

컴퓨터 모의시험에 의한 트랙터견인형 액상가축분뇨 살포기의 적정용량 예측

이 규 승

성균관대학교 생명공학부

Prediction of Optimum Capacity for Tractor Drawn Liquid Manure Tank Spreader by Computer Simulation

Lee, K. S.

College of Life Science and Natural Resources, SungKyunKwan University.

Summary

A computer simulation was carried out to investigate the optimum capacity of liquid manure tank spreader which is used as a tractor attachment. Soil physical properties, such as soil moisture content, bulk density, soil hardness and soil types were measured in the 10 major rice production area for computer simulation. Mathematical model which include soil physical properties and vehicle factor was used for computer simulation.

Most of the soil type of the investigated area was sandy clay loam. Soil moisture content ranged between 30 and 40% mostly. Soil bulk density was in the range of 1,500 to 1,700 kg/m³. Soil hardness ranged between 1 to 18 kg/cm². Soil hardness incorporate the effects of many soil physical properties such as soil moisture content, soil type and soil bulk density, and so the range of soil hardness is greater than any other physical properties.

The capacity of liquid manure tank spreader was above 3,000 kg_f for the most of the investigated areas, and mostly in the range of 4,000 to 6,000 kg_f depending upon the slip. But for the soft soil area such as Andong and Asan, the tractor itself has mobility problem and shows no pulling force for some places. For this area, the capacity of liquid manure tank spreader ranged between 1,000 and 2,000 kg_f mostly, so the capacity of liquid manure tank spreader should be designed as a small capacity trailer compared to the other area.

(**Key words** : Liquid manure tank spreader, Tank spreader capacity, Soil physical properties, Computer simulation)

서 언

32,049천 톤(2000년 12월기준)으로 축종별 분
뇨 생산 비율은 한우 26%, 젖소 22%, 돼지
우리나라의 연간 가축분뇨 발생량은 약 39%, 닭 13%으로 전체 오폐수 발생량의 1%

수준이나 BOD 기준 오염 부하량은 15% 정도이다(엄¹⁾). 특히 돈 분뇨는 슬러리 상태로 발생하는 양이 80% 정도 차지하고 있고, 수분 함량이 95% 이상 되기 때문에 처리 문제가 최대 현안과제로 알려져 왔다.

가축분뇨를 액비화 부숙하여 농경지에 사용할 경우 축산농가의 축산물생산비를 절감할 수 있고, 경종농가 농경지의 비옥도를 증진시키며 화학비료의 사용량을 줄일 수 있어 우리나라의 농업발전에 기여할 수 있는 기술로 인식되고 있다(최²⁾).

최근에는 논토양의 토성별 가축분뇨 액비 사용시 양분의 행동연구, 간척지 논토양 가축분뇨액비 사용기준 설정 그리고 소형트래일러 탑재형 액비 살포기의 개발 등 논토양에 대한 액비 사용에 대한 다양한 연구가 진행중이거나 완료되었다.

그러나 액상가축분뇨를 논에 살포할 경우 살포기의 적정용량을 결정할 필요가 있다. 논은 토양의 종류 및 상태에 따라 지지력에 큰 차이가 나기 때문에 분뇨살포차량의 용량이 너무 과도하게 되면 차량의 침하에 의해 살포작업이 불가능해지거나 슬립에 의해 작업효율이 현저히 떨어지게 된다. 따라서 분뇨살포 작업차량이 효율적으로 작업하기 위하여는 우선 살포기가 운용되어질 지면 상태에서의 트랙터의 견인 성능이 결정되어야 한다. 특히 간척지나 식토가 다량 포함되어 있는 토양에서는 트랙터 기동성(Mobility)이 크게 문제 될 수 있다.

따라서 본 연구는 농촌지역에 많이 보급되어 있는 50 마력급 트랙터의 견인 및 주행성을 우리나라의 주요 수도 포장을 대상으로 컴퓨터 모의 시험을 통해 예측하여 최근 이용이 증대되고 있는 액상가축분뇨 살포기의 적정용량을 구하는데 있다.

