

경사지용 가축분뇨 액비 살포장치 개발

오인환 · 장철환 · 김운걸 · 송준호*

건국대학교 자연과학대학 생명자원환경과학부 생물산업기계공학과

Development of Liquid Fertilizer Spreading System for a Sloped Land

Oh, I. H., Jang, C. H., Kim, W. K. and Song, J. H.*

Dept. of Biosystems Engineering, Konkuk Univ., Chungju, 380-701 Korea

Summary

A major problem within the agricultural/farming community concerns the enormous amount of manure produced by livestock; one possible solution to this problem is to use the animal slurry as a liquid fertilizer. While there are several areas where this fertilizer could be used, one promising area of application is within chestnut tree fields. However, since most of these fields are located on slopes of varying grades and not on flat land, a different spread system is required. Generally, chemical fertilizer is spread in the chestnut field manually by hand; not only does this require a great deal of manpower it is also very difficult and hard work.

In our lab experiment, we investigated the relationship between the amount of fertilizer spread and the length of pipe used at varying pressure levels. The hose in our system utilized PVC piping with evenly spaced holes for the fertilizer to dissipate. We initially found that the amount of spread was greatly reduced by reducing pipe pressure. While the difference of the amount of spread during fertilizing was not great, we did find that the reduction of the spread could be correlated to the frictional resistance of the inner lining of the pipe. Based on this, we hypothesized that an increase in pipe pressure would yield a consistent spread. Additionally, a similar outcome could be obtained by regulating the distance of the holes in the pipe and their diameter.

(Key words : Animal manure, Liquid fertilizer, Spread system, Performance, Uniformity)

서 론

가축분뇨를 퇴액비로 이용하고자 하는 사업이 정부의 자연순환농업 정책으로 탄력을 받고 있다. 액비를 이용함에 있어서는 냄새

와 살포할 농경지가 있느냐가 관건이다. 슬러리를 고액분리하고 분리된 액체를 폭기해 줌으로서 냄새 문제를 해결하고 있다. 고액분리의 방법에 따라서 액비의 성분이 달라지며, 연구사업을 통하여 액비의 수요처 확보

본 연구는 농촌진흥청 자연순환농업연구과제의 일환으로 수행되었습니다.

* (주)필텍산업 (Philtex Co., LTD)

Corresponding author : Oh, I. H., Department of Biosystems Engineering, Konkuk University, Danwoldong 322, Chungju, Chungbuk, 380-701 Republic of Korea.

Tel: +82-43-840-3553, E-mail: ihoh@kku.ac.kr

2010년 7월 20일 투고, 2010년 7월 29일 심사완료, 2010년 8월 2일 게재확정

에도 다각도로 접근이 이루어지고 있다. 살포방법으로는 액비탱크차에서 고압으로 쏘는 등, 탱크를 농경지 옆에 세워놓고 호스로 트랙터에 연결하여 살포한다든가, 논에 대는 물과 함께 유입되도록 하는 방법 등이 있다 (오 등, 1999). 액비의 농도가 고농도일 경우에는 호스지포살포기, 액비주입기 등을 사용함으로써 냄새의 확산을 방지할 수 있다 (Oh et al., 2004). 위에 열거한 방법은 주로 평지에서 사용하는 살포방법이다. 그러나, 경사지에는 기계 장비가 올라갈 수 없기 때문에 다른 방법을 강구하여야 한다. 밤나무 밭은 보통 야산에 위치하고 있으며, 인력으로 화학비료를 살포하고 있는 실정이다. 이러한 방법으로는 노동력이 많이 소요되어 많은 면적을 살포하기에는 한계가 있다. 따라서 경사가진 밤나무 밭에 액비를 살포할 수 있는 성능이 좋고 균일하게 살포하는 장치가 필요하다. 본 연구의 목적은 경사지용 밤나무 밭에 액비를 균일하게 살포할 수 있는 시스템을 개발하고자 한다.

재료 및 방법

밤나무는 옛날부터 전국적으로 재배되어 왔기 때문에 우리나라 기후풍토에 적응력이 강하여 적지범위는 다른 과수류에 비하여 비교적 넓은 것으로 알려져 있다. 밤나무는 타과수에 비하여 조방재배가 가능하지만 양호한 생육을 도모하고 경제적인 수익을 얻으려

면 평탄지나 환경사지가 적당하다. 경사지는 15도 미만의 환경사지가 대개 걸쭉의 깊이가 깊고 배수, 일조량, 통풍 등이 양호하여 비배관리가 양호하다. 위의 조건을 만족하는 충청남도 부여군 은산면 가중리에 있는 밤나무 밭을 시험포장으로 선정하였으며 면적은 약 1,000평이다.

