1.9	11	32	7	93.8	49	57	84	5	8	37	13
壓 榨 ***	20	36	7	17	30	10	38.0	43	13	45	36	19	52	41
壓榨後氣乾	4	6	2	3	18	3	88.0	73.0	80	81	71	82	40	70
壓榨後烘乾	1.3	2.8	1.9	2	14	3	94.0	76	63	53	5	33	22	0

註：氣乾：置於通風處 6 日。

烘乾：103°C 烘箱內 24 小時。

壓榨：22 kg/cm² 壓力下 40 秒。

參照表 3，可知布袋蓮與各組織壓榨前後，經過氣乾 (air dry)，烘乾 (oven dry) 處理後植物體含水量與體積之變化狀況。茲將結果詳細分述：

(1) 布袋蓮氣乾與烘乾處理後體積與重量之變化：

根據表 3，新鮮之布袋蓮，葉柄所佔體積與重量皆超過其他組織，重量佔全株之 66%，體積佔 62%，故布袋蓮脫水處理主要對象者為葉柄。其次為根部，重量佔 23%，體積佔 21%；所佔比率最小者為葉部，重量佔 11%，體積佔 17%。試驗資料葉柄、葉、根部重量與體積之比率均值均在 95% 之可信界之外，顯示布袋蓮生育與環境差異能影響比率均值。

將布袋蓮氣乾後，重量顯著減少 75.6%，該減少量皆為植株水份蒸發耗損，可視為氣乾處理脫除布袋蓮重 75.6% 之水份。體積減少 29%，布袋蓮組織體主要由固體纖維，液體水份與氣泡三者所組成，氣乾固然減少 75.6% 之水份，使重量遽減，但是氣泡組織仍存留於細胞壁間，故體積減少並不如重量減少顯著，由各組織間之體積、重量百分比之分佈可解釋更為詳盡；氣乾後葉柄重量祇有原來布袋蓮重量之 19%，為原葉柄重之 29%，重量減少 71%，根部為原重 (即原布袋蓮重量) 之 13%，重量減少 87%，葉部為原重之 18%，重量減少 82%，重量減少百分比：根 > 葉 > 葉柄。體積變化部份：葉柄為原來布袋蓮體積之 51%，原葉柄體積之 78%，故體積減少 22%；根部為原來之 12%，氣乾後體積減少 43%；葉部則體積減少 53%，體積減少百分比：葉 > 根 > 葉柄。由

此可知，氣乾時根部根毛迅速脫水萎縮，故重量迅速減少，葉部因氣孔密布遠較葉柄為多 (註：布袋蓮之氣孔數，葉為 120 個/平方厘米，葉柄為 1 個/平方厘米)，故氣乾後，體積與重量減少者遠比葉柄為多。葉柄之氣孔少，蒸發脫水緩慢，細胞質間之氣泡組織最為發達，故體積與重量之減少遠較其它二者少。

布袋蓮經過烘乾處理，重量平均減少 93.8%，此可視為布袋蓮之平均含水量 93.8%，該平均值介於 95% 之可信界限之內為 93.8±0.8。烘乾處理並未排除植株體中之氣泡，因此重量減少 93.8%，體積祇減少 49%。烘乾後布袋蓮各組織間之乾重比；葉：葉柄：根 = 1.9：3.0：1.3；體積部份，根減少 8%，葉柄減少 37%，葉部減少 13%，由此可知氣乾與烘乾比較，後者能較顯著地影響葉柄重量與體積。

(2) 布袋蓮壓榨後經過氣乾與烘乾處理，體積與重量之變化：

根據表 1 布袋蓮植株體在承受 22kg/cm² 之軸壓力下，重量平均減少 38%，體積減少 43%，各組織體間受壓榨影響最大者為葉柄部份，重量減少 45%，體積減少 36%；其次為葉部，重量減少 36%，體積減少 41%；再其次方為根部，重量減少 13%，體積減少 17%。由此可知壓榨效果具有雙重作用，一者增加水份排出量，使重量減少，二者破壞氣泡組織，使體積減少。由試驗數據顯示，布袋蓮組織體間之氣泡含量：葉柄 > 葉 > 根，壓榨後由三者之體積減少率亦是葉柄 > 葉 > 根，

