

# 專 論

## 大豆精密點播機採用垂直外圈迴轉型 加裝轉動刷之研究

### A Study of Soybean Precising Planter by using Vertical Outer Ring Rotating with Rotary Brush

臺灣大學農業工程系副教授

張 舉 珊 Chang cheu-shang

大豆在臺灣為極具經濟價值的旱作物之一，12年來之栽培面積由 24,000 公頃增至 60,000 公頃，且大豆為水稻間作最理想之作物，生長期僅 100 天左右。稻田秋冬季休閒期有 120 天。故政府正積極提倡利用稻田休閒期加種一雜作，以期達到一年三作之目標。惟據 1963 年農林廳之統計，目前耕地利用率將多年生作物除外，每年僅種 2.23 作物，考其原因乃因某些有利之經濟作物之栽培極費工，種植工作尤甚，大豆即為其中之一。按大豆之產量以點播最高，平均每公頃可產 1500~2000 公斤，一般撒播僅 1000 公斤左右，惟點播極費工，平均點播每公頃需人工 20 工左右，牛工 6 工左右，故大豆之精密點播機急待研究推廣。

#### 1. 各種精密點播機之得失比較

一般精密點播機所採用之構造計有外圈式垂直迴轉型(Outer ring vertical rotating type)如圖一所示，及水平迴轉種子盤型(Horizontal rotating

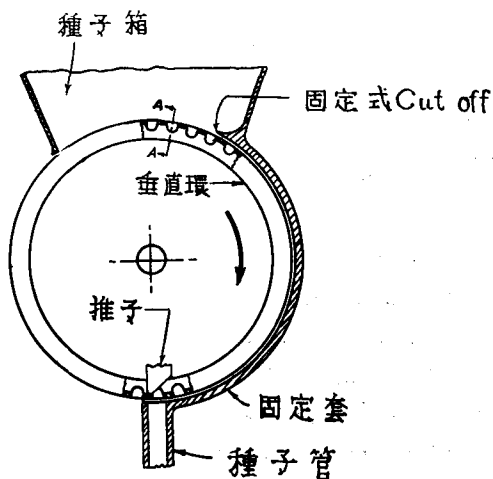


圖 1：一般垂直型之精密點播機之構造之原理  
 Fig. 1. Conventional vertical outer ring rotating planter

plate type) 如圖 2 所示，與傾斜迴轉種子盤型等三種。

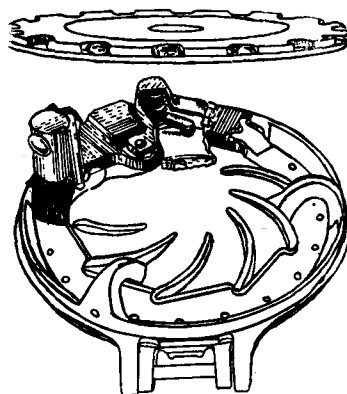


圖 2：一般水平型點播機之構造原理  
 Fig. 2. The construction of horizontal rotating planter

垂直迴轉型之優點有三：①迴轉方向與驅動輪一致，傳動裝置比較簡單，採用一般鏈條帶動即可。②種子排出口至地面高度不受限制，可減少種子跳動所發生之變異影響。③種子之擠塞現象比較容易控制。其缺點乃進種位置比較小，按垂直型最有效之進種位置為種子孔在頂端的垂直中心點。水平型之優點為進種率高，每一種子孔位置均與種子垂直落下的方向一致，其缺點乃種子擠塞現象較難控制，種子之碎損率高，同時傳動的構造也比較複雜。傾斜迴轉種子盤之使用，其目的在避免種子之擠塞現象，其缺點有①種子孔之進種位置均在小於 90°之傾斜位置，進種率較低。②種子之排出口必須在種子面之上方，種子排出口之位置升高，易於影響株距之變異。

#### 2. 垂直型點播機之改良及試驗機之設計

此項設計之主要構造原理係採用外圈垂直型，因其優點居多且構造簡單，但其控制擠塞的方法採用一

般的 Cut off，容易傷害種子，以影響發芽率。且切割種子增加不必要的阻力，驅動輪容易打滑，影響株距的變異，故筆者最初的設計即打算不用 Cut off，而改用靜置之刷子 (Stationary brush)，但此法對種子擠塞現象之控制效力不大。後經美國 Iowa State University 教授 Dr. W. F. Buchele 之建議改用迴轉刷 (Rotary Brush)，經試驗結果確實有效。此項試驗播種機之主要設計之構造如圖 3、4 所示，種子環直徑 320mm，寬 40mm，厚 12mm，環之外圈鑽有兩排並列之種子孔，以便每次同時掉兩粒種子，或每穴兩粒。孔數共計  $2 \times 18$  孔。孔徑為  $8\text{mm}$  ( $\frac{5}{16}$ )，深 6mm，在種子孔的背面或環的內側車有兩道 V 字型之槽溝，深 5mm，作為推子 (Ejector) 之導溝，推子用一般腳踏車之鋼絲製成，直徑為  $3.2\text{mm}$  ( $\frac{1}{8}$ )，將其繞成扭力彈簧 (Torsion Spring) 使用。供試之迴轉刷直徑為 80mm，寬 38mm，由 8 片具有彈性的銅片與橡皮所組成，銅片厚 0.5mm，使用的橡皮為一般汽車內胎，驅動輪採用 Lug Wheel，輪圈 230mm，外加 60mm 高之 Lug 後之直徑為 350mm，供試之 Lug Wheel 採用兩種裝法：①種子環不減速 Lug Wheel 與種子環裝於同一軸上。②如圖 4 所示種子環減速三倍，種子環軸與驅動輪軸各使用 24 齒及 8 齒之鏈輪用鏈條連接。

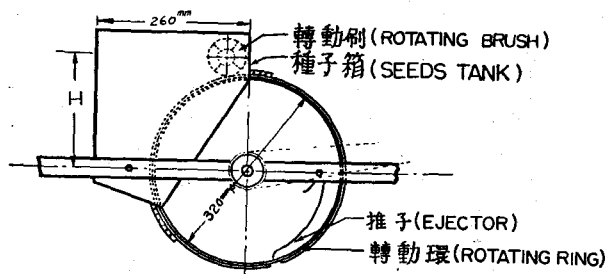


圖 3：改良型之垂直點播試驗機之構造  
Fig. 3. The construction of experimental vertical outer ring rotating planter with rotary brush

### 3. 室內播種機試驗

播種機之室內試驗目的在避免田間的土壤及氣候

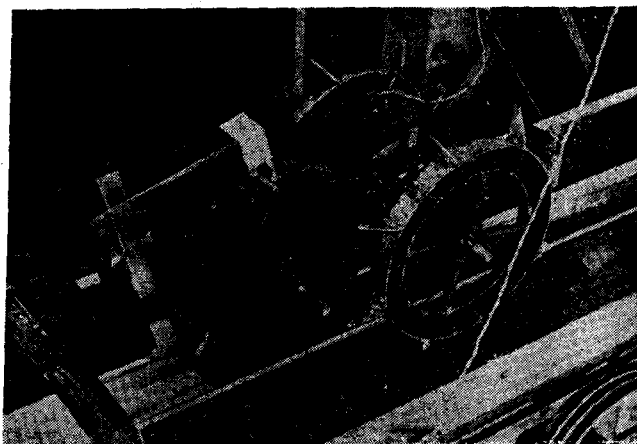


圖 4：點播試驗機之構造  
Fig. 4. The actual view of the experimental planter

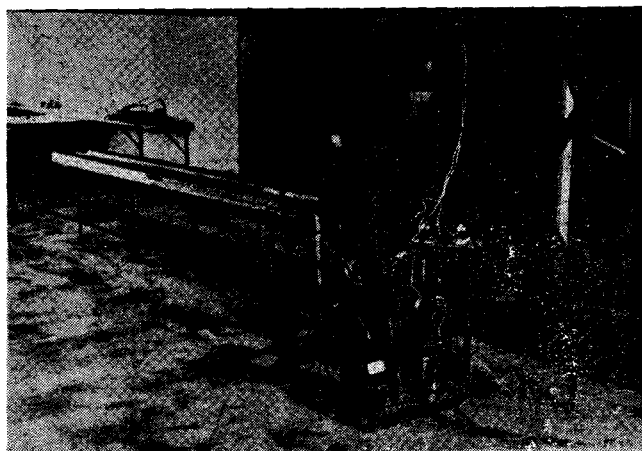


圖 5：室內播種機試驗裝置  
Fig. 5. The laboratory test soil box driven by a reversible A. C. dynamometer

