

# 談 保 育 耕 作

## A Talk About Conservation Tillage

行政院農業發展委員會農業資源處資源保育組

涂 本 玉

### Abstract

The concept of conservation tillage which came just after World War II has made a revolutionary development in tillage in the U. S. Related research has been greatly speeded up in recent years. It is estimated that more than 7 million acres of the American farmed 363 million acres of cropland has practiced conservation tillage - up from a few acres several years ago. A prediction is that 90 percent of American crops will be produced by the year 2000 under this tillage or some form of very limited tillage.

Conservation tillage, also called minimum tillage, is a tillage-planting system of reducing tillage operation and leaving crop residues on or near the surface. The reduced tillage is usually done by chisel plow or large disk. Chisel plows are sometimes referred to as reinforced field cultivators. They normally have two or three rows of curved spring-steel shanks attached to a rugged boxsteel frame. Their narrow points and twisted shovels shatter and break soil, producing a rough, cloddy surface with increased residues. Rough, open soil surfaces plus crop residues help to reduce crust formation, and increase water infiltration and absorption before runoff begins. Clods on surfaces help to prevent wind erosion and overevaporation. Reducing the number of field operations saves fuel, cuts labor needs, usually permits earlier planting, and can lower equipment investment. Reduced wheel traffic also reduces soil compaction.

Along with conservation tillage, till-plant and no-till planting systems have been applied increasingly on American farms. In these systems, the soil between rows is not tilled. The stalks are chopped in the fall and then tilling and planting in the row as one field operation are done in the spring.

The till-planter has a large sweep with trash rods to clear a path through the row area of the previous crop. Special openers, disk coverers and packer wheels are used for obtaining desired seed placement. The no-till planter has two kinds of attachments to prepare the seed-bed without prior tillage. One is the fluted coultter which prepares a seed bed about 3 inches wide and 4 to 5 inches deep. The other is the ripple coultter which prepares a seed-bed about  $\frac{3}{4}$  to  $1\frac{1}{2}$  inches in width. Planter usually have disk openers and packing wheels for firming the limited amount of loose soil over the seed. Application of the no-till planters can reduce the time between harvesting and planting to provide the sufficient growing season for the second crop. It also reduces loss of soil moisture through evaporation.

As stated above, conservation tillage and no-till planting have diversified advantages. But their application is associated with some problems. Major ones are pest (weed, insect and disease) control, lower seed germination and stand establishment, adverse residue effects, inadequate fertilizer incorporation and inadequate tillage and planting equipment. Research on tackling these problems has been carried on intensively by many related universities and agricultural research services.

In Taiwan, there has been little change in tillage implements and methods in the past many decades. Most farming practices are conventional and have been taken for granted. Although mechanization has been stepped up in the last 25 years, tillage operations are still performed with conventional equipment and methods.

The conventional tillage operations include plowing, harrowing, rotary tilling and field cultivating. In seed-bed preparation or land preparation, overworking is a common phenomenon. Most farmers have the feeling that more tillage is better than little tillage. They generally fail to recognize that overtilling the soil may result in excessive breakdown of soil-particle size, avoidable erosion, unnecessary compaction, and a waste of time and energy.

Aside from the recognition of the problem of overtilling, there are many things we can learn from the conservation tillage as developed in the U. S. Acceptance of new ideas and practices will accelerate farming modernization in Taiwan. Study on the improvement of tillage equipment and methods should be stepped up by all related agricultural research and experiment units with adequate support from the government. As we are promoting an overall farm mechanization program, it is desirable to put more weight on the development of a mechanized tillage-planting system.

保育耕作又可稱為少耕作業 (Minimum tillage)，即儘量少犁耙土地，將作物殘株遺留在土面上。此種耕作方式因耕作次數減少，可節省勞力與能源，降低生產成本，減少土壤壓實度；又因隨土壤與土壤水分管理之改良，可增加土壤水分之吸收與保蓄，防止沖刷與風蝕，提高土地利用價值。

保育耕作觀念是在第二次世界大戰後不久產生的，給美國耕種作業帶來了革命性的發展。近二十年來經農民、農業機構、學術單位等不斷的摸索、探討，與試驗研究，已從當初小面積的試作，至近已擴展到美國各地上千萬英畝農地的廣泛採用。據估計至公元 2000 年，美國百分之九十的農作物均會在此種耕作方式下從事生產。