因此壓榨處理可以有效地破壞氣泡組織由此試驗可
得證明。

將壓榨後之布袋蓮氣乾，6日後重量減少89%
，體積減少73%，此二者皆大於未壓榨而直接
氣乾之布袋蓮，體積之減少量尤為顯著，甚至大於
烘乾處理者。各組織間重量之減少百分率：葉柄>
根>葉。體積之減少百分率：根>葉>葉柄。壓榨
時葉與根部之重量與體積之減少程度並不如葉柄顯
著，但是壓榨使二者之表皮組織與部份細胞壁受破
壞，故再氣乾時，體積之減少百分率，反而大於葉
柄。

將壓榨後之布袋蓮烘乾，重量減少94%，體

積減少76%。值得注意者：壓榨後布袋蓮之乾重
(6%)恒小於未經壓榨者之乾重(6.2%)，這
種微小之差距(0.2%)，顯示壓榨過程中，布袋
蓮的排出者非僅是水份，部份植物破碎細胞體亦隨
水份流出。因此結果可以推論壓力愈大，布袋蓮排
出水份中含有細胞質溶入之無機鹽，有機質或有機
氮之成份亦愈多。

2.布袋蓮與各組織體承受壓力時脫水百分率與壓力
數之關係

將試驗(二)擬定之壓力數壓榨布袋蓮與各組織體
，其脫水百分率之和，以表4示之：

表4 布袋蓮與各組織體在各單位壓力時之總脫水百分率

壓力表讀數 (kg/cm ²)	承受壓力數 (kg/cm ²)	總脫水百分率(%)				
		整株	葉柄	葉	根	走莖
20	2	9	3	0	22	6
70	7	21	10	0.8	37	14
120	12	28	15	4	48	23
170	17	34	24	12	58	33
220	22	38	29	15	62	38

將表4所得結果進行統計迴歸分析，結果以表5示之：

表5 布袋蓮之脫水百分率與壓力數之迴歸式

處理別	迴歸式	F 值
整株	$Y = \frac{100}{1 + 8.8879 e^{-0.00861X}}$	43.19 **
葉柄	$Y = \frac{100}{1 + 28.536 e^{-0.01219X}}$	32.43 *
葉	$Y = \frac{100}{1 + 368.892 e^{-0.02058X}}$	14.378 *
根	$Y = \frac{100}{1 + 3.4546 e^{-0.00857X}}$	39.79 **
走莖	$Y = \frac{100}{1 + 14.6218 e^{-0.01084X}}$	16.8 *

註：F (0.05=10.13 0.01=34.12)