재료 및 방법

1. 견인성능 예측모델

타이어의 견인력 예측 방법은 다양하고, 같은 방법 내에서도 많은 모델들이 연구되어져 왔다.(Upadhyaya⁴⁾, Wang⁵⁾, Wong⁷⁾). 본 연구에서는 우리나라의 논토양 상태와 농촌지역에서 가장 널리 사용되고 있는 50 마력급 트랙터의 제원 등을 고려하여, 많은 모델들을 대상으로 사용가능성을 검토하였다. 기존의 모델 중 사용 가능한 모델이 없을 경우 새로운 모델의 개발도 고려하였다. 그러나 기존의 모델들 중 상당수가 우리나라의 실정에 그대로 사용 가능한 것으로 판단되었으며, 새로운 모델을 개발하더라도 새로운 모델의 사용 가능성을 검토하는 데는 많은 시험장치의 제작, 다양한 토양상태에서의 검증실험 등이 필요로 하여 많은 경비와 시간이 소요된다. 따라서 기존의 모델 중 일반토양에서 가장 적합한 모델을 선정하여 사용하기로 하였다.

본 연구에서는 차원해석법에 의한 견인력 예측 방법을 선정하였다. 이 방법은 2차 대전때 미 육군이 토양의 주행성(trafficability of soil)을 예측하기 위해 연구되기 시작하였으며, 1960~1970 연대에 많은 연구가 수행되어 졌다. 이 방법의 특징은 현장에서 빠른 토양의 수치적 평가를 위해 토양강도 변수로는 토양에 대한 원추지수만을 사용하였다.

상기 방법의 모델들은 미육군수로연구소(Water Ways Experiment Station)의 Freitag³⁾과 Wismer⁶⁾ 등에 의해 개발되었으며 최근에는 교과서에 실리고 있는 정도가 높은 모델이다. 그들은 순수한 토양 즉 순수 점토와 순수 모래에서 실험을 하고 몇몇 가정과 실험조건을 조정함으로써 다음과 같이 간단하

식을 유도하였다.

$$\text{Clay} : \frac{H}{W}, \frac{TF}{W}, \frac{Q}{dW}, \frac{Z}{d} = f\left(\frac{cd^2}{W}, \frac{b}{d}, \frac{\delta}{b}\right)$$

$$\text{Sand} : \frac{H}{W}, \frac{TF}{W}, \frac{Q}{dW}, \frac{Z}{d} = f\left(\frac{Gd^3}{W}, \frac{b}{d}, \frac{\delta}{b}\right)$$

여기서 H = 견인력(Pull)

W = 축하중

TF = 운동저항(Towed force)

Q = 토오크

d = 타이어 직경

Z = 침하량

c = 점착력(Cohesion)

b = 타이어의 단면 폭(section width)

δ = 타이어 변형량

h = 타이어의 단면 높이

(section height)

G = 사토에 대한 관입저항 기울기

이 방법의 궁극적인 목적은 고무타이어-토양시스템에 관계된 변수들간의 관계식을 유도하는 것이며, 제한된 실험조건하에서, 타이어의 성능은 다음과 같은 간단한 무차원량의 함수라고 주장되고 있다.

많은 실험을 통하여 다음과 같이 점토에 대해 2륜 지수 (two-wheel numeric)가 정의되었다.

$$N_c = \text{clay numeric} = \frac{CI \cdot b \cdot d}{W} \left(\frac{\delta}{h}\right)^{1/2} \left(\frac{1}{1+b/2d}\right)$$

여기서 CI = 콘지수

사토에 대하여는 다음과 같다.

$$N_s = \text{sand numeric} = G \frac{(bd)^{3/2}}{W} \times \frac{\delta}{h}$$

점착 - 마찰력이 동시에 존재하는 일반 토양에 대해 Wismer와 Luth⁽⁷⁾는 상기의 지수를 다음과 같은 차륜 지수로 새롭게 정의하였다.

$$C_n = \frac{CI \cdot b \cdot d}{W}$$

Wismer와 Luth⁽⁶⁾는 위의 추륜지수로부터 다짐정도가 큰 토양을 제외한 대부분의 토양에 적용이 가능한 다음 식을 개발 하였다.

$$\frac{TF}{W} = \frac{1.2}{C_n} + 0.04 \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{F}{W} = \frac{T}{rW} = 0.75 (1 - e^{-0.3C_n S}) \dots (2)$$

여기서 F = 토양 추진력(gross tractive force)

$$C_n = \frac{CI \cdot b \cdot d}{W}, \text{ 차륜지수}$$

T = 토크

r = zero 조건 (zero condition) 에서의 구름반경

위 식은 현재 기존의 모델중 다양한 토양 조건에서 가장 많이 사용되고 있으며, 본 연구에서도 50마력급 트랙터의 견인성능으로부터 액상가축분뇨 살포기의 용량을 계산하는데 사용하고자 선정하였다.