的影響，並能精確的控制速度，以測取播種機的性能。本試驗之供試機係固定不動由一移動的土槽運轉以代替牽引試機前進。

#### (1) 室內試驗裝置：

圖 5 所示為室內播種機試驗裝置，主要構造部份為①速度控制移動式之試驗土槽，長 4000mm，寬 560mm，深 100mm，土槽前進速度之控制範圍為 0.1~1m/sec。②固定導軌合架：該合架長 9000mm，寬 570mm，高 700mm，主要功用係供土槽之導軌，動力之傳導，試機之固定等。③土槽之速度控制—變速機使用日本昭和社出品之交流電動力計 (A.C. Electric Dynamometer)，該機變速範圍為 600~2400r.p.m. 由變速動力計再經過一組減速裝置

(參看圖 6) 由鏈條帶動最後傳動軸，該傳動軸設於導軌架之中央，該軸在導軌中央部裝有一最後傳動齒

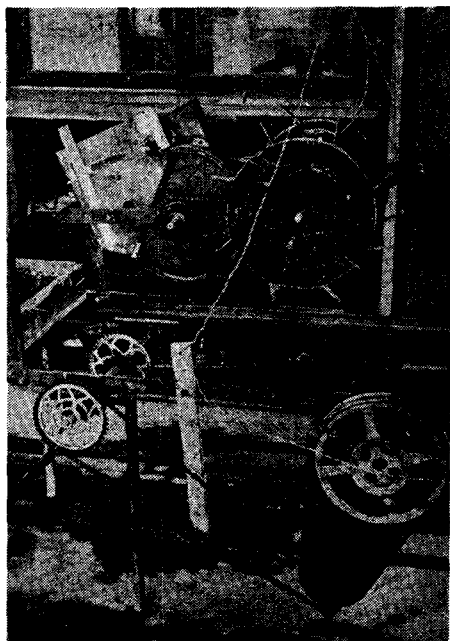


圖 6：減速與傳動裝置

Fig. 6. The power transmission system for the soil box. Under the bottom of the soil box is a fixed chain serves as a rack

輪 (44齒之 Sprocket) 另在土箱底部裝有一條齒條 (Rack) 用一條長 4500mm 之鏈條代替夾於兩根 1"×1" 之角鐵中間，鏈條兩端固定在角鐵上，當土箱鏈條與最後傳動齒輪吻合時，土槽箱即可在導軌上移動，如此裝置可使土槽箱走至導軌兩端時可自動與傳動之動力分開，以避免自動離合器之使用。④機械之安裝與驅動輪之轉速測定 (參看圖 7) 試機一端固

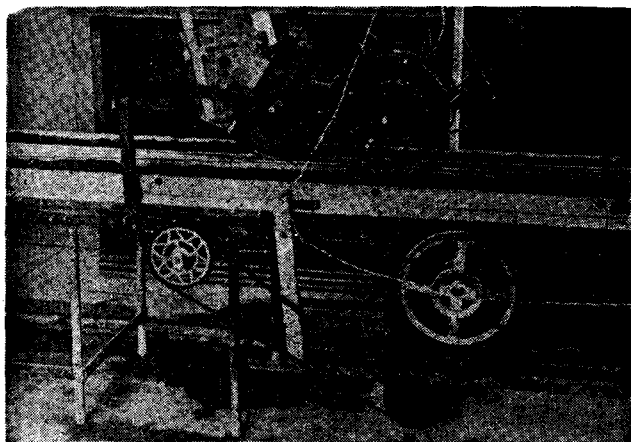


圖 7：試機之安裝與試驗時之情形

Fig. 7. The experimental planter is under test

定於台架之中央，另一端用槓桿控制昇降，驅動輪由土槽的移動而運轉，驅動輪的轉速與打滑均用電動計數計測定，如圖 4 所示。

## (2) 試驗方法與處理

①土壤土槽的處理：土槽之土壤係採用一般壤土，試驗的前一天或每天試畢後澆水一次並將土壤翻攪一次，使經常維持 30 % 左右之水分含量的鬆軟土壤，惟 Lug Wheel 行經之兩側土壤則用木棒稍加以打實，以不使驅動輪發生打滑為度 Lug Wheel 所壓

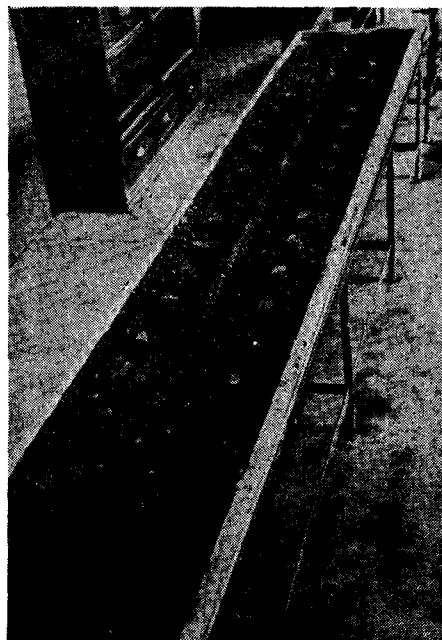


圖 8：種子落於土溝中時之實際試驗情形

Fig. 8. The actual view of seeds dropping to the soil furrow

的洞穴在每次操作後均不將其破壞。

②播種溝之處理：1) 採用田間實際播種溝的情況，如圖 8 所示，每次試驗維持深約 40mm，寬 80mm 之試溝，並在每次操作前將試溝鬆動一次俾使試溝保持鬆軟的土壤。2) 採用 Bainer 氏之 Grease board 之類似方法，用黃油溝代替土溝，以避免土壤因硬軟高低控制不均，使種子落地後發生跳動或滾動現象，黃油係裝於一寬 130mm 高 70mm 之塑膠槽中如圖 9 所示。

③有效測距及試驗重複數——在土槽中央一定位置處每次測取 2m。未減速之種子環 (環與驅動輪裝在同一軸上) 每 2m 設計之落種



圖 9：種子落於黃油槽中之實際試驗情形  
Fig. 9. The actual view of seeds dropping to the grease furrow

穴數為24穴每項試驗重複三次。減速之種子環每 2m 設計之落種穴數為 16 穴，每項試驗重複 6 次。

#### ④變異因子之測定情況

此項試驗所測定的主要變異因子如下：

1) 刷子與種子環之轉速比  $N_r$  或速比  $V_r$ ，供試之  $N_r$  計有 5.5 ( $V_r = 0.92$ ) 22 ( $V_r = 3.6$ )，及 18 ( $V_r = 3$ ) 等三種。

