

## 가축분뇨액비 지중살포기의 견인력 및 살포 특성

최광재 · 이성현 · 유병기 · 오권영 · 박환중 · 이상태\*

농촌진흥청 농업공학연구소

### Pulling Force and Manure Spreading Characteristic of Tractor-drawn Animal Slurry Manure Sub-soil Injector

Choe, K. J., Lee, S. H., Ryu, B. K., Oh, K. Y., Park, H. J. and Lee, S. T.\*

National Institute of Agricultural Engineering, RDA, Suwon 441-857, Korea

#### Summary

The study aimed to develop a tractor drawn animal slurry manure sub-soil injector for arable land and thus, can reduce the waste management cost through effective treatment and utilization of animal slurry manure.

The application of animal slurry manure to agricultural land will probably be one of the most effective ways to enrich the soil with vital nutrients. However, some existing slurry manure spreaders are not suitable in the field because of their adverse effects to the environment.

Based on this premise, a prototype was designed and assembled using 5 sub-soiling standards attached to the slurry injector device. The traction force of the prototype measured in the depth of 10 cm and 15 cm from the ground surface of a paddy field was 1,062 kgf and 1,214 kgf, respectively.

A unique feature of the machine was that there was an equal volume of slurry manure flowing from each delivery pipe and regulated by a pressurized container that was likewise synchronized with the speed of the tractor. The sub-soiling manure injection system can mitigate or reduce the harmful emission of obnoxious gases and malodor during the injection operation.

**(Key words :** Agricultural machinery, Livestock machinery, Slurry manure injector, Manure tank spreader)

#### 서 론

우리나라의 가축사육두수는 한우 148만 두, 유우 518만 두, 돼지 923만 두, 닭 99백만 수로 연간 가축분뇨 발생량은 약 49,798천 톤 수준이며 축종별 가축분뇨 발생량 비율은 한우 16%, 젓소 17%, 돼지 58%, 닭 9% 수준으로 돼지의 분뇨가 가장 많다. 한편 가축사양 농가의

부적절한 가축분뇨 처리로 인하여 가축분뇨환경위반 사범이 매년 증가하고 있는 실정이다.

가축분뇨 액비를 발효 처리하여 농경지에 사용할 경우 축산물생산비를 절감할 수 있고 농경지의 비옥도를 증진시킬 수 있으며(Philip<sup>9)</sup>), 이로 인하여 화학비료 사용량을 줄일 수 있어 농업발전에도 기여할 수 있을 것으로 전망된다.

가축의 오줌을 살포하는 방법으로 유럽에서

\* (주)농우에이텍(Nongwoo A-Tech Co. Ltd., Pyungsan-ri Dong I-myun, Okcheon-kun, Chungbuk)

Corresponding Author : Choe, K. J. National Institute of Agricultural Engineering, RDA, Suwon, Korea, 441-857.

E-mail : choikjae@rda.go.kr

는 처음 도로용 살수차와 같은 형태의 중력식 노 살수장치를 사용하다가, 오줌 살포에 원심 펌프를 이용하기 시작하였다. 트랙터가 보급됨에 따라 펌프 탑재형으로 발전하기 시작하여 펌프로 강제압송 살포하는 기종이 등장하게 되었다. 원심펌프는 토출량이 많은 특징이 있으나 고농도의 분뇨에 대하여는 제대로 능력을 발휘할 수가 없게 되어 내압탱크, 가압/진공펌프방식으로 대체 되어 왔다(일농기학회지<sup>2)</sup>).

현재 농업분야의 환경보전문제가 대두되면서 유럽지역을 중심으로 악취를 감소시키기 위하여 가축분뇨를 지중에 살포하는 액비지중살포기, 지표에 살포하는 광폭지표살포기 등이 개발 보급되고 있다(Philip<sup>9)</sup>).

최근 농촌진흥청은 순환농업의 일환으로 가축분뇨처리 이용 기술지도지침을 발간하였으며, 논, 밭에 양돈 슬러리 분뇨를 버, 보리 재배시 질소기준 살포량으로 살포하는 기술이 권장되고 있다(농촌진흥청<sup>1)</sup>).

국내에서는 오 등<sup>4,5)</sup>에 의해 지표식 및 지중 액비살포기 개발에 대한 연구가 이루어진바 있으나 아직 우리나라 농가에 적합한 기종으로 개량발전의 여지가 있으며, 현행 가축분뇨의 농경지 살포는 대부분 공중살포에 의존하므로 악취발생 우려가 크고 균일살포가 미흡한 실정이다. 따라서 앞으로 가축분뇨액비를 농경지에

사용하는 기술개발 및 확대 보급을 위하여는 지중살포기술의 발전 및 보급이 필요하다.