### 1. 美國西北地區坡地推行保育耕作之環境情況

美國太平洋西北地區的農地，大部份均為百分之八至百分之三十坡度的坡地，有些農地坡度超過百分之五十。這些廣大面積的坡地因土層深厚，滲透性良好，可蓄積雨水。其年雨量自西部之 250 公厘至東部之 500 公厘以上不等。一般而言，夏季較少，秋季逐漸增加，冬季最多，甚適於冬小麥生產。由於雨量不豐，水即成為當地作物生產的限制因子，同時因年雨量中僅有百分之廿至廿五分佈於作物生長期間，故作物生產大部份有賴於土壤蓄積之水分。為求保蓄土壤水分，防止沖刷，該地區積極推行保育耕作實為切合當地環境需要的一種得宜措施。



圖 31. 空中鳥瞰下之華盛頓州東北部之山坡農地

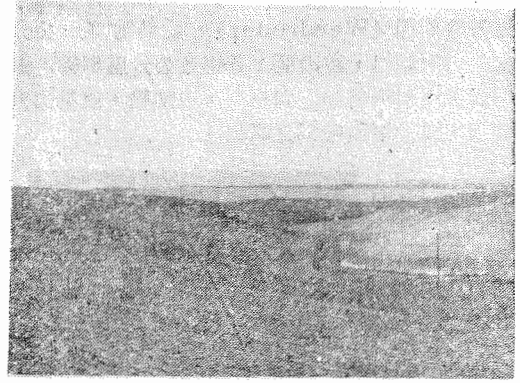


圖 32. 採行保育耕作方式完成整地之山坡農地

## 2. 保育耕作之方法

### (1) 粗耕作業 (Rough Tillage)

通常主要的保育耕作方法是使用直耕犁 (Chisel plow) 或碟犁 (Disc plow) 去犁出一種粗

糙的土面，使田面上露出許多小土塊與作物殘株，以增加土面之空隙，提高水分之滲透與吸收，減少土面之結皮，防止逕流之發生。同時，田面上之小土塊亦有助於防止風蝕與過分蒸發。

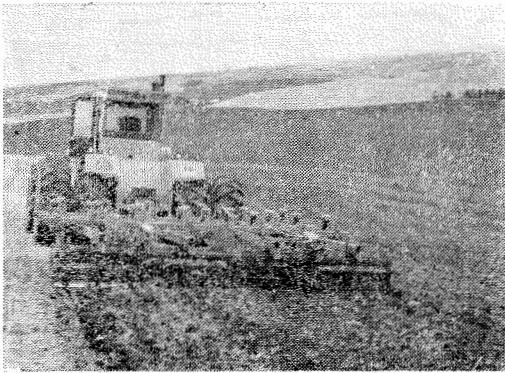


圖 33. 大型曳引機 (310 匹馬力) 附裝直耕犁與迴轉犁進行坡地整地



圖 34. 粗耕作業完成後之田面

一般保育耕作以使用直耕犁為主，由兩排或三排具有彈性的弓形犁錐所構成，犁錐數及大小形式視作業種類不同而異。每排犁均栓住在堅固的犁架橫桿上，犁錐間隔一般為 30 公分，其尖端裝置破

