

附土菜苗移植機械之研究

A Study on Vegetable Seedling Block Transplanter

台灣省農業試驗所助理研究員

黃 禮 棟

Huarng Li-Duhng

摘 要

以先栽培附土菜苗再行移植方式種植蔬菜，俱有①成熟期一致而能一次收穫完畢。②增加土地利用率。③可選擇健康菜苗移植，確保較高產量。④移植之菜苗較高大，可抑制雜草之生長。⑤不需要間拔作業等優點。故現在很多作物，如蔬菜、菸草及小樹均行移植。

本移植機為曳引機附掛式機具，所使用之附土苗為直徑 2in.，高 2in. 之苗塊。全機共分為移植機構、開溝器、培土器，間歇自動進給機構，及半懸掛系統等五大部份。移植機構由移植機頭、苗塊滑槽及控制閘門機構等構成，而間歇自動進給機構則包括菜苗承載盤，分配機構及推送連桿等三要件。

於田間做移植試驗時，移植機速度曾達到 1.4km/hr，於603個移植苗中，只有2個倒伏。

Abstract

The production of vegetables by seedling block transplants method has many merits. (1) Improved uniform maturity of crops allows once-over harvest. (2) Can increase the land utilization factor. (3) Only uniform and healthy seedlings are transplanted, thereby insuring high yield. (4) Older seedlings compete better with weeds than direct seeded young seedlings. (5) It eliminates the need for thinning. Today, many crops including vegetables, tobacco and small trees are transplanted.

The seedling block transplanter was designed to be mounted on a tractor. It used 2 in. in diameter, 2 in. tall seedling blocks. It was composed of five major mechanisms, i. e. transplanting mechanism, the furrow opener, the furrow closers, the intermittent automatic feeding mechanism and the tractor rear semi-mounted mechanism. The transplanting mechanism is composed of transplanting head, seedling chute and controlling gate mechanism while the intermittent automatic feeding mechanism consisted of carrying tray, distributing mechanism and push-pull linkage.

A speed of 1.4 km/hr was achieved in the field transplanting test. Only 2 out of 603 transplanted seedlings tipped over in the run.

一、引言

結球蔬菜生長初期，不能有效地利用土地，只於生長期的最後數週，才會完全利用到其分配的空間，這是大家公認的事實，也是結球蔬菜生產過程中，先於溫室栽培後再行移植的原因之一，另外，因移植菜苗可使得結球蔬菜之成熟期一致而能一次全部採收。每年亦因可增加土地之利用次數而增加單位面積之年產量。

以附土菜苗移植之方式栽培結球蔬菜，可分為二個生長階段：

(一)培植附土菜苗期；為將種子播入土壤中，使其發芽茁狀至可移植時之期間。

(二)田間生長期；為將附土菜苗移植至田間，以迄收穫為止之期間。

以附土菜苗移植方式栽培結球蔬菜，俱有下列所述之優點：

(1)幼苗可於有保護設施的環境中(如溫室)栽培，可避免風霜雨雪等天候因素之傷害，並減少病蟲害之發生。

(2)唯有生長整齊健康之幼苗才會被選為移植苗，而可確保高產量及成熟期一致。

(3)附土菜苗在生長初期較能有效地利用肥料，殺蟲劑及水份，因此能降低管理成本。

(4)可等到菜苗生長至六星期時才移植，此時苗株已十分高大，可抑制雜草之生長。

(5)使用附土菜苗，可避免因土壤表皮硬化等因素所導致的發芽率降低而缺株之問題。

(6)不需要間拔作業。

(7)移植後之附土菜苗之根部在土壤中之位置遠較種子為深，比種子更能有效地吸收及利用土壤中水份。

此外，在許多高緯度地區，適合農作物生長的季節較短，不足以生產一期作物，有些地區冬季不能栽種，農人可在霜害危險期尚未過去之前，就在溫室內培育幼苗，既可避免霜害，又可提前收穫而趕上較高之市場價格時期，增加收入。