본 연구는 우리나라 농가에 적합한 심토파쇄 장치 및 슬러리 가축분뇨의 압송살포장치를 구비한 지중살포기를 제작하여 논, 밭에서 액상 분뇨의 지중살포작업을 위한 견인력 및 살포특성 등을 구명하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 가축분뇨 지중살포기 제작

#### 가. 트랙터 삼점히치 탑재형 시작기

##### (1) 심토파쇄장치

작토층의 일정한 깊이에 분뇨를 압송시킬 수 있도록 하기 위하여 지중 파쇄장치는 IRRI형 심토파쇄기(sub-soiler)를 모형으로 하였다. 심토파쇄장치의 수직날과 수평날 포인트를 예리하게 설계하였으며, 수직날 각도는 27°, 수평날 포인트는 18°로 하였다.

토양의 절삭과정에서 일어나는 토양의 압축력을 줄이기 위하여 날의 배치는 복열로 하여 앞열에 파쇄날 3셋, 뒷열에 파쇄날 2셋을 설치하였다(그림 1).

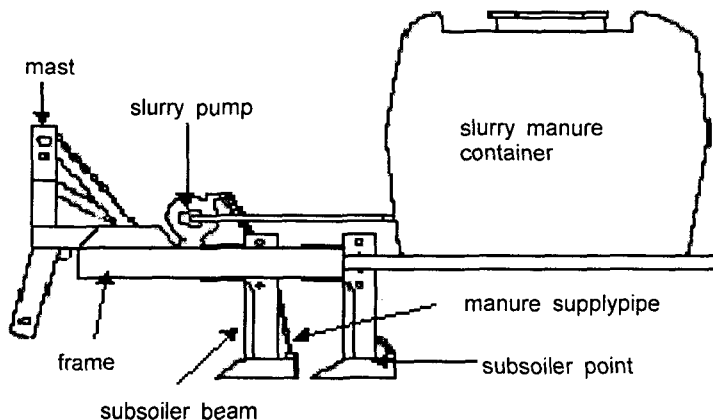


Fig. 1. Tractor three-point-hitch drawn slurry manure injector.

Table 1. Specification of tractor three-point-hitch drawn slurry manure injector

Items		Specification
Main body	Type	Sub-soiler
	Volume(L×W×H)	1,900 × 1,600 × 1,000 mm
	Type of attachment	Three-point-hitch
Sub-soiler	Volume of edge(L×W×H)	100 × 10 × 500 mm
	Sharpness of edge	Vertical 27°, horizontal 18°.
	Sub-soiler set(L×W)	1,500 × 375 mm
	Sub-soiler standards (5 points)	
	- Breakage depth of 100 mm	87 cm <sup>2</sup> ( 5.8 m <sup>2</sup> / 10a)
	- Breakage depth of 200 mm	147 cm <sup>2</sup> ( 8.8 m <sup>2</sup> / 10a)
- Breakage depth of 300 mm	207 cm <sup>2</sup> (13.8 m <sup>2</sup> / 10a)	
Manure injector	Capacity of pump	100 ~ 330 ℓ / min, slurry pump
	Source of power	Tractor PTO.
	Volume of container	600 ℓ

(2) 액비살포장치

액비 살포장치는 펌프로부터 탱크에 투입 및 배출될 수 있도록 밸브를 설치하였으며, 분뇨 탱크로부터 배관하여 심토 파쇄장치 뒷부분에 토출관을 설치하였다.

분뇨살포시스템은 분뇨탱크 → 펌프 → 살포 압력조절탱크 → 밸브 → 살포관 순으로 펌프에서 송출된 분뇨가 압력조절탱크에 의해 토출량이 조절될 수 있도록 하였다.

(3) 동력전달장치

편리한 가축분뇨 지중살포작업을 위하여 트랙터 3점히치 탑재형으로 제작하였으며, 트랙터의 토양 파쇄장치는 트랙터 하부링크를 승강시켜 깊이를 조절하였다.

펌프구동 동력취출은 PTO → 유니버설조인트 → 기어박스 → 축·풀리 → 펌프의 구동 시스템으로 하였으며 펌프의 회전속도를 500 ~ 800 rpm 범위로 조절하여 액상분뇨의 살포량을 조절할 수 있도록 하였다.

나. 트랙터 견인형 시작기

(1) 심토파쇄장치

파쇄장치의 형태는 심토파쇄기형으로 하였

고, 지중파쇄장치를 시작기의 프레임에 설치하였다. 파쇄장치가 받는 토양의 절삭저항을 25% 정도 작게 하기위하여 수직날 하단이 상단보다 앞으로 경사지게 하였다(Harris & Lambert<sup>8)</sup>). 수직 날의 포인트는 저항이 적은 원통형으로 하였으며, 날의 설치간격을 500 mm로 하여 지중 파쇄날을 일렬로 5셋 설치하였다.

