

# 育苗箱種苗影像特性與背景雜訊之去除

## Image Characteristics and Background Noise Elimination of Seedlings in a Nursery Tray

國立台灣大學  
農業機械工程學系副教授

林 達 德  
Ta-Te Lin

國立台灣大學  
農業機械工程學系研究助理

黃 俊 誠  
Jien-Cheng Huang

### 摘 要

本研究以育苗箱中之西瓜與甘藍種苗原始影像為基礎，經人工判斷建立其標準影像，求取兩者之差異影像以探討影像雜訊空間分佈特性。隨後依雜訊之特性設計數位遮罩並建立量化指標，以評估各遮罩對種苗影像的處理效率，從而強化種苗缺株判斷機器視覺系統之功能。研究結果顯示苗格中種苗亮點之出現機率以苗格中央部分最高而向四周遞減，而西瓜種苗葉片比甘藍種苗葉片較為集中於苗格中央，此特性印證了機器視覺系統以常態分佈或三角分佈加權處理有效像素的方法。研究中以十二種遮罩對西瓜與甘藍種苗影像進行背景雜訊處理與比較分析，各遮罩對西瓜種苗影像之雜訊處理效率  $\epsilon$  平均值在60.6%至78.1%間，對甘藍種苗影像之處理效率在65.5%到79.3%之間。同一遮罩對於甘藍種苗之處理效率變異性一般較西瓜種苗為大。而由量化指標SNR 值、遮罩處理效率  $\epsilon$  值與運算時間等進行評估，得以較客觀地選擇最佳之數位遮罩應用於種苗缺株判斷機器視覺系統之影像先期處理。

關鍵詞：機器視覺系統、種苗、影像處理、數位遮罩。

### ABSTRACT

Digital images of watermelon or cabbage seedlings in a nursery tray were acquired and artificially modified into standard images. The difference image of the original image and the corresponding standard image were generated to analyze the characteristics of image background noise. Digital masks were subsequently designed based on the characteristics of the background noise. Quantitative noise elimination indexes were also established to evaluate the effect of image processing through digital masking. The cumulative frequency of the pixels representing seedling leaves appeared to be highest at the center of the tray cells. The plots of the cumulative pixel frequency also indicated that cabbage seeding leaves were more widely spreaded in a tray cell. This image characteristics has confirmed the use of normal distribution and triangular distribution weighing methods in the machine vision system previously developed. Twelve digital masks were evaluated for their performance in removing the image background noise. Their noise elimination efficiency  $\epsilon$  ranged from 60.6% to 78.1% for watermelon seedling image and ranged from 65.6% to 79.3% for cabbage seedling image. The variability of the efficiency of the masking processing appeared to be greater for the processing of cabbage seedling image. On the basis of the calculated SNR<sub>ms</sub> value, elimination efficiency  $\epsilon$  value and the time required for the masking process, optimum masks were selected objectively for image preprocessing in the machine vision system for seedling detection.

Keywords: Machine Vision System, Seedling, Image Processing, Digital Mask.

## 前 言

在機械化的種苗生產作業中，種子目前可以真空吸力或機械方式準確地點播至育苗箱之苗格中(Parish et al., 1991; 張, 1992)，然由於受到種子品質與生長環境的影響，育苗箱中之種苗可能會有不發芽或發育不良的情形，造成催芽與綠化後之育苗箱中有缺株的狀況發生。對於配合機械化移植作業移植至田間之種苗或成爲商品直接販售給農民之種苗，育苗箱中之缺株均需以人工補齊，相當耗費人力。因此育苗箱中缺株補植之工作對於大部分已機械化之種苗生產作業而言乃成爲一個瓶頸，亟待發展機械取代此項人力作業。

有關於機械化種苗移植或缺株補植作業的研究大致上可分爲種苗偵測、移植機構與作業分析等三個主要環節，近年來隨著種苗生產作業重要性日增，有相當多之文獻與資料發表(Maw, 1986; Eddington, 1988; Ting et al., 1990; Simonton, 1991)。對於育苗箱中種苗之偵測而言，機械視覺系統是可以取代人工的較可行辦法之一。利用攝影機取得種苗之數位影像，再經過影像處理方法找到育苗箱中缺株或正常種苗位置的二維偵測方式，一般而言其優點爲在應用上較具彈性，可適用於不同尺寸之育苗箱，而偵測速度亦較一維偵測或個別種苗偵測之方式爲快。Hironven與Hamalainen (1992)應用影像處理系統配合適當之照明系統分別對144格與256格的矩形育苗箱進行缺株偵測，以葉片面積的計算爲判斷苗格中是否有植株之條件，初步測試了利用機械視覺系統偵測缺株的可行性。同樣以苗格中葉片面積計算爲條件，賴與林(1992)設計的機器視覺系統分別對西瓜與甘藍苗進行偵測試驗，其實驗結果顯示影響判斷準確率的主要因素爲育苗箱背景、苗格中生長位置和照明之均勻程度等。由於該系統之缺株判斷方法是以苗格影像範圍內之亮點數爲判斷依據，因此在進行判斷時，期望所得到的亮點數即是種苗葉片在攝影機中所攝得的影像，但苗葉背景如泥土或育苗箱本體即使在經過濾光處理後，仍可能在影像中產生影響判斷之雜訊亮點。若此類背景雜訊過多則在統計苗格像點數以判斷空苗格時會造成判斷上的錯誤。因此在該機器視覺系統中取得之種苗影像需先利用統計加權的方法與簡易之數位遮罩處理，來減低雜訊亮點對於缺株判斷之影響。本文

期望延續該研究之影像處理方法，首先對於育苗箱種苗影像特性進行更深入之探討，同時以量化之指標分析數位遮罩處理背景雜訊之效率，從而強化缺株判斷機器視覺系統之功能。基於此，本研究之特定目標有以下三項：

- 一、探討苗格影像及雜訊之空間分佈特性。
- 二、分析數位遮罩之雜訊處理效率並建立量化指標。
- 三、依量化指標設計處理雜訊亮點效率較佳之數位遮罩。

## 育苗箱種苗影像特性

### 一、影像擷取

本研究中之試驗種苗以西瓜與甘藍種苗爲主，西瓜苗之育苗箱規格爲5×6格，長寬高分別爲36×32.5×7.5cm；甘藍苗之育苗箱規格則爲12×6格，尺寸爲61×31×5cm。種苗影像乃藉由CCD攝影機將外界影像之類比訊號轉換爲數位訊號，經由影像處理卡擷取至工業級個人電腦上進行處理，其照明系統、苗格座標定位與影像擷取步驟等詳如賴與林(1992)文中所述。西瓜與甘藍種苗影像均依育苗箱中之種苗是以黑色介質或黃土栽培所造成之背景影像不同而分爲兩類。圖1 a所示爲以影像處理系統擷取之典型黃土栽培西瓜種苗數位影像。