土器，破土器之大小與形式自 5 公分寬之尖鏟至 45 公分寬之寬翼鏟等多種，其作用在 鑿開與 破碎土壤，產生一種混有作物殘株的粗糙表面，並損傷草根而有除草效果。

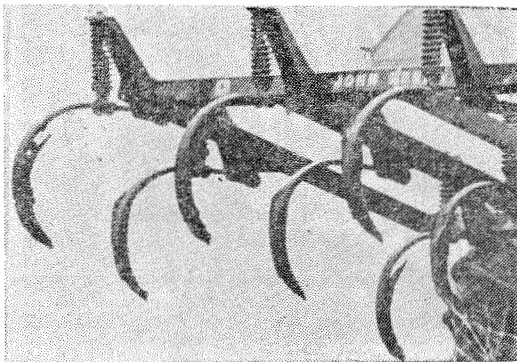


圖 35. 尖鏟直耕犁

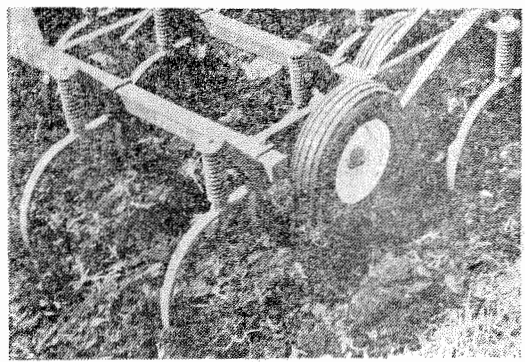


圖 36. 直耕犁犁地不翻土

為求有效防止雜草，可在直耕犁之後方加裝一付迴轉除草桿 (Weedroder)，此為約 2.5 公分見方的方形鐵桿，在地面下 5 至 8 公分處迴轉，迴轉方向與曳引機前進方向相反，由地輪，或動力傳導裝置，或油壓齒輪為之驅動。

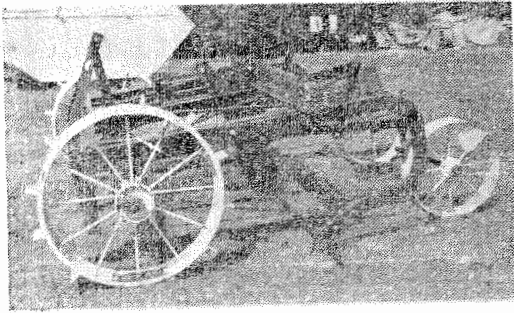


圖 37. 迴轉除草桿

之需要而定，如需直耕二次，則第二次直耕方向應與第一次直耕方向成斜線相交，以消除第一次犁地所形成之脊線。

## (2) 免耕作業 (No-tillage)

由保育耕作或少耕作業進而發展到免耕作業，這是一種不經犁翻田土而逕行播種的耕種作業，對於坡地作物種植具有最佳之水土保持效果，對於水質之淨化亦甚有貢獻。但進行免耕作業之前，應使用殺草劑將雜草殺死或予以遏制，以免與作物發生生長競爭。殺草劑最好選用接觸性及毒性殘留期較短者，使用時間最好在播種前數週，雜草尚在初發階段。

免耕作業使用的播種機有兩種型式，一是耕播機 (Till planter)，其所行的耕播作業是條播作物行間之土地不犁翻，僅犁開作物植行上之土地，並同時播下種子。一般是在秋季先將田間遺留之作物殘株切斷破碎，至翌年春季以耕播機進行耕播作業。

直耕犁單位寬度所需之牽引力為壁犁所需者之一半，一個寬 14 公尺寬的直耕犁，由一人操作，一天可完成 100 公頃。直耕作業之次數視作物種植

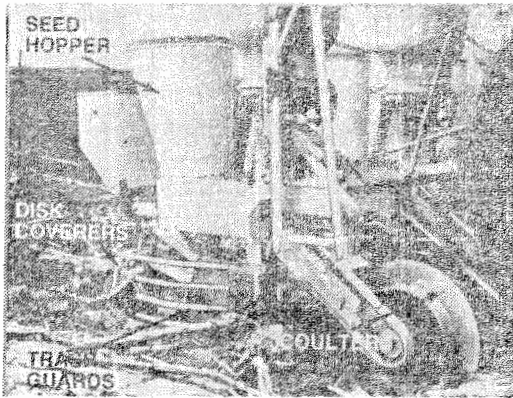


圖 38. 耕播機主要構造

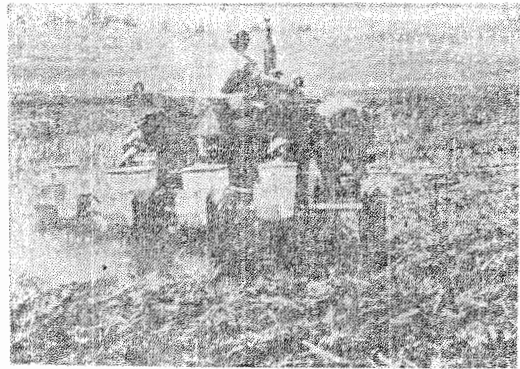


圖 39. 耕播機進行耕播作業

耕播機之主要構造有圓盤破土刀 (Coulter)，殘株隔條 (Trash guards)，蓋土輪 (Disk coverers)，種子箱 (Seed hopper)，肥料箱，

