

# 蔬菜真空式育苗播種一貫作業機之設計研製

游俊明 張金發 張學琨

## 摘 要

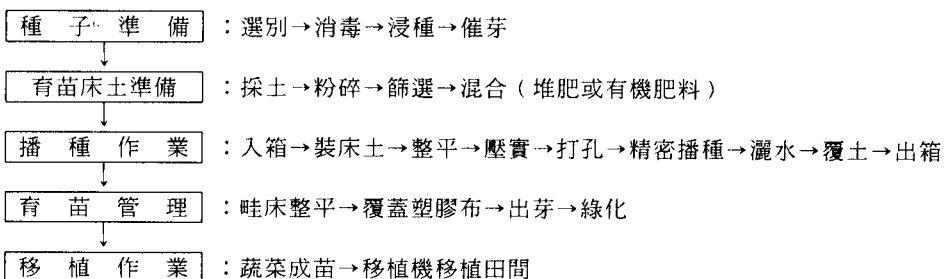
本場為配合大型蔬菜育苗中心之需要，已設計研製成一套真空吸氣式育苗播種一貫作業機。該機係利用真空吸力原理將種子吸起，然後播種於育苗箱之方格內，其作業程序依次為入箱、填土、壓實打孔、播種、灑水、覆土、出箱等一貫化作業。經測試結果，以孔徑 0.8m/m 之吸附孔，調整吸力至 76mmHg 及加設吹氣設備，播種甘藍種子時，每箱播一粒之百分率佔 90.0%，每格二粒以上者僅 5.5%，不吸種子者佔 4.5%，工作效率為每小時 240 箱，比人工快約 36 倍，本機亦可作西瓜、甜椒、蕃茄及菸葉等作物之育苗播種用，此外本機之噴水裝置亦可加入各種殺菌劑，以供種子消毒處理。

## 前 言

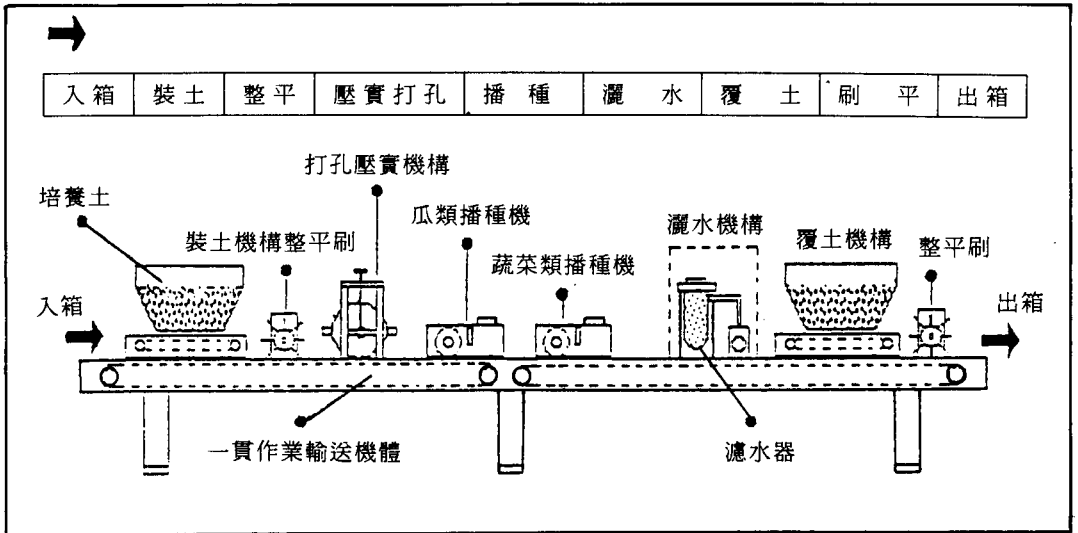
近年來本省農作物之育苗方式有很大的進步，不僅花卉方面已開始採用穴盤育苗，蔬菜方面亦有不少農民採用育苗箱育苗。由於箱式育苗或穴盤育苗之幼苗，移植到田間容易成活，而且根部發育較好，不易發病，產量也較高，更重要的是採收期可提早，因此提高了市場價格。展望今後，本省園藝作物之育苗方式，必將走向育苗中心的經營方式。然而本省園藝作物之機械化栽培尚屬萌芽階段，在歐美先進國家雖已經開發及應用，但成本很高且機型較大，非小農制的本省農家所能接受，尤其是最費工的播種及移植作業，仍停留在人工操作原始境地，本場有感於此自民國 75 年起則著手園藝作物栽培機械之研發工作。茲將本場首先研製成功之蔬菜真空式育苗播種一貫作業機之設計原理及作業流程等，介紹如後，以供參考。