2) 種子面高  $H$ ， $0 < H < \frac{D+d}{2}$  ( $D =$  種子環直徑， $d =$  刷子直徑)，在此範圍中測定之  $H$ ，計有 60mm、100mm、120mm、140mm、170mm、195mm 等 6 個點。

3) 速度——以土槽之前進速度作基準，計測取 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8 m/sec 等 8 個點。

4) Ejector 之壓力不變，保持 900gr。

5) 試豆與種子孔之平均間隙為 0.4mm， $\left(\frac{1''}{64}\right)$  (以平均長作標準)。

6) 種子排出口至播種溝之高度不變，約 50mm，未使用導管。

⑥供試種子之處理及一般規格：供試之大豆種子試驗前先用 4.7mm 孔徑之篩篩選過。

1) 品種：三國豆。

2) 經篩過之大豆每 450 粒重 36.2gr. 體積 30  $\text{cm}^3$ 。

3) 經篩過之大豆平均每粒體積 0.066  $\text{cm}^3/\text{seed}$ 。

4) 平均每粒大豆之密度 1.2  $\text{gr}/\text{cm}^3$ 。

5) 種子平均長度 7.6mm (範圍 7.0~8.0 mm)

6) 種子平均寬度 6.4mm (範圍 6.0~7.2 mm)

7) 種子平均厚度 5.4mm (範圍 4.9~5.8 mm)

#### 4. 室內播種試驗結果分析

分析方法：此項試驗係根據 Brooks & Baker 二氏所用之統計方法以變異係數 (Coefficient of Variation) 來表示播種之精密率，本試驗所統計之變異共分兩項，一為每穴粒數的變異 (每穴設計之粒數為兩粒)，一為株距之變異。

##### (1) 試驗結果

###### 種子粒數變異關係

① 刷環低速比 ( $\frac{N_b}{N_r} = 5.5$ ) 種子環未減速 (環與車輪同軸) 使用土溝之粒數變異關係—Fig. 10。

② 刷環低速比 種子環未減速黃油與土溝之比較—Fig. 11。

③ 刷環高速比 ( $\frac{N_b}{N_r} = 22$ ) 種子環未減速，使用土溝之粒數變異關係—Fig. 12。

④ 刷環高速比 種子環未減速使用黃油與土溝之粒數變異關係—Fig. 13。

⑤ 刷環高速比 ( $\frac{N_b}{N_r} = 18$ ) 種子環減速三倍，使用土溝之粒數變異關係—Fig. 14-1。

⑥ 刷環高速比 種子環減速三倍，使用黃油與土溝之粒數變異關係—Fig. 15-1。

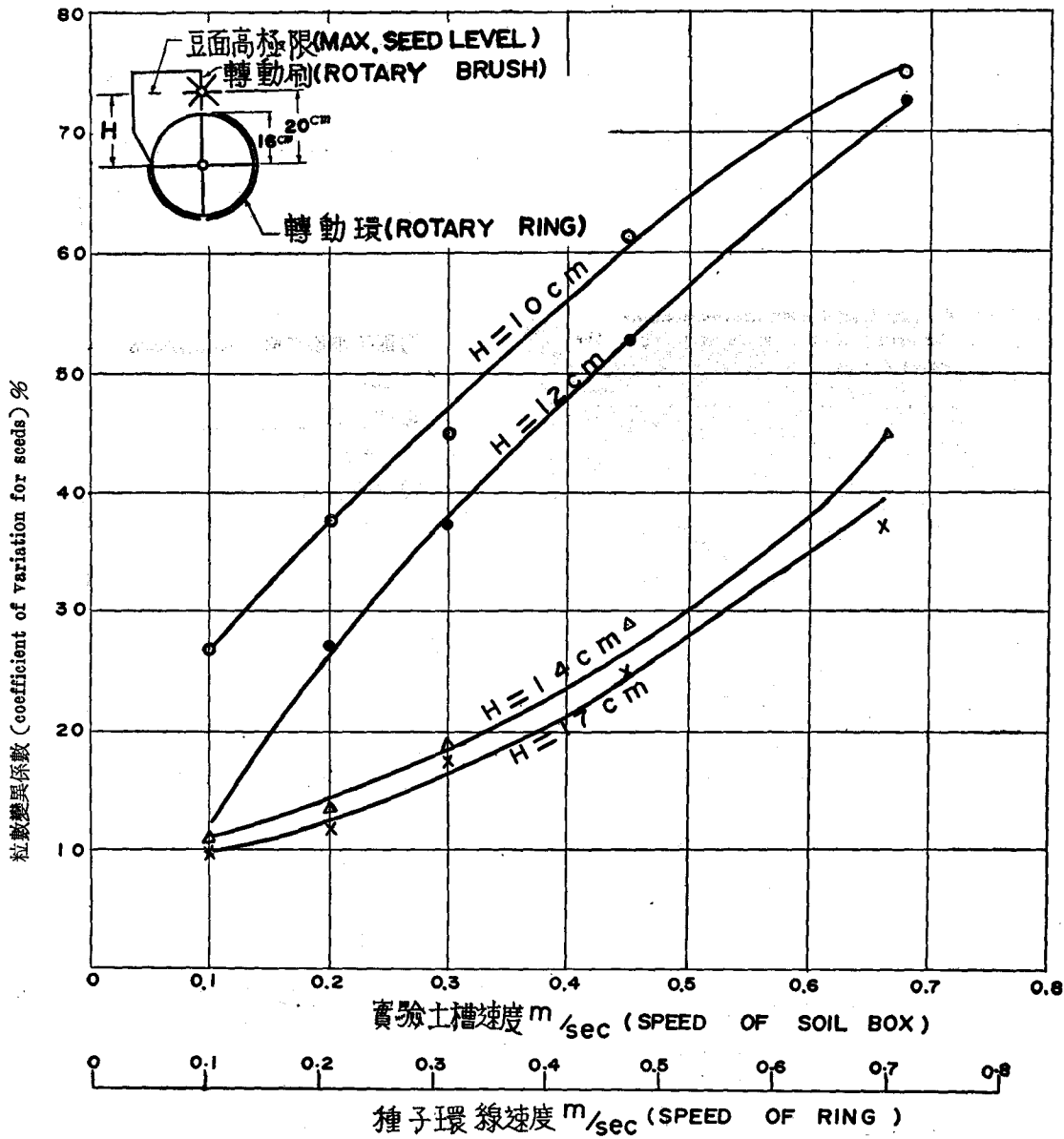
⑦ 刷環高速比 種子環減速三倍，使用黃油豆面高對粒數變異係數之影響—Fig. 16-1。