(2) 액비 살포장치

액비살포시스템은 진공펌프에 의해 철제분뇨 탱크를 가압 또는 진공상태로 하여 가축분뇨액비를 흡입 및 살포하는 구조이다. 분뇨탱크로부터 압송된 슬러리분뇨는 토출관에 연결된 분배구에 이물질이 끼지 않도록 유압식 회전로터에 의해 처리되도록 하였다. 아울러 분뇨 토출구에 분뇨의 토출량이 일정하게 유지될 수 있도록 분배구의 위치는 수직 심토파쇄날 뒤에 설치하였고, 날 간격을 균일하게 설치하였다. 특히 심토파쇄기는 삼점히치에 탑재시켜 심토파쇄기로도 병용할 수 있게 하였다. 분뇨탱크에 외부의 슬러리가축분뇨를 호스로 공급받을 수 있도록 액비주입구를 고안 설치하였다.

(3) 동력전달장치

지중살포기 본체는 트랙터 하부링크에 연결

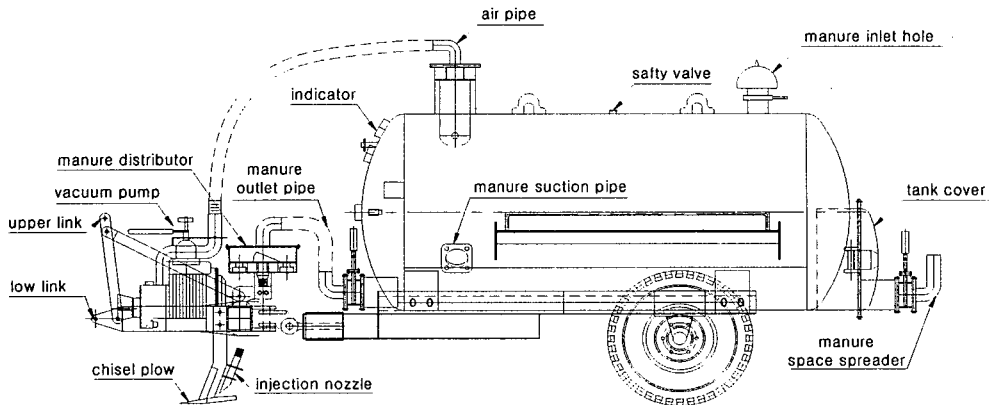


Fig. 2. Tractor drawn slurry manure injector.

Table 2. Specification of tractor drawn slurry manure injector

Items	Specification
<Main feature> Attachment Slurry manure injection Volume(L × W × H) Weight(kgf)	Tractor three point hitch Sub-soiler with injector 6,097 × 2,209 × 2,100 2,000
<Sub-soiling> Type Sub-soiler(W × T × L) No. of standards(ea.) Interval of standards(mm) Sub-soiling depth(cm)	Sub-soiler 120 × 32 × 320 5 500 10 ~ 20
<Manure application> Type of pump, capacity Source of power Capacity of manure container(ℓ)	Vane pump, 200~500 ℓ/min Tractor PTO 3,000

하여 지중파쇄기의 토양파쇄 깊이를 조절할 수 있도록 하였고, 트랙터 PTO 축에 유니버설조인트를 연결하여 진공펌프를 구동하였다. 시작기 차륜은 수송탱크 용적이 크므로 광폭타이어를 사용하여 논 토양의 토양침하에 대해 상당한 지내력을 갖출 수 있게 하였다.

## 2. 공시토양

### 가. 트랙터 삼점하치 탑재형 시작기

공시장소는 수원시 입북동 소재 농업공학

연구소 시험포장으로 덕평동의 식양토이며 토양함수비 18.6 % db(S 2.8)인 벼를 수확한 논이었다. 토양의 경도측정은 SR-2 cone 관입측정기로 하였으며, 토양의 경도층 깊이 10 cm 부근에는 약 7~8 kgf/cm<sup>2</sup>의 경도를 나타내었으며 깊이 10~20 cm 구간에는 토양 경도가 더 증가하여 22 kgf/cm<sup>2</sup>로 높아지다가 논 토양의 깊이 20 cm 이상에서는 토양경도가 20 kgf/cm<sup>2</sup>에서 일정한 경향을 나타내었다(그림 3).

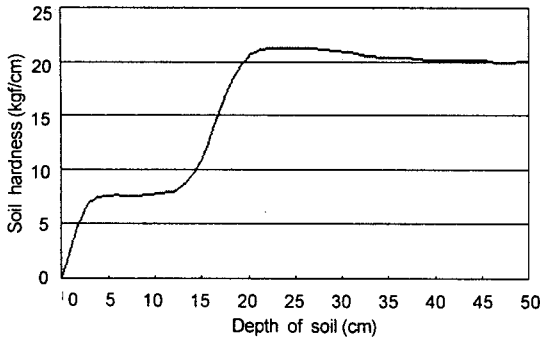


Fig. 3. Soil hardness of paddy field in relation to soil depth for the test of three-point-hitch drawn prototype.