農業箱等。作業時，先將前期作跡地剝皮，將殘株向兩邊推開，在植行間遺留一條保護性的覆蓋帶，接着播種於植行溝中，而後蓋土壓實。

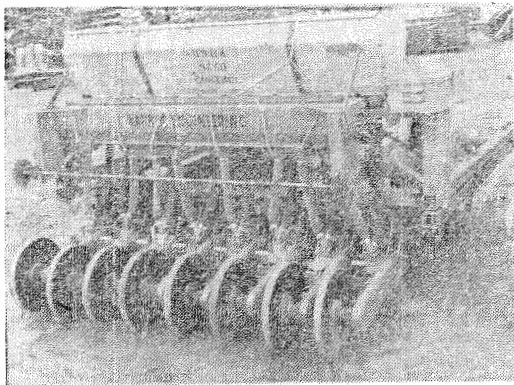


圖 40. 免耕播種機

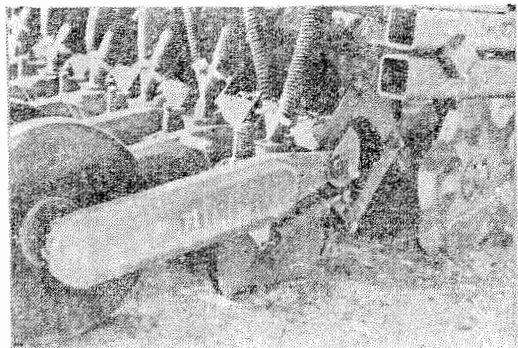


圖 41. 免耕播種機主要構造



另一種免耕作業使用的播種機為免耕播種機 (No-till planter)，其主要構造為圓盤破土刀、開溝器 (Openers)，壓土輪 (Packers) 等。圓盤破土刀有凹槽形 (Fluted coulter) 與波紋形

(Ripple coulter) 兩種，均可在不整地之情況下，將植行上之田土破碎，前者可作成寬約 8 公分，深約 12 公分之植畦，後者可作成 3 至 4 公分寬之植畦。

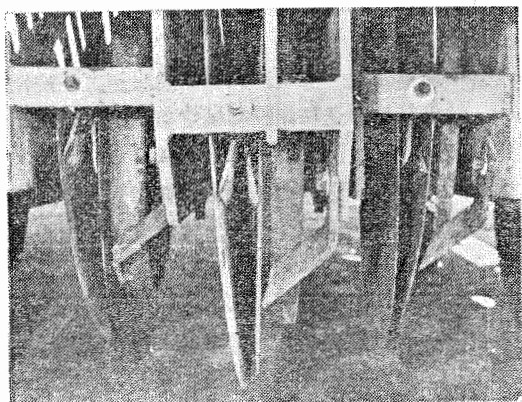


圖 42. 開溝器



圖 43. 凹槽形破土刀

### (3) 槽溝種植 (Slot planting)

槽溝種植亦為免耕作方法之一，即在生長覆蓋作物或有前期作物殘株之土地上開一槽溝，播種

於槽溝中。槽溝播種機之機體較重，可切入草類或殘株之中。播種前或播種之同時使用殺草劑，使覆蓋作物枯死，並防止雜草競爭。

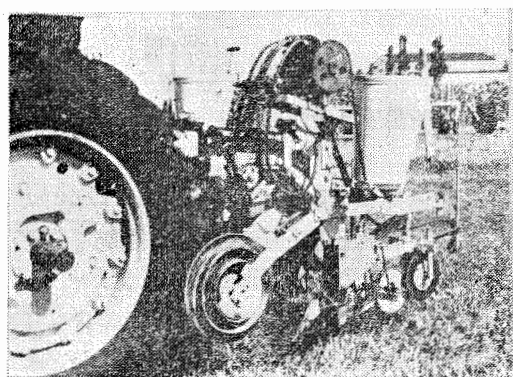


圖 44. 槽溝播種機

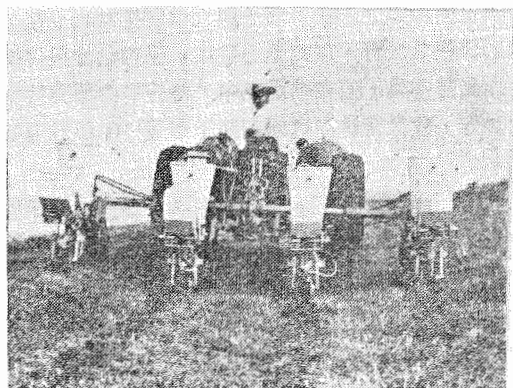


圖 45. 草地上之槽溝種植

## 3. 保育耕作之探討

保育耕作之基本要素為省耕及殘株敷蓋。因其切合省工需要，且效果良好，故發展甚速，推行亦廣。但由於發展過於迅速，許多問題隨之發生，有待於加強研究，以求解決。茲就其效果、問題，以及經濟效益分別探討於下：