###### 種子間距變異關係

① 刷環高速比種子環減速三倍使用土溝之間距變異關係—Fig. 14-2。

② 刷環高速比種子環減速三倍使用黃油與土溝之間距變異關係—Fig. 15-2。

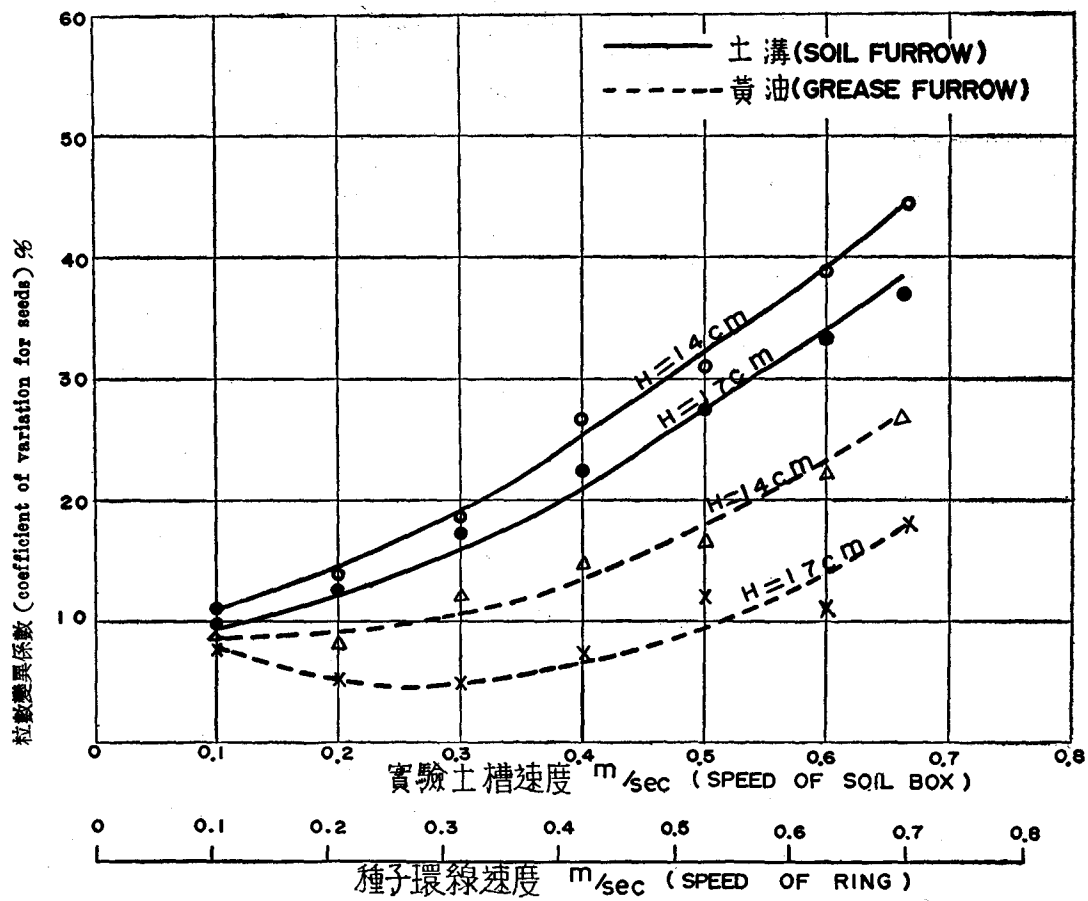
③ 刷環高速比種子環減速三倍，豆面高對間距變異係數的關係—Fig. 16-2。



$$N_r = \frac{N_b (r p m)}{N_r (r p m)} = 5.5 \quad \text{or} \quad \nabla_r = \frac{V_b (m/sec)}{V_r (m/sec)} = 0.92$$

圖10: 刷環低速比種子環未減速使用土溝之粒數變異關係

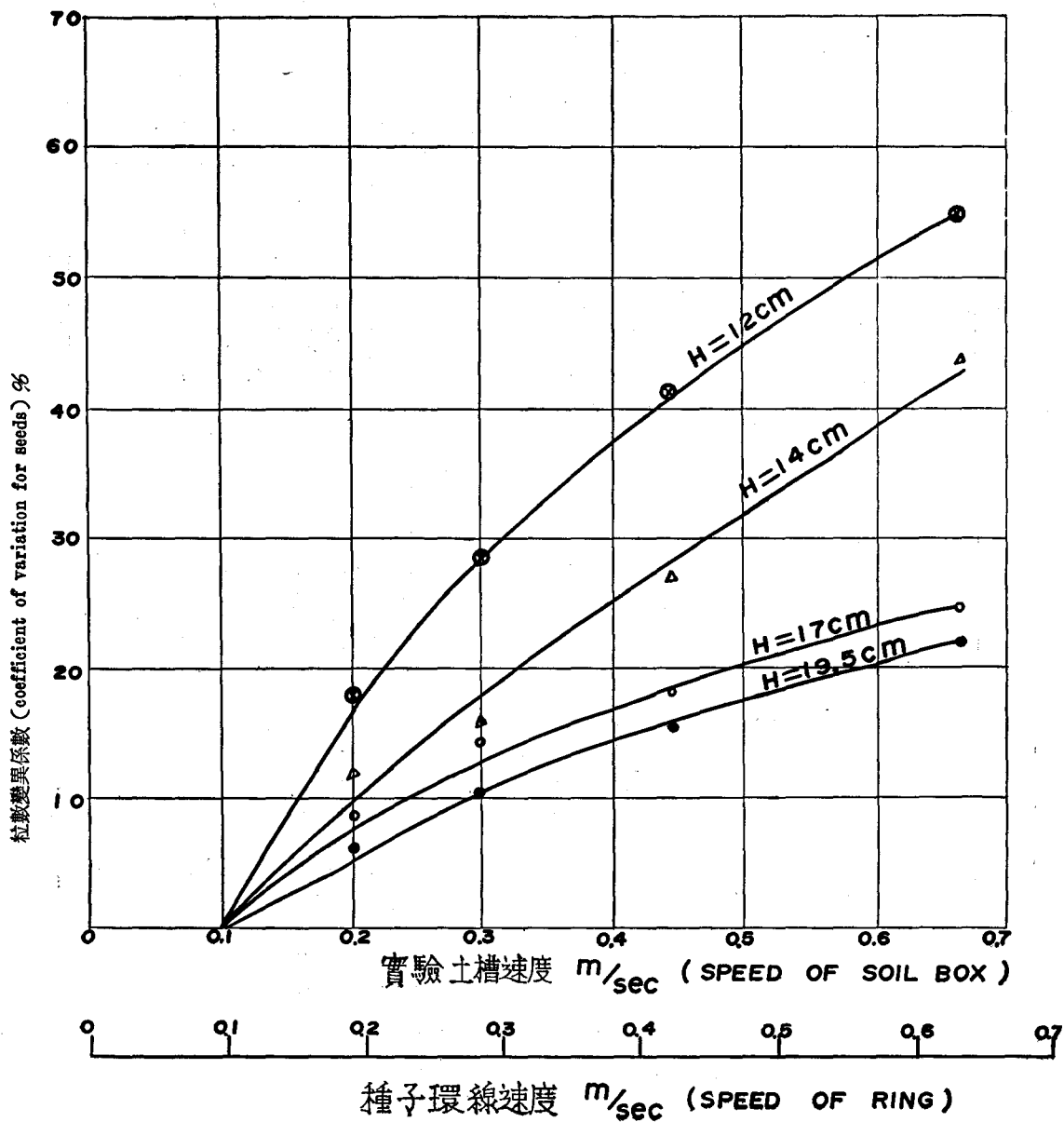
Fig. 10. The coefficient of variation for number of seeds based on soil furrow with high ring speed low  $V_r$  ratio



$$N_r = \frac{N_b(r \text{ p m})}{N_r(r \text{ p m})} = 5.5 \quad \text{or} \quad V_r = \frac{V_b(\text{m/sec})}{V_r(\text{m/sec})} = 0.92$$