## 材料與方法及機械設計原理

一、蔬菜育苗作業流程：

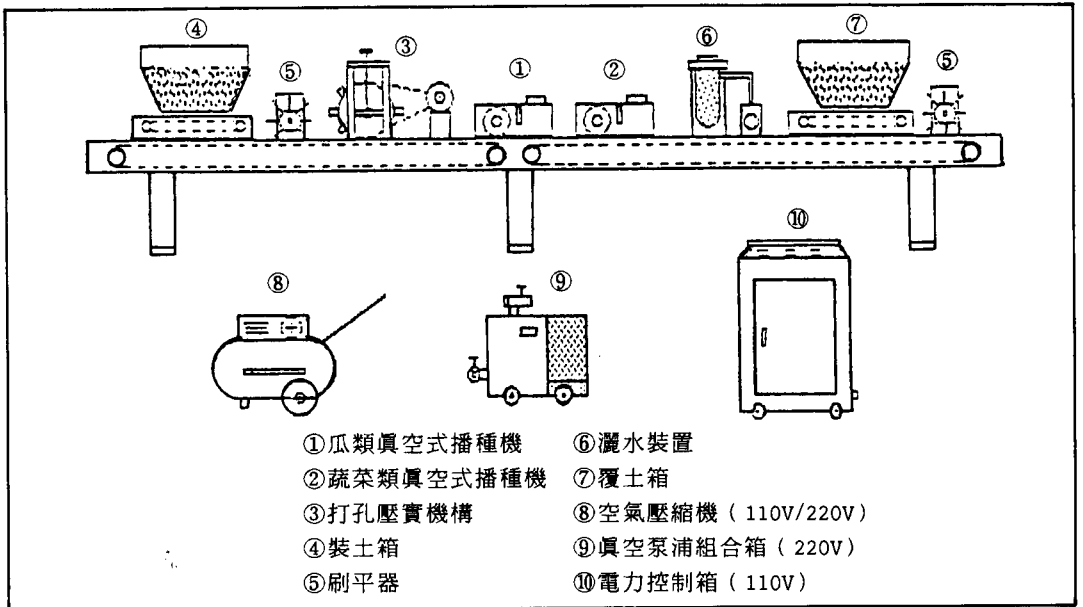


二蔬菜真空式育苗播種—貫作業機之作業流程：



圖一 一貫化作業真空式蔬菜育苗播種機作業流程

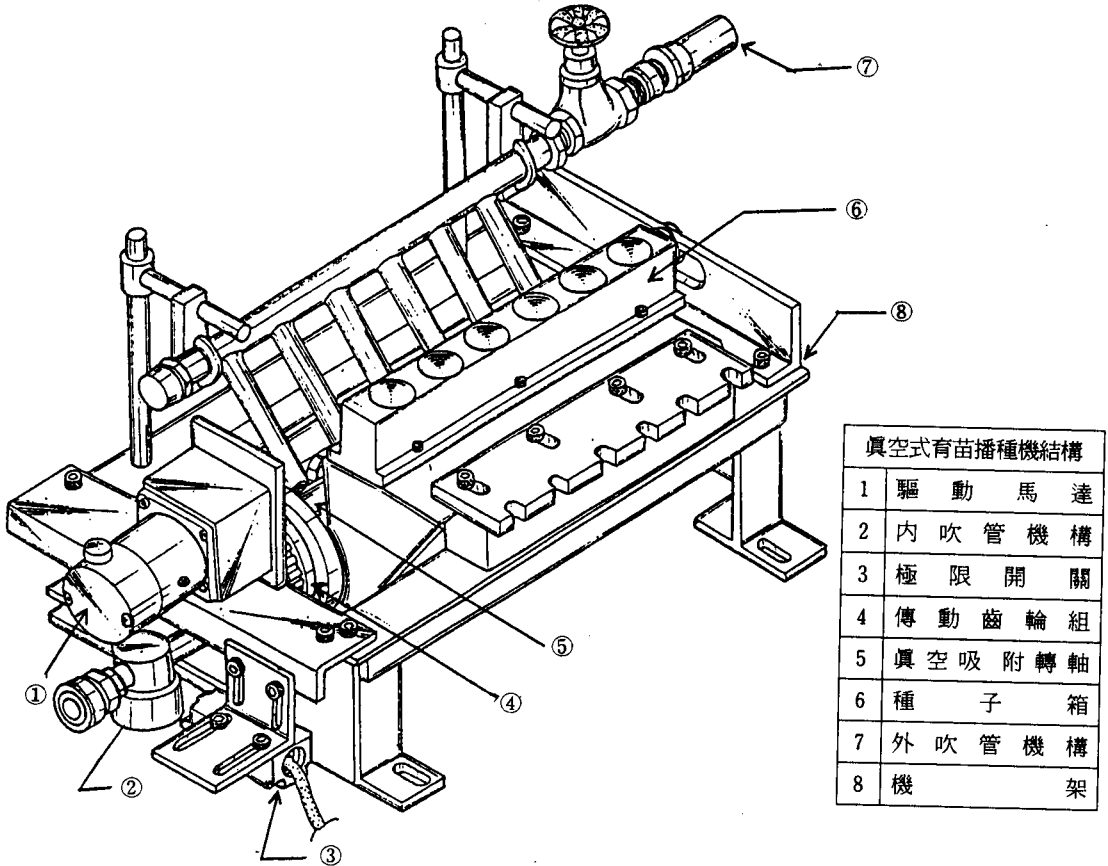
Fig 1. The operation flow chart of vacuum vegetable seeder line.