為探討移植後至採收時所需要的時間，特別做一試驗，以決定苗齡多大時移植較適當，試驗中之主要變數計有下列各項：

DM：由移植至採收時所需時間(天)。

TR：移植時苗齡(週)。

TD：總生長時間，由播種至收穫時，(天)。

PZ：苗土之直徑(公分)。

SM：苗土中土壤所佔百分率，(%)。

以電腦分析移植後至採收時所需時間與其他變數之關係，得到下列方程式：

$$DM = 234.647 - 20.648 TR + 0.026SM + 1.132 TR^2 - 0.616PZ^2$$

由此方程式可以得知：由移植至採收所需天數，雖然會受其它變數之影響，亦可以用 $DM=f(TR)$ 充分表示出來。可以用圖1表示其中之 DM, TR 及 TD 之關係。

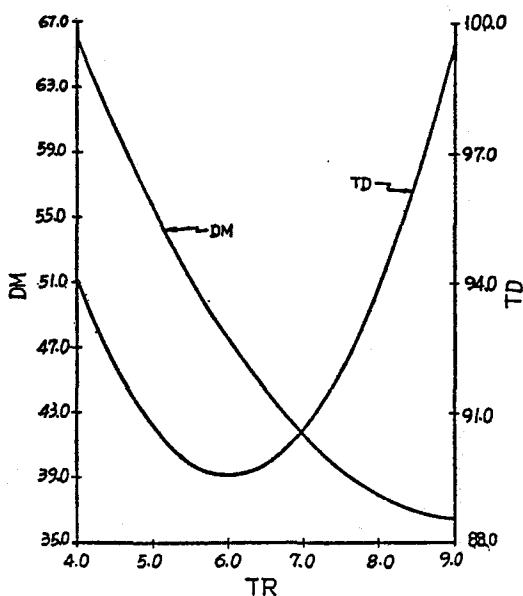


圖1 移植時苗齡 (TR) 對移植後至成熟所需日數 (DM) 和總生長日數 (TD) 之影響。

本附土結球蔬菜苗移植機包括移植機構，開溝器、培土器，間歇自動進給機構及半懸掛機構等五大部份。其中之移植機構曾安置於可移動之軌道式土壤槽上做試驗，以探求移植滑槽傾斜角度，移植機速度及開門開閉時間比率對移植誤差之影響，結果得到可以估計移植誤差之方程式如下：