圖11：刷環低速比種子環未減速黃油與土溝之比較

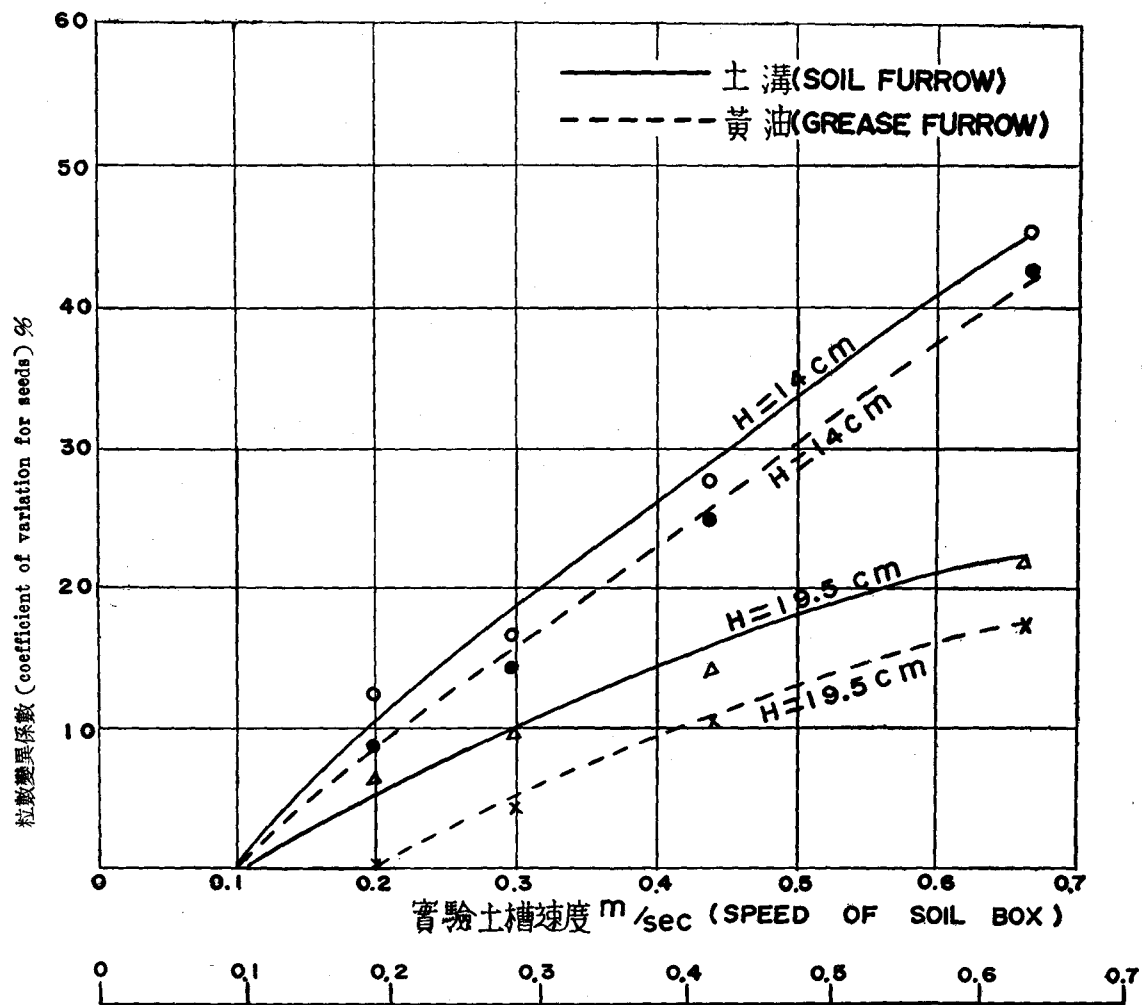
Fig. 11. The coefficient of variation for number of seeds based on soil and grease furrow with high ring speed and low  $V_r$  ratio



$$Nr = \frac{N_b (rpm)}{N_r (rpm)} = 22 \quad \text{or} \quad Vr = \frac{V_b (m/sec)}{V_r (m/sec)} = 3.6$$

圖12：刷環高速比種子環未清速使用土溝之粒數變異關係

Fig. 12. The coefficient of variation for number of seeds based on soil furrow with high ring speed high Vr ratio

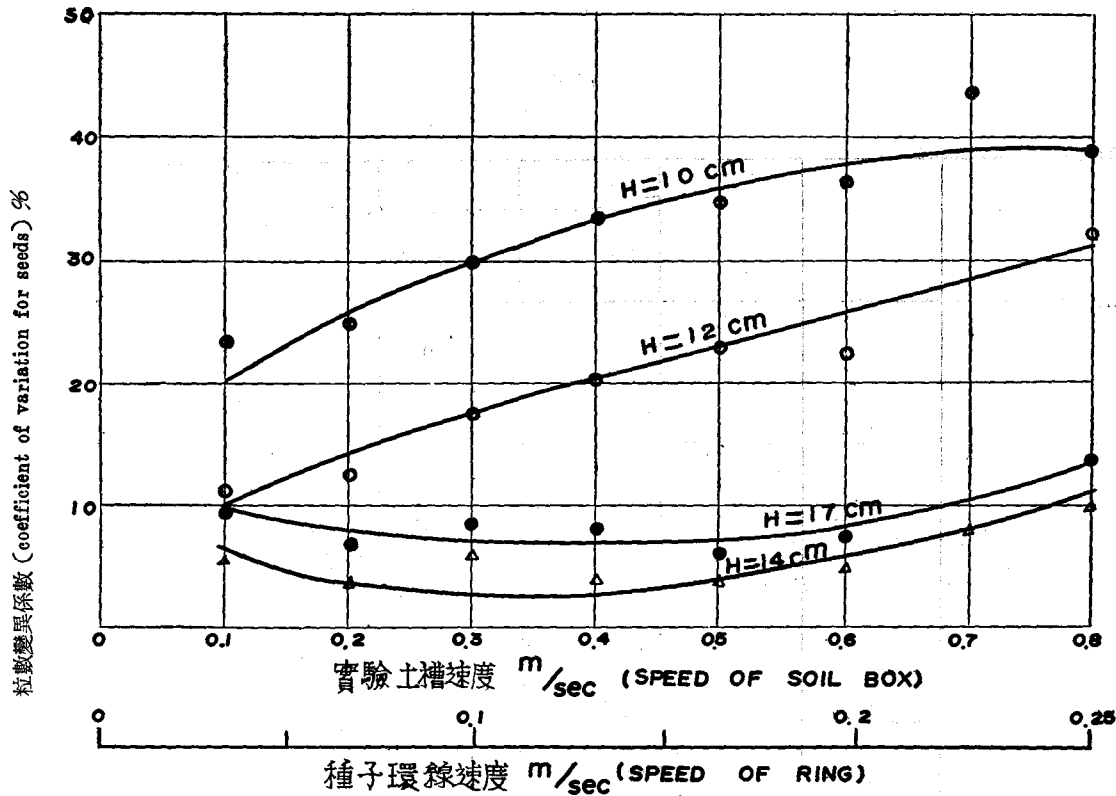


$$Nr = \frac{Nb \text{ (rpm)}}{Nr \text{ (rpm)}} = 22 \quad \text{or} \quad Vr = \frac{Vb \text{ (m/sec)}}{Vr \text{ (m/sec)}} = 3.6$$

圖13：刷環高速比種未減速使用黃油與土溝之粒數變異關係

Fig. 13. The coefficient of variation for number of seeds based on soil and grease furrow with high ring speed high Vr ratio