* 顯著 ** 極顯著 N. S. 不顯著

將表5迴歸式具有顯著性或極顯著之意義者，其推理曲線(logistic curve)以圖2~6示之：

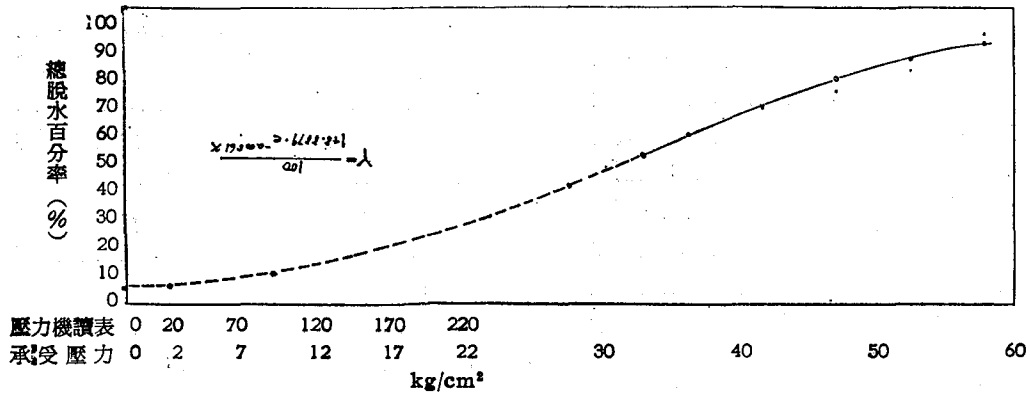


圖 2. 整株布袋蓮之總脫水百分率與承受壓力數之推理曲線圖

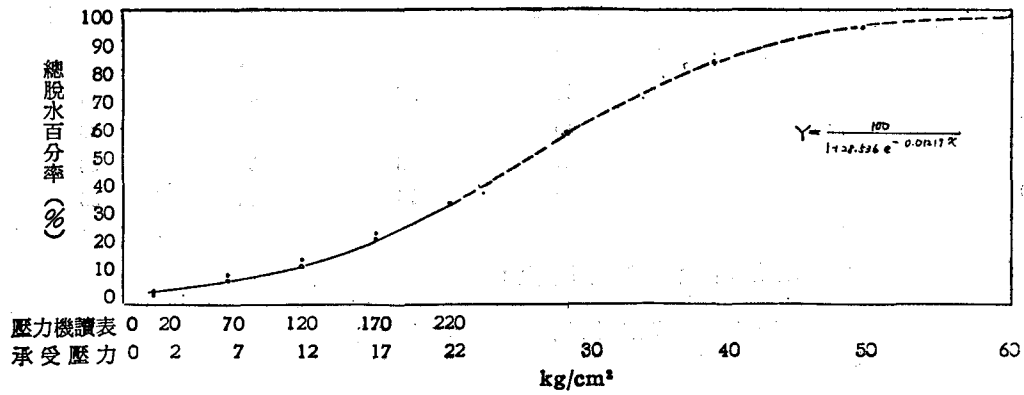


圖 3. 葉柄之總脫水百分率與承受壓力數之推理曲線圖

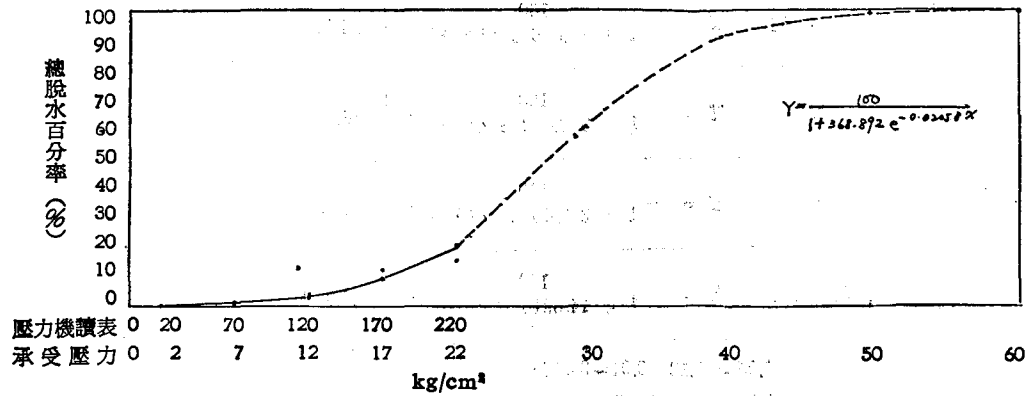


圖 4. 葉之總脫水百分率與承受壓力數之推理曲線圖

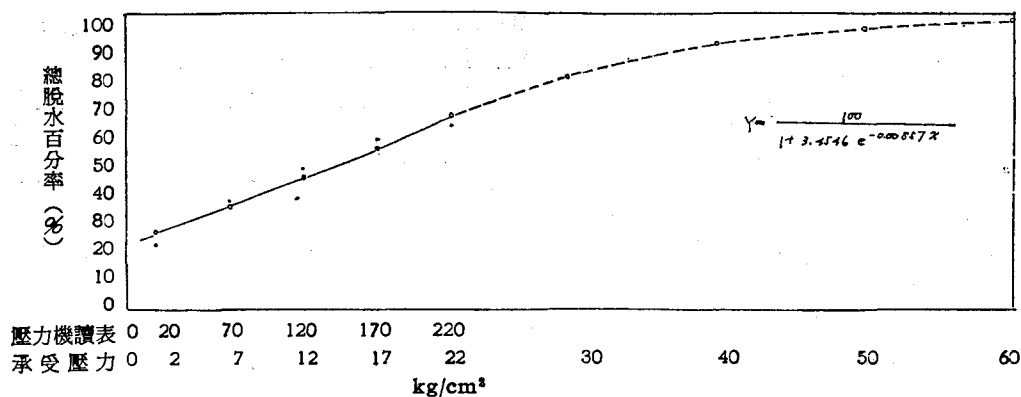


圖 5. 根之總脫水百分率與承受壓力數之推理曲線圖

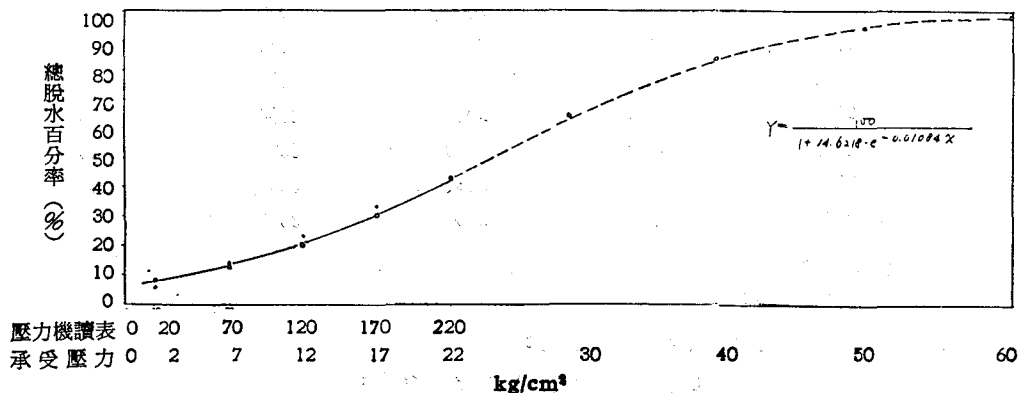


圖 6. 走莖之總脫水百分率與承受壓力數之推理曲線圖

根據表 5，由試驗數據所求得之布袋蓮植株與各組織間之脫水百分率與壓力數之顯著推理迴歸曲線，可推估得較高之脫水百分率所需承受之壓力數，以表 6 示之：

表 6 由推理曲線推估而得布袋蓮與各組織之脫水百分率與承受壓力數

脫水百分率 (%)	承受壓力數 (kg/cm ²)				
	整株	葉柄	葉	根	走莖
10	—	9.6	17.4	—	3.1
20	9.5	16.4	22.0	—	12.0
30	15.3	20.6	24.2	4.4	17.0
40	20.5	24.2	26.2	9.5	21.2
50	25.0	27.6	28.4	15.0	25.0
60	30.0	30.5	30.6	19.6	29.0
70	35.2	34.5	33.0	24.7	33.2
80	44.0	39.0	36.0	30.8	38.4
90	50.0	45.2	39.5	40.0	45.2