$$P = 8.78 + 3.33X - 1.11Y - 2.00Z + 1.02YZ + 1.35XYZ$$

其中 $X = (\text{速度, km/h} - 1.91) / 0.61$

$Y = (\text{角度, rad.} - 0.611) / 0.070$

$$Z = (\text{開門開閉時間率} - 0.465) / 0.125$$

$$P = \text{移植誤差 (m.m)}$$

若以反應曲面表示預測之移植誤差時，可得如下之立體圖。(圖2)。

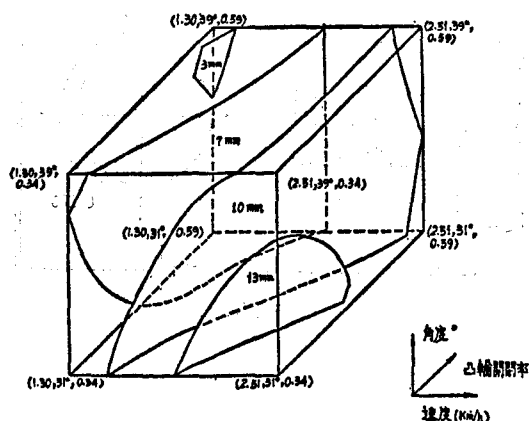


圖2 預測移植偏差之反應曲面

大體而言，降低移植機速度，增加移植滑槽傾斜角度及開門開閉時間比率可以減少移植誤差。而以速度對移植誤差之影響最大。

二、文獻探討

HUANG 氏和 SPLINTER 氏於 1968~1973 年，研究出一部能將栽培於邊長 2 in. 之立方體土塊上之菸苗自動送入投擲管之移植機。當附土菸苗落下時，連接於投擲管之真空吸力機將管內吸成半真空狀態，使苗加速落下，以確保移植之確實性和正確之株距。然而有三大困難阻止了此一方式應用於結球蔬菜移植機：其一為在同一塑膠生長盤中，菜苗之根已完全包含土塊，有些根甚至延伸至相鄰的土塊中形成根網，阻礙苗塊由管中墜落。其二為在移植時，結球蔬菜苗葉片之覆蓋面積遠比菸苗為大，由有真空吸力之管道中投出，會傷害其脆弱的葉片。其三為由加壓水柱所挖出之洞穴太小（ $4.5\text{cm}^2 \times 3.18\text{cm}$ 深），不能容納附土之結球蔬菜苗。而如要噴射出較大之洞穴又需較高之壓力及較多量的水，頗不實用。

SPLINTER 氏和 SUGGS 氏研究手投式裸根移植機（不附土塊）之人為誤差時，判定由缺株及倒伏株所構成之移植誤差和機器接受時間（Machine acceptance time）成反比。他們瞭解手投式移植機之機器接受時間能由增加承載站之數目而

增加，如能在每一移植循環中送入二個以上的苗株，造成人手投入誤差之機率將減少。他們以模擬方式發現，設立 3~5 個承載站，可增加 50% 之移植速度而保持相同程度之誤差。

PALMER 氏和 WILTON 氏測試不同形狀之土塊，介質及土壤穩定劑對機械化操作和移植時之耐久性。土壤介質與水混合後，再以雙向空壓槌壓實，其結論為：土塊強度雖然能承受人手移植之應力，但却不能承受機械操作時之各種力量。

WANG 氏和 KRATKY 氏 (1976, 78, 79) 證實了移植苗齡為七星期大之結球萵苣苗之可行性。移植可大為增加土地利用情形，因為萵苣移植後可在 45~60 天內長成，一年即可收穫 6~8 次。

GAUTZ 氏等人 (1974) 證明窄行距及短株距可提高結球萵苣之單位面積產量，但株距太短將延長結球萵苣成熟的時間及可能降低結球之密度及結球之大小。因此若要選擇較小之行株距栽培，移植誤差值容許度將較小。

三、機械結構

本機主要為移植附土結球蔬菜苗而設計，結球蔬菜苗塊係直徑為 2 英吋，高 2 英吋的土塊上長有一株蔬菜苗者，由另一試驗證實，此種大小之土塊可使萵苣及高麗菜苗生長至六星期才移植，而不致影響其結球情形。

本機主要分為移植機構、開溝機構、培土機構

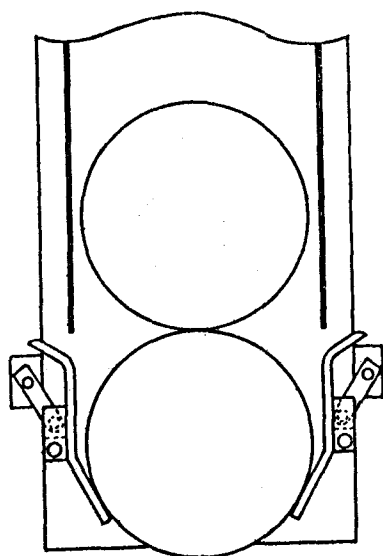


圖3 移植機頭之平面圖

、間歇自動進給機構以及半懸掛機構等五大部份，茲敘述如下：

(一)移植機構：移植機構由下列三部份元件構成。

①移植機頭：移植機頭為一對蝴蝶型之閘門（圖3），由一個24伏特電磁線圈控制其開閉，當線圈通電時，將閘門控制機構之T型桿往後拉動並壓縮一條彈簧（圖4），此時滑槽中最前方之苗塊即因蝴蝶型閘門之打開而滑入已開好之溝中，而第二個苗塊被閘門擋住而停留於原來位置，當電流切斷時，線圈不俱有任何拉力，由彈簧將T型桿彈回原來位置，此時第二個苗塊即滑至最前方之位置（圖5）而完成一個移植循環。