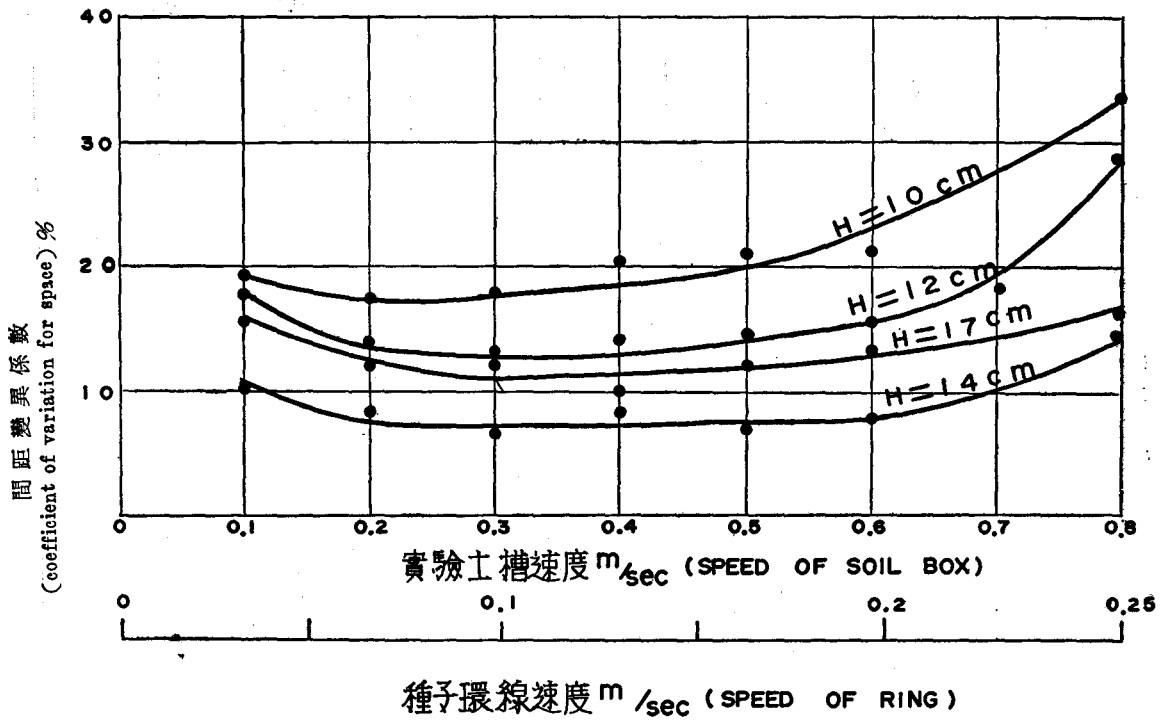




$$Nr = \frac{Nb(r \text{ p m})}{Nb(r \text{ p m})} = 18 \quad \text{or} \quad Vr = \frac{Vb(m/sec)}{Vr(m/sec)} = 3$$

圖14-1：刷環高速比種子環減速三倍使用土溝之粒數變異關係

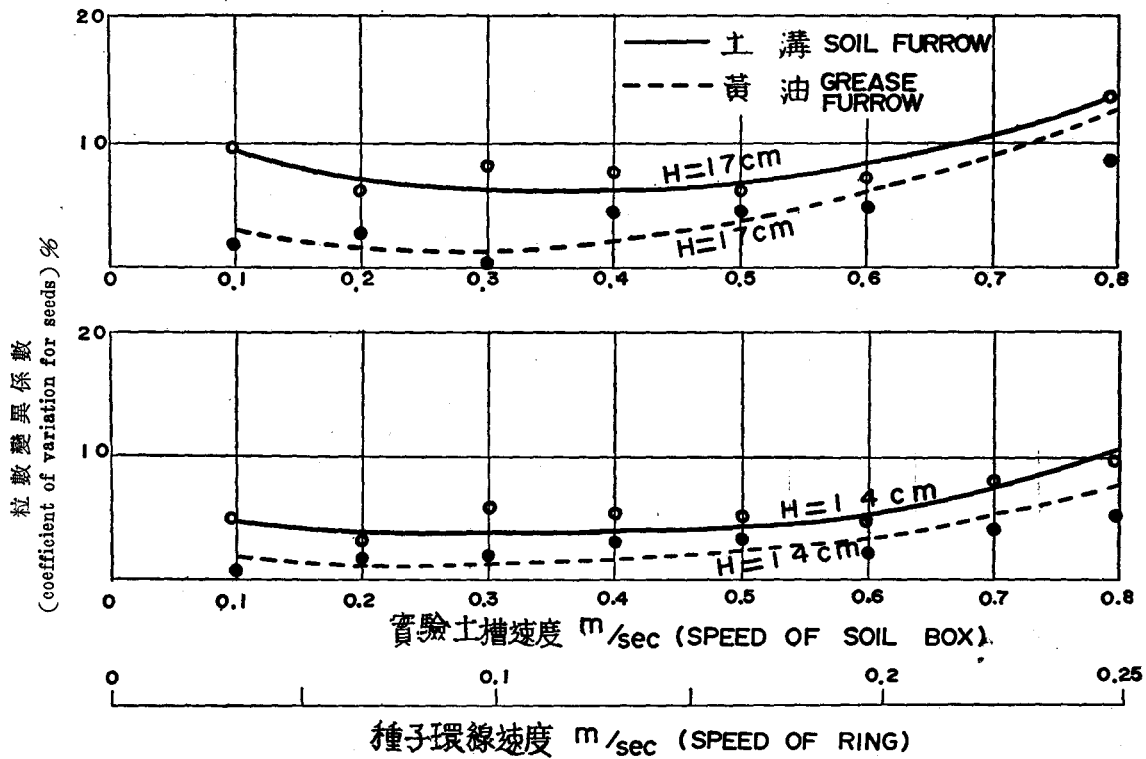
Fig. 14-1. The coefficient of variation for number of seeds based on soil with low ring speed high Vr ratio



種子環線速度 m/sec (SPEED OF RING)

$$Nr = \frac{Nb(r p m)}{Nr(r p m)} = 18 \quad \text{or} \quad \nabla_r = \frac{V_b(m/sec)}{V_r(m/sec)} = 3$$

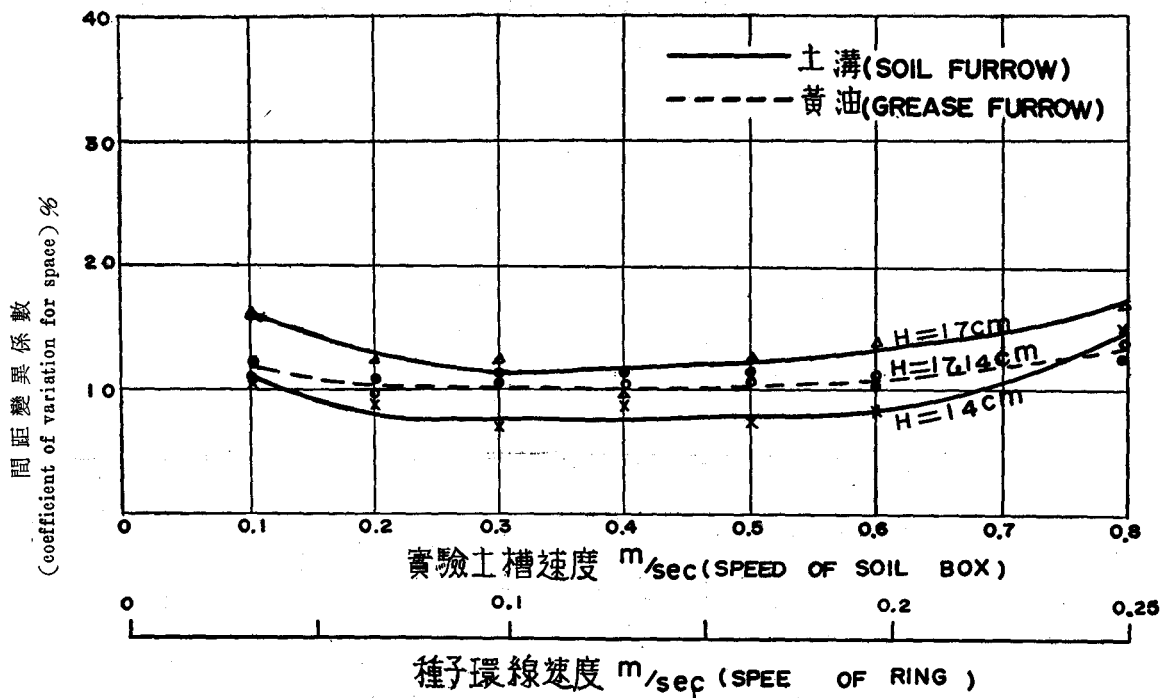
圖14-2：刷環高速比種子環減速三倍使用土溝之間距變異關係  
 Fig. 14-2 The coefficient of variation for space based on soil with low ring speed  
 High Vr ratio



