

玉米播種兼雙層施肥機之研製與田間效果觀察¹

林慶喜² 陸應政³ 劉昭雄⁴ 蔡界益⁵

摘 要

本研究之目的在於研製一種機械使其不但能播種同時將肥料分雙層不同深淺度條施於播種溝兩側。一側為淺層施肥提供玉米生育初期所需之養料，另一側為深層施肥並耕破犁底層或硬盤，提供生育中、後期所需之養分。

研製完成之玉米播種兼雙層施肥機一次播種四行。播種部分是利用大順牌播種箱研組而成，為避免落種傳動不良而形成缺株，研製一組接地輪，經由鏈條及齒輪之傳動而帶動種子帶而落種。施肥部分是由肥料箱、開溝器及傳動機械所組成，於肥料箱底部裝置一個螺旋輸送器，利用螺旋方式將肥料分向兩邊輸送，提供深層及淺層之肥料，落肥量可經由螺紋類、螺旋內徑大小及傳動齒輪類加以調整。深層施肥及打破犁底層或硬盤係利用心土犁，淺層施肥則利用圓盤開溝器。一組接地輪帶動兩組肥料箱和種子箱以減輕傳動阻力。經田間測試結果、開溝、落種、落肥、覆土及傳動作業均良好。

為測定玉米播種兼雙層施肥機的田間使用效果，於75年秋作及76年春作在吉安及鳳林進行觀察試驗，結果發現將玉米全量的施肥量（複合肥料39號500公斤/公頃+複合肥料1號400公斤/公頃）利用本機當基肥一次施用，可以促進玉米的初期生育，提早雄花抽穗期，及穗長每穗重的增加，使子實收量增產9~16%。

前 言

玉米 (*Zea mays* L.) 屬於吸肥性強，三要素吸肥量多之深根性作物，因此欲使玉米生育良好，產量高，必須使玉米的根部發育良好，建立旺盛健全的根群，才能吸收大量的土壤養分和水分，以供給玉米植株及穗部生長所需的營養，但在旱田常因自然或人為的原因使表土下層形成硬盤 (hard pan) 或耕盤 (tillage pan) 而造成對水分、空氣及根系穿透的障礙，故欲增大有效的土壤體積必須打破犁底層以消除犁底層對玉米根系的障礙，誘導根系深入土層而增加水分與養分的供應，促進玉米之生育，Cassel 和 Edward⁽⁷⁾ (1985) 試驗結果指出在具有密實犁底層之 Wagran 土壤播種行深耕 (in-row subsoiling) 比傳統的耕耘方式可增加玉米葉面積指數28%，子實收量增加197%。Donahue, Schicklune 和 Robertson⁽⁸⁾ (1971) 在美國印地安那州川鑿犁 (Chiseling) 配合深層施肥，於某些試驗可以使玉米增產約30%，戶澤英男⁽⁵⁾ (1981) 指出栽培玉米，氮一部分、磷、鉀、鎂之全量作基肥，基肥之施用法以兩側施肥較適當，兩側施肥比全面施肥，條間施肥對玉米初期生育，根群發達較佳，肥料之利用率較高，兩側施肥之位置於種子旁3公分直下3~5公分為佳，此種施肥法主要對防止氮肥的肥份，磷吸收有較好的效果。可見栽植玉米，打破犁底層及深施肥料，基肥採兩側條施於播種溝旁下方，均有改進根系生長之土壤環境，提高肥料利用率及增產的效果，因此研製一種機械具備有播種，打破犁底層、深施及淺施肥料的功能，是有其必要性，使於播種同時將玉米所需肥料之大部份或全部，兩側條施於

1. 花蓮區農業改良場研究報告第39號，本試驗經費承農業委員會補助（計畫編號75.農建—7.1—糧—91

(7)，76農建—8.1—糧—57(2)，76農建—8.1—糧—79(4) 謹此致謝。

2. 作物環境課副研究員兼課長。3. 助理。4. 副研究員。5. 助理研究員。

播種溝旁5~8公分處，一側為淺層施肥，其深度為地表下5~8公分，提供玉米發芽後生育初期所需之養料，另一側為深層施肥，其深度為地表下20~25公分，以耕破犁底層為度，並提供玉米生育中、後期所需之養分，此種方式或許可減少施肥次數、施肥量、降低成本及增產的效果。