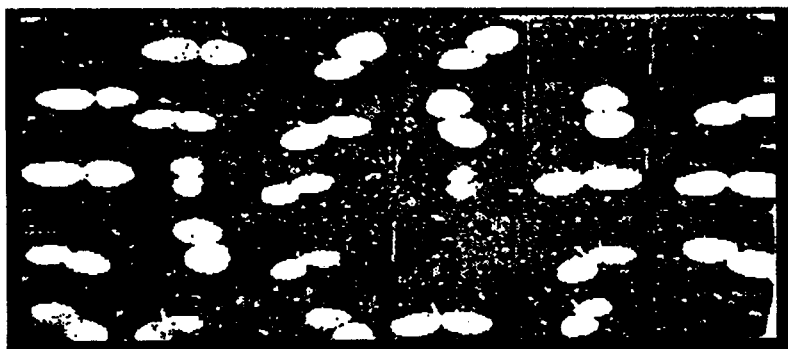
### 二、標準影像之建立

由於判斷苗格中是否存有種苗植株是以苗格中之亮點數計算爲條件，從圖1 a中可見苗格中背景雜訊亮點之存在勢必影響判斷之準確度，因此本研究中採取之方法是先建立無背景雜訊之標準影像，分別探討苗格中屬於葉片與雜訊亮點之統計特性。所謂標準影像，乃是指沒有包含任何雜訊點且影像中苗葉部分無中空點之二元影像。然而在實際的狀況下，利用攝影機擷取的二元原始影像中或多或少均有雜訊點及中空點產生，故首先需以人工判斷利用電腦程式將雜訊除去並彌補中空點以求得標準影像(圖1 b)。於完成標準影像之後，將原始影像減去標準影像所得之差異影像(Difference image)如下式所示：

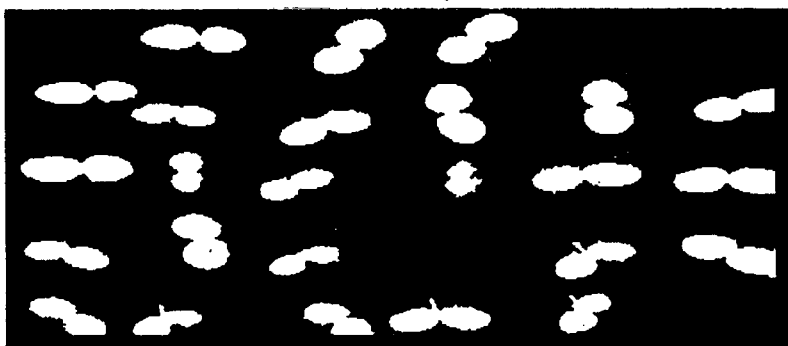
$$\eta(x,y) = f(x,y) - f'(x,y) \quad (1)$$

其中 $f(x,y)$  = 原始影像，

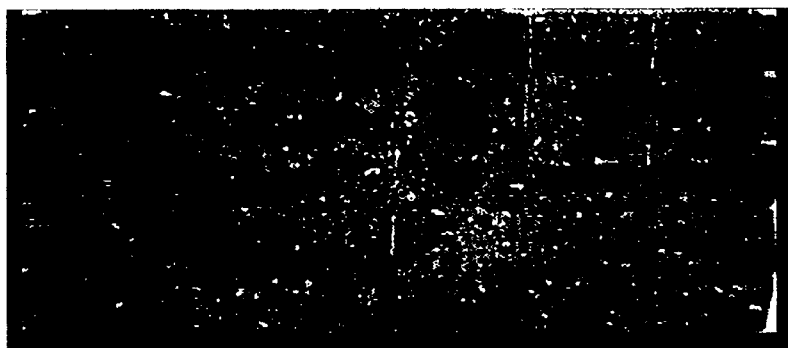
$f'(x,y)$  = 標準影像，



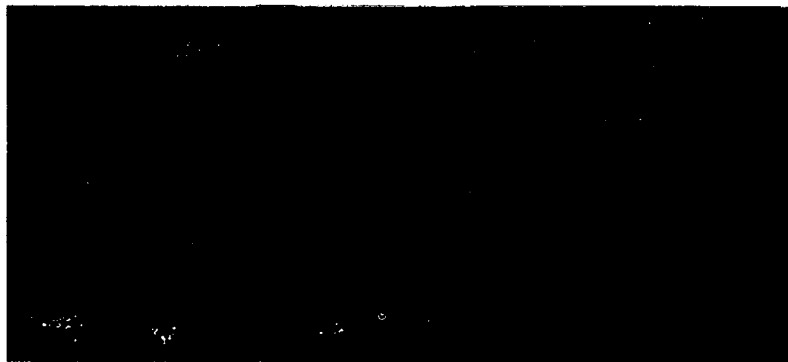
(a).原始二元影像 $f(x,y)$



(b).標準影像 $f'(x,y)$



(c).背景雜訊影像 $\eta_1(x,y)$



(d).種苗葉片中空點影像 $\eta_2(x,y)$

圖1. 育苗箱西瓜種苗二元影像及其衍生影像。(a)原始二元影像 $f(x,y)$  (b)標準影像 $f'(x,y)$  (c)背景雜訊影像 $\eta_1(x,y)$  (d)種苗葉片中空點影像 $\eta_2(x,y)$

$\eta(x,y)$  = 雜訊影像，

$x$  = 像素在影像中的水平座標，

$y$  = 像素在影像中的垂直座標。

對於二元影像 $f(x,y)$ 與 $f'(x,y)$ 相減所得之雜訊影像 $\eta(x,y)$ 而言，有-1,0,1三種值可能出現。 $\eta(x,y)$ 若等於0表示該點為正確之取像， $\eta(x,y)$ 不為零之情形另定義為：

$$\eta_1(x,y) = \begin{cases} 1, & \text{若 } \eta(x,y) = 1 \\ 0, & \text{若 } \eta(x,y) \neq 1 \end{cases} \quad (2)$$

$$\eta_2(x,y) = \begin{cases} 1, & \text{若 } \eta(x,y) = -1 \\ 0, & \text{若 } \eta(x,y) \neq -1 \end{cases} \quad (3)$$