$$N_r = \frac{N_b (r p m)}{N_r (r p m)} = 18 \text{ or } V_r = \frac{V_b (m/sec)}{V_r (m/sec)} = 3$$

圖15-1：刷環高速比種子環減速三倍使用黃油與土溝之粒數變異關係

Fig. 15-1 The coefficient of variation for number of seeds based on soil and grease with low ring speed high Vr ratio



$$Nr = \frac{Nb(r p m)}{Nr(r p m)} = 18 \quad \text{or} \quad \nabla r = \frac{Vb(m/sec)}{Vr(m/sec)} = 3$$

圖 15-2 : 刷環高速比種子環減速三倍使用黃油與土溝之間距變異關係  
 Fig. 15-2 The coefficient of variation for space based on soil and grease with low ring speed high Vr ratio

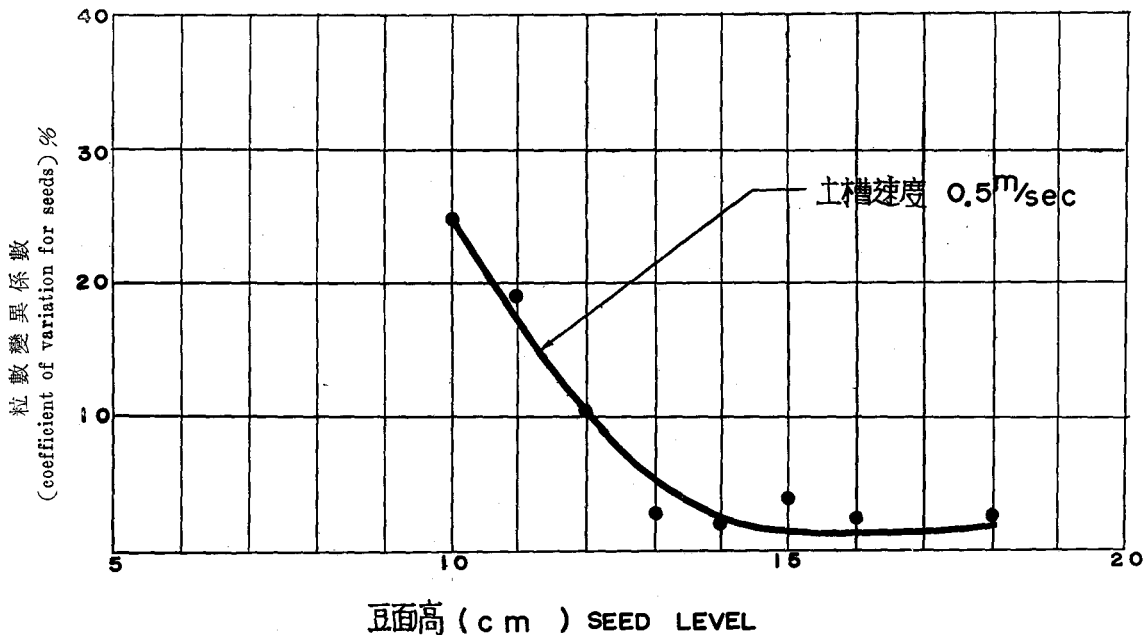
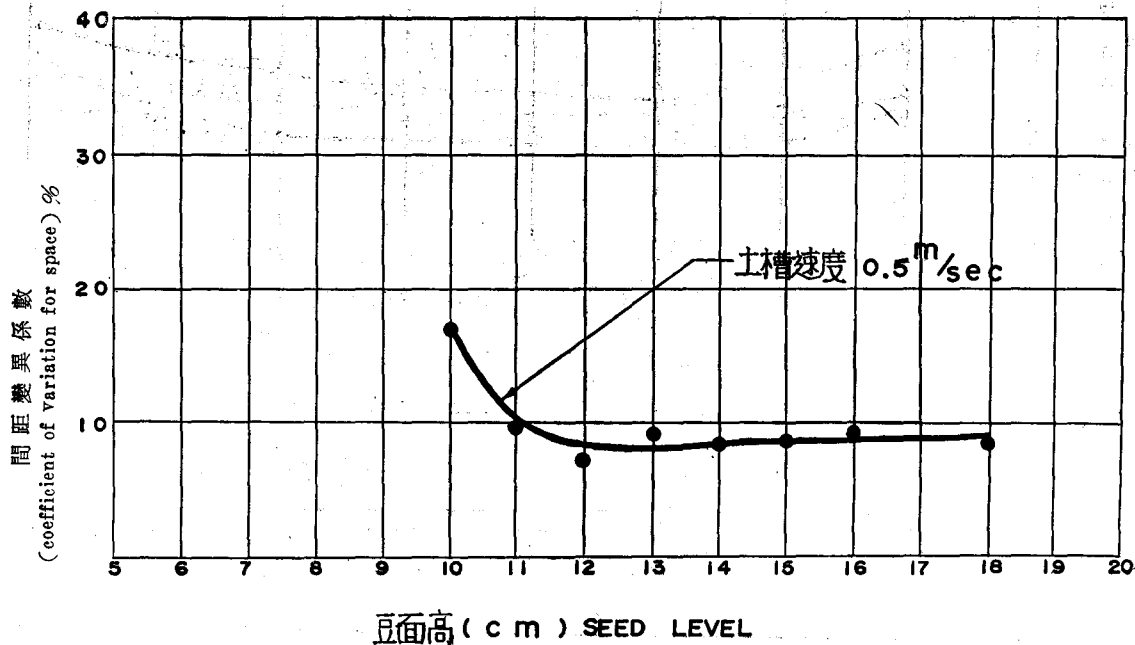


圖 16-1 : 刷環高速比種子環減速三倍使用黃油豆面高對粒數變異係數之影響  
 Fig. 16. The coefficient of variation for number of seeds based on soil with constant ring speed various seed level



$$Nr = \frac{Nb(r \text{ p m})}{Nr(r \text{ p m})} = 18 \quad \text{or} \quad \nabla_r = \frac{\sqrt{b(m/sec)}}{\sqrt{r(m/sec)}} = 3$$

Fig. 16-2. The coefficient of variation for space based on soil with constant ring speed various seed level