액비는 처리기술적인 측면에서 볼때 크게 3가지 고농도, 중농도, 저농도 액비로 나누어진다. 고농도 액비는 슬러리 축사에서 나오는 가축분뇨를 그대로 탱크에 저장하여 일련의 처리과정을 거쳐 사용하는 액비이다. 장점은 처리방법이 단순하며 고형물을 퇴비화할 필요는 없으나 냄새를 없애기 위한 노력이 많이 소요된다. 중농도 액비는 축사에서 나오는 슬러리를 고액분리기로 고형물을 분리한 후 액상물을 탱크에 저장하여 폭기과정을 거쳐 냄새를 제거한 후 사용하는 액비이다. 이 방법은 보편적으로 사용할 수 있는 방법이며, 비료성분도 어느 정도 함유하고 있고 냄새를 용이하게 제거할 수 있다. 저농도 액비는 슬러리를 퇴비단 등으로 여과시킨 후, 여과수를 폭기 등의 처리과정을 거쳐 액비를 만드는 것을 의미한다. 장점은 냄새가 거의 없다는 것이며, 단점은 비료성분이 적어 물류비용이 증가하는 점이다.

실험은 모의시험과 현장시험으로 나누어진 다. 실험기간은 2008년 3월부터 10월까지 이루어졌으며, 모의시험은 직경 20 mm, 길이 4 m 배관 3개를 연결하여 총 길이 12 m가 되

Table 1. Strong and weak point of liquid fertilizer

	Treatment	N ₂ Concentration	Strong point	Weak point
High concent. liquid fertilizer	As Slurry	Above 0.4%	A lot of fertilizer, Low transport cost	Big effort to reduce odor
Middle concent. liquid fertilizer	Liquid after separation	0.1~0.4%	Middle conc. fertilizer	Reduced odor through aeration
Low concent. liquid fertilizer	Liquid after filtration	Below 0.1%	Odorless	Little fertilizer, High transport cost

게 하였다. 펌프(한일 Co.)는 최고 압력이 0.4 kgf/cm²인 것을 사용하여 소압력 (0.01 kgf/cm²), 중압력 (0.25 kgf/cm²), 대압력 (0.4 kgf/cm²)으로 나누어 실험하였다.

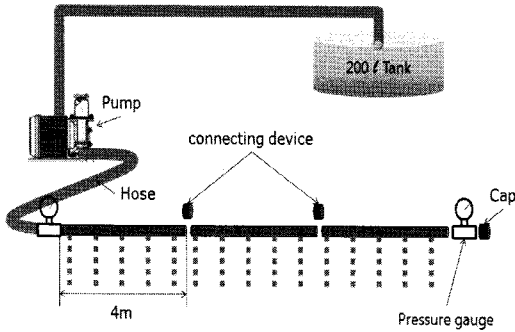


Fig. 1. Labscale spreading system.

사용된 액비는 중농도 액비로 단순하면서도 이용이 용이하게 배관에 구멍을 뚫어 사용하고자 하였다. 노즐이나 점적관수에 사용되는 호스는 막힐 염려가 있어 고려하지 않았다. 호스로 운송 살포할 경우에 살포량은 배관내의 마찰저항에 의하여 길이가 길어질수록 감소한다. Hagen-Poiseuillesches 이론식이 주로 사용되는데, 그 식은 아래와 같으며 살포 유량은 배관의 지름, 압력 차이에 비례하나 배관길이에는 반비례한다는 것을 알 수 있다.

$$\dot{V} = \frac{\pi r^4 (p_1 - p_2)}{8 \eta l}$$

\dot{V} : 유량 r : 배관의 반경
 $p_1 - p_2$: 배관압력차
 η : 동점성계수 l : 배관의 길이

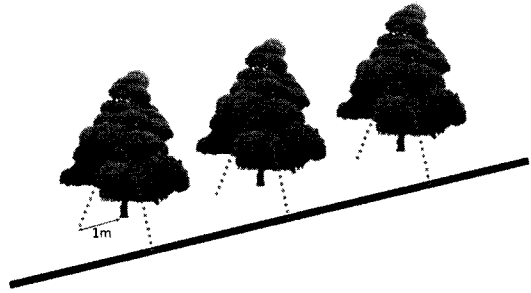


Fig. 2. Spreading method of fertilizer spread process.