其中 $\eta_1(x,y)$ 代表背景雜訊影像，如圖1c所示。而 $\eta_2(x,y)$ 代表原始影像中苗葉中的空缺部分，如圖1d所示。一般而言， $\eta_2(x,y)$ 之亮點數顯著較 $\eta_1(x,y)$ 少，在進行缺株判斷計算苗格像素個數前，我們期望能對原始影像進行前處理，將屬於 $\eta_1(x,y)$ 之雜訊亮點去除，而將屬於 $\eta_2(x,y)$ 之中空點補全。

### 三、育苗箱苗格影像特性

欲了解育苗箱苗格影像的特性，首先必須將苗格影像的亮點累積圖做出來，其作法是將苗箱中之苗格定位後，以苗格為單位並以各苗格中的中心為基準，累計各苗格同一相對位置的亮點數目，如此將照明取像條件一致的多個育苗箱影像諸苗格之亮點累積，從而觀察亮點在單一苗格內之分佈機率。

圖2至圖5所示分別為西瓜種苗與甘藍種苗栽培於黑色介質或黃土的亮點累積圖。從各圖中之原始影像 $f(x,y)$ 累積圖中（圖a）可以看出亮点的分佈以苗格中央為最高，而往苗格邊緣方向之分佈逐漸減少。這表示中央亮點出現的機率最高，而越往邊緣接近亮點出現的機率較低。各標準影像 $f'(x,y)$ 累積圖（圖b）與原始影像之特性類似，但由於影像中無雜訊影響，其分佈較為平滑。由標準影像亦可看出西瓜種苗之亮點累積較集中於苗格中央，而甘藍種苗之累積分佈由苗格中央向邊緣降低之坡度較為平緩，顯示甘藍種苗葉片覆蓋苗格範圍之比例應是較西瓜種苗為高。由 $f(x,y)$ 與 $f'(x,y)$ 衍生之 $\eta_1(x,y)$ 雜訊影像累積圖則如各圖c所示。由圖中可見雜訊在中央部分大致呈現隨機分佈，但是圖3c與圖5c在苗格邊界的累積點數反而又增多，主要乃由於黑色介質育苗箱影像之

苗格邊緣反光所造成。

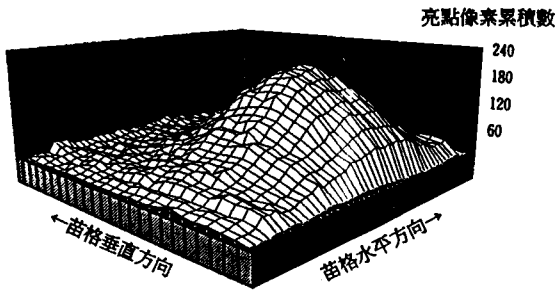
綜合以上原始影像及雜訊累積圖的結果可以得知，種苗苗箱影像苗格中亮點分佈的特性大致上是以中央之機率最高而向邊緣逐漸減少，而黑色介質育苗箱所攝得的影像在苗格邊緣部分則有大量雜訊。所以在統計苗格中亮點數以判斷苗格是否有植株時，可以設定區域而只統計區域內的亮點，如此則可減少邊緣部分雜訊對於判斷之影響。而隨機分佈之背景雜訊部分則可設計數位遮罩來儘量消除其對於缺株判斷的影響。至於中央部分亮點機率較邊緣部分為高之特性，有利於利用權重法來提高缺株判斷之效果，而圖2至圖5之影像累積圖亦印證了賴與林（1992）應用常態分佈權重法與三角分佈權重法加權有效像素之方法。

## 數位遮罩設計與背景雜訊去除

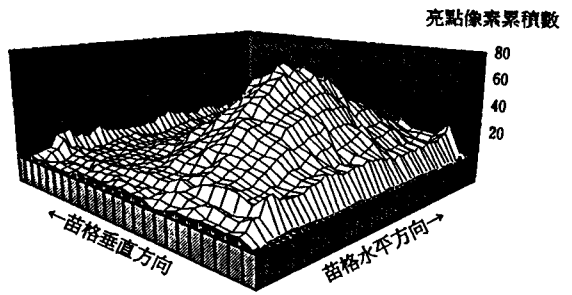
### 一、數位遮罩之設計

在傳統影像處理領域中利用數位遮罩進行影像處理的方法廣泛稱為空間濾波（Spatial filtering），而數位遮罩亦稱為空間濾波器（Spatial filter），有關雜訊去除之數位遮罩，Rosenfeld與Kak（1982）在其論著中有詳盡之敘述。較常用之雜訊去除遮罩有平均遮罩（Averaging mask）與中值遮罩（Median mask），其中前者屬於線性遮罩，而後者則為非線性遮罩。影像之遮罩處理多應用於具有灰階影像的處理，但是對於二元影像之處理亦相類似，主要目的是利用待處理像素點周圍像素點之性質（或遮罩範圍內像素之相關資訊）來賦予待處理像素新值，達到處理之目的。處理之效果對線性遮罩而言，視遮罩內之權重係數值而定；而非線性遮罩之處理則視其運算法則而定。

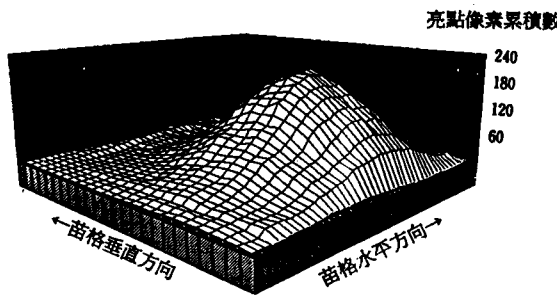
由前面的苗格種苗影像特性可知，以黑色介質栽培的甘藍或西瓜種苗苗格邊緣由於反光緣故，常有塊狀之亮點存在，此類塊狀點可以用設定處理區域的方法予以去除。但是其他隨機分佈的雜訊亮點則需藉著數位遮罩經其邏輯判斷去除。在處理過程中，屬於葉片部分之少數亮點（尤其是葉片邊緣部分）也可能因符合去除條件而被消去，應儘量避免之。另外，在葉片中間亦常見少數空洞雜訊有待補全。因此若能設計適當之遮罩處理邏輯，減少雜訊亮點對於葉片亮點之比例，則有助於後續之缺株判斷工作。