2. 토양물리성 측정

우리나라 수도재배의 대표적인 지역중의 일부라고 볼 수 있는 익산, 남양간척지, 아산만지역, 평택, 밀양, 상주, 김해, 김포, 안동, 강화지역에서 3곳의 서로 다른 면 단위 지역

을 선택하여 측정하였다. 토양물리성은 타이 어의 견인성능 예측에 필요한 겉보기밀도, 수분 함량, 원추지수 등을 측정하였으며, 참고로 토양 타잎도 분석하였다. 측정기간은 1996년부터 1999년까지 4년여에 걸쳐 3월 초순에서 4월 중순까지 1개월 반 10월 하순에서 11월말의 1개월 도합 2개월 반 동안 측정하였다.

토양물리성의 측정방법은 다음과 같다.

가. 겉보기 밀도

토양의 겉보기밀도는 용량 100cc의 토양 채취관을 이용하여 측정하였다. 토양의 겉보기밀도는 표면의 토양을 걷어낸 후 약 8cm와 16cm의 두 깊이에서 수도포장의 임의의 네 곳을 선정하여 3반복으로 측정하였다.

나. 원추지수

원추지수는 SR-2 모델의 토양경도 측정장치를 이용하여 수도포장의 임의의 네 곳을 선정하여 0, 5, 10, 15cm에서 3반복으로 측정

하였다.

다. 토양수분 함량

표면의 토양을 걷어낸 후 약 8cm와 16cm의 두 깊이에서 수도포장의 임의의 네 곳을 선정하여 3반복으로 토양 채취관을 이용하여 토양을 채취하여 오븐 건조법에 의해 측정하였다.

라. 토양타입

체분석법과 비중계법에 의해 토양 타입을 분석하였다.

3. 트랙터 및 트레일러

본 모의 실험에 사용된 트랙터의 제원은 현재 농촌에서 많이 사용되고 있는 50마력급 들을 기준으로 하였으며, 액상 가축분뇨살포기의 용량을 구하기 위한 트레일러도 일반적으로 많이 사용되고 있는 트레일러를 대상으로 하였다. 이들의 제원은 Table 1과 같다.

Table 1. Specification of experimental tractor and trailer

Item		Tractor	Ttailer
Axle weight (kgf)	Front	1200(min) / 1350(max)	1300
	Rear	1800(min) / 1950(max)	
Tire diameter (cm)	Front	111	78
	Rear	151	
Tire width (cm)	Front	28.3	20
	Rear	35	
Axle width(cm)		220	-
Hitch height(cm)		33 ~ 50.8	46.5
Driving method		4wheel drive	Towed wheel

4. 모의 시험 방법

Table 1의 트랙터와 트레일러의 제원 그리고 실측한 토양자료를 다음 식들에 대입하여 트랙터의 총 견인력, 운동저항, 견인력, 그리고 액상가축분뇨 살포기의 운동저항을 구하였다.

$$\frac{TF}{W} = \frac{1.2}{C_n} + 0.04 \dots\dots\dots (3)$$

$$\frac{F}{W} = \frac{T}{rW} = 0.75(1 - e^{-0.3 \cdot C_n \cdot S}) \dots (4)$$

$$\frac{H}{W} = 0.75(1 - e^{-0.3 \cdot C_n \cdot S}) \dots\dots\dots (5) - \left(\frac{1.2}{C_n} + 0.04 \right)$$

여기서, $C_n =$ 차륜지수 = $\frac{CI \cdot b \cdot d}{W}$

- $CI =$ 원추지수
- $F =$ 총견인력(토양추진력)
- $H =$ 견인력
- $W =$ 바퀴축에 작용하는 동하중 (dynamic load)

원추지수 값은 0에서 15cm 까지의 평균값을 사용하였으며, 슬립은 일반적으로 트랙터의 주행시 흔히 나타나는 범위인 10, 15, 20%의 세 수준으로 하였다. 트랙터의 앞뒤차축 하중은 예정 최대값과 최소값을 모두 포함시켰다.