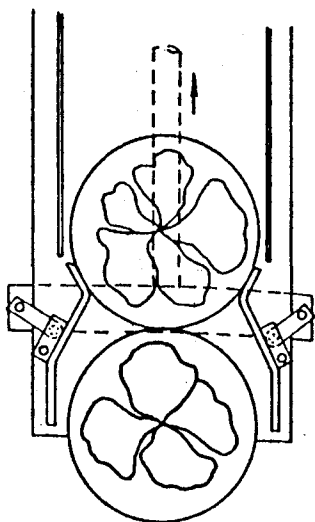


圖4 閘門開啓，移植苗塊之情形

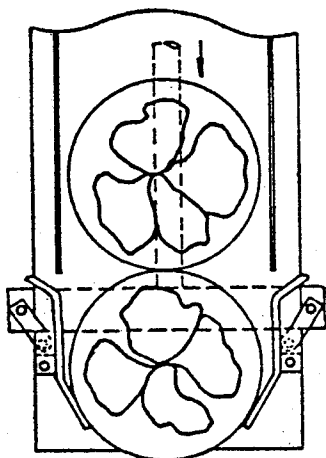


圖5 閘門關閉，苗塊下滑至移植位置之情形

**電磁線圈之通斷電係由微動開關來控制（圖

6），而微動開關則由被尾輪所傳動之凸輪所控制，以保持一定之移植株距。

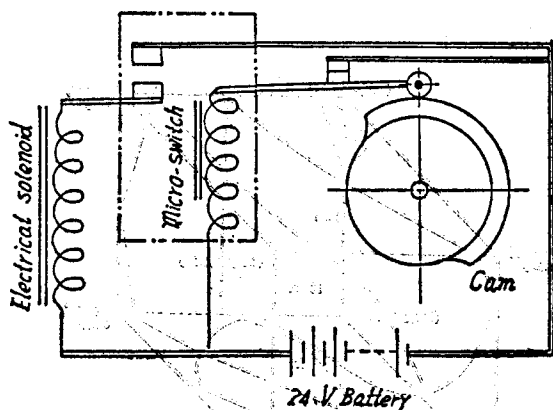


圖6 閘門開閉凸輪及控制電路

②移植滑槽：係聯結間歇自動進給機構和移植機頭之元件，其功能為暫存及轉送由間歇自動進給機構所供給之苗塊，以供應移植機頭之需。全長107公分，寬11.5公分，槽面鋪上0.3公分厚之鐵弗龍（Teflon）以降低摩擦阻力，兩側裝有金屬護板，可防止苗塊由側面掉落。

③閘門控制機構：係一對偏心之滑動式曲柄及連桿，將線圈及彈簧所帶動之T型桿所產生之直線往復運動轉變為搖擺運動以啓閉閘門。

(二)開溝機構：位於移植機頭之稍前方，能挖出6吋寬4吋深之移植溝。兩側均附有防土擋板，以防止苗塊尚未移植完成之前溝邊之土壤滑入開好之溝中而影響移植作業。

(三)培土機構：為兩塊簡易型之刮土板，附於兩個防土擋板之後，其功用為將溝邊之土壤重新推回已移植菜苗之溝中。並可藉著調整兩個刮土板之距離以及刮土板至防土擋板之距離以改變其培土量之多寡。

(四)間歇自動進給機構：為將整個承載盤上之苗塊，適時適量地送入移植滑槽以供給移植機頭之機構，由三個主要部份組成。

①承載盤：為儲存苗塊之處所，由薄鋁合金板結合成單行承載槽，槽中間開一狹長的溝，以利苗塊輸送帶將苗塊往前推送入移植滑槽中。

數個單行承載槽再由鉸鏈聯結成承載盤。兩相臨承載槽間之距離較菜苗葉片所涵蓋之面積為寬，以避免葉片相互摩擦而折斷。承載盤兩端支撐於鐵桿上，由受 Geneva 間歇運動機構所傳動之正時鏈