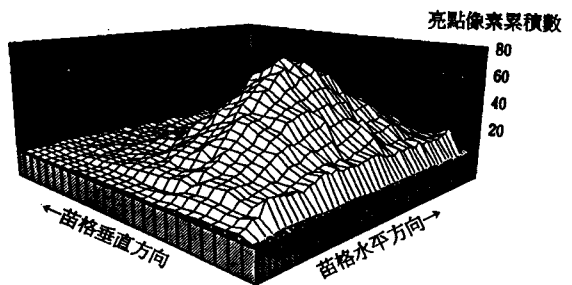
(a).原始二元影像 $f(x,y)$ 累積圖



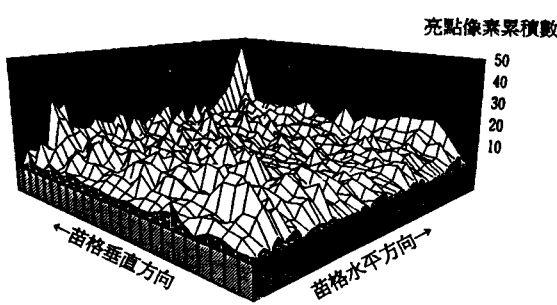
(a).原始二元影像 $f(x,y)$ 累積圖



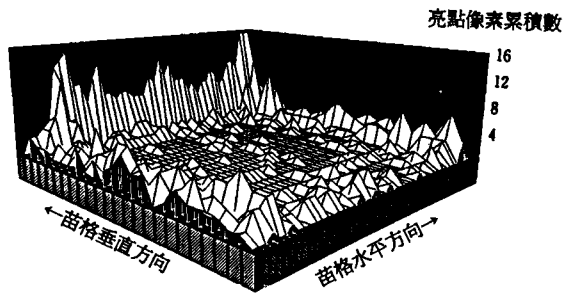
(b).標準影像 $f'(x,y)$ 累積圖



(b).標準影像 $f'(x,y)$ 累積圖



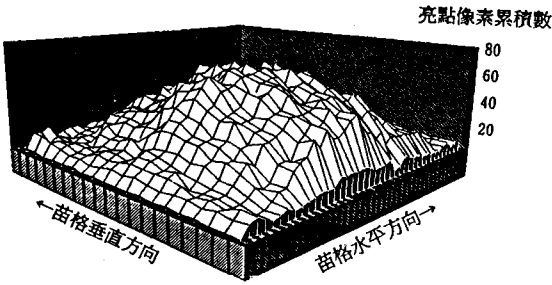
(c).背景雜訊影像 $\eta_1(x,y)$ 累積圖



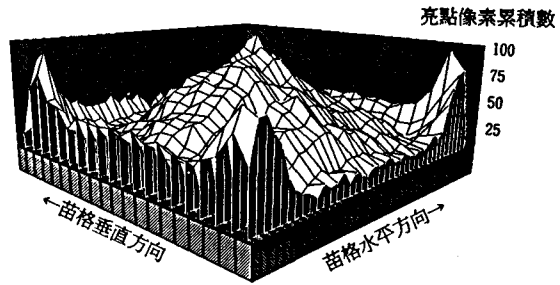
(c).背景雜訊影像 $\eta_1(x,y)$ 累積圖

圖2. 以黃土栽培之西瓜種苗影像苗格亮點像素累積圖。(a).原始二元影像 $f(x,y)$ 累積圖, (b).標準影像 $f'(x,y)$ 累積圖, (c).背景雜訊影像 $\eta_1(x,y)$ 累積圖。

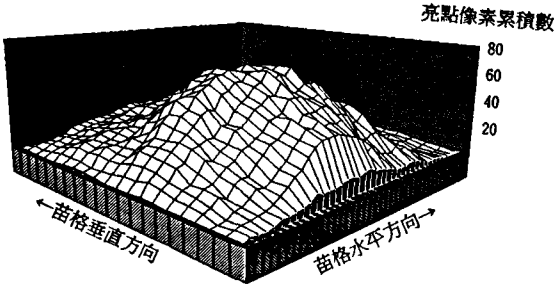
圖3. 以黑色介質栽培之西瓜種苗影像苗格亮點像素累積圖。(a).原始二元影像 $f(x,y)$ 累積圖, (b).標準影像 $f'(x,y)$ 累積圖, (c).背景雜訊影像 $\eta_1(x,y)$ 累積圖。



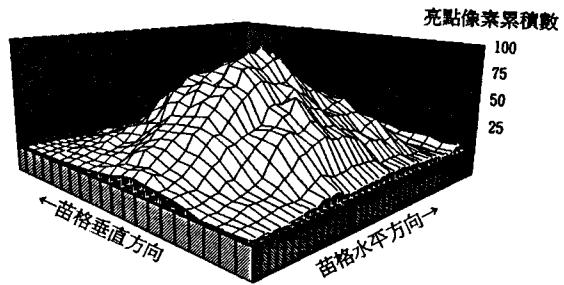
(a).原始二元影像 $f(x,y)$ 累積圖



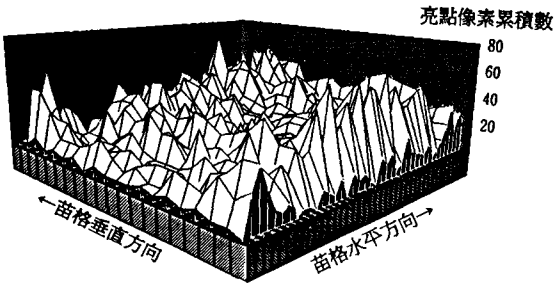
(a).原始二元影像 $f(x,y)$ 累積圖



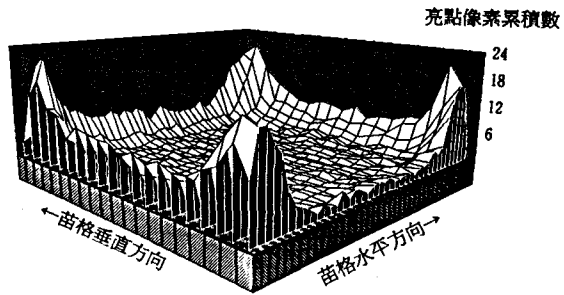
(b).標準影像 $f'(x,y)$ 累積圖



(b).標準影像 $f'(x,y)$ 累積圖



(c).背景雜訊影像 $\eta_1(x,y)$ 累積圖



(c).背景雜訊影像 $\eta_1(x,y)$ 累積圖

圖4. 以黃土栽培之甘藍種苗影像苗格亮點像素累積圖。(a).原始二元影像 $f(x,y)$ 累積圖，(b).標準影像 $f'(x,y)$ 累積圖，(c).背景雜訊影像 $\eta_1(x,y)$ 累積圖。