나. 트랙터 견인형 시작기

(1) 논 토양

공시 토양은 수원시 입북동 소재 농업공학연구소의 시험포장으로서 비 수확 후 토양이 약간 건조된 상태이었다.

시험포장의 토성은 덕평통인 식양토, 토양함수비는 평균 38.7% d.b.로서 SR-2 Cone 관입측정기로 측정된 토양경도는 그림 4와 같다.

지하 15 cm 깊이의 토양경도는  $4 \text{ kgf/cm}^2$  이내로 낮았으나 지하 17 cm로부터 25 cm 깊이까지는 토양경도가 점차 증가하다가 그 후 40 cm 깊이까지 토양경도는  $16 \text{ kgf/cm}^2$ 를 약간 상회하는 값을 보이면서 거의 일정한 경향이 있다 (그림 4).

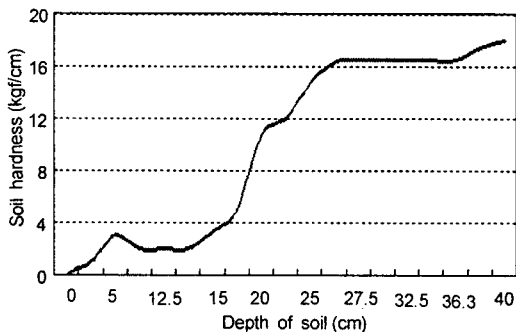


Fig. 4. Soil hardness of paddy field in relation to soil depth for tractor drawn prototype test.

(2) 밭 토양

공시 밭 토양은 수원시 탑동 소재 작물과학원의 옥수수를 수확한 가을철 포장이었다.

토양의 경도는 지표면으로부터 지하 5 cm 깊이까지 점차로 토양경도가  $8 \sim 9 \text{ kgf/cm}^2$  까지 증가하다가 지하 15 cm까지는 일정하였으며 그 후 지하 40 cm 깊이 까지 깊이가 깊어짐에 따라 토양경도가 점차로  $13 \text{ kgf/cm}^2$  까지 증가하는 경향 이었다(그림 5).

밭 토양의 경도가 지하 20 cm 까지 일정한 값을 보이는 원인은 밭으로 전환하여 성토한 포장 이어서 심토층에 공극이 많고 느슨하여 침하가 진행되는 과정이기 때문인 것으로 생각된다.

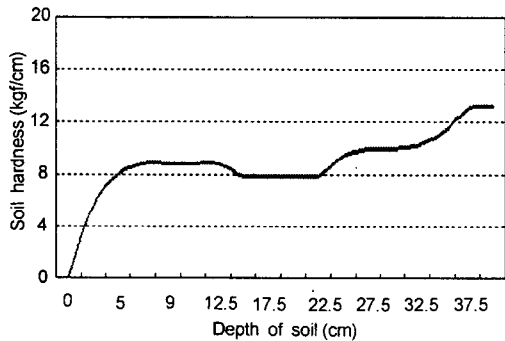


Fig. 5. Soil hardness of upland soil in relation to soil depth for tractor drawn prototype test.

3. 시험방법

가. 트랙터 삼점히치 탑재형 시작기의 견인력 측정

트랙터의 견인력 측정은 62.5 kW 견인트랙터가 시작기를 부착한 27.9 kW 피견인 트랙터를 와이 어로프로 견인할 수 있도록 하였으며 트랙터의 사이에는 로드 셀을 설치하여 측정하였다. 로드 셀은 5톤 용량의 것을 사용하였으며 견인력 데이터 수집시스템은 로드 셀 → 증폭기 → A/D 변환기 → 마이크로컴퓨터 → 하드디스크의 시스템을 구성하여 하드디스크에 자료를 저장하였다(그림 6).

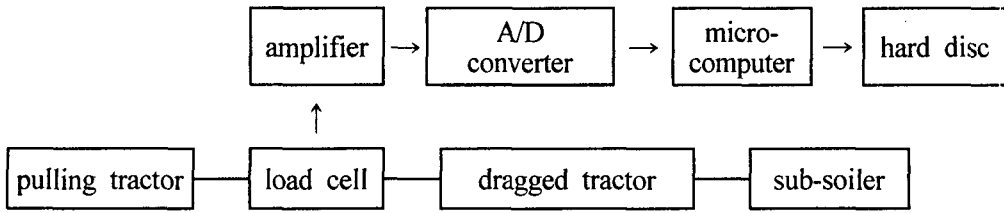


Fig. 6. Data acquisition system of pulling test for tractor three-point-hitch drawn prototype.