圖二 一貫化作業真空式蔬菜育苗播種機各部名稱說明

Fig 2. Schematic diagram of vacuum vegetable seeder line.

三育苗播種機之機械結構

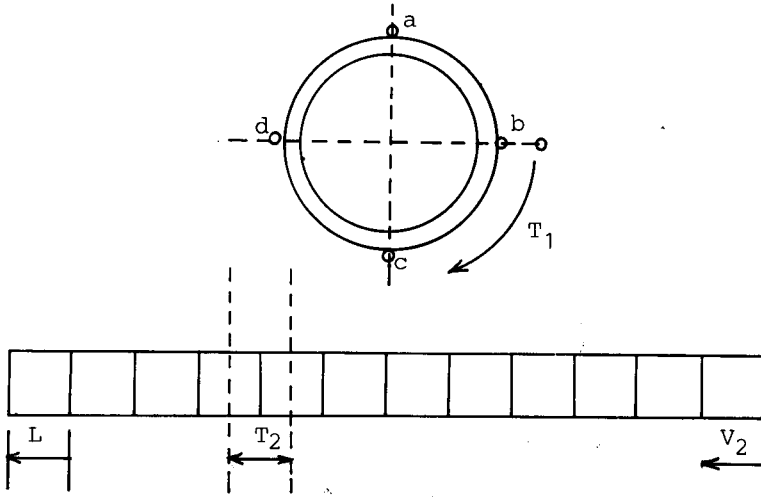


圖三 蔬菜真空式育苗播種一貫作業機之播種機構

Fig 3. Planter of Automatic Vegetable Seeding and Seedling raising machine.

四迴轉速度與直線速度的同步分析

1. 定義：在播種作業時種子的流程裡，播種機的種子吸附滾軸的迴轉速度必須能夠配合在下方作直線速度運動的育苗箱，才能夠達到精密播種的目的。為了達到此目的，仍須具有穩定的迴轉馬達及準確的 rpm。
2. 說明：



- $T_1$  : 每迴轉1/4刻劃所需的時間
- $T_0$  : 每迴轉一圈所需的時間
- $W_1$  : 吸附滾軸的rpm
- $V_2$  : 育苗箱的直線速度(輸送帶的線速度)
- $T_2$  : 每經過一育苗方格所需時間
- $L$  : 每一育苗方格的長度
- $W_3$  : 驅動馬達的rpm
- $\frac{N_1}{N_3}$  : 驅動馬達與吸附滾軸的齒輪比

\* 設  $L$  及  $V_2$  為已知求為達到同步時所需的  $W_1$  r.p.m.

$$\frac{L}{V} = T_1$$

$$T_1 \times 4 = T_0$$

$$\frac{60}{T_0} = W_1$$

$$W_1 = \frac{N_1}{N_3} = W_3$$

3. 實例 :