圖5. 以黑色介質栽培之甘藍種苗影像格亮點像素累積圖。(a).原始二元影像 $f(x,y)$ 累積圖，(b).標準影像 $f'(x,y)$ 累積圖，(c).背景雜訊影像 $\eta_1(x,y)$ 累積圖。

表 1 · 雜訊去除數位遮罩及其運算法則

	A	

遮罩 1

運算法則：在遮罩內之亮點數大於或等於5，則A點設定為亮點，否則A點設定為暗點。

	A	

遮罩 2

運算法則：在遮罩內之亮點數大於或等於6，則A點設定為亮點，否則A點設定為暗點。

	A	

遮罩 3

運算法則：在遮罩內之亮點數大於或等於7，則A點設定為亮點，否則A點設定為暗點。

	A	

遮罩 4

運算法則：在遮罩內之亮點數大於或等於8，則A點設定為亮點，否則A點設定為暗點。

	A	

遮罩 5

運算法則：在遮罩內之亮點數大於或等於9，則A點設定為亮點，否則A點設定為暗點。

	B	
C	A	D
	E	

遮罩 6

運算法則：在遮罩內之B、C、D、E若均為亮點，則A點設定為亮點，否則A點設定為暗點。

表 1 (續) · 雜訊去除數位遮罩及其演算法則

	B	
C	A	D
	E	

遮罩 7

運算法則：在遮罩內之 B、C、D、E 若均為亮點，且遮罩內之亮點數大於或等於 6 點者，則設定 A 點為亮點，否則 A 點設定為暗點。

B		C
	A	
D		E

遮罩 8

運算法則：在遮罩內之 B、C、D、E 若均為亮點，則 A 點設定為亮點，否則 A 點設定為暗點。

B		C
	A	
D		E

遮罩 9

運算法則：在遮罩內之 B、C、D、E 若均為亮點，且遮罩內之亮點數大於或等於 6 點者，則設定 A 點為亮點，否則 A 點設定為暗點。

B	C	
D	A	

遮罩 10

運算法則：若遮罩之四個角落中有如右側遮罩 B、C、D 三點均相連存在者，則設定 A 點為亮點，否則 A 點設定為暗點。

	B	
C	A	D
	E	

遮罩 11

運算法則：第一次遮罩運算時，在遮罩內之 B、C、D、E 若均為亮點則設定 A 點為亮點，否則 A 點設定為暗點。於第一次遮罩運算後再進行第二次遮罩運算，計算遮罩內之亮點數，若亮點數大於或等於 5 點者，則設定 A 點為亮點，否則 A 點為暗點。

	A	

遮罩 12

運算法則：第一次遮罩運算時，若遮罩內之亮點數大於或等於 8 點，則設定 A 點為亮點，否則 A 點設定為暗點。於第一次遮罩運算後再進行第二次遮罩運算，計算遮罩內之亮點數，若亮點數大於或等於 5 點者，則設定 A 點為亮點，否則 A 點為暗點。



表 1 中所列為本研究中所設計，用以處理育苗箱背景雜訊並比較其雜訊處理效率之數位遮罩。遮罩 1 至遮罩 5 之設計均是以  $3 \times 3$  遮罩內亮點數為條件，以決定對應於遮罩中心之影像像素新值，對於整個育苗箱種苗影像之處理則是由左至右，再由上至下移動遮罩對於影像中之所有像素進行運算。由遮罩 1 之運算法則可見獨立雜訊亮點，或於遮罩聚集亮點數不足 5 個者，中心點將被設定為暗點，達到去除雜訊之目的，但不符合此去除條件之雜訊則仍可能存於影像中。遮罩 6 是以四相鄰 (4-Neighbor) 像素是否全為亮點為判斷條件，而遮罩 7 則增加遮罩內需有六個以上之亮點之條件，更嚴格地去除雜訊，但亦可能因此去除掉本屬於種苗葉片之亮點。遮罩 8 與 9 將遮罩 6 與 7 用以判斷之中心點周圍像素改為對角相鄰 (Diagonal-neighbor) 進行是否設定為亮點之判斷。遮罩 10 屬於判斷並保存具有塊狀相連亮點之遮罩，其運算法則有助於在去除獨立雜訊之條件下保存屬於種苗葉片之塊狀亮點邊緣與角落。遮罩 11 與 12 均屬於兩個遮罩運算之合併運算，用於與前面單一遮罩之處理效果進行比較分析。

## 二、雜訊去除效率之量化指標

以數位遮罩處理影像之效果通常是以主觀的方式比較處理前後之影像品質，或是以分級比對的方式來比較不同遮罩對同一影像所處理之結果。至於以量化指標比較影像處理前後差異者，在訊號處理領域中較常用者則為訊號雜訊比 SNR (Signal-to-noise ratio) 的觀念 (Gonzalez and Woods, 1992)。對於育苗箱種苗二元影像而言，可定義平均平方訊號比 SNR<sub>ms</sub> 以量化原始影像雜訊之比例：

$$SNR_{ms} = \frac{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f'(x,y)^2}{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f'(x,y) - f(x,y)]^2} \quad (4)$$

另外若將遮罩對於苗格中種苗影像處理前後之影像進行比對，則將可發現遮罩對於個別像素之處理結果分為四類：(1) 本身屬背景雜訊而被遮罩去除者，(2) 本身屬葉片部分被遮罩去除者，(3) 本身屬葉片部分而被遮罩補全者，(4) 本身不屬葉片部分而被遮罩錯設為亮點者。因此對於種苗影像而