그 관계를 알아보기 위하여 살포실험을 배관에 1 m 간격으로 3 mm 크기의 구멍을 내어 수돗물로 수행하였다. 액비 살포 모의실험으로서 배관내의 마찰저항을 최소화 하기 위하여 일직선상으로 배관을 설치하였다. 1 분을 정확하게 측정하기 위하여 1/100초 초시계를 사용하였다. 액비 살포 모의실험 결과값을 정확하게 측정하기 위하여 1,000 ml와 500 ml의 매스실린더를 사용하였다. 현장 실험은 20톤 용량의 저장탱크를 끌어올려 밤나무 밭 위쪽에 설치하였으며 주 배관은 50 mm PE관이며 지관은 25 mm PE관을 사용하였고, T자관과 밸브를 사용하여 전체적으로 살포가 가능하도록 연결 하였다.

밤나무 밭에 액비를 살포하는 방법으로 밤나무에 직접 살포되지 않고, 나무에서 약 1m 떨어진 곳에 살포하도록 하였다. 이유는 나무에 직접 액비를 살포할 경우 고농도의 질소가 나무에 피해를 줄 수 있기 때문이다.

사용된 액비의 비료성분은 표 2와 같다.

Table 2. Fertilizer component of the used swine liquid manure (%)

T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Heavy metal	Date
0.1	0.02	0.23	0.02	0.01	below the mark	28. Aug. 08
0.13	0.004	0.21		0.001	below the mark	8. Sept. 08

결과 및 고찰

1. 모의실험

그림 3, 4, 5는 일정한 간격에서의 압력에 따른 초기 살포량의 그림들이다.

그림 3은 압력이 클 때 배관 길이에 따라서 살포량은 감소하는 경향을 나타내었으며 전체적인 유량은 많은 편이다. 1번 구멍의 유량은 분당 1,900 ml 이었으며, 마지막 구멍의 살포량은 1,450 ml로 450 ml가 감소하여 감소율은 24%이었다. 그림 4는 중간 압력의 경우는 전체적인 초기유량도 대압력 1,900 ml에서 1,140 ml로 적어지고, 배관길이 따라 역시 살포량도 감소하는 경향을 보였다. 첫 번

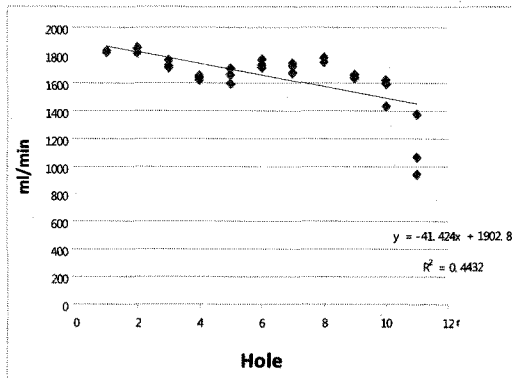


Fig. 3. Spreading amount at begin by high pressure.

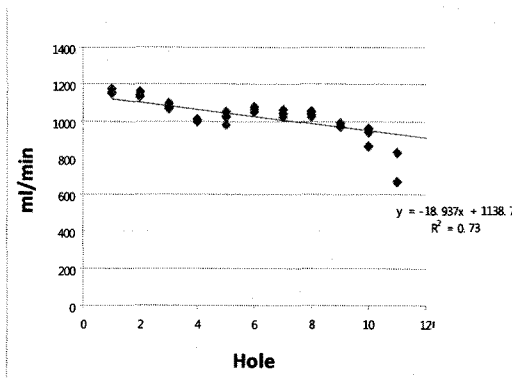


Fig. 4. Spreading amount at begin by middle pressure.

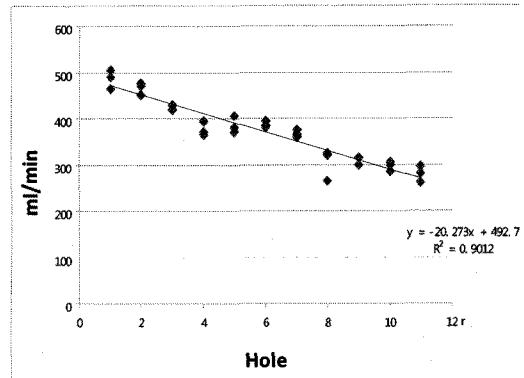


Fig. 5. Spreading amount at begin by low pressure.