Table 3. Data acquisition system of pulling test for three-point-hitch drawn prototype

Items	Specification
〈Measuring device〉	
Load cell	Capacity of 5,000 kgf. Bongshin Co. Ltd.
Amplifier	SH-310M, DC strain amplifier, SEM Co.
A/D converter	2 channel, 12 bit, PCL-812PG data acquisition
Micro-computer	Pentium II, Intel 166 MHz, SunDoo System Co.
〈Tractor〉	
Pulling tractor	62.5 kW MF850
Dragged tractor	27.9 kW T500, Dongyang Moolsan Co.

견인력 측정에 사용한 로드 셀은 천정에 설치된 체인브러에 3,000 kgf 용량의 전자저울(CAS Co.)을 부착하여 중량을 측정하였으며, 재하중량물의 중량과 증폭기에 나타난 로드 셀의 출력 전기신호(V)를 측정하여 Calibration한 결과 재하중량물의 중량과 로드 셀의 전기출력신호 간의 회귀관계는  $R^2 = 0.999$ 로 고도의 유의성이 있는 것으로 나타났다(그림 7).

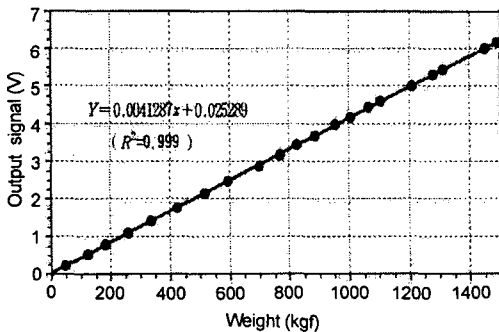


Fig. 7. Relationship between weight and voltage signal for calibration of load cell.

나. 트랙터 견인형 시작기의 견인력 측정

가축분뇨 지중살포기 시작기의 프레임과 드로바 사이에 로드 셀을 설치하여 견인력을 측정하였다. 측정자료 수집방법은 트랙터 삼점 hitch 탑재형 지중살포기의 경우와 마찬가지로 로드 셀 → 증폭기 → A/D 변환기 → 마이크로 컴퓨터 → 하드디스크의 시스템에 의해 자료를 수집 분석하였다(그림 8).

다. 가축분뇨 살포관의 슬러리분뇨 토출량

슬러리분뇨 토출관별 토출량 측정방법은 압력탱크의 부르동게이지 압력을 일정하게 유지할 수 있도록 토출관에 설치된 밸브를 조절하였고, 매분 토출량을 용기에 받아 저울로 측정하여 분당 슬러리분뇨 토출량으로 산출하였다.

라. 슬러리가축분뇨 살포작업 소요시간

트랙터가 포장 내에서 주행하며 분뇨를 살포

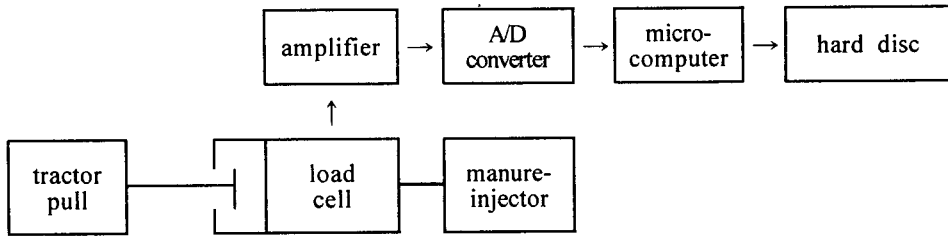


Fig. 8. Data acquisition system of pulling test for tractor drawn prototype.

Table 4. Data acquisition system of pulling test for tractor drawn prototype

Item	Specification
Load cell	Capacity of 5,000 kgf. Bongshin Co. Ltd.
Amplifier	SH-310M, DA Strain amplifier, SEM Co.
A / D converter	2 channel, 12 bit, PCL-812PG data acquisition
Micro computer	Pentium II, Intel 166 MHz, Sundoo System Co.
Pulling tractor	55.1 kW, Renault Ceres75

하는 작업과 포장내의 분뇨저장조로부터 분뇨를 지중살포기 탱크에 담아오는 왕복작업 시간이 포함된다. 본 연구에서 가축분뇨살포 작업은 포장 내에서 슬러리가축분뇨를 공급 받아 가축분뇨를 살포하는 작업으로 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 가축분뇨 지중살포기 개발

#### 가. 지중살포 깊이별 견인력

##### (1) 트랙터 삼점하치 탑재형 시작기

슬러리 가축분뇨살포기의 지중파쇄 깊이별 견인력은 토양파쇄 15cm로부터 10cm 깊이까지는 550 kgf 수준으로 다소 증가하였으나 토양파쇄 깊이 15cm에서는 약 800 kgf 수준으로 급격히 증가하는 경향을 보였다(그림 9).