已知 :  $L = 48\text{mm}$                        $N_1 = 56$ 齒

$V_2 = 37.44\text{mm/sec}$                      $N_3 = 27$ 齒

$$\begin{aligned} \text{計算 : } \frac{L}{V_2} &= \frac{48(\text{mm})}{37.44(\text{mm/sec})} \\ &= 1.28(\text{sec}) \\ &= T_1 \end{aligned}$$

$$T_1 \times 4 = 1.28(\text{sec}) \times 4 = 5.13(\text{sec/revl}) = T_0$$

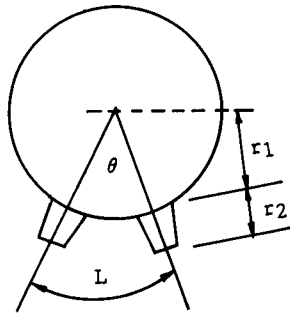
$$\begin{aligned} \frac{60}{T_0} &= \frac{60(\text{sec}/\text{min})}{5.13(\text{sec}/\text{vevl})} \\ &= 11.7(\text{min}/\text{revl}) = W_1 \\ W_1 \times \frac{N_1}{N_3} &= 11.7(\text{min}/\text{revl}) \times \frac{56(\text{齒})}{27(\text{齒})} \\ &= 24.3\text{rpm} = W_3 \end{aligned}$$

4. 結果檢討：若欲使滾輪和育苗箱達到同步的目的，必須選用能夠涵蓋 24.3rpm 的馬達。當然馬達必須為可調式，最好是  $24.3\text{rpm} \times 3/2$  的最大速度馬達。

五. 壓實打孔機構的計算理論分析

1. 定義：在播種作業中，為了使方格內的土壤產生凹洞及壓實，必須有類似圓柱形的凸出物連續不斷地壓打方格土，不僅要位置準確，而且要深度可調整，所以形狀為發射狀的壓實打孔圓筒被應用。但是，同時為了配合不同作物的育苗箱，其中的打孔樁的間距及圓筒直徑的取捨成為變數。所以為了使孔壓實的動作達到效率，對於直徑大小、打孔樁行數，角度的計算是必需的。

2. 說明：



- $r_1$ ：打孔圓筒的半徑
- $r_2$ ：打孔樁的長度
- $L$ ：打孔樁行數的間距
- $\theta$ ：兩行打孔樁的夾角
- $N$ ：打孔樁行數

已知  $r_1$   $L$  求  $\theta$ ， $N$ ， $r_2$

設  $r_1 + r_2 = R$

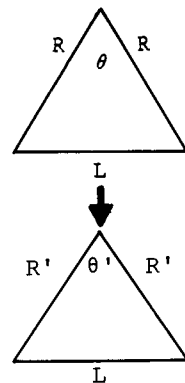
由三角函數公式

$$\sin(1/2\theta) = \sqrt{\frac{(S-R)(S-R)}{R \times R}} \quad \text{其中 } S = \frac{R+R+L}{2}$$

$$\theta = 2\sin^{-1} \frac{S-R}{R}$$

若  $\theta$  不能被 360 整除，則最靠近的角度  $\theta'$

$$\text{符合 } \frac{360}{\theta'} = n, n \in \mathbb{N}$$



由三角函數公式

$$L^2 = R^2 + R^2 - 2R^2 \cos \theta$$

可求出R'

$$R' = r_1 + r_2$$

3. 實例：以 72 格蔬菜育苗箱為例

已知： $r_1 = 82.6\text{mm}$ （取自市面上鐵材、尺寸）

$$L = 48\text{mm}$$

求： $r_2, \theta, N$

計算：假設  $r_2 = 40\text{mm}$

$$R = r_1 + r_2 = 82.6 + 40 = 123$$

由三角函數公式

$$S = \frac{R + R + L}{2}$$

$$= \frac{48 + 123 + 123}{2}$$

$$= 147$$

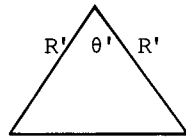
$$\sin(1/2\theta) = \sqrt{\frac{(147-123)(147-123)}{123 \times 123}}$$