根據表 6，布袋蓮組織體對壓力之承受：葉>葉柄>走莖>根。由表 1，當整株布袋蓮置入壓力槽壓榨時，根部祇脫水 13%，但由表 6，根部在同樣壓力下之脫水為 66%，這種顯著之差異，可能對壓榨能有進一步之了解：壓榨對布袋蓮之脫水作用，應分為二步驟，起初是破壞植物體之細胞壁結構，其次方為壓出水份，當布袋蓮整株壓榨時，根部體積祇佔布袋蓮總體積之 21%，壓榨後其體積受影響者祇減少 19%，故組織受破壞者少；受較大影響者為葉柄部份，葉柄體積佔全體積之 62%，而壓榨後體積減少 37%，因此在根部，壓榨後之

水份反不如葉柄者。反之，當將根部，累聚後再壓榨，較容易受壓力影響，因此在壓力 4.4 kg/cm²，即壓出 30% 之含水量。

吾人無法單就表 6，推斷布袋蓮之最經濟壓力數。這必須配合布袋蓮殘渣之再利用而定；無論是堆肥製紙、土壤填充劑、飼料等都有其特定之含水量，由該含水量才能決定布袋蓮在某一用途下之最佳加壓，故針對此點，將來尚待進一步之研究。

3. 布袋蓮加壓時排出液體之電導度與總氮量。

本試驗較偏重電導度之試驗，根據試驗四布袋蓮所排出液之電導度值與壓力相關性由表 7 示之：

表 7. 布袋蓮承受各壓力下排出液之電導度

承受壓力 處理代號	2	7	12	17	22
1	2100	2600	3000	3000	3000
2	1700	3500	3900	3900	4000
3	2000	2800	3000	3000	3500
4	2000	2500	3000	3500	4300
5	2000	3000	3500	3500	3500
6	3000	3400	3000	3500	4000
7	2500	3000	3500	3000	3500

註：承受壓力之單位 kg/cm²
電導度之單位 micromhos/cm

將表 7 所示之試驗結果進行變方分析，以表 8 示之：

表 8. 布袋蓮排出液電導度值之變方分析

變異原因	自由度	平方和	均方	F 值	理論 F 值	
					5%	1%
處理	4	8960000	2240000	14.36**	2.69	4.02
機差	30	4670000	156000			
總計	34	13630000				

