

## 堆肥埋込機の開発

中尾清治\*・S. P. パソン\*\*

Seiji NAKAO and Sverker P. PERSSON  
Development of Solid Manure Injector

### I. 緒言

近年、有機農業が評価され、それによる生産物は高額商品として取扱われるようになってきており、さらにその発展のためには、自然界の資源を利用した作業機械の開発が必要である。

そのなかで、従来、農業生産に用いられていた堆肥について考えてみると、動物の排出物、植物の腐敗物は、それを公害問題として処理するまえに、植物栄養源を多く含むために、価値あるものとして評価されなければならない。とくに堆きゅう肥は、化学肥料と異なり有機質に富み、遠方からの輸送を必要とせず、農地の近距離に貯蔵できる利点をもっている。

現在、動物の排出物、植物の腐敗物等は処理して放棄されるか、または一部分堆肥として使用されている。後者の場合、マニユアスプレッダまたは人力等によって運搬され農地表面に散布されて、プラウ等により土中に入れられている。この方法は、悪臭を周囲にさらすこと、散布後雨水等によって流出し、周囲が不浄になることなどの公害問題を生じる。それよりも最も重要な問題は、空气中にさらされることによる含有窒素の損失である。

これらの問題を解決するためには、堆肥を散布しなくて、運搬と同時に土中に埋込させることである。土中に埋込させる装置については、液体肥料及び殺虫液等の液体を用いた注入機が開発されているが、しかし、これに堆肥を使用することはできない。また、施肥播種機等を用いて粒状化学肥料による土中への施肥が行われているが、堆肥等の使用は不可能である。したがって、堆肥埋込システム装置の開発は、農業生産過程で利益向上のために考えなければならない重要な問題である。

堆肥埋込システムについて作業的な面から考えると、埋込機能を有する装置をマニユアスプレッダの前端に取り付け、マニユアスプレッダ内の堆肥を前方に搬送する

ようにすれば、作業機全体の装置としては可能になる。また、堆肥埋込の作業は、一作業工程3～4条としてその条間は作物に相応すべきであり、同時に播種装置をセットし、堆肥用施肥播種機として直播し、ミニマムティレッジシステムを行えば、農産物に対するコスト低減は倍加すること確実である。そして、この装置はさらにセンサー等を用いて作物を感知し、作物の条間に追肥を行うことも可能になる。

この研究は、ウイスコンシン大学(U.S.A.) フィリップ・リサー氏による研究を実用化させるために、1982年11月より1983年8月まで、ペンシルバニア州立大学において行ったものである。

### II. 実験装置

堆肥埋込システムを機構的な面から考えると、従来この種の作業として行われてきた方法は、溝開き、堆肥投入、覆土の三つの作業工程からなっている。ここでも、この作業方法に基づいて各装置の開発を考えた。

溝開きは、播種の条間(ここではコーンについて800～1000mmを対象)のような狭い場所に溝を作らなければならないことを考慮して、土壌を両側面に排土するような培土板形式の特殊なショベルを作成した。また、圃場によっては雑草が多いので、ショベル先端前方にコールタを2枚並列に取り付けて、溝開きを容易かつ精度よく行えるようにした。ショベルは堆肥投入用のシリンダに側板を用いて取り付け、併せて、この側板は堆肥投入前に溝に土が戻らないようにした。

堆肥投入装置には、ポンプ、オーガン、バケット、それらの複合型などの型式が考えられるが、短期間に研究を終了しなければならない制約のために、フィリップ・リサー氏による基礎実験に用いたポンプ形式のものを用いた。

覆土は、進行方向に対して角度をもった板を引くことにより、容易に土を埋め戻すことができるが、ここでは

\* 農業機械工学研究室

\*\* ペンシルバニア州立大学(U.S.A.)

省略し、溝開きによる排土した土について溝への戻り割合を実験により観察した。

以上の考えに基づいて、次のような一条の堆肥埋込機を作成した。(第1図)

装置はコルタ、ショベル、堆肥投入用ポンプからなっており、これらを堆肥積載するトレーラのけん引かんに取り付けた。

コルタは、雑草及び土を切断して溝壁をできるだけ垂直に仕上げる目的で、直径 430mm の二つの並列円板(円板間かく 150mm)よりなり、ショベル先端の前方 320mm の位置のけん引かん(地上高 280mm)横に取り付け、路上走行のときには上部の位置になるように、上下方向 230mm 調節可能とした。

ショベルは厚さ 6mm、長さ 340mm、幅が先端附近で 120mm、上部で 130mm のプレートを曲げ、先端を鋭利にし、先端から曲面に沿って 170mm の個所に土を両側に排土するために、ショベル上面の中心から両側へ片面45°の角度をもった排土板を取り付けた。また、このショベルの両側後方に長さ 400mm、高さ 150mm、厚さ 3mm の溝保持板を取り付け、土の溝への戻り防止を行った。ショベルは、シリンダと取付角 6~7°変えることができるようにして、シリンダに溝保持板を介して取り付け、溝深を調節できるようにした。(第2図)