시험포장의 표면토양은 매우 부드러워서 0~10cm 깊이에는 토양마찰과 절삭에 의한 저항

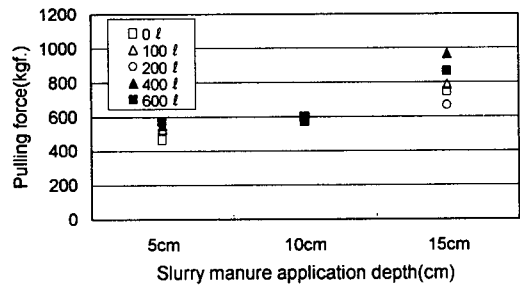


Fig. 9. Pulling force of tractor three-point-hitch drawn slurry manure injector in paddy field.

이 매우 낮게 나타난 것으로 생각되며, 지표면으로부터 깊이 10cm 이하의 토양은 견인력의 가파른 상승 경향을 나타내었다. 본 시험에서 수직 날 두께 10mm인 5개의 치를 가진 심토파쇄기의 치를 1개당 평균 견인력은 약 150 kgf 정도인 것으로 나타났다.

##### (2) 트랙터 견인형 시작기

비 수확한 논에서 지중살포기의 분뇨탱크에 빈 탱크를 견인했을 때와 분뇨를 3,000 l로 충

만한 경우의 견인력은 각각 330 kgf, 680 kgf 정도였으나, 구굴깊이의 증가에 따라 견인력도 증가하는 경향을 보였다. 분뇨탱크내의 가축분뇨 증량은 살포 과정에서 계속 감소되므로 증량이 가벼워지게 되는데, 3,000 l의 가축분뇨를 충만했을 때 약 300 kgf의 견인력이 증가되었으며 파쇄 토심 1 cm 깊어질 때마다 약 80 kgf의 견인력이 증가한 것으로 분석되었다. 또한 치출의 날 1개당 평균 소요견인력은 10 cm 깊이에서 180 kgf, 15 cm 깊이에서 240 kgf 수준으로 나타났다(그림 10).

옥수수를 수확한 밭에서 지중살포기가 빈 탱크일 때와, 3,000 l의 분뇨를 충만하고 지면 주행할 때의 견인력은 각각 410 kgf, 780 kgf으로 나타났고, 10 cm 깊이로 심토파쇄 하였을 때에는 각각 640 kgf, 1000 kgf 이었으며, 깊이 15 cm 깊이일 때 견인력은 1,100, 1,300 kgf로 나타나 지중살포 깊이의 증가에 따라 견인력이 증가하는 경향을 나타내었다.

이와 같이 밭 토양의 경우는 논토양에 비해 소요 견인력이 약간 더 높게 나타났는데 이는 논에 비해 밭의 지면에 굴곡이 심하고, 차륜의 침하가 논에 비해 더 커서 구름저항이 커졌기 때문에 나타난 것으로 보이며, 아울러 옥수수 대의 잔유물이 포장작업 중 심토파쇄장치 앞에 걸려 흩덩이를 같이 몰고 가는 경향이 있기 때문에 견인력이 크게 증가한 것으로 생각된다(그림 11).

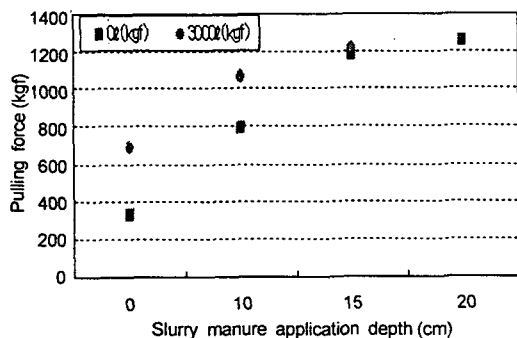


Fig. 10. Pulling force of tractor drawn slurry manure injector in paddy field.

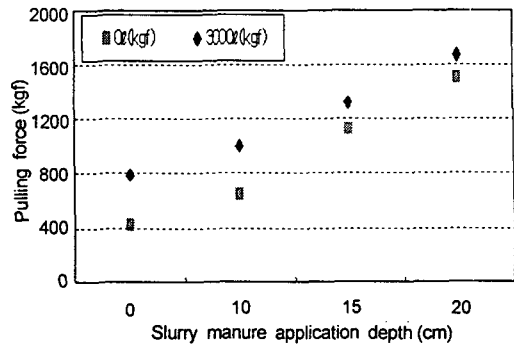


Fig. 11. Pulling force of tractor drawn slurry manure injector in upland field.