註：**：極顯著。

變方分析極具顯著性之變異，故再以多變域測定處理各壓力間之顯著性差異，結果以表 9 示之：

表 9 布袋蓮排出液各壓力間電導度之顯著性

處理壓力	22	17	12	7	2
電導度平均值	3686	3343	3271	2791	2186

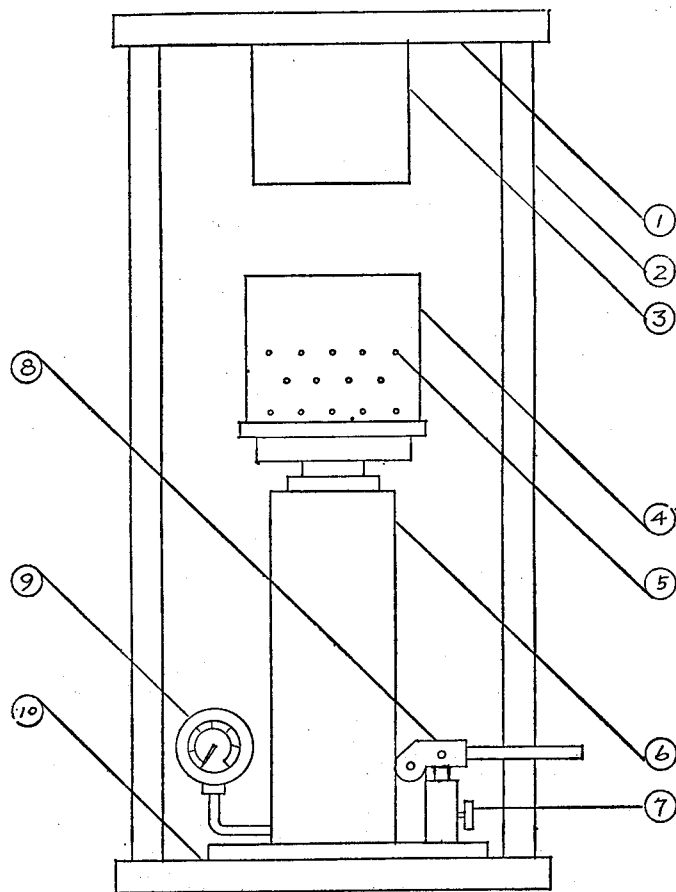
註：—— 不顯著。 空白部份極顯著。

根據表 9，壓力處理 22、17、12 kg/cm²，互不呈顯著之差異，而與 70、20 kg/cm² 呈極顯著之差異。就壓力 17 kg/cm² 而論，而與 12、7 不呈顯著之差異。而與 2 kg/cm² 呈極顯著之差異。理論上壓力數愈大，排出液之電導度值應為愈高，但是整株布袋蓮壓榨時，各組織體之氣泡組織之含

量、表面積之不同，以根部在較高之壓力下才能排出液體，該液體之電導度值較其它組織體為低（表 10），影響所及，在壓力愈大時，電導度雖有增加之趨勢，但其變化在 12 kg/cm² 以上時不具顯著之相關性。各組織體之電導度與總氮量以表 10 示之：

表 10 布袋蓮各組織體之電導度與總氮量

組 織 別 分 析 別	植 株	葉	葉 柄	根	走 莖	根 冠
電 導 度 (micromhos/cm)	4,000	4,700	6,000	1,150	8,000	5,000
總 氮 量 (ppm)	42.8	59.9	47.7	29.3	34.9	31.6



布袋蓮壓縮基本實驗機

1. 頂 蓋 2. 主持桿 3. 上壓筒 4. 壓縮筒 5. 出汁孔
6. 油壓機 7. 解壓弁 8. 加壓桿 9. 壓力錶 10. 底 座

由表 10 顯示布袋蓮壓出液之電導度值頗高，各值皆高於 750 micromhos/cm (灌溉水質標準)，故布袋蓮壓榨後之排出液體不能直接排入池塘、溝渠，此為日後布袋蓮田間處理之必須注意者，各組織之電導度值，走莖>葉柄>根冠>葉>根。走莖之電導度值較大，這是否顯示布袋蓮無機營養源大量累聚在行營養無性繁殖之走莖間，尚待進一步之研究。布袋蓮壓出液體之電導度值高而含氮量低，故其液體用為肥料之可行低。