째 구멍의 살포량은 1,140 ml에서 11번째 구멍의 살포량은 920 ml로 220 ml가 감소하여 감소율 19%를 나타내었다. 그림 5는 압력이 작으면 전체적인 살포량도 감소하며 배관길이에 따라 유량감소의 폭도 커졌다. 첫 번째 구멍의 살포유량 490 ml에서 마지막 구멍의 살포량 270 ml로 220 ml가 감소되어 감소율 45%를 나타내었다.

그림 6, 7, 8은 일정한 간격에서의 압력에 따른 살포 중 유량을 나타내었다.

그림 6은 높은 압력에서는 살포 중에 살포량 감소는 적게 나타났다. 그러나 배관의 마찰저항에 의한 유량감소가 약간 있었다. 처음 구멍의 살포유량 2,180 ml에서 마지막 구멍의 살포유량 1,890 ml로 290 ml가 감소되었

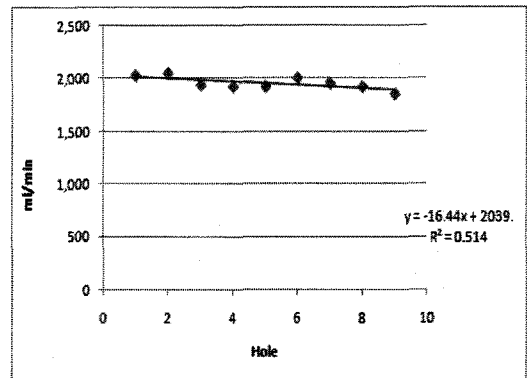


Fig. 6. Amount during spread by high pressure.

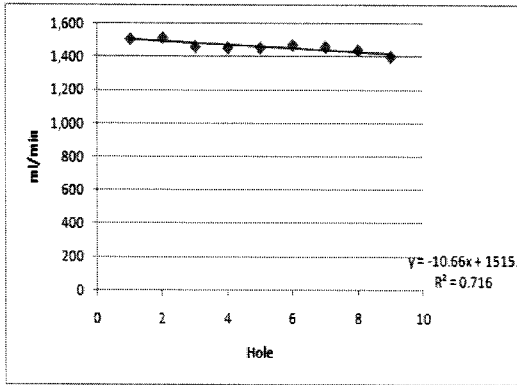


Fig. 7. Amount during spread by middle pressure.

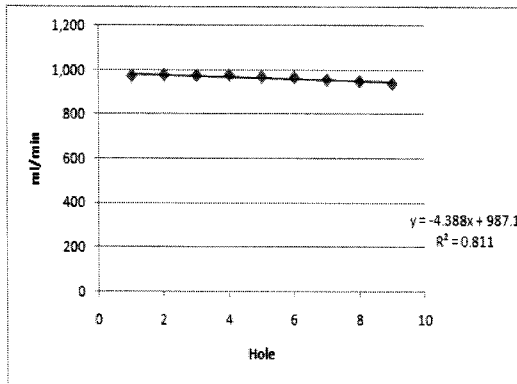


Fig. 8. Amount during spread by low pressure.

으며 감소율 13%를 나타내었다. 그림 7은 중간 압력에서 전반적인 살포량이 적어지며 마찰저항에 의한 유량 감소가 있었다. 처음 구멍의 살포유량 1,510 ml에서 마지막 구멍의 살포 유량 1,420 ml로 90 ml가 감소되었으며 감소율은 6%를 나타내었다. 그림 8은 낮은 압력에서는 전반적으로 살포량이 적어졌으며 배관내 마찰저항에 의한 살포량 감소는 작아지는 것으로 나타났다. 처음 구멍의 살포유량 990 ml에서 마지막 구멍의 살포 유량 950 ml로 40 ml가 감소되었으며 감소율은 4%를 나타내었다.

따라서, 살포량을 균일하게 하기 위해서는 살포간격을 조절한다든가 구멍의 크기를 달리함으로써 가능하다.

구멍간격을 전반부는 길게 후반부에 갈수록 짧게 하였다.