材料與方法

一 實施期間：民國74年7月1日至76年6月30日。

二 實施地點：吉安鄉（本場）、鳳林鎮。

三 試驗材料：曳引機、雜糧播種機、各種鐵材、五金、複合肥料39號及1號、硫酸銨、過磷酸鈣、氯化鉀、玉米種子台農351號。

四 試驗方法：

A. 玉米播種兼雙層施肥機之研製

(一) 將現有之雜糧播種機加以研究改良，使其具有深淺雙層施肥之功能。

(二) 為求達到深層施肥之目的，在種子開溝器一邊加裝一支心土犁，使之能深入土中20~25公分，開一條深溝，將肥料管置於心土犁之後方，讓肥料施落於溝中。在種子開溝器另一邊利用圓盤開淺溝施放淺層肥料。

(三) 肥料箱結構及肥料輸送方式的研究，使深淺兩層施肥均勻。

B. 田間使用效果觀察

(一) 試區土壤：

表 1. 種植前試區土壤性質

Table 1. Soil properties of the experimental plots prior to planting.

期 作 Crops	地 點 Localities	質 地 Texture	pH 1:1	OM %	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha
75 年 秋 作 Fall, 1986	吉 安 Chi-an	壤 土 L	7.6	1.5	192	135
	鳳 林 Feng-lin	砂 質 壤 土 SL	7.7	1.8	20	50
76 年 春 作 Spring, 1989	吉 安 Chi-an	壤 土 L	7.8	1.7	143	108
	鳳 林 Feng-lin	砂 質 壤 土 SL	7.8	2.0	20	55

(二) 處理方法：

處理 1：複合肥料39號 (12-18-12) 500公斤 / 公頃 + 複合肥料 1號 (20-5-10) 400公斤 / 公頃，全部作基肥於播種同時利用施肥機施用。三要素用量為 N 140-P₂O₅ 110-K₂O 100 公斤 / 公頃。

處理 2：複合肥料 39號 600公斤 / 公頃作基肥於播種同時利用施肥機施用，另一次於玉米株高 30

—40公分時施用硫酸銨343公斤/公頃，用人工條肥作追肥，三要素用量為 $N_{144}-P_2O_5_{108}-K_2O_{72}$ 公斤/公頃。

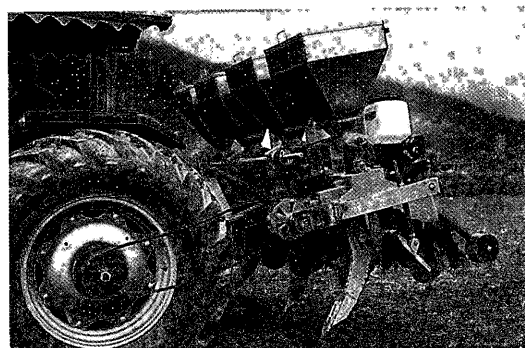
處理3 (CK)：玉米播種後施用硫酸銨346公斤/公頃、過磷酸鈣600公斤/公頃，氯化鉀120公斤/公頃，用人工條施，另一次玉米株高30—40公分時，用人工條施硫酸銨343公斤/公頃作追肥，三要素用量為 $N_{144}-P_2O_5_{108}-K_2O_{72}$ 公斤/公頃。

結 果

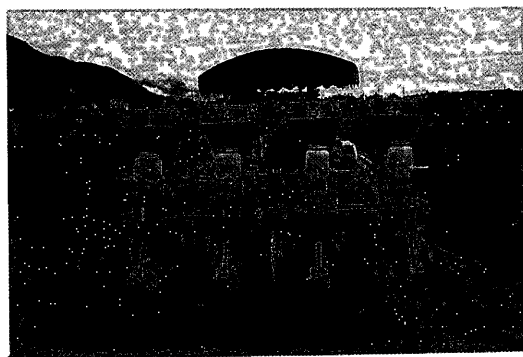
一、玉米播種兼雙層施肥機之研製

玉米播種兼雙層施肥機的主要功能為播種同時能於播種溝兩側條施深層（地表下20—25公分）及淺層（地表下5—8公分）的肥料，因此其主要機構包括有播種箱、肥料箱，淺層施肥之圓盤開溝犁，深層施肥之心土犁等。目前在田間示範操作的玉米播種兼雙層施肥機為經二次改進後的第三代機型，現將每代機型的研製情形簡述如下。