## 2. 슬러리가축분뇨의 토출량 분포

### 가. 트랙터 삼점하치 탑재형 시작기

슬러리 압송관 밸브 개방시에는 압송관간에 슬러리분뇨 토출량에 큰 차이가 있었으나 밸브를 일정수준 축소 조절하여 압력조정 분배탱크내에 일정한 압력을 유지시켜주었을 때 가축슬러리 분뇨의 토출량은 비교적 균일한 값을 얻을 수 있었다.

트랙터 삼점하치 탑재형 지중살포기의 슬러리가축분뇨펌프는 용적형인 워블판식 용적펌프를 사용하여 탱크내의 슬러리가축분뇨를 슬러리 압송파이프로 지중에 살포하는 장치이므로 PTO 축의 회전수를 증가시키면 살포압력과 살포량이 증가한다(그림 12). 이 펌프의 가동에 소요되는 동력은 2~6 kW 범위이며 800 rpm일 때 토출량은 분당 330 l 정도이므로 이론적으로 펌프의 살포능력은 1시간당 1ha의 농경지에 슬러리가축분뇨 살포가 가능하다.

### 나. 트랙터 견인형 시작기

트랙터 견인형 지중살포기의 분뇨살포장치는 공기펌프에 의해 분뇨탱크의 압력을 증가시키면 가축슬러리분뇨의 살포량이 증가하였다. 동살포기부착 5개의 가축분뇨 압송·토출관에 송출된 가축분뇨 토출량의 차이는 약 2% 내외로



별 차이가 없었으며, 살포압력을 40 KPa로 부터 80 KPa로 증가시켰을 때 그림 13과 같이 살포관 1개당 분당 토출량은 39 ℓ로 부터 51 ℓ로 증가하였다.

수송 압력탱크에 설치된 압력조절밸브를 40 KPa에서 80 KPa로 탱크압력을 조절하면 살포압력이 균일하게 조절되므로 분뇨탱크내의 분뇨 잔존량에 관계없이 작물의 살포기준량에 맞추어 정량 살포가 가능하였다.

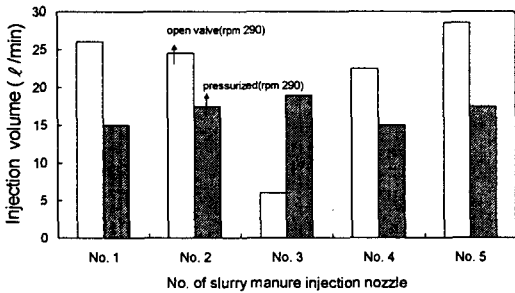


Fig. 12. Injection volume of slurry manure based on rpm of pump.

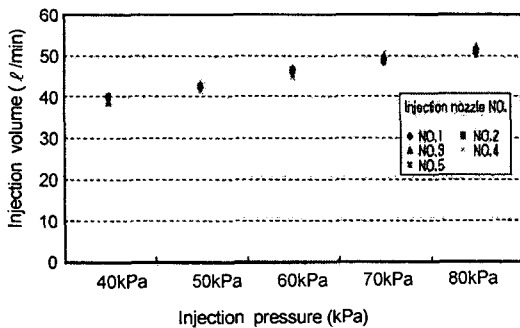


Fig. 13. Injection volume of slurry manure from the pressurized manure tank.

### 3. 작업특성 및 작업능력

#### 가. 트랙터 삼점하치탑재형 시작기

트랙터 3점하치 탑재형 가축분뇨지중살포기는 소규모 농가의 자가 이용을 목표로 설계하였으므로 구조가 간단하여 제작가격이 저렴한 슬러리가축분뇨 살포기종이다. 탱크의 슬러리분

뇨탑재 용량은 600~800 ℓ 정도이며 25~37 kW 규모의 중소형 트랙터에 적용될 수 있다. 포장 작업 상태로 볼 때 주행속도는 0.8 m/s 수준이 적합한 것으로 판단되며, 이 작업속도로 본 30a 규격의 논에서 분뇨살포작업 능률(슬러리가축분뇨의 공급, 운반공정 제외시)은 40분 소요되므로 10a당 13분으로 환산된다.

이 시스템은 소규모 가축분뇨살포에 이용할 수 있으나, 트랙터 범퍼에 균형추(balance weight)를 장착해야 하며 경사지를 주행할 때에는 앞바퀴가 가벼워져 조향이 어려운 단점이 있다.