그림 9은 간격이 일정하지 않은 길이에서의 압력에 따른 초기 살포량이다. 높은 압력에서는 살포 중에 살포량 감소는 적게 나타났다. 그러나 배관의 마찰저항에 의한 유량 감소가 약간 있었다. 처음 구멍의 살포유량 1,450 ml에서 마지막 구멍의 살포유량 1,280 ml로 170 ml가 감소되었으며 감소율 12%를 나타내었다. 그림 10은 간격이 일정하지 않은 길이에서의 압력에 따른 살포 중 유량이다. 높은 압력에서는 살포 중에 살포량 감소는 적게 나타났다. 그러나 배관의 마찰저항에 의한 유량감소가 약간 있었다. 처음 구멍의 살포유량 1,620 ml에서 마지막 구멍의 살

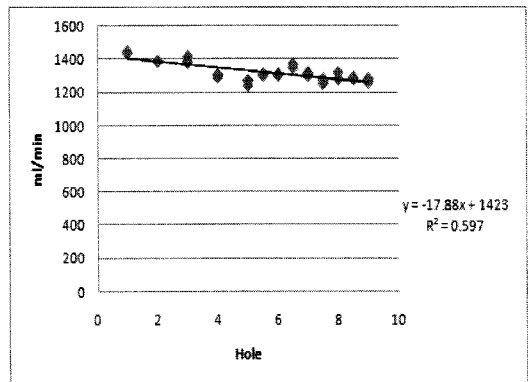


Fig. 9. Spread amount at begin by high pressure with different space.

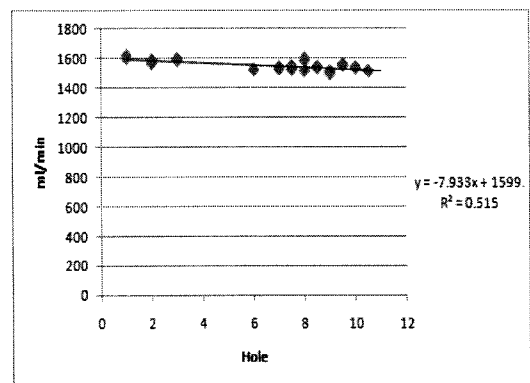


Fig. 10. Amount during spread by high pressure with different space.

포유량 1,510 ml로 110 ml가 감소되었으며 감소율 7%를 나타내었다.

따라서 배관의 길이가 길어지면 살포유량도 현저히 줄어들 수 있으므로 이와 같은 관계를 고려하여 배관에 구멍을 뚫어야 한다.

2. 현장실험

현장에서는 살포간격을 임의로 조절하기가 어려우므로 살포 구멍의 크기를 달리했다. 현장 실험 결과 초기 살포량은 배관길이에 따라 감소폭이 크며 압력이 작을수록 살포량이 감소한다. 살포 중 살포유량의 감소폭은 크지 않으나 마찰 저항에 의한 유량 감소가 있다. 배관내에 압력이 어느 정도 가해지는 것이 살포 균일도 측면에서 유리하다.

실험구에서 실험한 데이터로 부여 밤나무 밭에 적용하여 실험을 하였다. 액비탱크에 약 1톤의 액비를 채웠으며, 1차 지선의 배관 길이는 총 28m로 구멍의 크기는 1m~10m까지 4.5φ, 10m~20m까지 5φ, 20m~28m까지 5.7φ로 하여 구멍을 뚫었고 처음과 중간 끝 지점에서 살포량을 측정하였다. 그림 11, 12는 배관길이가 총 28m인 액비의 살포 중 유량을 측정한 결과 값이다.

그림 11은 첫 번째 구멍의 살포유량 2,870 ml에서 마지막 구멍의 살포량 6,740 ml로 3,870 ml가 증가되어 증가율 134%를 나타내었다. 증가율이 큰 폭으로 나타나 구멍의 크기를 조절하여야 만했다. 구멍의 크기를 바꾸어 1m~10m까지 5φ, 10m~20m까지 5φ, 20m~28m까지 5.7φ로 하여 구멍을 뚫었고 처음과 중간 끝 지점에서 액비 양을 측정한 그림 12는 첫 번째 구멍의 살포유량 4,150 ml에서 마지막 구멍의 살포량 5,980 ml로 1,830 ml가 증가되어 증가율 44%로 감소하였다.