七、布袋蓮壓榨機原理機構之說明：

壓榨機可直接開往各地池塘渠道之邊岸，將採收後之布袋蓮放入，使用本機壓榨出水份，並以草繩捆紮成一尺見方之布袋蓮渣。

本機機械設計機構之條件，係根據上述 (Page 10) 初步基本實驗先行製造一小型之壓縮機，具有把汁壓擠出之裝置，並配合測出布袋蓮在單位面積，把汁壓擠出所需之壓力，另行構想布袋蓮渣之體積，暫定為 30cm×30cm×30cm，茲考慮其渣之大小及重量，與堆積、搬運之方便與否，極為相關。本機為第一代試驗型，其材料為使能承受 3 kg/cm² 之壓力，以致使用 10 mm 厚之鐵板焊合，以策安全。本機全重約 450 公斤，需移動性良好，因而需有驅動機構，可隨時移位，獨立處理作業。

本機係以一四衝程汽油引擎最大馬力 7 HP/2.600 R. P. M 為動力，傳動 (一) 油幫 (140 kgf/cm²-3000R. P. M 之特性)；油幫之作功可分成兩種系統：(一)布袋蓮壓縮捆紮機構(二)轉向操縱及驅動機構；其操作方式是採個別進行。

(一)布袋蓮壓縮捆紮機構(說明)

油幫經引擎之動力，所產生之壓力油，通過壓力調整器，可控制調整所需之壓力；然後，由管路輸送至油缸分向閥，其作用為使油缸作往復運動；分向閥具有一操縱桿，分前進，中立，後退三段，經由分向閥再到油缸；本機油缸規格為 5cmφ×35cmφ×80cm，油缸為壓榨作功主件，壓榨板面積 900 平方公分 (30cm×30cm) 根據基本實驗所得之資料，布袋蓮出汁率最大壓力為 3 kg/cm²，因此壓榨板需產生 2,700 kg/cm² 之壓力，經換算油缸所需壓力為 140 kg/cm²，壓力板之前進速度，另附有一流量調整器，可控制壓榨板之前進退後之速度，壓榨板及壓榨室之四周及上下

具有草繩溝，當經數次壓榨出汁後，需捆紮時即將草繩穿繞過草繩溝後捆紮，本機草繩之規格為 3 分 (3/8吋直徑)，布袋蓮經壓縮草繩捆紮後，成為整捆之布袋蓮渣，但必需由壓榨室取出，首先將壓榨室上之兩壓力檔桿翻開，手握室蓋之蓋把，由側方翻開，後再取出布袋蓮渣。

(二)轉向操縱及驅動機構：

油幫——壓力調整器，另分一油路至驅動分向閥，其作用使油壓馬達，轉向之改變，另一操縱桿可分前進，停止，後退三段；油壓馬達之迴轉數之快慢是根據引擎之迴轉數，傳動油幫流量之大小關係；因此油壓馬達之快慢與扭力之影響甚少，其優點為可作無段變速之效果，油壓馬達使用鍊條傳動，車軸與輪胎之間具有差動之裝置，以便車行轉向之用，輪胎之規格為 400×100，輪胎壓力為 60 psi，前輪為單輪，可作 180° 轉向，因此在低速行進時可做極小徑之迴轉，方向桿現暫以一鐵管使用，可變換四不同方向之操作位置。

六、結 論

本計劃係一布袋蓮機械脫水之初步試驗，以一簡單之油壓裝置，在各種擬定壓力下，研究布袋蓮之排水量。茲將試驗所得之結論分述如下：

1. 布袋蓮之含水量 93.8 %。氣乾時之脫水量為 75.6 %，體積減少 29 %，烘乾時體積減少 49 %。
2. 壓榨布袋蓮主要在破壞植株之氣泡組織，其次方為將水份壓出，本計劃所設計之最高壓力數 22 kg/cm²，可壓出 38 % 之水份，但是體積減少 43 %。壓榨後氣乾可脫水 88 %，體積減少 73 %。故壓榨處理不僅在減少布袋蓮之含水量，更能有效地減少體積。
3. 布袋蓮之壓力數與排水量之關係式：

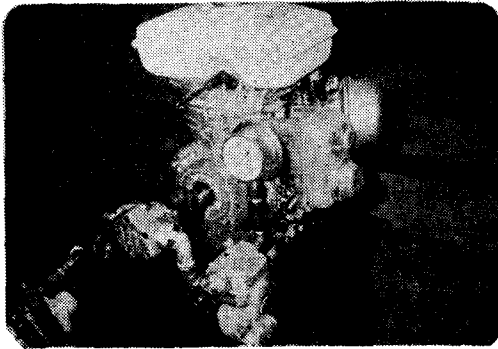
$$Y = \frac{100}{1 + 8.8879 e^{-0.00861X}}$$