堆肥投入に用いたポンプは、凹型ピストン、シリンダ、油圧バルブユニットからなっている。ピストンは、縦 165mm、横 165mm、長さ 460mm で、この角柱状の中に堆肥を入れて押し出すようにした。ピストンの下部には開閉ゲートがあり、慣性力によって下方に運動するときには閉じ、上方のときには開いて堆肥を排出し溝に送り込む。また、ピストンは油圧シリンダに連結され、ユニットバルブによって往復運動を行う。すなわち、ピストンの上部にロットを取り付け、そのロットに突起物を取り付けて、ピストンがストローク(415mm)の上端と下端になるとき、バルブを切り換えるようにした。(第3図、第4図)

堆肥投入用シリンダは、縦 185mm、横 185mm、長さ 1170mm で、下端より 160mm の下部は、溝幅方向を 140mm に絞って堆肥が溝に入り易いようにし、下端より 630mm 以上の上部は、三方開放にして堆肥がピストンに入り易いようにした。

このポンプ装置は、さらに堆肥がピストンに入り易いようにするために、地面に対して 45°傾斜させて堆肥運搬簡易トレーラ(箱型二輪で前方はトラクタのドローバに連結)の中央のけん引かん横に取り付け、また、このトレーラの堆肥ホッパーの方面は 27.5°の勾配にし

た。

堆肥ホッパーとポンプ装置は、別の油圧シリンダで連結した。したがって、ポンプ装置は 45°の方向に上下するようになり、移動高さの差は 140mm で、路上走行のときには上部に、施肥のときには下部に作動させるようにした。

### III. 実験結果及び考察

実験は初めに次の実験 1~4 の予備実験を行い、実験 5 で堆きゅう肥投入の実験を行って、装置開発の方向を検討した。

#### 実験 1 (昭58.6.23)

圃場は、ペンシルバニア州立大学農業工学科に所属する実験圃場で、土壌は磔まじりのローム、土壌水分 6.9% w. b., 表面の固い畑地で、草丈 10~12cm の雑草が一面に生えていた。

使用した四輪トラクタは、フォード 901型 45PS、走行速度は 23cm/s である。開溝した溝の大きさは、深さ 16~17cm、幅が底面で 13cm、上面で 17cm、排土した土は溝端より幅 16~20cm に拡がり、したがって、溝に要する作業幅は 57cm であった。

肥料放出口には、側板によって土の溝への戻りはほとんどなく、排土した土が側板を過ぎると 20~30%程度であった。したがって、溝への肥料放出は十分に可能である。

コルタの深さは 3~4cm、それ以上深くすると土が固いために貫入が不可能であった。

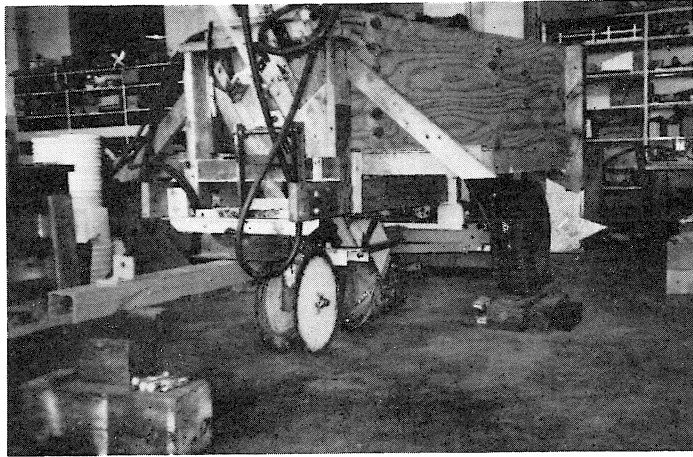
初めに溝深さ 12cm で行った。この時には土の排除はスムーズであったが、17cm のときには、ショベル前面に土が多く停滞するようになり、したがって、これ以上の溝深さには、この大きさのショベルでは不可能と考えられる。

#### 実験 2 (昭58.6.30)

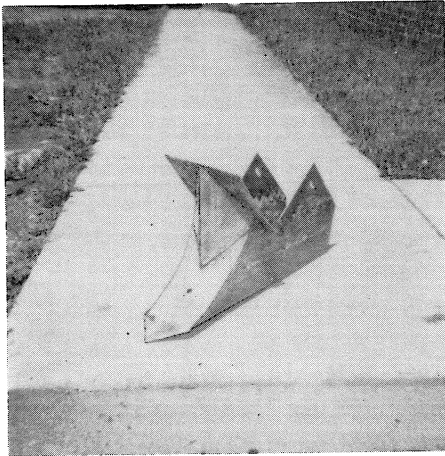
ショベルの溝開き土壌抵抗を測定した。実験圃場は前述と同様の場所であるが、実験前日雨だったので土壌水分は 17.6% w. b. であった。