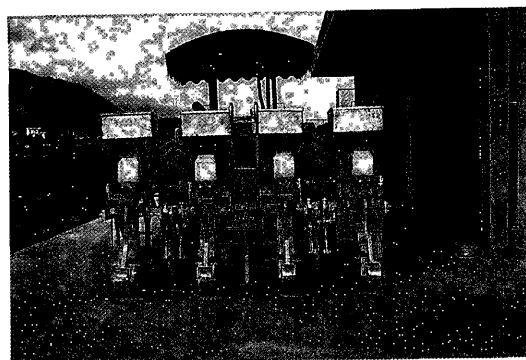
第一代機型（圖1.）：玉米播種兼雙層施肥機一次播種四行，播種部分是利用大順牌播種箱研組而成，為避免落種傳動不良而形成缺株，研製一組直徑40公分之傳動輪，週邊以 1.2×6 公分之圓鐵條燒焊而成，利用鐵條入土來帶動傳動輪，經由鏈條及齒輪之傳動，帶動種子帶而播種，落種十分精確，每穴之平均距離為34公分，每穴之平均落種量為1.8粒。施肥部分是由肥料箱、開溝犁及傳動機構所組成。研製四組不銹鋼肥料箱，每箱容量70公斤，每箱肥料底部安裝一個不銹鋼的螺旋，其內徑為25mm，外徑60mm，螺距30mm，共有8個螺紋，每邊4個肥料利用螺旋方式分向兩邊輸送，一邊提供深層所需之肥料，另一邊提供淺層所需之肥料，肥料箱是利用曳引機後輪經由皮帶輪及V形皮帶來帶動，當播種兼雙層施肥機舉升後，傳動皮帶鬆弛即可停止落肥。為達到耕破犁底層及深層施肥之目的，在種子開溝器一邊距離8公分處加裝一支心土犁（subsoiling plow），犁頭寬6.5cm，犁臂厚1.9cm，使之深入土中20—25cm，其深度可靈活調節，開一條深溝，將肥料管置於心土犁之後，讓肥料落於溝中。在種子開溝器另一邊距離8cm處，利用圓盤開溝器（disc furrow opener），直徑為24cm，開淺溝（約5—8cm深）施放淺層肥料，共有4支深層開溝犁及4支淺層圓盤開溝器。經田間試驗結果開溝、播種、覆土等作業尚屬良好，但肥料成點施，每穴距離約100cm，每個點施（深層及淺層施肥料合計）肥料量為96克。



第二代機型(圖2.):第一代機型的缺點為肥料成點施,且每穴距離高達100 cm,因此肥效不彰,理想之落肥應為條施,因此如何使點施的距離縮短,是必須克服的課題。要使落肥之距離縮短必須使輸肥螺旋之轉速加快,而第一代機型之肥料箱是利用曳引機後輪經皮帶輪及V形皮帶來帶動,由於曳引機後輪直徑相當大,無法使輸肥螺旋轉速提高,因此將肥料箱之輸肥螺旋之傳動改由接地輪來傳動,因其直徑較小,轉速較快,而種子箱同時亦由接地輪來傳動,另經由齒輪變速使輸肥螺旋轉速加快,另外不銹鋼之螺旋亦改變之,使其內徑變為38mm,外徑60mm,螺距19mm,共有16個螺紋,每邊8個,每轉一圈之落肥量為18.9 g(深淺層兩邊合計),點施之距離縮短至25 cm左右,由於落肥距離縮短加上落肥時亦在恆動中,使得落肥情形有如條施狀。



第三代機型(圖3.):第二代機型係利用一組接地輪帶動4組肥料箱及種子箱,因其阻力大,傳動情形不良,經研改為利用兩組接地輪來帶動,一組接地輪帶動兩組肥料箱及種子箱以減輕傳動阻力。原有深層心土犁入土部分接近於弧形,入土時必須緩慢伸入否則易使土壤堵塞深層施肥管,為避免此缺點,心土犁之入土部分與直立臂成145度的角度,入土角度45度以減少土壤阻力,另在深層心土犁後方加焊一支角鐵以避免堵塞落肥管之管口。另外心土犁與圓盤開溝犁分別安裝在種子開溝器的兩側且平行在同一線上,兩者相距約20 cm,當田間有雜草存在時,心土犁將帶動雜草及部分土壤前進,並有愈積愈多之現象,且使種子及淺層肥料之覆土不良,為避免雜草堵塞在心土犁與圓盤開溝器之間,將圓盤開溝器的位置往後移20 cm,如此則心土犁所帶動之雜草及土壤會往心土犁兩側之後方移動,在其後方的圓盤開溝器再將其滾壓。