最理想與經濟之壓力數必須配合布袋蓮之處理用途才能決定。此點將來尚待進一步之研究。

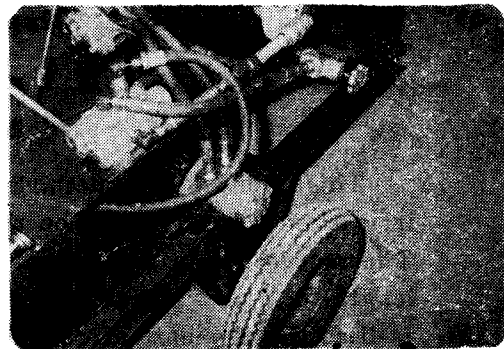
4. 壓力數愈大布袋蓮排出液之電導度也愈大，惟增至 12 kg/cm² 後，壓力與電導度間已不具顯著性之相關。各組織間以走莖之電導度最高，達 7000 micromhos/cm。排出液之總氮量低，因此作為液肥之可行性不高。

參 考 文 獻

1. 洪國源，葉苗田（民國六十七年）：布袋蓮生態調查。臺灣省畜產試驗所六十七年度畜產試驗研究工作報告。135頁至139頁。
2. Boyd, C. E. 1969. The nutritive value of three species of water weeds. *Economic Botany*, 23(2):123-127.
3. Steward, K. K. 1970. Nutrient removal potentials of various aquatic plants. *Hyacinth Control Journal*. 8:34-35.
4. Richard, G. Koegel, Se, Hiong. Sy., Hjar, D. Bruhn. and Donald, F. Livemore. 1973. Increasing the efficiency of aquatic plant management through processing. *Hyacinth Control Journal*. 11:24-30.
5. Jaime, Cificentes. Larry. O. B. 1976. Pressing characteristics of waterhyacinth. *Hyacinth Control Journal*. 14:71-74.
6. Bagnal, L. O., Gasselman T. W., Kesterson, J. W., Easley, J. F. and, Hellwig, R. E. 1977. Aquatic forage processing in Florida. *Transaction of the ASCE*. 221-225.



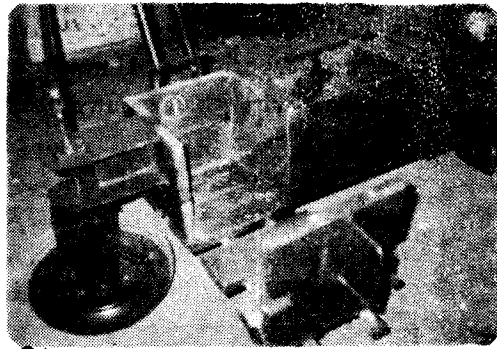
引擎傳動油幫及壓力控制弁



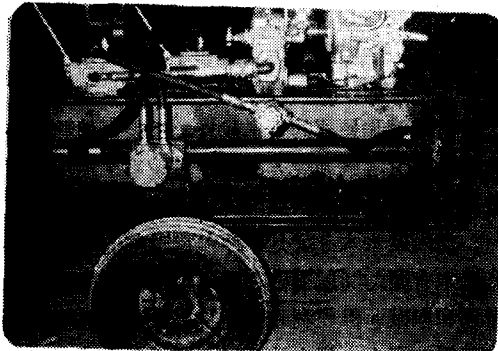
油壓馬達之驅動裝置



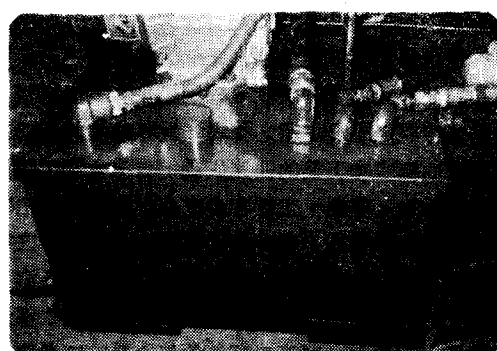
布袋蓮壓製機之全貌



前輪及方向桿



壓縮及驅動裝置



油 壓 油 箱