使用したトラクタはインターナショナル・ハイドロ 70型 54 PS で、溝開き用のショベル付トレーラのけん引かんとトラクタヒッチの間にロードセルを入れ、けん引かんをドローバでけん引方向に滑ることができるようにして保持した。

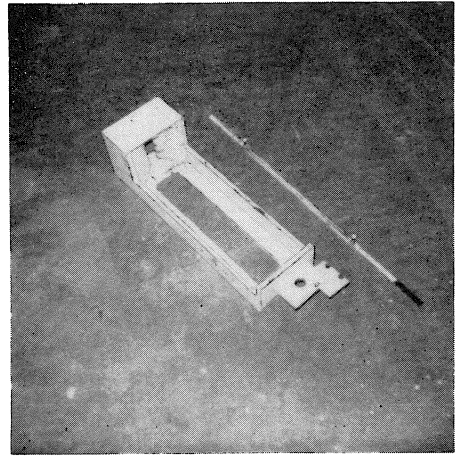
走行速度は 22cm/s、溝は深さ 16~17cm、幅が底面で 13cm であったが、上面は排土する土壌により幅方向に押されて 25~26cm であった。排土した土は溝端より 15~18cm で、溝に要する作業幅は 62cm であっ



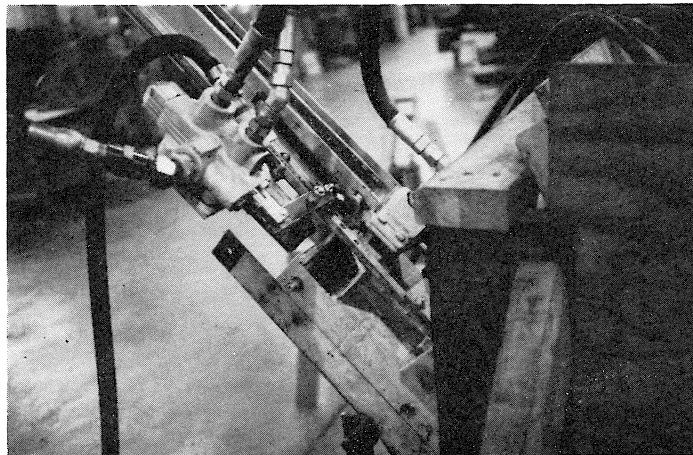
第1図 実験作業機



第2図 ショベル



第3図 ピストン及びロッド



第4図 ユニットバルブ及び切換装置

た。土の溝への戻りは、土壤水分が多くて戻り難く、8～12%程度であった。

圃場でのトレーラのころがり抵抗は 23.2kgf であり、このショベルによる土壤抵抗は 338～378kgf であった。

この実験では、ショベルに土が付着し、ほとんど土と土の滑りによって溝が作られる状態で抵抗は大きい。溝は乾燥した土壌のときより土の溝への戻りが少なかった。しかし、作業全体として考える場合に、肥料投入後覆土することを考えれば、土壤水分の少ないときのほうが、土の溝への戻りが多いので有利といえる。

実験3 (昭58.6.28)

溝に連続して肥料を供給させるために、トラクタの油圧による肥料放出用ピストンの周期とエンジン回転速度との関係を調査した。

使用したトラクタは実験2と同じである。測定した結果は第1表の通りで、エンジン回転数 1100 rpm以下のときには、油圧の圧力が低いために油圧シリンダが作動しなかった。また、1600 rpm 以上のときには、ピストン速度が速くなり、シリンダ切換のバルブユニットが破損する恐れがあるために測定を中止した。したがって、肥料投入実験には、エンジン回転数 1200～1600 rpm の範囲で使用することにした。

実験4 (昭58.7.1)

肥料放出に対する最適走行速度を求めるために、肥料として牛糞(固形成分20% w. b., オガクズ混入率15～25%)を用いて実験した。

実験はコンクリート上で、上記のトラクタを用いエンジン回転数 1500 rpm とし、走行速度レバー位置を2速とした結果、肥料はほぼ連続した状態になる。このときの走行速度は 11cm/s で、ピストンの一ストロークによる排出重量は 3.1kgf で、34cm の間にほぼ均等に放出した。

実験5 (昭58.7.1)

実験4の結果に基づいて、圃場で肥料投入実験を行った。圃場は実験1と同じ場所で、土壤水分は 14.8%w.