第三代機型一次播種四行，每公頃作業時間約1.5~2小時，每公頃施肥量700公斤~1100公斤，由傳動齒輪調整之。

田間使用效果

玉米之播種無論處理1、處理2或處理3均用玉米播種兼雙層施肥機進行，因此田間使用效果觀察並無深耕與不深耕處理的比較而祇是肥料的深施與不深施效果的比較。為了解不同肥料施用處理對玉米生育及產量的影響，於播種後20天、30天、40天及成熟期分別調查其株高，並於收穫時調查穗長及穗重，其結果如表2及表3。

表2. 75年秋作處理對玉米農藝性狀及產量之影響

Table 2. Treatment effects on major agronomic characters and yields of fall corn in 1986.

地點 Locality	處理代號 Code of treatments	播種期 Date of planting	雄花抽穗期 Date of tasseling	收穫期 Date of harvesting	株高(公分) Plant height (cm)					穗長 Ear height (cm)	穗重 Ear weight (g)	子實產量 (公斤/公頃) Yield (kg/ha)	指數 Index (%)
					播種後天數 Days after planting								
					20	30	40	50	成熟 Maturity				
吉安 Chian	1	2.17	4.27	6.23	13.3	31.9	52.4	108.1	237.0	13.3	202.4	3162	109.3
	2	"	4.29	"	12.5	29.9	48.6	103.7	229.5	12.8	198.6	2997	103.3
	3(ck)	"	4.30	"	12.6	30.5	49.0	102.9	227.5	12.5	196.2	2901	100
鳳林 Fenglin	1	2.20	4.30	6.25	12.5	28.9	48.6	98.0	241.7	13.4	204.7	3393	112.2
	2	"	5.2	"	12.1	28.3	47.3	94.8	239.2	13.0	202.8	3213	106.3
	3(ck)	"	5.3	"	11.9	27.9	46.3	93.7	230.7	12.7	199.4	3024	100

表3. 76年春作處理對玉米農藝性狀及產量之影響

Table 3. Treatment effects on major agronomic characters and yields of spring corn in 1987.

地點 Locality	處理代號 Code of treatments	播種期 Date of planting	雄花抽穗期 Date of tasseling	收穫期 Date of harvesting	株高(公分) Plant height (cm)					穗長 Ear height (cm)	穗重 Ear weight (g)	子實產量 (公斤/公頃) Yield (kg/ha)	指數 Index (%)
					播種後天數 Days after planting								
					20	30	40	成熟 Maturity					
吉安 Chian	1	8.19	10.10	12.8	27.9	56.6	113.9	202.6	15.8	205.1	3461	116.3	
	2	"	10.13	"	27.0	49.4	98.3	192.0	15.1	200.2	3141	105.5	
	3(ck)	"	10.14	"	24.7	44.3	88.7	191.2	14.5	196.7	2977	100	
鳳林 Fenglin	1	8.21	10.12	12.10	36.6	89.2	136.7	206.0	16.1	208.5	3891	110.9	
	2	"	10.15	"	35.6	84.0	129.7	200.3	15.4	204.9	3656	104.2	
	3(ck)	"	10.16	"	35.2	74.4	115.8	193.2	15.2	202.3	3508	100	

- (一)株高：75年秋作，播種後40天調查的結果（如表2）不論在吉安或鳳林試區，均以處理1之株高最高，比處理3分別高25.2公分或20.9公分，處理2亦分別比處理1高9.6公分或13.9公分，顯示深淺層施肥具有促進玉米早期生長的效果，而肥料施用量的全量當基肥作深淺層施用較肥料施用量的部份用量當基肥作深淺層施用為佳。76年春作，播種後50天調查的結果（如表3）亦有相似結果，但株高的差別則不太顯著，在吉安及鳳林試區，處理1之株高祇比處理3高5.2公分和4.3公分，處理2則祇高0.8公分及1.1公分。可見秋作處理間有極顯著之差異，春作則無顯著差異，此因秋作玉米播種後氣溫高，肥效顯著的關係，而春作玉米播種後氣溫低，肥效不顯著的關係。
- (二)雄花抽穗期：75年秋作及76年春作在吉安及鳳林試區，處理1之雄花抽穗期均比處理3提早3'-4天，而處理2則比處理1提早1天左右，顯示深淺層施肥比傳統的施肥方式可提早雄花抽穗期，特別是深淺層施用重肥時較為顯著。
- (三)產量：75年秋作，吉安試區以處理1之子實收量3461公斤/公頃最高，比對照處理3增收16.3%，處理2亦增收5.5%。鳳林試區亦以處理1之產量最高，公頃收量達3891公斤，比對照處理3增收10.9%。處理2則增收4.2%。76年春作，吉安試區仍以處理1之子實收量最高為3162公斤/公頃，比處理3增收9.3%，處理2則增收3.3%。鳳林試區處理1收量最高達3393公斤/公頃，比處理3增收12.2%，處理2則增收6.3%。而處理1及處理2較處理3增產的主因為其穗長與穗重增加的關係（表2及表3），可見深淺層施肥有促進穗長及穗重的增加，進而增加子實收量的效果。