條帶動，每次橫向移動時，就將次一行推至原先一行之位置，以便輸送皮帶將之送入移植滑槽中。

②分配機構：本機構為間歇進給機構中之最重要部份，負責將苗塊由承載盤經移植滑槽移送至移植機頭。本機構最主要者為一每次旋轉 45° 之Geneva drive，當每一承載槽上之苗塊全部送入移植槽之後，Geneva drive 即將承載盤向前推動一行。本機構之另一元件為苗塊輸送帶，此帶跨在兩偏心輪上，比單行承載槽上長孔之寬度略窄。其上黏有砂布，以防止苗塊打滑，當承載盤欲橫向移植時，偏心輪已行至最低位置，使帶面比承載盤底面略低，待承載盤移植完畢後，偏心輪又將皮帶升高，使帶面比槽面高0.5公分，以帶動苗塊送入移植滑槽，兩偏心輪係以鏈條連接而同步。皮帶下方有一跨於兩偏心輪週上突溝而與皮帶同時上下之鐵桿，以支持皮帶，避免皮帶向下彎曲。

③推送連桿：當苗塊由輸送帶上被輸送至滑槽時，每一個苗塊均為其後之苗塊推動而離開承載盤進入滑槽中，但是最後一個苗塊因無後繼者推送，故設計本推送連桿，以便在最後一個苗塊到達時，將之推入滑槽中。

推送連桿位於進給機構與滑槽銜接處，由一齒輪上之突起物帶動，在承載盤橫向推進前，適時推送苗塊進入滑槽，以免干擾承載盤之推進。

④進給作業：當機構開始運轉時，位於進給皮帶上之苗塊被漸次移至滑槽之前端，而被其後之苗塊推入滑槽中，而推送連桿則適時將最後一個苗塊推入滑槽中；此時輸送皮帶正好跨在偏心輪組之最低處，承載盤向橫向移動，之後，輸送皮帶偏心輪組將皮帶升高，開始將次一行苗塊往滑槽中推送（

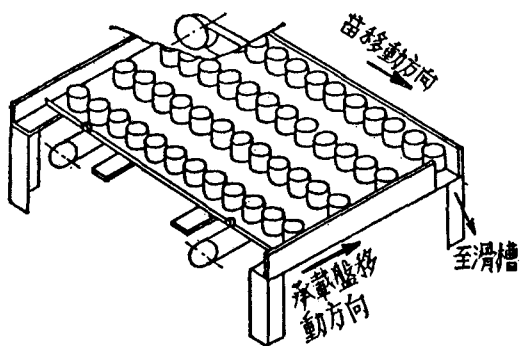


圖7 間歇進給作業

圖7)。間歇進給機構被設計成能在滑槽中保持一定量之苗塊以免移植作業受影響，在每一循環中移植之苗塊數約等於進入滑槽中之苗塊數。

五、半懸掛機構：包括尾輪、平行四邊形桿及油壓系統。

移植機重要之一點要求為保持一定之移植深度，現代曳引機雖有定位控制，但開溝作業之負荷太輕而無法使之正常操作，因此，決定以半懸掛附加尾輪方式來解決保持一定開溝深度之問題。即移植機前端附掛於曳引機之兩支下連桿，而後端以尾輪支持，開溝器之位置正好放在兩尾輪接地點之連線上，故依田區地形起伏的情形，尾輪與開溝器能同時升降，以保持一定之開溝深度。

平行四邊形桿：為便於在轉彎或前往田區時提升移植機頭、開溝器及覆土器等，本機附有平行四邊形桿升降機構（圖8），該平行四邊形桿之一垂直邊連接尾輪，另一垂直邊則固定在移植機架子上，平行四邊形桿之上邊置一支油壓缸，當需要升降機體時，只要將油壓閥打開，即可藉著調節油壓缸之長度而達到預定升降之高度。