$$= 0.195$$

$$\theta = 22^\circ 20'$$

$$\frac{360^\circ}{22^\circ 22'} \doteq 163$$

$$\text{取 } \theta' = 24^\circ$$



由三角函數公式

$$L^2 = R'^2 + R'^2 - 2R'^2 \cos \theta'$$

$$\text{得 } R' = 115.4\text{m.m.}$$

$$r_2 = R' - r_1 = 32.8\text{m.m.}$$

$$N = \frac{360^\circ}{24^\circ} = 15$$

4. 結果及檢討：對於 72 格蔬菜育苗箱，打孔壓實機構的尺寸如下：

打孔圓筒的半徑  $r_1 = 82.6\text{mm}$

打孔樁的長度  $r_2 = 32.8\text{mm}$

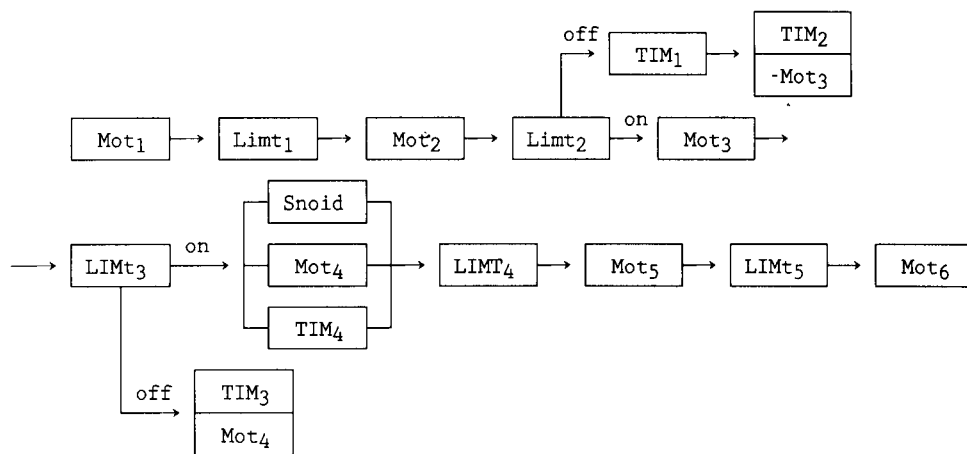
打孔樁的行數  $N = 15$

打孔樁的夾角  $\theta = 24^\circ$

其它尺寸如打孔樁直徑可定 30mm

註：打孔壓實機構的迴轉速度計算可比照上述計算求得驅動馬達的 rpm。

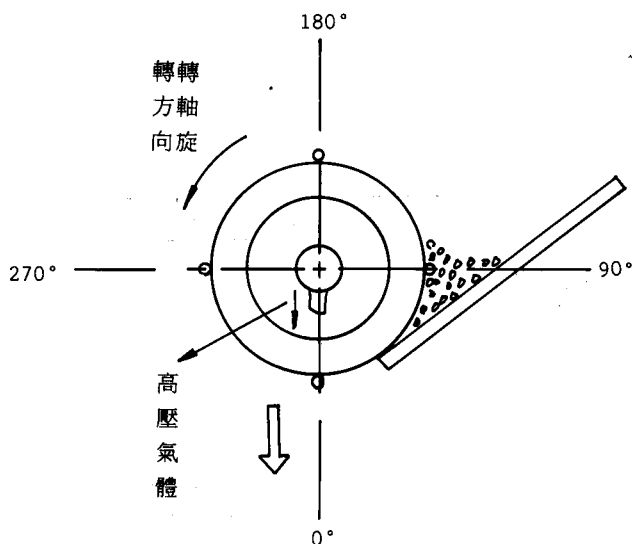
六電機控制元件作動流程：



- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| Mot <sub>1</sub> : 輸送帶驅動馬達  | Limt <sub>4</sub> : 灑水開關                |
| Mot <sub>2</sub> : 裝土機構馬達   | Limt <sub>5</sub> : 覆土開關                |
| Mot <sub>3</sub> : 打孔壓實機構馬達 | Timer <sub>1</sub> : 打孔壓實所需時間           |
| Mot <sub>4</sub> : 播種機驅動馬達  | Timer <sub>2</sub> : 剎車時間               |
| Mot <sub>5</sub> : 灑水幫浦     | Timer <sub>3</sub> : 剎車時間               |
| Mot <sub>6</sub> : 覆土機構馬達   | Timer <sub>4</sub> : 吹氣時間               |
| Limt <sub>1</sub> : 裝土微動開關  | -Mot <sub>3</sub> : Mot <sub>3</sub> 馬達 |
| Limt <sub>2</sub> : 打孔壓實開關  | -Mot <sub>4</sub> : Mot <sub>4</sub> 馬達 |
| Limt <sub>3</sub> : 播種機開關   | Snoid : 吹氣電磁閥                           |

七真空式育苗播種機之精密播種原理：

1. 利用真空吸附種子之原理作播種作業。
2. 利用穩定性好且可微調的馬達使種子吸附軸與輸送帶同步。
3. 設計外吹管，將多餘之種子，吹回種子箱，達吸附一粒種子。
4. 內設內吹管，吹落種子達播種之目的。
5. 吸力與吹力均可調整。



圖四 轉軸及種子運動途徑

Fig 4. Rolling Picth and seeds moving direction.