바퀴축에 작용하는 동하중은 견인력(H, pull)이 있을 경우 중량전이(weight transfer) 현상에 의해 변하는 값이다. 따라서 (5)식을 이용할 때, H를 가정하고 반복법에 의해 가정한 H가 구해질 때까지 반복하여 트랙터의 견인력을 구하였다. 이때 구하여진 견인력 값을 이용하여 다음 식에 의해 액상가축분뇨 살포기의 용량을 구하였다.

$$\frac{H}{W_L + 1300} = \frac{1.2}{C_n} + 0.04 \dots\dots\dots (6)$$

여기서, $W_L =$ 액상가축분뇨 살포기 용량

$$C_n = \frac{CI \cdot b_{tr} \cdot d_{tr}}{\frac{W_L}{2} + 650}$$

$b_{tr} =$ 액상가축분뇨 살포기 바퀴 폭

$d_{tr} =$ 액상가축분뇨 살포기 바퀴 직경

모든 계산은 C언어로 작성한 컴퓨터 모델에 의해 수행되었다.

결과 및 고찰

1. 토양의 물리적 특성

Table 2는 측정된 논 토양의 토양수분 함량, 결보기밀도, 경도 및 토성 등의 토양의 물리특성을 보여주고 있다. 논토양의 수분함량은 지역에 따라 약간의 차이는 있으나 대부분이 30~40%의 범위였으며 드물게 50%를 넘는 곳과 20% 범위로 나타났다.

28개 조사지역의 토성은 미사질양토(SiL)가 19곳으로 제일 많았으며 미사질식양토(SiCL), 사질양토(SL), 양토(L)가 한 두 곳으로 조사지역의 대부분 토양은 양토 계통이었다. 이것은 우리나라의 논 토양의 대부분이 양토 계통이라는 조사와 거의 일치하고 있다.

결보기밀도는 대부분의 조사지역에서 1,500~1,700 kg/m³의 범위였으며, 드물게 1,400kg/m³ 이하인 곳과 1,700kg/m³ 이상인 곳이 몇 군데 있었다.

원추지수는 최하 1 kg/cm² 부터 17.98까지 넓은 범위에 걸쳐 나타났다. 이는 토양의 경

Table 2. Soil physical properties

Region	Moisture Content (%)	Bulk Density (kg/m ³)	CI (kg/cm ²)	Composition			Texture
				Sand(%)	Silt(%)	Clay(%)	
Pyeongtaek-1	32.168	1697.5	5.28	56.7	32	11.3	SL
Pyeongtaek-2	36.03	1604.5	12.85	37.2	47.4	15.4	L
Pyeongtaek-3	37.646	1588	7.68	19	58.3	22.7	SiL
Ganghwa-1	35.101	1687.6	8.33	1.6	75.3	23.1	SiL
Ganghwa-2	28.123	1596.3	14.23	6.2	72.9	20.9	SiL
Ganghwa-3	35.012	1577.2	3.48	6.4	73.4	20.2	SiL
Iksan-1	34.94	1633.5	7.83	11.4	62.8	25.8	SiL
Iksan-2	51.48	1502	4.65	12.9	61.3	25.8	SiL
Iksan-3	44.297	1643	5.58	8.4	62.7	28.9	SiCL
Andong-1	24.628	1712.7	1.93	57.2	29.9	13.9	SL
Andong-2	21.856	1809.5	4.20	49.3	38.3	12.4	L
Andong-3	37.302	1729.6	7.75	74.6	17.4	8	SL
Sangju-1	28.606	1535.4	13.10	26.4	53.9	19.7	SiL
Sangju-2	38.52	1540.3	8.35	20.6	57.5	21.9	SiL
Sangju-3	30.793	1552.2	9.73	35.1	44.8	20.1	L
Milyang-1	29.49	1453.5	17.98	5.6	69	25.4	SiL
Milyang-2	34.681	1360.2	15.55	9	67.8	23.2	SiL
Milyang-3	27.733	1393.4	5.60	14	57.2	28.8	SiCL
Namyang-1	27.165	1748	2.56	4.1	69	26.9	SiL
Namyang-2	33.384	1762	1.63	10.1	69.6	20.3	SiL
Namyang-3	23.037	1547.5	4.42	5.1	74.6	20.3	SiL
Kimhae-1	33.505	1524.4	13.75	6.6	71.3	22.1	SiL
Kimhae-2	25.578	1562.7	12.00	4.6	70	25.4	SiL
Kimhae-3	34.954	1530.9	7.53	5.2	60.4	34.4	SiCL
Kimpo-1	37.962	1572.7	12.80	7.6	72.8	19.6	SiL
Kimpo-2	40.187	1643.3	8.63	7	78.7	14.3	SiL
Kimpo-3	37.385	1577.5	5.65	32	58.2	9.8	SiL
Asan	27.489	1525	14.48	2.2	80.0	17.8	SiL