討 論

一、玉米播種兼雙層施肥機之研製

(一)肥料施用機構之設計：

目前肥料的施用係於肥料箱下方裝置一個螺旋輸送器，利用螺旋方式將肥料分向兩邊輸送，一邊提供深施之肥料，另一邊提供淺施之肥料，由於螺旋輸送器於中央分向兩邊各有8個螺紋，因此理論上兩邊肥料的施用量應為一樣，即深施與淺施之肥料用量相同，但事實上由於螺旋輸送器為不銹鋼所製造，螺紋需依賴人工焊接，因此每個螺紋的大小及螺距的大小不會一致，另螺紋焊接處會有焊接點凸出，表面粗糙不平，因此易造成兩邊肥料輸出量不一及肥料阻塞之現象，要克服此項缺陷，必須將輸肥螺旋由不銹鋼改為塑膠鋼，並利用模具製造以求規格化及精確落肥量。螺旋輸送器的螺距如果每一螺距都相同或外側的螺距比內側的螺距小時則容易使肥料形成擠壓現象，增加傳動阻力，是故將螺距由內往外逐漸加大，則不致造成肥料擠壓現象。

肥料的落量可由螺旋輸送器的轉速及螺旋大小加以靈活調整。螺旋輸送器的轉速可藉傳動齒輪數加以調整，肥料落量需要多量時需將轉速加快，反之則減慢，螺旋的大小可由螺距、螺紋大小及螺紋數加以調整，螺距愈小且螺紋愈多時肥料落量愈少。理論上肥料的落量可由兩個螺紋的容積量 \times 肥料比重 \times 單位時間的螺旋轉速求得，但為求精確起見，仍以實際田間測試結果做為依據較適宜。

目前研製完成之玉米播種兼雙層施肥機其深淺層肥料施用量相同，亦即深層施肥的氮、磷、鉀用量與淺層施肥的氮、磷、鉀用量相同，但由於土壤肥力的不同，表底層土壤肥力的迥異，深淺層氮、磷、鉀用量亦自不同，因此最好能將深層與淺層施肥箱分別設立，至於深淺層氮、磷、鉀的施用量必須根據土壤肥料人員的田間試驗結果再行決定。

肥料箱底部與螺旋輸送器之間無隔板，因此如欲清潔輸肥螺旋時，必須將箱內之肥料取出，費時費力，如在接近輸肥螺旋處增加一片隔板即可避免。在螺旋輸送器兩邊的支持點的位置上加上銅套以減少磨擦阻力。

(二)播種、施肥傳動系統的設計：

第三代機型播種與施肥的傳動系統係利用一組接地輪帶動兩組肥料箱及種子箱，其傳動阻力仍大，因此需將每一組肥料箱及種子箱之傳動獨立分開，且將由接地輪帶動肥料箱及種子箱改由鎮壓輪帶動，並且將鎮壓輪加大，另將傳動滾鏈條改換成可拆裝之鏈條以方便調整。