說明：種子約在 90° 方向藉由吸力吸起，旋轉至 0° 時，由高壓氣體破壞真空平衡，將種子吹下。

#### 八真空式育苗播種機械作用程式：

##### 1. 種子吸附軸 (r.p.m) 預備動作：

① 定義：開機後，種子吸附軸馬上迴轉。

② 原理：利用可調式時間定位器，控制 r.p.m 達到預備，使種子佈滿於種子吸附軸上，預備第一箱第一排播種。

##### 2. 真空播種機與育苗一貫作業機之配合。

① 定義：由初調之直流馬達配合育苗一貫作業機之前進速度。微調之直流馬達將種子播種於育苗箱方格中央。

② 原理：初調將自偶變壓器變壓且整流，變流進入直流應用達調速目的。微調與初調串聯，直線速度配合範圍 2V 之間，調整轉一圈 360° 則有 0.01V。

##### 3. 播種機自動作業：

① 定義：種子吸附軸之起動，依育苗箱進入則起動，離開則停止。

② 原理：採用長臂型極限開關，當育苗箱離開時自動停止而且變位。

##### 4. 播種機播種作業：

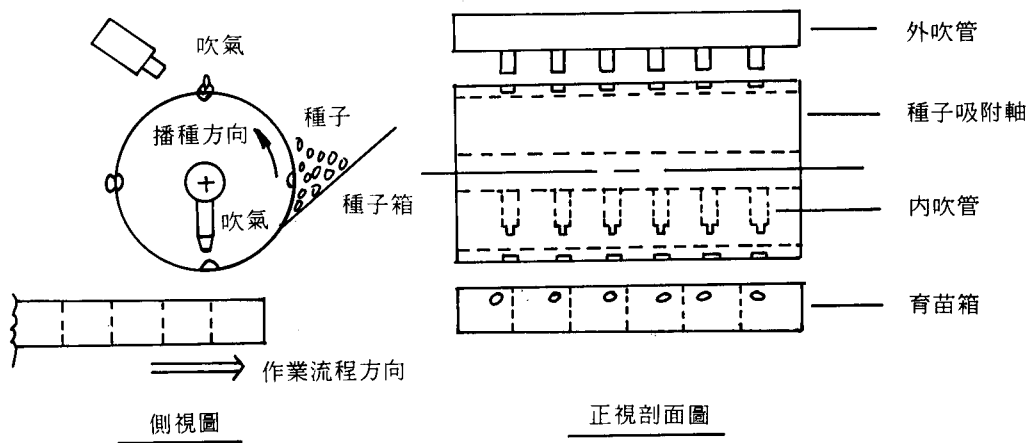
① 定義：將種子播種於育苗箱方格內。

② 原理：設計內吹管吹氣破壞吸力達播種之目的，吹氣間隔由非接觸式近接開關控制。吹氣時間由電磁閥控制。吹氣壓力由空氣壓縮機調整。

##### 5. 播種機定位作業：



- ①定義：種子吸附軸吸附種子，作育苗箱第一排定位播種預備。
  - ②原理：利用非接觸式近接開關定位。
6. 播種機之內吹管作業：
- ①定義：由空氣壓縮之壓力，吹氣破壞吸力，使種子吹落。
  - ②原理：利用電磁閥控制內吹管，啓動（即吹氣），停止（即停止氣流）。



圖五 真空式育苗播種機的原理示意圖

Fig 5. Principles of sowing drill for vaccum seeder

7. 播種機之外吹管作業：
- ①定義：將種子吸附軸上，多餘之種子吹回種子箱內。
  - ②原理：利用吹氣原理將多餘種子吹回種子箱，而節流閥調整控制吹力大小。
8. 真空播種機作業：
- ①可作單粒或雙粒播種。
  - ②適合蔬菜、西瓜，與菸葉播種應用，達多用途之目的。

## 結 果

- 一. 蔬菜真空吹氣式育苗播種一貫作業機之作業流程：入箱→裝土→整平→壓實→打孔→播種→灑水→覆土→刷平→出箱等自動化作業（如附圖一）適用於72格蔬菜育苗箱，作業速度每小時240箱，本機亦可作菸葉育苗播種應用，以達多角化利用之目的。
- 二. 蔬菜真空吹氣式育苗播種一貫作業機，係以水稻育苗一貫作業機改良裝配真空吹氣式育苗播種機，其主要機構有驅動馬達、內吹管機構、極限開關、傳動齒輪組、真空吸附轉軸、種子箱、外吹管機構、電控箱、真空泵、空氣壓縮機及機架等。如圖二。其中真空吸附軸之吸附孔徑大小由測量種子之物理

特性決定大小。(如表一)

表一 一般移植類作物之種子特性

Table 1. The Seed characters of vegetables for transplanter.