b. であった。肥料は実験4のときと同じものを用いた。トラクタの各レバーのセット位置は、実験4と同じくする予定であったが、オペレータの誤確認から、エンジン回転数 1500 rpm, 走行速度 38m/s となった。

開溝された溝は、実験3のときとほぼ同じで、深さが 16～17cm, 幅が底面 13cm, 上面 18cm, コールタ深さ 3～4cm, 溝に要する作業幅は 75cm で、溝に底面より 11～14cm の深さに肥料を投入することができた。このときの土壤抵抗は 555.9kgf であった。また、肥料を積んだ状態でのトレーラのころがり抵抗は 90.5kgf であった。

実験では、オペレータの速度調整不足と装置不備のために、バルブユニットの切換えがスムーズに作動しなくてときどき停止し、ホッパーから連続して肥料を排出することができなかった。しかし、4～5回連続したストロークが得られた実験結果から、もし、ユニットバルブが十分に作動して速度調整を十分行っていれば、連続して溝へ肥料を投入することは容易であると考えられる。さらに、覆土のために、進行方向に対して角度をもった板を引くことにより、土を埋め戻することも可能と考えられる。したがって、この装置は容易に実用化でき、有効的な作業機として評価されるものと信じる。

今回の実験結果から考察すれば、開発の方向として次のことが考えられる。

まず、土壤抵抗が意外に大きい。したがって、3～4条の装置として考えると、大きなけん引力を發揮できるトラクタが必要になる。土壤抵抗を減少させるために、土が付着しないショベル及びショベルの曲面の開発、溝の形状とショベルの大きさの関係の調査などについて検討しなければならない。

次に、肥料投入にここではポンプ形式を用いたが、肥料を連続してしかも施肥量の調整も容易にできるオーガー形式がよい。ここでの実験では、短期間に研究を終了しなければならない制約もあって、すでに制作してあったポンプ形式のものを用いた。

さらに、マニュアルスプレッダのような箱型の大きなホッパーを用いることになるが、堆肥は一回のホッパー量でわずかな面積しか施肥できない。できるだけ大きな面積を一度に施肥するために、肥料を圧縮してホッパーに積み、密度の高い肥料を少量施肥する方向で考えれば、溝形状も小さくてよく、土壤抵抗の減少にも役立つ。

摘 要

従来、農地に施肥する堆肥は、マニュアルスプレッダにて全面散布していたが、この方法は悪臭を周囲にさら

第1表 ピストンの周期

エンジン回転速度 (rpm)	ピストンの周期 (秒)
1100	作動せず
1200	4.7
1300	3.6
1400	3.5
1500	3.2
1600	3.0

し、また、植物栄養源の窒素が大気中に放出される。これを防止するために、施肥時に堆肥を土中に埋め込む作業機を開発した。

その機構は、溝開き、肥料投入、覆土の三つの機能を有し、一工程で作業を完成させるものである。作業幅は作物によって決められるが、一般に溝開きは狭幅で深い溝を作らなければならない。ここでは培土板形式の特殊なショベルを考案し、堆肥投入にはピストン押込方式を採用した。このショベルは堆肥を投入するシリンダに直接取りつけることにより、投入前に排除した土が溝に戻るのを防止した。

実験結果は良好であったが、しかし、堆肥投入のピス

トン押込方式では機構がやや複雑になり、また、連続した施肥を行うためには、走行速度とのマッチングも必要であるという欠点をもっている。この問題を解決するには、堆肥投入にはオーガー方式がよいと判断される。

これらの装置は、マニユアスプレッダの前方に取りつけ、肥料を前方に送るようにすることにより、トラクタの作業機として完成するものである。ここでは、コーン用に作業幅を考慮したが、他の作物にも十分に利用でき、また、播種装置をこの作業機にセットして堆肥用の施肥播種機として作業することにより、ミニマムティレッジシステムを行えば生産コストの低減に大いに役立つものである。

### Summary

The majority of manure is spread on the field surface in a thin layer. This deposition technique leads to problems from runoff, undesirable order and most importantly a serious loss of the nitrogen content of manure because of exposure to the air. To avoid these problems, injection device of manure was developed.

At the field test, this device worked well and the manure pump pushed the manure into the furrow. But the piston period of manure pump unit required to match with the travel speed of tractor in order to push manure into the furrow continually. The pump unit also cannot arrange the injection volume of manure. To avoid these problems, This manure injector had better change injection unit from pump to auger.

In realization, 3 or 4 drills of this device will be located at the front end of a box type manure spreader, in which the travel direction of the web will be reversed to bring the manure to the front. The device should inject the manure at a spacing which corresponds to row crop spacing and if it could use at the same time with seeding device, a considerable reduction of production cost would be realized.