### (1) 保育耕作之效果

a. 減少土壤流失 耕作方法對土壤流失最關重要，採行保育耕作較之傳統耕作可減少土壤流失至 90%，可降低逕流量至 60%。但保育耕作不

能完全控制土壤沖蝕，仍須有其他水土保持措施予以配合。

b. 減少水分蒸發 保育耕作以殘株敷蓋於地面，可減少土壤水分蒸發 57%，如以殘株埋入土中 3 公分時，則僅減少 19%。

c. 增加土壤水分吸收與保蓄 有殘株敷蓋之土壤，水分吸收率為每小時 5.74 公分，無殘株敷蓋之吸收率為每小時 0.76 公分。據 MeCalla 氏之研究，殘株敷蓋之增加土壤水之滲透作用遠比增加土壤有機質為重要。

b. 節省勞力 以生產玉米為例，自整地至收

穫每公頃所需之人工小時，傳統耕作爲 3.08 小時，而保育耕作之耕播作業僅爲 1.85 小時。

**e. 節省動力與油料** 玉米生產每公頃所需之馬力小時數，傳統耕作爲 180 馬力小時，保育耕作之耕播作業爲 87 馬力小時。至於每公頃所需之油料，傳統耕作爲 49 公升，耕播作業爲 24 公升。

**f. 增加土地資源之有效利用** 採行免耕作業，由於水之有效利用，在乾旱地區可能行兩期作，因此增加 150 % 以上之土地資源利用，並提高土地利用等級。

## (2) 引發之問題

**a. 土壤溫度降低** 土壤溫度隨土面殘株量之增加而降低，春季土壤溫度在草皮覆蓋下較淨耕者降低攝氏 2.8 至 3.4 度。土壤溫度降低使播種期延遲，且影響種子發芽與幼苗生長。

**b. 土壤保持潮濕** 作物殘株可保蓄水分，在乾旱季節甚爲有利，但土壤潮濕在作物播種期與生長初期，特別在土壤內部排水不良之處，則爲不利。

**c. 妨礙發芽** 種子發芽與幼苗成活受土壤溫度與土面殘株之影響，種子與土壤密接有利於種子發芽與根部發育。在輕鬆土壤中，保育耕作與傳統耕作無甚差異，但在粘重土中，傳統耕作即勝於保育耕作，故保育耕作應增加種子用量 10 % 以彌補之。

**d. 肥料施用** 土壤不犁耕時，磷肥與鉀肥向下移動甚慢，大部分保留在土表 5 公分處，因其不能迅速下降到深土層，在肥力較低之土壤中，即不能滿足作物生長之需要，故應在免耕作業之前將基肥犁入土中。

一般保育耕作之施肥量不需要多於傳統耕作，但追肥用之氮肥需要增加，因大多數作物殘株含氮量不足以供其正常分解之用，當大量殘株犁翻入土中，即會奪取土壤中之氮素，因而發生土壤氮素固定作用，勢必影響作物之產量。

**e. 病害** 引發植病之微生物常棲息於土表殘株或野生植物中，保育耕作之殘株數蓋會增加植病發生率，諸如根部病害，真菌與細菌性疫病之發生與蔓延均與地表殘株有關。但在另一方面，地面殘株可使作物生長強健，增強抗病力，亦可減少病害損失，甚至由於抗病品種之發展，可使許多病害得以控制。

**f. 蟲害** 許多蟲害問題是突發性的，與適宜發生的環境有關，採行保育耕作應不致使蟲害發生增加到如何程度，但地表殘株有利於某些土壤害蟲之越冬與滋生，對於一些害地上部分之昆蟲亦會增加其爲害性。此外，地表殘株使殺蟲劑之施用不能發揮充分效果。

**g. 雜草控制** 雜草控制爲保育耕作之關鍵作業。一般傳統耕作是在作物種植之前以多次之犁耙作業將雜草除去，而保育耕作是要減少犁耙作業，故須使用殺蟲劑除草，即以藥劑代替犁耙，這是保育耕作的必具的一項作業標準。接觸性殺草劑可殺死已長出之雜草，在雜草未長出前則無效果，長效性殺草劑可由根部吸收再由導管進入體內，長期使用會在土壤中遺留殘毒性，影響種子發芽與作物生長。另一方面由於殺草劑之長期使用，一種雜草被消滅，促使另一種雜草之滋生。