作物	形狀	size			千粒重
		大	小	厚度	
Crop	Sharp	X axile	Y axile	Thickness (mm)	Grain weight (g)
甘藍	圓形	1.96	2.10	—	3.3
花椰菜	圓形	1.63	1.70	—	2.5
甜椒	扁形	3.87	4.41	0.88	5.9
蕃茄	扁扇形	3.15	3.75	1.16	3.4
西瓜	長扁扇形	5.39	8.27	1.65	38.8
菸葉	圓形	0.54	0.73	—	—

三本機主要功能為可準確的將種子送到育苗箱方格內，並可以播種一粒種子，或兩粒種子。播種機轉速為可調式，能配合一貫作業機的輸送帶速度。為適用於各種種子之播種，吸力和吹力亦為可調式，吸力可由空氣量的大小控制，吹力可由壓力及時間長短控制。(如表二、表三)

表二 蔬菜真空吹氣式育苗播種一貫作業機每格播種單粒種子性能

Table 2. The efficiency of automatic vacuum seeder for sowing vegetable.

作物	種子吸 附孔徑	真空 吸力	內吹壓力	每箱方格 播種一粒 種子率	每箱方格 播種複粒 種子率	每箱播種 缺株率	工作效率
Crop	Internal diameter of nozzles (mm)	Vacuum force (mmHg)	Inner blowing pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	Number of one seed per cell (%)	Number of two seeds per cell (%)	Missing plant (%)	Working efficiency (Box/hr)
甘藍	0.8	76	2.5	90.0	5.5	4.5	240
花椰菜	0.8	74	2.5	90.3	4.4	5.3	240
甜椒	0.6	105	2.5	70.7	10.1	18.7	240
蕃茄	0.6	118	2.5	71.6	16.3	16.1	240
西瓜	1.5	125	3.0	82.4	8.6	9.0	300

註：①蔬菜育苗箱長60×寬30×高4公分，每箱計72格，每格長4.8×寬4.8×高4.0公分

②西瓜育苗箱長36×寬32×高7.5公分，每箱30格。

Note: ①The dimension of seedling for vegetable box is length 60×width 30×height 4cm with 72cells.

②The dimension of seedling for water melon length 36×width 32×hight 7.5 cm with 30cells.

表三 蔬菜真空吹氣式育苗播種一貫作業機每格播種二粒種子性能調查表

Table 3. The efficiency of automatic vacuum seeder for sowing vegetable.

作物	種子吸 附孔徑	真空 吸力	內吹壓力	每箱方格 播種二粒 種子率	每箱方格 播種複粒 種子率	每箱播種 缺株率	工作效率
Crop	Internal diameter of nozzles	Vacuum force	Inner blowing pressure	Number of one seed per cell	Number of two seeds per cell	Missing plant	Working efficiency
	(mm)	(mmHg)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(%)	(%)	(%)	(Box/hr)
花椰菜	0.8	95	3	90	4.4	5.6	240

註：72格育苗箱，長60×寬30×高4公分，每方格長4.8×寬4.8×高4.0公分。

Note: The dimension of seedling box for vegetable is length 60cm × width 30cm × height 4cm with 72cells.