言，理想的遮罩為能達成第(1)及(3)類之像素處理，並能避免第(2)及(4)類之處理者。因此本研究中亦針對此種情形定義遮罩處理效率，以進行比較分析。首先我們定義影像處理前的待修正像素對正確像素比例  $\phi$  為：

$$\phi = \frac{N_1 + N_2}{N_s} \quad (5)$$

其中  $N_s$  = 標準影像  $f'(x,y)$  之亮點像素數目，

$N_1$  = 原始影像  $f(x,y)$  中屬於背景雜訊部分而期望被遮罩去除之亮數像素數目，

$N_2$  = 原始影像  $f(x,y)$  中於屬葉片部分而期望被遮罩補全之像素數目。

上述中之  $N_1$  與  $N_2$  即分別為前述  $\eta_1(x,y)$  與  $\eta_2(x,y)$  中之亮點個數。分子部分  $N_1$  與  $N_2$  之和為理想狀態下期望利用遮罩修正之像素總數。另外相對於  $\phi$  定義影像處理後待處理像素比例  $\phi'$  為：

$$\phi' = \frac{N_1 + N_2 - N_5 - N_6}{N_s - N_3 + N_4} \quad (6)$$

其中  $N_3$  = 屬於葉片部分而被遮罩處理去除之亮點總數，

$N_4$  = 經遮罩處理後由暗點設為亮點之總數，

$N_5$  = 屬於背景雜訊而被遮罩處理去除之亮點總數，

$N_6$  = 屬於葉片部分而被遮罩處理補全之亮點總數，

若以  $f''(x,y)$  為  $f(x,y)$  經遮罩處理後所得之影像，則  $N_3$ 、 $N_4$ 、 $N_5$  與  $N_6$  之計算分別是以  $f(x,y)$ 、 $f'(x,y)$  與  $f''(x,y)$  三個影像中選擇相互間之差異影像所求得，以  $N_5$  之計算為例，其值為  $f(x,y)$  對  $f''(x,y)$  之差異影像亮點數減去  $f(x,y)$  對  $f''(x,y)$  與  $f(x,y)$  對  $f'(x,y)$  兩差異影像相減所得之差異影像亮點數。(6) 式中的分子為 (5) 式中分子減去被遮罩正確處理之亮點數，代表剩餘待修正之像素數目。而分母部分則原 (5) 式分母減去不應去除之葉片之亮點， $N_4$  加入分母部分之原因乃由於被遮罩由暗點設為亮點者，實際上多位於葉片邊緣，而非成為背景雜訊，對於種苗影像雜訊處理之目的為正面之影響，有利於苗格中種苗之判斷。

依據式 (5) 與 (6) 對  $\phi$  與  $\phi'$  之定義，遮罩對於種苗影像之處理效率則可以下式計算之：

$$\varepsilon = \frac{\phi - \phi'}{\phi} \times 100\% \quad (7)$$

在理想狀況下，遮罩處理的目的是完成所有待修正像素之正確處理，使 $\phi'$ 值趨近於零，換言之，理想遮罩之效率由(7)式中可知應趨近於100%。對於表1中所列之十二個不同演算法則遮罩，何者較適用於育苗箱種苗影像之背景雜訊處理，除了以處理後之影像進行主觀比較外，處理前後影像之SNRms值、遮罩處理效率 $\varepsilon$ 值與完成遮罩處理所需時間，可據以為選擇最佳遮罩的量化指標。

### 三、雜訊去除效率分析

以表1中十二個遮罩分別對西瓜與甘藍種苗進行背景雜訊去除處理之結果如表2與表3所示。表2是對十一張黃土栽培西瓜種苗影像進行處理之統計結果，表3則為對八張黃土栽培甘藍種苗影像處理所得結果。首先就原始影像之基本性質進行比較，可看出西瓜與甘藍種苗影像中之亮點像素總數、SNRms與 $\phi$ 值大致相近，對於原始影像而言，由定義可知SNRms倒數之定義與 $\phi$ 值是一致的，以黃土栽培的西瓜與甘藍種苗影像其值都是在18%左右。

表2. 黃土栽培西瓜種苗影像之背景雜訊遮罩處理結果

遮罩型式	$N_3$	$N_5$	$N_4$	$N_6$	$\phi'$ (%)	$\varepsilon$ (%)	處理後影像 SNRms	處理後影像 1/SNRms	遮罩處理影 像時間(s)
遮罩1	221±50	2246± 640	575±169	174±119	6.9±2.2	60.6±4.6	11.0±2.8	0.10±0.03	5.7±0.0
遮罩2	1087±104	2700± 822	247±120	134±117	5.4±1.5	68.7±5.3	9.8±1.6	0.10±0.02	5.7±0.0
遮罩3	3035±239	3027± 927	130± 97	102± 99	4.5±1.2	73.8±5.9	5.9±0.4	0.17±0.01	5.7±0.0
遮罩4	4112±413	3208±1000	54± 42	50± 42	4.0±1.0	75.9±7.0	4.8±0.3	0.21±0.01	5.7±0.0
遮罩5	5775±819	3335±1037	0± 0	0± 0	4.0±1.1	75.9±8.3	3.6±0.2	0.28±0.02	5.7±0.0
遮罩6	4324±553	3165± 974	133± 64	80± 59	4.1±1.0	75.5±6.3	4.5±0.3	0.22±0.02	3.3±0.1
遮罩7	4324±553	3167± 975	118± 59	79± 59	4.1±1.0	75.5±6.3	4.5±0.3	0.22±0.02	7.5±0.1
遮罩8	5402±618	3287±1018	109± 90	85± 91	3.7±1.0	77.9±6.6	3.8±0.2	0.26±0.01	3.3±0.1
遮罩9	5402±618	3288±1019	106± 90	84± 91	3.7±1.0	77.9±6.6	3.8±0.2	0.26±0.01	7.5±0.1
遮罩10	213± 72	2276± 707	2039±270	200±115	6.3±1.7	64.0±4.5	6.6±1.3	0.16±0.03	6.7±0.1
遮罩11	4247±477	3286±1032	32± 23	30± 23	3.7±1.1	77.4±7.6	4.7±0.3	0.21±0.01	11.5±0.1
遮罩12	4120±386	3283±1035	52± 41	49± 41	3.6±1.1	78.1±7.4	4.8±0.3	0.21±0.01	13.9±0.0

- 標準影像內所含亮點素總數 $N_s$  : 23223±2292
- 應在遮罩處理後被刪除的雜訊點數 $N_1$  : 3803±1024
- 應在遮罩處理後增加的影像點數 $N_2$  : 231±119
- 原始雜訊在影像中所佔比例 $\phi$  : 17.6±5.5%
- 未經遮罩處理前的SNRms : 6.1±1.5
- 未經遮罩處理前的1/SNRms : 0.17±0.05