도가 토양타입, 결보기밀도 그리고 토양수분 함량 등의 복합적인 함수관계에 의해 결정되기 때문에 상기와 같이 넓은 범위에 걸쳐 나타나고 있음을 알 수 있다. 토양의 경도가 2 kg/cm^2 이하인 경우는 아주 연약한 토양으로서 차량의 이동성(mobility) 문제가 발생할 수 있는 토양상태이며, $2\sim 4 \text{ kg/cm}^2$ 범위의 연약한 토양으로서 차량 자체의 이동성에는 문제가 없을 경우가 대부분이나 작업기 또는 액상가축분뇨 살포기의 부하가 큰 경우는 이동성 문제가 발생할 수 있다. 토양경도 $4\sim 8$ 보통의 토양상태이며 차량의 이동성 문제가 거의 없으며, 8 kg/cm^2 경이상의 토양은 단단한 토양으로 이동성 문제가 일어나지 않는다고 볼 수 있다. 토양깊이 10cm와 15cm 사이에서 원추지수가 급격히 증가하고 있다. 이는 10~15cm 사이의 토양 깊이에 경반이 존재한다는 것을 알 수 있다.

2. 액상가축분뇨 살포기의 용량

Table 3은 각 지역별, 슬립 수준별, 축 하중에 따른 계산된 살포기의 용량을 보여 주고 있다.

Table 3에 의하면 슬립과 축하중의 상태에 따라 액상가축분뇨 살포기의 용량은 $-2,000 \text{ kg}_r$ 에서 $8,000 \text{ kg}_r$ 까지 큰 범위에서 변하고 있음을 알 수 있다. 이는 토양의 경도가 아주 연약한 토양에서 아주 단단한 토양상태 까지 넓은 범위에서 변하고 있기 때문으로 판단된다. 액상가축분뇨 살포기의 용량이 음의 값을 갖는다는 것은 액상가축분뇨 살포기 자체는 물론이고 액상가축분뇨 살포기를 견인하는 트랙터 자체도 크게 침하하여 이동성 문제가 발생할 수 있다는 것을 의미한다.

토양상태와 축하중에 따라 차이는 있으나 아주 연약한 지역을 제외하고는 대부분의 지

역에서 액상가축분뇨 살포기의 용량은 $3,000 \text{ kg}_r$ 이상이었으며, 많은 지역에서 $4,000\sim 6,000 \text{ kg}_r$ 의 범위에 있었다. 그러나 일부 지역에서 액상가축분뇨 살포기의 용량은 $1,000\sim 2,000 \text{ kg}_r$ 의 범위로 액상가축분뇨 살포기의 용량이 이 범위를 벗어나면 이동성 문제가 발생할 수 있다. 일반적으로 슬립이 증가하거나 앞 뒤 차축의 하중이 증가하면 액상가축분뇨 살포기의 용량도 증가하는 것을 알 수 있다.