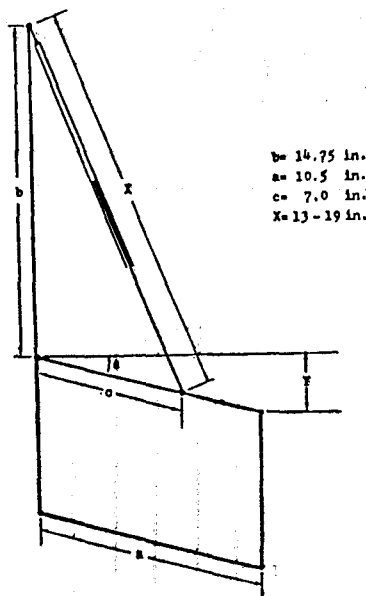


圖8 平行四連桿機構

四、移植試驗

本試驗所使用之承載盤共有7行承載槽，每槽可放12個苗塊。另在移植槽內放置3個苗塊，以免

移植作業中斷；另外安置一個12伏特的電池，以便和曳引機之電池串聯成24伏特電壓，以供給線圈之電力。

試驗主要為記載在進入泥土時傾覆的苗數，移植時之株距亦記載至¼吋之準確度。當第一次在田間做實驗時，幾乎十分之七、八的苗塊都在離開移植槽時傾覆了，經詳細觀察之後得知每一苗塊在離開開門之後，都必須沿槽面滑行約半吋距離後，底

面才會碰到土壤，因而直線動量轉換成旋轉動量而傾倒（圖9）。在將此半吋距離減少後，傾倒情形在以後試驗中已顯着改善（圖10），在稍後所做試驗中的603個苗塊中，只有2個倒伏（表1），而所得行株距間亦成常態分佈（圖11），平均值為16.82吋，標準偏差0.43吋（表2）

表1 移植試驗時倒伏苗數資料

試驗次數	苗 數	倒 伏 數
1	64	0
2	62	1
3	47	0
4	59	0
5	51	1
6	78	0
7	69	0
8	87	0
9	86	0
計	603	2

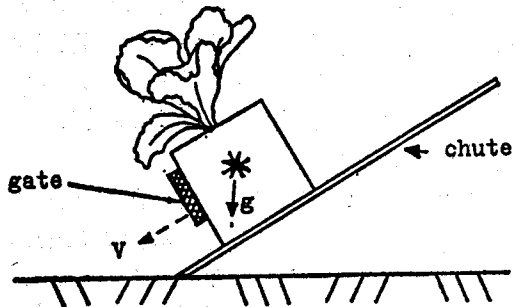


圖9 開門位置過高苗塊易倒伏

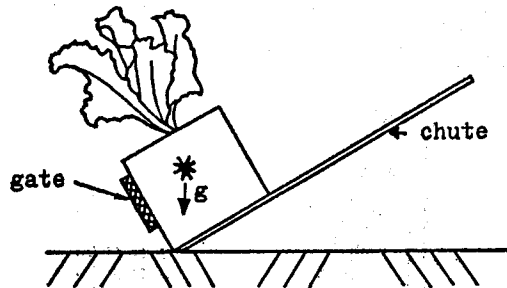


圖10 適當之開門位置，減少苗塊倒伏

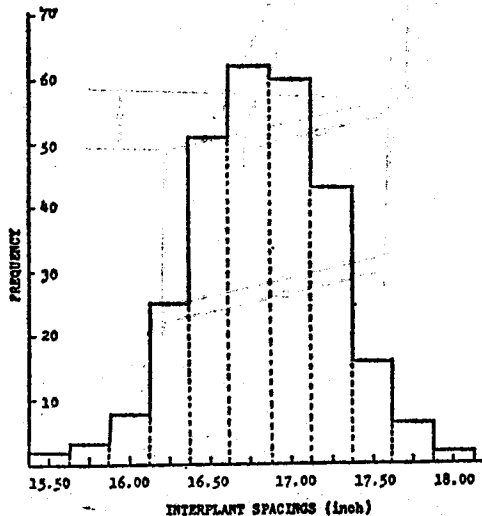


圖11 株距分佈圖

表2 移植作物株距 (in.)