表 3. 黃土栽培甘藍種苗影像之背景雜訊遮罩處理結果

遮罩型式	$N_3$	$N_5$	$N_4$	$N_6$	$\phi'$ (%)	$\epsilon$ (%)	處理後影像 SNR <sub>ms</sub>	處理後影像 1/SNR <sub>ms</sub>	遮罩處理影 像時間(s)
遮罩1	858±444	2245±1452	1219±520	518±355	4.8±3.0	74.4±9.8	9.9±4.7	0.12±0.05	5.7±0.0
遮罩2	1905±575	2593±1759	570±225	380±223	4.3±2.9	76.4±13.3	7.9±2.4	0.14±0.05	5.6±0.0
遮罩3	3395±648	2846±1949	253±101	220±104	4.2±3.4	75.3±18.1	5.3±1.1	0.19±0.05	5.7±0.0
遮罩4	4739±744	2962±2033	82±30	79±32	4.8±4.1	71.0±22.6	4.0±0.7	0.26±0.05	5.6±0.0
遮罩5	6574±867	3017±2056	0±0	0±0	5.7±4.8	65.5±26.5	2.9±0.4	0.35±0.05	5.7±0.0
遮罩6	4978±776	2930±2010	457±215	320±203	3.5±3.1	79.3±16.2	3.8±0.6	0.27±0.05	3.1±0.1
遮罩7	4979±777	2931±2011	378±164	294±177	3.7±3.3	78.3±17.2	3.9±0.6	0.27±0.05	7.4±0.1
遮罩8	5869±781	2954±1970	146±57	119±50	4.9±4.0	70.9±21.7	3.2±0.4	0.31±0.05	3.2±0.1
遮罩9	5873±784	2962±1985	138±53	116±48	4.9±4.0	70.9±22.0	3.3±0.4	0.31±0.05	7.4±0.1
遮罩10	1250±817	2530±1910	2286±517	482±313	3.7±2.7	79.1±12.9	6.0±1.7	0.18±0.06	6.7±0.1
遮罩11	5058±789	3010±2043	26±6	26±6	5.0±4.3	69.6±23.9	3.8±0.6	0.28±0.06	11.4±0.1
遮罩12	4948±770	3012±2048	59±15	59±16	4.8±4.2	71.3±23.2	3.8±0.7	0.27±0.05	13.9±0.0

- 標準影像內所含亮點素總數 $N_s$  : 21283±1546
- 應在遮罩處理後被刪除的雜訊點數 $N_1$  : 3076±2068
- 應在遮罩處理後增加的影像點數 $N_2$  : 762±664
- 原始雜訊在影像中所佔比例 $\phi$  : 17.7±8.2%
- 未經遮罩處理前的SNR<sub>ms</sub> : 7.0±3.7
- 未經遮罩處理前的1/SNR<sub>ms</sub> : 0.18±0.08

經各遮罩處理後之甘藍或西瓜種苗 $\phi'$ 平均值介於3.7%至6.9%範圍，由(7)式分別計算十二種遮罩對西瓜影像之處理效率 $\epsilon$ 平均值在60.6%至78.1%之間，對甘藍種苗影像之處理效率在65.5%到79.3%之間。多數遮罩對於西瓜或甘藍種苗影像之處理效率並無顯著差別，但部分遮罩如遮罩1、遮罩2、遮罩5與遮罩10則對兩類種苗之影像處理效率有顯著不同。而同一遮罩對於甘藍種苗之處理效率變異性一般較西瓜種苗為大。若以SNR<sub>ms</sub>來衡量遮罩的處理效果，比較處理前後影像 $f(x,y)$ 與 $f^*(x,y)$ 之SNR<sub>ms</sub>值可見，多數影像於處理後其SNR<sub>ms</sub>反而降低，此主要由於計算SNR<sub>ms</sub>值之定義將 $N_3$ 與 $N_4$ 均列為分母部分之雜訊計算，因此部分遮罩處理影像後其 $N_3$ 值較高者，SNR<sub>ms</sub>多是反而降低；這類遮罩之演算邏輯一般較易造成亮點之刪除。遮罩1、2與10之處理後影像SNR<sub>ms</sub>值較其他遮罩高，可反映於其刪除點數 $N_3$ 與 $N_5$ 顯著

較少且增加亮點數 $N_4$ 較多，顯示此類遮罩就影像中像素刪增的比例而言，與前類遮罩有程度上之差異。由於前述遮罩處理之目的是減少雜訊之影響，理論上處理後影像之SNR<sub>ms</sub>值均應較處理前影像之SNR<sub>ms</sub>值為高，但對種苗影像雜訊之處理效果而言，依(4)式定義計算之SNR<sub>ms</sub>值並不足以完全適用為量化指標，而應配合(7)式定義之 $\epsilon$ 量化指標以綜合評估不同遮罩對於同一影像之處理效果。

就處理時間而言，表2及表3所列之遮罩處理時間是以安裝80387數學輔助運算器之80386個人電腦計算時間作為比較參考，其中可明顯看出遮罩6與8由於其運算法則最簡單而需時最短，相對地屬於合併運算之遮罩11與12耗時最長。遮罩1至遮罩5性質上較為類同，主要差異在於其設定處理像素為亮點之條件為遮罩範圍內之亮點個數，因此其處理時間是相同的。至於處理之效果則可以

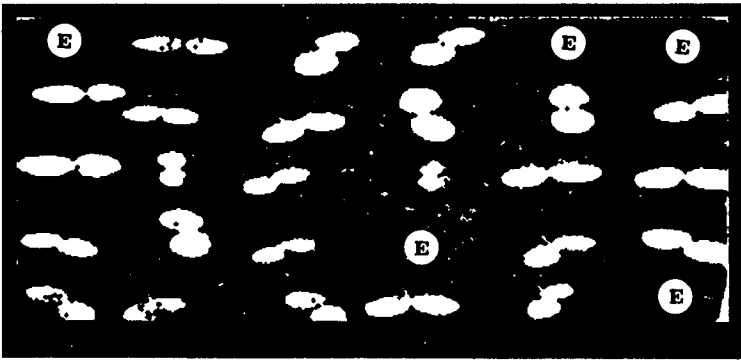
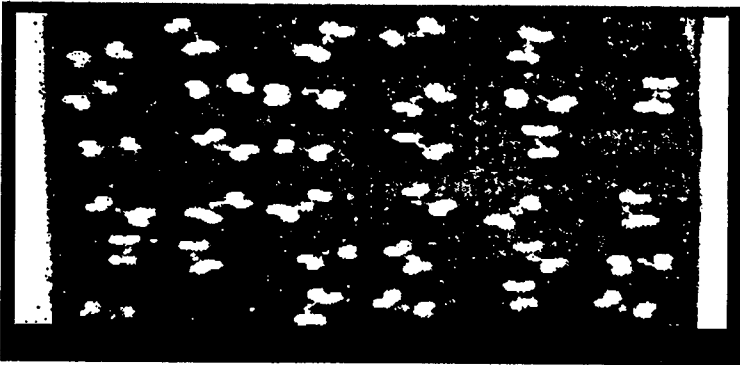
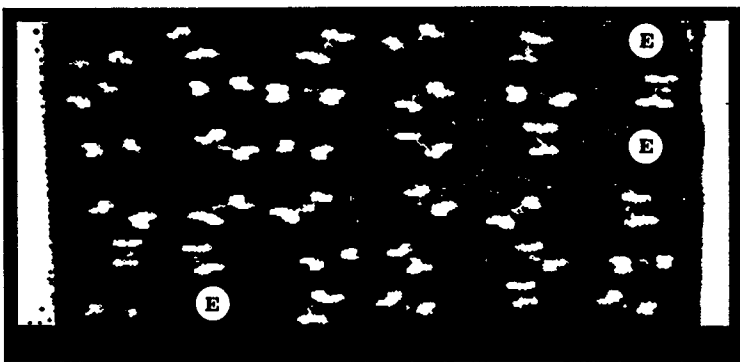