**h. 殘株水浸出物之毒性** 某些作物殘株在田間分解時，其水浸出物中含有根生長抑制素，其產生與殘株分解速度有關，分解快者在雨後不久即產生。一般根生長抑制素甚少在草葉下面之土壤中發現，故可將作物種子播在草葉下面之土壤中，播種之後立即將植行之草葉移開。

## (3) 經濟效益分析

歸納前述各種效果，保育耕作具有三種直接效益：

- a. 由保蓄水分而增加產量。
- b. 由降低水土流失與風蝕而減少損失。
- c. 由節省勞力與能源而降低生產成本。

但採行保育耕作，需要增加作物生產資材（種子、肥料、農藥、殺蟲劑等），故保育耕作之效益評估須視其所增加的利益是否能抗衡所增加的支出。據一項玉米生產成本調查，採行耕播作業之成本爲每公頃 393 美元，傳統耕作之成本爲 417 美元，每公頃可節省 24 美元。

保育耕作之經濟效益亦可從水土保持費用對固定投資報酬而衡量之。據 Palouse 地區一項水土流失研究分析，以 1975 年價格而言，如要將一年土壤平均流失量保持在每公頃 2.5 公噸以下，則僅有部分之低地區值得採用保育耕作。如要利用該地區全部坡地，則土壤流失量非要達到每公頃 9 公噸不可。因固定投資之純收益隨犁耕之精度而增加，土壤沖蝕率隨之增加，至其增加到「最佳收益」點

(土壤流失每公頃約 20 公噸) 以後, 土壤流失之增加與作物收益之增加無關。

此外, 氣候因素亦大大影響保育耕作之經濟效益, 如在年雨量少於 500 公厘之地區, 冬小麥產量在殘株敷蓋之情況下較裸露休閒地種植者為高, 如年雨量超過 500 公厘, 因雜草較難控制, 會使產量降低。

#### (4) 結 論

保育耕作實為現代農業耕作方式上的一種革命性的發展, 其保育水土、節省勞力與能源的功能正切合當前以及未來農業發展的需要。但其發展過於迅速, 在推廣應用上尚有許多問題非現有之智識所能解決, 如雜草之控制, 適於殘株之耕種的農機具, 殘株對於作物品種、發芽力、生長與產量、土壤理化性質與微生物的影響, 以及播種時期與方法、病蟲害防治等等, 均須深入研究, 以求達到增產、保育水土、防止污染之現代化農業之目的。

#### Reference cited:

1. T. V. Jamieson, Jr. 1976. Farming Practices and Research Needs in Tillage and Water Management, Increasing Agricultural Productivity. American Society of Agricultural Engineers.
2. R. I. Papendick and D. E. Miller. Conservation Tillage in the Pacific Northwest, Journal of Soil and Water Conservation, Jan-Feb 1977, Volume 32, Number 1.
3. C. R. Fenster. Conservation Tillage in the Northern Plains, Journal of Soil and Wa-

ter Conservation, Jan-Feb 1977, Volume 32, Number 1.

4. D. E. Lane and Ron Gaddis. Conservation Production Systems for Row-Crops, EC 76-714. The Cooperative Extension Service, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln.
5. Edward J. Constien, Laurel Anderson, William J. Murphy, C. M. Woodruff, Einar Palm, George Thomas and Herman Workman. Conservation Tillage-Planting Systems, Science and Technology Guide University of Missouri, Columbia Extension Division.
6. D. R. Griffith, M. E. Heath and J. L. Williams, Jr. Planting Corn in Sod. Agronomy Guide, Purdue University.
7. J. Kenneth Evans, Some Conservation Practices in Kentucky, University of Kentucky.
8. William A. Hayes. Mulch Tillage in Modern Farming, Leaflet No. 554, U. S. Department of Agriculture.
9. Extension Bulletin 674. No-Till Crop Production-Dryland Eastern Washington.- Cooperative Extension Service, College of Agriculture, Washington State University.
10. John Deere Service Publications: Tillage, Fundamentals of Machine Operation. 1975.