試 驗	1	2	3	4	5
	16.50	17.00	17.75	16.75	17.00
	17.00	16.50	17.00	17.25	17.50
	16.75	16.25	17.25	15.50	16.50
	17.25	17.25	16.25	17.25	17.50
	16.50	16.50	17.50	16.50	16.50
	17.25	17.00	17.25	17.25	16.75
	16.50	16.25	16.75	16.50	17.00
	16.75	17.50	17.25	17.25	16.00
	17.50	16.25	17.25	16.50	16.75
	16.25	16.75	16.25	17.25	17.00
	18.00	16.50	17.00	16.75	16.50

16.75	17.00	17.00	17.25	17.00
17.75	16.50	16.75	16.50	16.50
16.25	17.25	17.00	16.50	16.50
17.00	16.50	16.75	17.50	17.00
17.00	17.00	17.00	16.75	16.75
16.50	16.50	16.00	17.00	17.25
17.25	17.25	17.00	17.25	16.75
17.00	16.50	16.50	16.50	16.50
16.50	17.00	17.25	16.75	17.25
17.25	15.75	16.25	18.00	16.75
17.50	17.00	16.75	16.75	16.75
17.25	16.75	17.25	16.75	17.75
17.50	16.25	16.75	17.25	16.75
16.50	16.75	17.00	16.75	17.75
17.75	17.00	16.75	17.25	16.25
16.75	16.25	16.25	17.00	17.50
16.75	17.00	16.75	17.00	16.75
17.00	16.75	17.25	16.50	17.25
16.50	16.75	16.50	17.25	16.50
17.00	17.50	16.50	16.75	17.25
16.75	16.75	16.75	16.00	16.75
16.75	16.75	17.00	17.00	15.75
16.00	16.50	15.50	16.50	17.00
17.00	17.25	17.00	16.50	17.00
16.50	17.00	16.50	16.75	16.00
17.00	16.75	17.00	16.25	17.25
16.25	17.25	16.25	17.00	16.50
16.75	16.75	17.00	16.25	16.75
16.50	17.00	16.75	17.50	16.00
17.00	17.25	16.50	16.25	17.00
16.50	16.75	17.25	17.00	17.25
16.75	17.25	17.00	16.75	16.75
17.00	16.75	16.50	17.00	17.00
17.00	16.75	17.50	17.75	17.25
16.50	17.00	16.50	16.50	17.50
17.00		16.75	17.00	16.50
16.50		17.25	16.00	17.25

	16.75		16.50	16.25	16.50
	16.25		17.50		16.75
	16.75		16.50		17.00
	16.75		17.50		16.25
	17.00		16.25		17.00
	16.25		17.00		16.75
	16.75		16.25		16.25
	17.00		17.50		17.25
	16.50		16.50		17.00
	17.25		17.00		16.25
	16.75		16.00		
	17.25		16.75		
	15.75		17.00		
			17.25		
			16.75		
平均值	16.83	16.80	16.82	16.82	16.83
標準偏差	0.43	0.37	0.44	0.47	0.44

References

1. Wang, J. K., and B.A. Kratky. 1976. Seedling Transplant and Its Effects on Mechanized Greenhouse Lettuce Production. TRANSAC-TIONS of the ASAE 19 (4): 661-664
2. Suggs, C.W. 1979. Development of a Trans-planter with Multiple Loading Station. TRANSACTIONS of the ASAE 22(2): 260-263
3. Maw, B.W., C. W. Suggs, and P. Harris. 1980. Progress in the Mechanical Singulation and Sorting of Seedlings. ASAE Paper No. 80-1055, ASAE, St. Joseph, MI 49085
4. Huang, B. K., and W. E. Splinter. 1968. Dev-elopment of an Automatic Transplanter. TRANSACTIONS of the ASAE 11(2):191-194, 197
5. Pinkepank, W. R., and L. N. Shaw. 1980. an Automatic Vegetable Seedling Soil Block Transfer System. ASAE Paper No. 80-1054, ASAE, St. Joseph, MI 49085
6. Wang, J. K., B. A. KRATKY, and B. O. T. Hu. 1979. A New Horizon in Greenhouse Veg-