지역별로 살펴보면 안동 일부지역 그리고 간척지인 남양만 지역과 같이 아주 연약한 지역에서는 액상가축분뇨 살포기의 용량이 $1,000 \text{ kg}_r$ 전후이거나 음의 값을 갖는 것을 알 수 있다. 즉 이 지역에서는 트랙터 자체가 움직일 수 없는 경우가 발생하여 다른 지역에 비해 가축분뇨를 실은 살포기의 사용이 불가능할 수도 있다고 판단된다. 그러나 이것은 50마력급의 대부분의 트랙터가 이 지역에서 주행성(mobility) 문제로 사용이 꼭 불가능할 것이라는 것을 의미하지는 않는다. 물론 좀더 검토해 보아야 하겠지만 약간의 주행성 문제가 야기될 수 있거나, 다른지역에 비해 좀더 많은 침하가 수반될 수 있다고 판단된다. 우리나라 논토양의 경반은 일반적으로 10cm에서 15cm 사이에 존재한다. 따라서 본 연구에서는 원추지수 값을 0에서 15cm 사이의 평균값을 사용하였다. 그러나 본 연구에서 연약지로 나타난 지역은 경반이 15cm 보다 깊은 곳에 있거나, 연약지일 가능성이 있다. 전자의 경우에는 트랙터가 경반 깊이 까지 침하할 가능성이 크며, 후자의 경우에는 주행성 문제가 있을 수 있다. 그러나 우리나라 논 토양의 경우 깊이의 차이는 있으나 대부분 경반이 존재하여 후자일 경우는 매우 희박하다고 생각된다. 그리고 본 토양 자료는 수도포장 내에서만 측정된 값으로 도

Table 3. Rredicted trailer capacity for animal slurry manure injector

(unit : kgf)

Region		Slip (10%)		Slip (15%)		Slip (20%)	
		Fr(1200kgf) Rr(1800kgf)	Fr(1350kgf) Rr(1950kgf)	Fr(1200kgf) Rr(1800kgf)	Fr(1350kgf) Rr(1950kgf)	Fr(1200kgf) Rr(1800kgf)	Fr(1350kgf) Rr(1950kgf)
Pyeongtaek	1	2281.404	2305.966	2820.449	2896.738	3128.148	3246.133
	2	5802.294	6054.575	6164.767	6488.532	6300.226	6659.639
	3	3629.964	3732.448	4136.557	4304.859	4388.307	4601.209
Ganghwa	1	3952.076	4072.575	4440.895	4631.828	4676.372	4911.488
	2	6269.131	6657.222	6593.578	6950.709	6705.257	7094.671
	3	1030.325	983.956	1544.038	1541.165	1872.113	1902.948
Iksan	1	3707.730	3812.458	4208.439	4382.051	4456.428	4674.576
	2	1875.809	1875.409	2409.622	2459.513	2728.093	2817.353
	3	2469.961	2501.497	3004.958	3093.474	3306.629	3437.699
Andong	1	-465.183	-692.236	-48.996	-66.784	370.953	295.541
	2	1565.654	1548.824	2094.272	2142.605	2418.339	2485.987
	3	3667.716	3769.903	4170.230	4341.016	4420.225	4635.583
Sangju	1	5889.642	6148.567	6245.098	6575.123	6375.997	6741.068
	2	3961.650	4082.776	4449.973	4641.587	4684.952	4920.731
	3	4588.296	4751.841	5039.907	5276.360	5341.309	5520.062
Milyang	1	7378.290	7753.591	7610.989	8046.126	7674.255	8132.677
	2	6683.645	7004.055	6973.664	7360.199	7065.716	7481.282
	3	2482.126	2514.332	3017.023	3106.347	3318.275	3450.205
Namyang	1	240.378	137.115	730.493	676.091	1053.679	1030.466
	2	-1041.979	-2045.122	-359.235	-547.164	-19.866	-138.458
	3	1719.351	1710.676	2250.912	2290.892	2572.499	2650.833
Kimhae	1	6110.896	6386.769	6448.360	6794.207	6567.926	6947.237
	2	5495.301	5724.468	5881.948	6183.670	6033.743	6373.111
	3	3556.314	3651.491	4063.631	4226.574	4319.142	4526.724
Kimpo	1	5784.668	6035.613	6148.551	6471.053	6284.935	6643.204
	2	4094.130	4223.998	4575.383	4776.436	4803.409	5048.340
	3	2512.436	2546.313	3047.061	3138.399	3347.259	3481.329
Asan	1	6349.900	6644.254	6667.666	7030.545	6775.397	7169.944

* Fr: 앞바퀴차축 하중, Rr: 뒷바퀴차축 하중.