圖6. 圖1中育苗箱西瓜種影像經表1中遮罩6處理後之影像 $f''(x,y)$ ，英文字母E所標記者為育苗箱中之空苗格。



(a).原始影像 $f(x,y)$



(b).遮罩處理後之影像 $f''(x,y)$

圖7. 甘藍種苗影像遮罩處理前後比較。(a).原始影像 $f(x,y)$ 。(b).經表1中遮罩6處理後之影像 $f''(x,y)$ ，英文字母E所標記者為育苗箱中之空苗格。

由 $SNR_{ms}$ 值與 $\epsilon$ 值看出，設定條件為亮點個數為6或7者（遮罩2及3）應為較佳之設定條件，在刪除過多屬於葉片部分亮點與刪除太少背景雜訊之情形間取得折衷。比較遮罩6至遮罩9等四個遮罩可看出除判斷相鄰點狀態外，再加上判斷遮罩內的亮點數之條件所造成之影響甚小，而以四相鄰或對角相鄰為遮罩中心點鄰域資訊之差異也不顯著。遮罩10是以塊狀亮點為判斷標準之遮罩，以其 $\epsilon$ 與 $SNR_{ms}$ 值可見對於西瓜種苗之處理效率僅有 $64.0 \pm 4.5\%$ ，但對於影像中葉片較小之甘藍苗處理效率則高達 $79.1 \pm 12.9\%$ ，為所有遮罩中處理不同種苗影像效果差異最大者。遮罩11與12雖然合併兩層遮罩運算，但對於處理效果並無顯著增進，此亦隱涵大部分待修正之像素可於一次遮罩運算中完成。

綜合表列資料在十二個遮罩中，運算方法相當簡單之遮罩6與8不僅在處理時間上相當經濟，而處理效率亦在諸遮罩中為較佳者，因此在注重處理時間之種苗缺株判斷機器視覺系統中，對於種苗影像之背景雜訊先期處理，目前是以遮罩6為預設處理遮罩，其他遮罩則可以另外選擇設定為處理特殊情形之種苗影像。圖6與圖7分別是以遮罩6處理西瓜種苗與甘藍種苗影像所得之結果，由處理後影像中可見絕大部分影像之背景雜訊多已清除，葉片中有空洞者亦多已補全，而育苗箱中缺株之苗格與有植株的苗格對比更為明顯。

## 結 論

本研究中首先於取得原始育苗箱種苗影像後，以人工判斷建立其標準影像，藉以分析苗格中種苗之影像特性，同時求取差異影像以探討影像雜訊空間分佈特性。隨後依雜訊之特性設計數位遮罩並建立量化指標，以評估各遮罩對種苗影像的處理效率，同時亦用以探討遮罩演算法則之適切性。主要的結論有如下幾點：

- 一、苗格中種苗亮點之出現機率以苗格中央部分最高而向四周遞減，一般而言西瓜種苗比甘藍種苗較為集中於苗格中央，此特性印證了機器視覺系統以常態分佈或三角分佈加權處理有效像素的方法。
- 二、傳統所用雜訊處理量化指標 $SNR_{ms}$ 並不完全適用為種苗影像雜訊處理效果之量化指標，

配合依處理像素分類而新定義之處理效率

$\epsilon$ 值以評估遮罩處理效果，應是較佳之策略。

- 三、研究中所分析的十二種遮罩對西瓜影像之處理效率 $\epsilon$ 平均值在60.6%至78.1%之間，對甘藍種苗影像之處理效率 $\epsilon$ 在65.5%至79.3%之間。同一遮罩對於甘藍種苗之處理效率變異性一般較西瓜種苗為大。
- 四、由 $SNR_{ms}$ 值、遮罩處理效率 $\epsilon$ 值與運算時間等量化指標進行評估，選擇了表1中處理效果較佳遮罩6與8，為種苗缺株判斷機器視覺系統之預設處理遮罩。

## 誌 謝

本研究承行政院農業委員會(82)科技-1.6-糧-65號計畫之經費補助，桃園區農業改良場提供研究期間之試驗種苗，在此一併致謝。

## 參考文獻

1. 張金發。1992。花卉播種機械之引進及機械性能評估研究。農業機械學刊，1(3):49-53。
  2. 賴天明，林達德。應用於種苗移植作業之機器視覺系統。中國農業工程學報，38(4):91-110。
  3. Gonzalez, R.C. and Woods, R.E. 1992. "Digital Image Processing." P.307-320. New York: Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
  4. Eddington, D.L., Suggs, C.W., and McClure, W.F. 1988. Transplant sensing using dual-wavelength reflectance. ASAE Paper No. 88-3518. ASAE, St. Joseph, MI.
  5. Hironven, V.J. and Hamalainen J.J. 1992. Machine vision in inspection of small plants. In "Proceedings of the 4th International Conference on Computers in Agricultural Extension Program" ed. D.G. Watson, F.S. Zazutea, and A.B. Bottcher, p.268-273. St. Joseph, MI:ASAE.
  6. Maw, B.W., Brewer, H.L., and Thompson, S.J. 1986. Photoelectronic transducer for detecting seedlings. Transactions of the ASAE 29(4):912-916.
  7. Parish, R.L., Bergeron, P.E., and Bracy, R.P. 1991. Comparison of vacuum and belt seeders for vegetable planting. Applied Engineering in Agriculture, 7(5):537-540.
- (文轉第64頁)