## 2) 試驗結果討論：

1. 在各次試驗中證明刷子速度的大小對播種的變異率確有影響，其主要的影響在阻止同一孔中兩粒種子的通過，並抑制擠塞現象的發生與碎粒的形成。如圖 10 所示，刷環速比為 5.5 在 0.1m/sec 之土槽前進速率下各次豆面之粒數變異率均高於 20% 而 Fig. 12 之 22 高速比下，該點之變異係數均趨於 0，故刷環採用高速比者有降低變異係數之效，但當刷子的線速度增至某一程度時，低速比者可能反較高速比為佳。此種情形見於 Fig. 11 及 13 之黃油試驗 14cm 高之豆面，因刷子在高速時，可能將直立於種子孔中之大豆打離種子孔。
2. 在 Fig. 10~13 之各次種子環未減速之試驗中，變異率均隨速度的增加而曲線上升，其增加率尤以低豆面者為甚，因速度增加種子所受的離心力作用增大而減少種子孔之進種率之故。但在 Fig. 14、15 之種子環減速試驗中，種子環線速度在 0.02~0.15m/sec 之間 14cm 以上之豆面，速度之增加變異率反而有減低之趨勢，同時減速之種子環，其變異係數也較平穩

，尤以高豆面者為甚，按 Fig. 14 土溝 14cm 豆面土溝前進速度在 0.1~0.8 之間最低之變異係數為 3%，最高僅 10%。

3. 在各一次試驗中高豆面之變異係數均較低豆面者為低，但在 Fig 14 減速之種子環高豆面對豆面高低之影響，所生之變異較小。該圖所示 H14 與 17 之差僅在 5% 左右 H10 與 12 之差則 12% 左右，在 Fig. 16, H 對變異係數影響的專門試驗中顯示，H 在 13cm 以下 H 增加變異係數呈直線下降，但在 14cm 以後 H 之增加對變異係數不發生影響，由此可知種子孔之進豆率在 14cm 以後，亦達飽和，不可能再發生變異，因在該次試驗中豆面的升高所造成的擠塞與雙粒一孔的現象已由迴轉刷的適當速度加以控制。
4. 在各次試驗中種子落於土溝之變異係數均較黃油溝為高，因土壤之鬆軟不均，當種子打在硬的土粒上時種子會發生跳動與滾動而改變每穴之種子數（按本設計為每穴兩粒）而黃油則可避免此種滾動與跳動的現象發生。如土溝之土壤能保持均勻的足夠鬆軟亦能得到與黃油同樣

的試驗結果。在各次黃油與土溝之比較試驗中 (參看 Fig. 11、13、18) 因土壤之鬆軟不均 所造成之變異差約在 5%~10% 之間, 但有一 例外即種子環減速豆面高 14cm 之試驗曲線土 溝反較黃油溝為佳, 此項結果可能有誤差, 尚 未找出。

(3) 影響大豆播種變異因子之無因次分析。

各變異因子對大豆播種之影響關係甚複雜, 要找出一簡單的數學關係式, 頗不容易, 唯一可 行者乃用 Buckingham 原理求其無因次變異因 子群。按影響播種之變異因子如下:

- |             | 符號     | 因次              |
|-------------|--------|-----------------|
| 1. 變異係數     | ev     | 0               |
| 2. 刷子線速度    | $V_b$  | $LT^{-1}$       |
| 3. 種子環線速度   | $V_r$  | $LT^{-1}$       |
| 4. 種子與孔徑之間隙 | C      | L               |
| 5. 種子面高     | H      | L               |
| 6. 種子密度     | $\rho$ | $ML^{-3}$       |
| 7. 推子壓力     | P      | $ML^{-1}T^{-2}$ |

故

$$CV = \phi [V_b, V_r, C, H, \rho, P] \dots\dots\dots(1)$$

上式計有七個變異因子, 三個基本單位, 故可 得四個無因次變異因子群, 經分析後之關係式如下:

$$CV = \phi \left[ \frac{V_r}{V_b}, \frac{C}{H}, \frac{V_r^2 \rho}{P} \right] \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{或 } CV = K \left[ \frac{V_r}{V_b} \right]^a \left[ \frac{C}{H} \right]^b \left[ \frac{V_r^2 \rho}{P} \right]^e \dots\dots\dots(3)$$

上式中之K為一常數, a、d、e 為各有關變異群 之指數此項指數宜作進一步試驗方能求得, 惟該式所

示之各因子關係亦證明本試驗所顯示之結果符合, 變 異係數與  $\frac{V_r}{V_b}$  (刷環速比) 成正比, 即減少種子環的 速度, 增加刷子的速度能減少變異。 $\frac{C}{H}$  (間隙與種子 面高之比) 之關係表示, 間隙小豆面高為有利者。間 隙小可避免雙粒一孔之形成, 豆面高能增進進種率。  $\frac{V_r^2 \rho}{P}$  為種子之離心力與推子壓力之比, 按此關係離 心力宜小推子壓力宜大, 離心力小能增加進豆率, 因 離心力與種子落入種子孔之動力方向相反, 故離心力 增加將抵消部份落下孔中之重力加速度而減少進豆率 , 增加推力 P 可完全避免因種子有時過大擠塞在種子 孔中不能落下之機會。

5. 結 論

1. 垂直外圈迴轉型精密點播機經改裝轉動刷以代替 一般固定式之 Cut off 後, 可完全避免擠塞與 碎傷現象發生。
2. 低環速(0.025-0.25m/sec)高刷環速比( $V_r=3$ ), 高豆面 (140mm以上) 所得之變異係數最小。
3. 種子面在 140mm 以下進種率太低不能使用。
4. 各變異因子曾試用無因次分解加以分析頗有相關 關係, 惟仍擬待進一步的探討試驗。

參 考 資 料

1. Roy Bainer, -principle of Farm oncehinery-P. 241-243 John Wiley 1955.
2. Roy Bainer-Precising planting equipment American Agric Engineering Feb. 1947 P. 49,
3. 藤尾福藏涌井學-Studies on the improvement of Seed-ers (III) 日本農業機械學會誌 Sept, 1963,

Summary

The precisizing planting of soybean shows the highest yield in Taiwan. Since due to too much of labor is required for the traditional hand precisizing planting method, the planting area is limited. Therefore, an efficient precisizing planter should be introduced. A simplest conventional vertical rotating outer ring was adopted in this study with the exception of using a rotary brush instead of the conventional stationary cut. off. A special designed soil box of 400mm long, 560mm width 100mm depth with a controled forward speed from 0.1 to 1m/sec. was provided for this test. The tested planter with a 320mm diameter of ring and 80mm diameter of rubber brush and 2x18 cells was driven directly by the driving wheels. The minimum clearance between the cell and tested seed was 0.4mm (1/64 in.). The test was based on both the grease furrow and loosed soil furrow. Following results were obtained:

1. The crowding and shearing seeds effects were completly under control by using the rotary brush instead of the conventional stationary cut off method.
2. The high velocity ratio between the brush and ring, ( $V_b/V_r=3$ ) Low ring speed,  $V_r$  in the range of 0.025 to 0.25 m/sec. and the seed level above 140mm gives the best result as follow:
  - (1) Coefficient of variation for number of seeds: 0.02 to 0.08 for grease basis; 0.05 to 0.15 for soil basis.
  - (2) The coefficient of variation for spacing: around 0.1 for grease basis; 0.08 to 0.15 for soil basis.
3. Dimensional analysis for grouping variables has been tried but need a further investigation