로 보다는 연약한 지역이다. 액상가축분뇨 살포기는 일반적으로 농도에서 많이 운용되고, 농도의 토양 경도가 논토양의 단단한 지역과 비슷한 수준으로 보면, 액상가축분뇨 살포기의 용량은 최소한 5,000kg_r 이상이라고 판단된다. 그러나 액상가축분뇨 살포기의 용량이 4,000kg_r 이상 이라고 하였을 때 경반이 깊거나 연약한 논에 직접 들어가서 운반작업을 수행하면 주행성 문제가 발생할 수도 있다고 사료된다.

적 요

본 연구는 농촌지역에 많이 보급되어 있는 50 마력급 트랙터의 견인 및 주행성능을 우리나라의 주요 수도 포장을 대상으로 컴퓨터 모의 시험을 통해 예측하여 최근 이용이 증대되고 있는 액상가축분뇨 살포기의 적정용량을 구하기 위해 수행되었다. 모의 시험은 액상가축분뇨 살포기의 용량에 영향을 미치는 토양인자와 차량인자를 포함하는 수학적 모델을 이용하였다. 토양 물리적 특성은 우리나라 수도제배의 대표적인 지역중의 일부라고 볼 수 있는 이리, 남양간척지, 아산만지역, 평택, 밀양, 상주, 김해, 김포, 안동, 강화 지역에서 3곳의 서로 다른 먼 단위 지역을 선택하여 측정하였다. 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 28개 조사지역의 토성은 미사질양토(SiL) 지역이 19곳으로 제일 많았으며 미사질식양토(SiCL), 사질양토(SL), 양토(L)가 한두 곳으로 조사지역의 대부분 토양은 양토 계통이었다. 이들 지역에서 경운정지 시기의 토양수분 함량은 주로 30~40%의 범위에었으며, 드물게 20% 범위의 지역과 50%가 넘는 지역이 한두 곳 있었다. 결보기밀도는 대부분

1,500~1,700 kg/m³의 범위에었다. 원추지수는 1부터 18kg/cm² 이상까지 넓은 범위에 걸쳐 나타났으며, 10cm와 15cm 사이에서 원추지수가 급격히 증가하여 이 깊이에서 경반이 존재 한다는 것을 알 수 있었다.

2. 논토양의 토양물리성을 고려한 액상가축분뇨 살포기의 용량은 슬립에 따라 차이는 있으나, 아주 연약한 지역을 제외하고는 대부분의 지역에서 3,000kg_r 이상이였으며, 대부분 4,000~6,000kg_r의 범위에 있었다. 그러나 안동 일부지역과 남양만 지역과 같이 아주 연약한 지역에서는 액상가축분뇨 살포기의 용량이 1,000kg_r 전후 이거나 음의 값을 갖는 경우도 있어 이 지역에서의 액상가축분뇨 살포기의 용량은 다른 지역에 비해 적게 설계하거나 액상가축분뇨 살포기의 사용에 문제가 있을 수 있다고 판단된다.

인 용 문 헌

1. 엄기철. 2001. 가축분뇨종합관리 시스템 기술 개발 - 친환경 신기술을 이용한 청정 대체에너지와 액비 활용기술 체계확립. 농촌진흥청 농업과학기술원 보도자료.
2. 최광재 외 5인. 1999. 가축분뇨 슬러리의 저장 및 시비장치 개발. 농업기계화시험연구보고서. pp 297-315.
3. Freitag, D. R., A dimensional analysis of the performance of pneumatic tires on soft soils. Tech. Rep. No. 3-688, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS(1965).
4. Upadhyaya, S. K., D. Wulfshon and W. J. Chancellor, 1988. "Traction Characteristics of Radial Ply and Bias Ply tyres in a California Soil", Journal of Terramechanics,

- Vol. 25 , No. 2 pp.111-134.
5. Wang, Z. and K. W. Domier, 1988. "Prediction of Drawbar Performance for a Tractor with Dual Tires", ASAE Paper No. 88-1006.
6. Wismer, R. D. and H. J. Luth, Off-road traction prediction for wheeled vehicles. J. Terramechanics 10(2):49-61(1973).
7. Wong, J. Y., 1984. "Terramechanics and Off-road Vehicles" Elsevier Publishers. pp. 185-211.