- etable Production. TRANSACTIONS of the ASAE 22(5):1012-1015
7. Bainer, R., R. A. Kepner, and E. L. Barger. 1955. Principles of Farm Machinery. John Wiley & Sons, Inc. New York
 8. Kratky, B. A., J. K. Wang, B. O. T. Hu, and K. Kubojiri. 1978. Effects of Pot Size, Transplanting Age and Planting Density on the Seedling Size, Head Size and Yield of Chinese Cabbage. Journal Series Paper No. 2291. Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Hilo.
 9. Ardalan, S. H., and A. E. Hassan. 1982. Automatic Feeding and Sorting of Bare Root Seedlings. TRANSACTIONS of the ASAE 25(2):266-270
 10. A Transplanting System for the 1980's. Brochure by National Institute of Agriculture Engineering. England
 11. Chow, J. B., J. K. Wang, and A. L. Myers. 1980. Hand-Fed Lettuce Seedling Block Transplanter. TRANSACTIONS of the ASAE 23(5):1117-1120
 12. Super-prefer Accurate Transplanter. Brochure by F. W. McConnel Company. Holland
 13. Gautz, L. D., B. A. Kratky, and J. K. Wang. 1974. Multi-Variable Screening to Establish Guidelines for Engineering Lettuce Production. ASAE Paper No.74-4020 ASAE, St. Joseph, MI 49085
 14. Box, G.E. P., W. G. Hunter, and J. S. Hunter. 1978. Statistics for Experimenters. John Wiley & Sons, Inc. New York
 15. Model 1265 Holland Mulch-Pot Transplanter. Brochure by Holland Transplanter Company. Holland
 16. The Mechanical Transplanter. Brochure by Mechanical Transplanter Company. Michigan
 17. Whitlock, A. J., Multi-Plant Peat Blocks. Brochure by A. Rickwood Experimental Husbandry Farm. Cambridgeshire, U. K
 18. DEWA Soil Block Making Machines. Brochure by Bruxelles Lambert Co. Belgium
 19. Hauser V. L. 1983. Grass Establishment by Bandoleers, Transplants, and Germinated Seeds. TRANSACTIONS of the ASAE 26(1):74-78,80
 20. Huang, B. K., C. G. Bowers, Jr., and P. Oppenheim. 1979. Automated Greenhouse Seedling production for Automatic Transplanting. ASAE paper No.79-1073, ASAE, St. Joseph MI 49085
 21. Huang, B. K., and v. Tayaputch. 1973. Design and Analysis of a Field Injection Spot and Furrow Opener. TRANSACTIONS of the ASAE 16(3):414-419
 22. Brewer, H. L. 1978. Automatic Transplanter System for Field Crops. ASAE Paper No.78-1011, ASAE, St. Joseph MI 49085
 23. Lee, Y. M., J. K. Wang, and B. A. Kratky. An Improved Seedling Block Transplanter. TRANSACTIONS of the ASAE 25(2):313-315
 24. Lovegrove, H. T. 1968. Crop Production Equipment. Hutchinson Educational LTD. London
 25. Smith, H. P. 1964. Farm Machinery and Equipment. McGraw-Hill Book Company. New York
 26. Barger, E. L., J. B. Liljedahl, W. M. Carlton, and E. G. McKibben. 1963. Tractors and Their Power Units. John Wiley and Sons, Inc. New York
 27. Boa, W. 1978. The Development of Automatic Transplanters. National Institute of Agriculture Engineering. England
 28. Taylor, A. G., T. J. Kenny, E. P. Carney, and G. B. Gibbs. 1983. Development of a Foam Microenvironment for Enhanced Seedling Establishment. Hort Science 18(5):(in press)
 29. Boa, W. 1975. An Automatic Transplanter for Vegetable Crops. National Institute of Agriculture Engineering. England St. Joseph, MI 49005.
 30. Boa, W. 1979. Automatic Transplanting. Agricultural Engineering 34(2):35-37