2차 지선의 배관길이는 총 40m로 구멍의 크기는 1m~14m까지 4.5φ, 15m~28m까지 5φ, 29m~40m까지 5.7φ로 하여 구멍을 뚫었

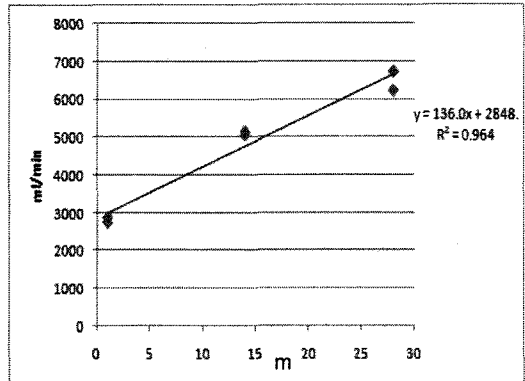


Fig. 11. Spread amount of first line in chestnut tree field.

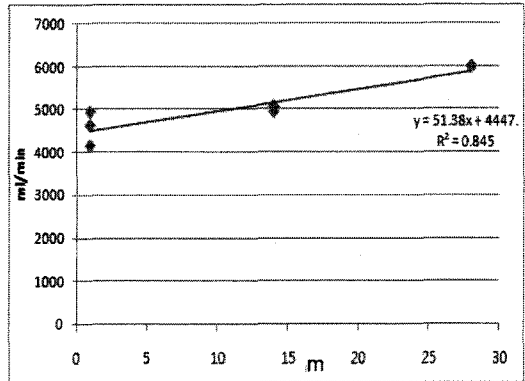


Fig. 12. Spread amount of first line during spread in the chestnut tree field (second test).

고 처음과 중간 끝 지점에서 액비량을 측정하였다. 그림 13은 액비가 살포 중 유량을 측정한 결과 값이다. 첫 번째 구멍의 살포유량 4,450 ml에서 마지막 구멍의 살포량 5,230 ml로 780 ml가 증가되어 증가율 18%를 나타내었다.

그림 14는 2차지선 1차 실험 데이터 값을 가지고 초기 살포 유량을 나타낸 그림이다. 액비가 배관 끝까지 도달 되는 시간은 약 10초가 소요되므로 살포 중 유량 값을 60초로 나누어 초당 나오는 값을 가지고 초기 살포 유량을 나타낸 그림으로 균일한 살포량을 보여주고 있다.

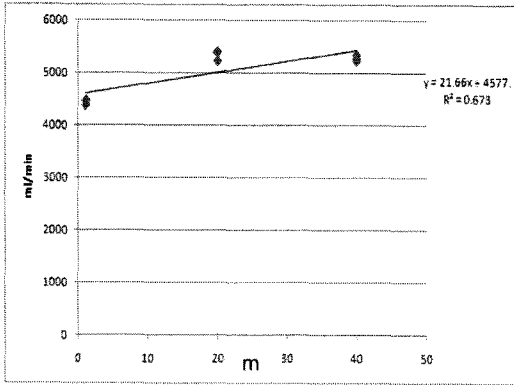


Fig. 13. Spread amount of second line in chestnut tree field.

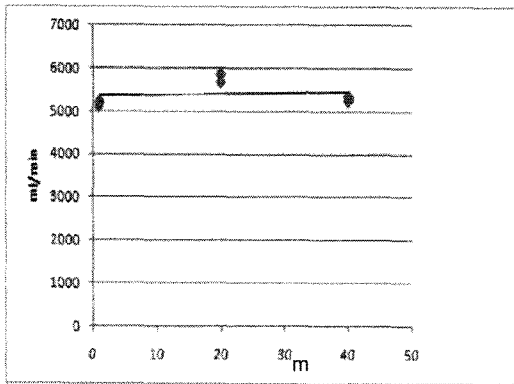


Fig. 14. Spread amount of second line at begin in the chestnut tree field.

시비 시 살포 소요시간은 주배관과 지선의 밸브를 열어주면 액비가 자동적으로 흘러나 오게 되어 있어 작업자는 다른 일을 할 수 있으므로 그다지 문제가 되지는 않는다.