## 討 論

一般而言，本省農業機械化已有相當的成就，然而園藝機械方面，目前仍在起步階段<sup>(2)</sup>，連最基本的播種機械都無法提供農民使用，主要原因係蔬菜與花卉種子都很小且不規則，一般機械式的播種機均無法有效地控制播種量。近年來歐美及日本等先近國家都在發展真空吸力式播種機<sup>(3,4,5,6,7)</sup>。本場有鑒於此，乃積極研究並已研製成各種型式的真空播種機<sup>(1)</sup>，陸續地提供農民應用。其中蔬菜真空播種育苗一貫作業機，已由工業局輔導廠商生產中，該機在後龍鎮合興蔬菜育苗中心已正式運轉，達實用階段，並於79年8月10日舉辦全省性之示範觀摩會成效良好。由於蔬菜種子的發芽率一般都在80~85%之間。而真空播種機之播種率較精確，每方格內只播一粒種子時，常因為發芽率不到100%，而造成缺株現象，因此選種工作以及種子消毒是非常重要的措施，以提高種子的發芽率。此外對於甜椒及蕃茄等扁平型的種子播種較困難些，因此如果種子經過造粒以後再播種，效果將可提高，有關種子造粒機之研製亦值得去研究。除此之外，政策性的配合亦相當重要，蔬菜栽培能否到達機械化，蔬菜育苗中心之成立以及蔬菜移植機之代耕作業等，都需要政府政策性之配合，才可順利的推動。

## 參考文獻

- 1.游俊明。1988。蔬菜真空播種育苗機械。園藝種苗產銷技術研討會專集。種苗改良繁殖場編印。
- 2.蔬菜播種機試驗及示範。1984。台灣省桃園區農業改良場場務年報。
- 3.後藤明美。1983。野菜栽培。播種作業用機械。野菜機械。野菜機械化栽培之手引，日本農業機械化協會。
- 4.Fallak S. sial and Sverker P. E. persson, 1984 Vacuum nozzle design for seed metering. TRANSACTIONS. of the ASAE Zne(3):688-696.
- 5.Principles of farm machinery, 1972 B. A. Kepner et al. AVI. Publishing Co.
- 6.Mechanising Vegetable production. 1978. J. Robertson for Limited.
- 7.Mechanical engineering design. 1977, J. E. Shigley MCGROW-HILL book Co.

# The Development and Design of Automatic Vacuum Seeder for Box-raised Vegetable Seeding

Chun-ming Yu, Chin-Fa Chang and Shueh-Kun Chang

## Abstract

Vegetables have long been a major agricultural production in Taiwan with their cultivation area estimated to be around 224,000 hectares. In the early phase of vegetable production, two types of operations are currently practiced. Vegetables can be directly seeded in the field or can be seeded in nursery boxes before seedlings are transplanted. There are several advantages of the latter practice over the former one, they are: (1) stronger seedling in the field, (2) higher yield, and (3) the harvest day can be advanced. These advantages have gradually been realized by the vegetable growers in recent years and this model of vegetable production has been encouraged by the government agencies. In the year of 1988, three demonstration nursery centers have been initiated with the aids from the Department of Agriculture and Forestry. Large seedling nursery house incorporated with seeding and transplanting machines have been established in order to demonstrate the production operations and accordingly to promote the mechanization of vegetable production in Taiwan. This is expected to solve part of the present problems as labor shortage, high labor charge and to reduce the production cost in vegetable production.

As the demand of vegetable seedlings has greatly increased, large scale seedling production has become an inevitable trend. This also justifies the need of automatic production lines for large amount of seeded nursery boxes. A Continuous-operation seeder is designed for vegetable nursery operation of large-scale seedling production. The whole seeding operation comprises several steps from loading nursery box, filling soil, watering, vacuum seeding, covering soil, to unloading the nursery box. Cabbage seeds have been used to test the performance of this continuous-operation seeder. The seeding operation of the vacuum seeder is precise and efficient. Using orifices of 0.80 mm inner diameter and operating at a vacuum of 76 mmHg with additional air-flow device, more than 90 % of the cells in the nursery box were precisely seeded with single seed. Two hundred and forty nursery boxes can be seeded in an hour which is about 36 times faster than that by hand. Besides cabbage seeds, various seeds such as watermelon, sweet pepper, tomato and tobacco have also been tested successfully with this continuous-operation seeder.

Since the germination rate of vegetable seeds are usually between 80 to 85 %, seed sterilization process prior to the vacuum seeding is necessary to ensure higher germination rate. Also, it is recom-

mended that the seeds must be screened to eliminate defective seeds or unwanted materials for the vacuum seeder and thereby to enhance the overall precision seeding performance.

It can be anticipated that well-managed and mechanized vegetable nursery centers will become a future trend to supply vegetable seedlings for vegetable growers in Taiwan. It is suggested that for large-scale seedling production, a seedling nursery house about 600 m<sup>2</sup> in size equipped with continuous operation seeder and transplanting machines would seem to be an appropriate model for future needs. More nursery centers are worthwhile to be established therefore to elevate the vegetable production in Taiwan.