二、田間使用效果之探討

連深、向為民⁽¹⁾ (1986) 在1983至1986三年試驗結果證實玉米栽培在整地情形下，將基肥條

施於種子行下約25公分處可使玉米子實增收0.7噸至1.0噸/公頃，增產率11~20%，深施增產之原因主要係因玉米生育自初期即較對照為佳，而單位面積子實粒數增加所致。連深、王鐘和⁽²⁾(1984)亦指出肥料之深施(基肥深施於20—25公分處)可顯著促進玉米吐絲期至成熟期間之養分吸收，提高此期間之葉片同化能力及乾物生產，顯著提高產量。楊策群、朱德民及陳世雄⁽³⁾(1986)指出在大肚系砂頁岩沖積土於整地後開溝15公分施固態肥料於溝中，覆土10公分後種植玉米比基肥灑施後整地可使玉米增產14%，液體肥料則增產27%。上述之試驗結果均係深耕及深施肥料效果的累加，而本田間使用效果觀察，則祇是肥料深淺層施用與傳統施肥方式的效果比較，並無包括深耕效果，因各處理均有深耕。肥料施用量全量當基肥一次施用於深淺層兩層的結果可使玉米增產9—16%，其增產之主因為促進玉米早期的生育，提早雄花抽穗期，穗長及穗重的增加，而肥料的半量氮肥及全量磷鉀肥當基肥施用於深淺層，另半量氮肥於株高30—40公分時條施則增產3~6%，可看全量肥料當基肥一次施用效果較佳。惟肥料施入土壤後，其肥效保存期間與土壤質地有密切的關係，粗質地土壤不易保持，肥料容易流失，因此雙層施肥宜在壤土以上質地的土壤為宜，質地愈細效果應愈佳。此外由於表土肥力較高，底土肥力較低的關係，特別是磷肥，而玉米播種後36天根系即可達38公分深，如土壤環境良好，完整的根系可深達200公分，因此淺層所施用的氮、磷、鉀肥用量自然與深層所施用的氮、磷、鉀用量相異，由前述連深、楊策群等^(1、2、3)的試驗結果顯示深層的磷、鉀用量比率似宜較高，至於深淺層氮磷鉀的適量比率及用量則有待進一步研究。

吾人皆知在強酸性土壤、黃壤或紅壤等土壤，磷肥如撒施易被土壤固定，如施在土壤表面則因磷肥之不易下移而使磷肥不易被根部吸收，此些均使磷肥之利用率降低，故應提高肥料之利用率。磷肥應以條施方式施入並作基肥施用，如此則可供應玉米早期生長所需的磷肥，減少磷肥被土壤固定，因條施時僅有一部份的磷肥和土壤接觸而被固定，大部份的仍然可以保存它的有效成分給玉米吸收利用，磷肥的施用位置宜擇根群多數分佈之處，分部施下，以利吸收，在深根性的玉米，磷肥似宜施用於淺層及深層兩處，以供深淺根群之吸收利用，欲達到上述磷肥的施肥法，以人工方式無法達成，祇有賴於機械施肥，而本玉米播種兼雙層施肥的施肥方式恰能符合其所需，因此本機的施肥效率應不容置疑。

肥料基肥的施用位置，根據顏正益⁽⁴⁾(1974)的試驗結果認為玉米的基肥最佳施用位置，不論在粘質土或壤質土，應施於種子下10公分，距種子12公分處，同時磷肥不能撒施，應以條施為宜，但戶田節朗、長田進等⁽⁶⁾(1965)則指出玉米的施肥位置以種子下3公分，種子旁3~5公分處稍優於種子旁9公分，以種子旁0~0.5公分最差，而本場所研製之播種兼雙層施肥，其淺層施肥位置為種子下3~5公分，種子旁約5~8公分處，因此淺層之最佳施肥位置有待更一步之試驗，俟確定其最佳施肥位置後再行調整施肥機，至於深施位置，則於地下表20—25公分，並以耕破犁底層為度而靈活調整其深度，故深層施肥位置應無問題。

參考文獻

1. 連深，向為民·1986·稻田轉作玉米整地與不整地及肥料深施效果試驗，台灣省政府農林廳76年度土壤肥料試驗示範報告 249—256。
2. 連深，王鐘和·1984·氮素用量，栽植密度和肥料深施對轉作玉米之乾物生產和子實收量之影響，台灣省政府農林廳73年度土壤肥料試驗示範報告 403—413。
3. 楊策群、朱德民、陳世雄·1986·不同灌溉及耕耘方式下之基肥試驗，台灣省政府農林廳76年度土壤肥料試驗示範報告 214—234。
4. 顏正益·1974·玉米施肥位置試驗，台灣省政府農林廳63年度土壤肥料試驗報告 45—51。
5. 戶澤英男·1981·要素吸收和施肥之基本，玉米栽培技術，PP 97—115，農山漁村文化協會發行，東京、日本。
6. 戶田節朗、長田進等·1965·玉米栽培有關施肥位置之研究，北農。32(4)，4—7。
7. Cassel, D. K., E. C. Edwards. 1985. Effect of subsoiling and irrigation on corn production. Soil Science Society of America Journal, 49.4, 996—1001.
8. Donahue, R. L., J. C. Shicklune and L. S. Robertson. 1971. Soil and plant nutrition, Soil an introduction to soils and plant growth, 3rd ed. 11.