3. 경사지 살포시스템

경사지에서 살포시스템은 평지와는 다르게 접근하여야 한다. 두 가지 방법을 고려할 수 있는데, 한 가지는 액비탱크를 위에 설치하고 분뇨차로 액비를 탱크에 저장한 후 필요한 시기에 밸브를 열어 자체압력에 의하여 살포하는 방법이다. 다른 방법은 액비탱크를 아래 설치하여서 분뇨차로 액비를 탱크에 저장한 후에 필요할 때 펌프를 이용하여 살포

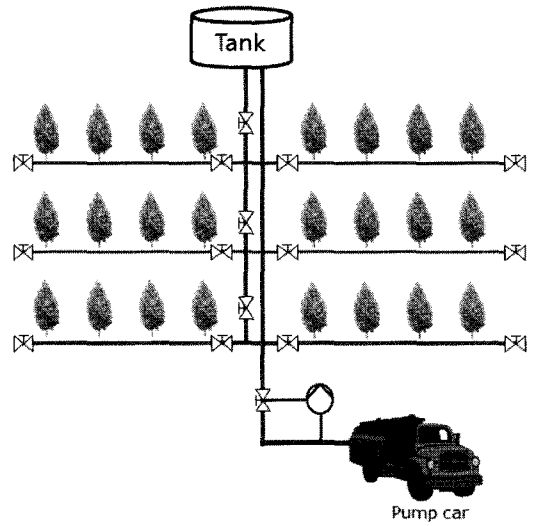


Fig. 15. Spreading system for a slope land with a tank at top.

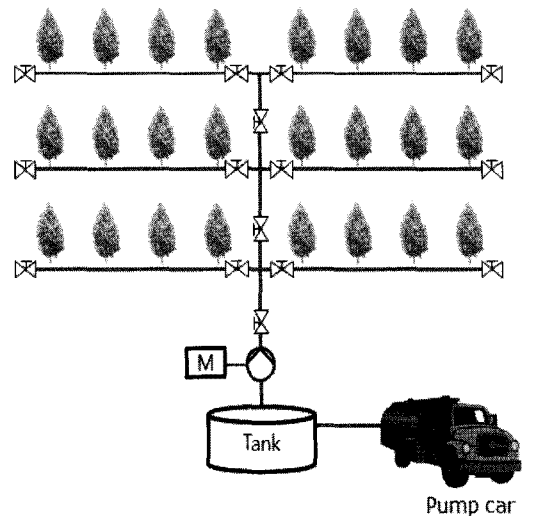


Fig. 16. Spreading system for a slope land with a tank at bottom.

를 하는 방법이다. 지역의 위치조건에 따라서 적합한 방법을 택하여야 한다.

요약 및 결론

본 연구는 수차례 액비 살포 모의실험을 거쳐 살포량 및 배관길이 관계를 규명하였다. 충청남도 부여군 은산면 가중리에서 약

1,000평의 면적에 액비탱크를 위에 설치한 경사지 살포시스템을 통하여 일정한 간격에서의 압력에 따른 초기 살포량과 일정한 간격에서의 압력에 따른 살포 중 유량을 측정하였다.

초기 살포량은 배관길이에 따라 감소폭이 크며 압력이 작을수록 살포유량이 감소하였고, 살포 중 살포유량의 감소폭은 크지 않으나 마찰저항에 의한 유량 감소가 있었다. 배관내에 압력이 어느 정도 가해지는 것이 살포균일도 측면에서 유리함을 나타내었다. 또한 구멍 간격 및 구멍크기를 조절함으로 살포량을 일정하게 유지할 수 있었다. 액비 살포 실험을 통해서 일괄적으로 한번에 고루 살포할 수 있는 생력화 및 작업의 편의성을 제공하였으며, 액비살포처의 확대를 도모할 수 있었다.

인 용 문 헌

1. 오인환, 갈원홍. 1999. 범농가차원의 액비

이용체계. 건국자연과학연구지 10(2) 211-216.
 2. 오인환, 김기덕. 2002. 벼수확 논에서 트랙터 견인형 액비살포기의 소요견인력 측정에 관한 연구. 축산시설환경학회지 8(2) 99-106.
 3. Isensee, E. and Thamsen, R. 1984. Verteilgenauigkeit fur Gullewagen. RKL-Schrift 4.2.0 889-916.
 4. Luoma, T. S. 1982. Ausbringen und Verteilen von Flussigmist. KTBL-Schrift 279, Landwirtschaftsverlag GmbH Munster-Hiltrup.
 5. Moser, E. 1984. Verfahrenstechnik Intensivkulturen, Pareys Studentexte 40.
 6. Oh, I. H., Lee, J. and Burns. R. T. 2004. Development and Evaluation of a MultiHose Slurry Application for Rice Paddy Fields. Applied Engineering in Agriculture Vol. 20(1). 101-106. American Society of Agricultural Engineers.