#### 나. 트랙터 견인형 시작기

논, 밭 토양의 슬러리가축분뇨 살포용으로 설계하였으며, 적용 트랙터마력은 37~55 kW 범위이며 경사도, 포장 진입 여건에 따라 트랙터의 적용규모를 고려해야 할 것으로 판단된다. 분뇨수송탱크의 중량이 증가하면 차륜침하로 인해 견인력이 증가하며, 토양함수율이 높을수록 포장작업능률이 저하된다. 충분히 마른 토양에서는 보통 쟁기작업속도인 1.2 m/sec로 작업이 가능하였다. 논에서 벼 수확 후 반 건조 상태의 논 토양에서는 작업속도를 0.8 m/sec 수준으로 할 수 있으며, 이 때 탱크압력을 80 KPa로 하면 분당 분뇨살포량은 255 ℓ이므로 10a 당 2,100 ℓ의 슬러리 분뇨를 살포할 수 있게 된다.

분당 슬러리분뇨 살포량은 작업속도와 균형이 맞아야 하므로 10a 당 2,100 ℓ를 살포하기 위하여 탱크압력 50 KPa에는 0.67 m/sec, 60 KPa에는 0.73 m/sec, 70 KPa에는 0.78 m/sec로 해야 한다. 지중살포 깊이는 10~15 cm 수준이 적합하며, 포장여건이 좋을 경우 20 cm 깊이의 지중살포가 가능하였다.

슬러리가축분뇨의 농경지 살포작업은 지표살포에 의한 악취발생과 강우에 의한 가축분뇨의 하천오염 등 문제점을 고려할 때 지중살포 작업방법이 적극 권장되어야 한다.



Fig. 14. Sub-soiling of tractor drawn slurry manure injector.

다. 시작기의 밭 토양에서 견인력은 지표살포 784 kgf, 살포 깊이 10 cm에서 997 kgf, 깊이 15 cm에서 1,320 kgf, 깊이 20 cm에서 1,670 kgf로 나타나 살포 깊이가 증가함에 따라 견인력이 크게 증가하는 경향이였다.

라. 슬러리가축분뇨를 토양에 압송·살포하는 송출관에 분배관 설치로 토출관간 슬러리가축분뇨의 토출균일성을 높일 수 있었고, 송출관의 압력조절밸브를 조정하면 10a 당 살포량 조절이 가능하였으며, 지중살포 깊이는 10~15 cm 수준이 적합한 것으로 판단된다.

## 적 요

## 인 용 문 헌

### 1. 트랙터 삼점하치탑재형 지중살포기

가. 5륜 치즐푸라우에 의해 토양 파쇄가 이루어지고 용적식 워블판 펌프에 의해 지중에 압송 살포하는 구조로 설계 제작되었다.

나. 슬러리가축분뇨살포기의 지중깊이별 축분살포기 견인력은 토양파쇄 깊이 50 mm에 비해 100 mm일 때 550 kgf에서 600 kgf로 조금 증가하였으나 토양파쇄 깊이 150 mm에서는 약 800 kgf로 급격히 증가하였다.

다. 슬러리가축분뇨 송출장치로 오수펌프와 토출관 사이 압력조절탱크 설치로 분뇨토출 분지관의 살포균일성을 높일 수가 있었다.

### 2. 트랙터 견인형 지중살포기

가. 5륜 치즐플라우에 의한 토양파쇄 후 베인형 진공펌프에 의해 슬러리가축분뇨를 지중에 압송 살포하는 장치로 제작되었다.

나. 슬러리가축분뇨 지중살포기의 살포 깊이별 견인력은 반 건조 상태인 논 토양의 경우 지표살포 683 kgf, 살포 깊이 10 cm에서 1,062 kgf, 깊이 15 cm에서 1,214 kgf로 나타났으며, 살포 깊이 20 cm에서는 트랙터의 슬립 발생 증가하여 작업이 곤란하였다.

1. Harris, P. S. and Lambert, H. W. 1977. Farm Machinery and Equipment. McGraw-Hill Co. Ltd. pp. 143-147.

2. Philip R. Goodrich. 1994. Manure application using towed hose injector. Liquid manure application system. NNRAES, New York. pp. 45-51.

3. 농촌진흥청. 2002. 가축분뇨 액비 사용기술. pp. 98-201.

4. 농촌진흥청. 1999. 축산분뇨처리 연구동향분석과 금후 연구방향. pp. 32-42.

5. 農業機械學會. 1984. 農業機械ハンドブック. pp. 456-459.

6. 오인환, 김기덕. 2002. 벼 수확논에서 트랙터 견인형 액비살포기의 소요견인력 측정에 관한 연구. 한축산시설환경학회지. 8(2):99-106.

7. 오인환, 정우철, 박찬근, 갈원홍. 2000. 호스 지표살포기의 살포균일도 분석. 한국축산시설환경학회지 6(1):37-44.

8. 정태영 외. 1997. 축산시설·기계학. 향문사. pp. 254-256.

9. 한국농업기계학회. 1998. 농업기계핸드북. 문운당. pp. 319-321.