

가축분뇨수거 및 처리 기계장치 이용실태 조사

Survey of Manure Gather & Treatment Machinery Use

유병기* 오권영* 이성현* 최광재*
정희원 정희원 정희원 정희원
B.K.Yu K.Y.O S.H.Lee K.J.Choi

1. 서론

1996년 말 현재 우리 나라의 축종별 가축분뇨 발생량을 살펴보면 한·육우가 20,761톤 젖소 6,436톤, 돼지 14,270톤, 닭 3,628톤으로 나타났으며 가축사육규모가 커져 전업화 되어 가면서 전통적인 경종농업과 축산을 동시에 하여 축산분뇨를 퇴비로 자가 사용하는 경우가 적어지고 있으며, 호당 연간 분뇨처리 부담량이 축종에 따라 각각 4.5톤, 306.5톤, 432.4톤, 19.4톤에 이르러 가축분뇨청소 및 처리가 문제시 되고 있어서 축협과 환경부등에서 분뇨처리시설 표준설계도를 개발보급하고 있다. 그러나 분뇨처리용 기계의 이용실태 및 사용시의 문제에 대한 연구 및 분뇨 수거시설 및 기계장치에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 가축분뇨 수거 및 처리 기계장치의 이용실태를 조사 분석하여 문제점 제시 및 개량방안을 도출하기 위하여 본 연구를 수행하였다.

2. 재료 및 방법

한·육우는 사육두수는 많으나 호당 사육규모가 작아 대부분의 농가에서는 분뇨처리가 부담이 되지 않고 사육규모가 큰 경우도 낙농과 유사하므로 본 연구에서는 제외하였으며 닭은 육계의 경우에는 닭 출하 후 유기질비료업자에 의한 수거처리가 보편화되어 있어 농가 부담이 적으므로 산란계만을 대상으로 하였다.

그러므로 본 연구에서는 젖소, 돼지, 산란계의 도별 가축사육두수비율에 준하여 표본농가수를 정하고 사육규모별로 3수준으로 나누어 분뇨수거 방법 및 처리시의 기계장치이용실태를 분석하였다. 축산농가의 가축분뇨의 수거 및 처리의 작업실태를 조사분석하여 사용되는 기계·장치의 문제점 및 개선방안을 도출하고자 아래와 같은 농가를 조사분석하였다.

대상농가는 전업농가의 가축사육두수에 따라 젖소의 경우 경산우 30두 미만 6농가, 30~50두 8농가, 50두 이상 7농가의 21농가를 대상으로 하였으며, 돼지는 1000두 이하 7농가, 1001~2000두 6농가, 2001두 이상 5농가의 18농가였으며, 산란계는 4만수 이하규모 7농가,

*농촌진흥청 농업기계화연구소 (National Agricultural Mechanization Research Institute,RDA)

4~8만수 6농가, 8만수이상 6농가의 19농가를 대상으로 하였다. 또한 조사농가의 지역적 편중을 없게 하기 위하여 도별 해당 축종의 사육두수에 비례하여 농가를 배정하였다.

주요 조사내용은 분뇨수거를 위한 축사의 바닥형식과 분뇨수거방법 분뇨수거에 사용되는 기계장치 및 기계장치의 문제점과 분뇨처리장치 이용실태를 설문서에 의해 현지조사 하였으며 기계장치별 농가의 선호도 및 선호이유 등을 조사하여 문제점 및 개선방향을 제시하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 분뇨수거 기계장치 이용실태

(1) 낙농

축사의 분뇨수거장치의 이용실태는 축사의 구조에 따라 다르게 된다. 낙농에서는 계류식우사와 방사식우사에서 완전히 다른 구조를 가지게 되는데 계류식우사에서는 분뇨구를 이용한 분뇨분리 인력청소와 기계화된 곳에서는 반크리너를 이용한 수거를 하게 되나 최근에 들어와서는 계류식우사는 거의 찾아보기 힘들게 되었다. 또한 계류식우사인 경우도 우사개념보다는 착유실개념으로 사용되고 있었으며 우사는 깔집우사, 틈바닥우사, 등의 방사식우사가 97.3%로 대부분이었고 방사식우사중 깔집우사가 85.5%로 대부분을 차지하였으며 깔집우사에서는 트랙터용 그레이더 및 로더, 스킵로더 등으로 분뇨를 수거하였다. 틈바닥식에서는 소가 분뇨를 밟아서 틈바닥 밑으로 수거되었으며 후에 액비살포기로 뽑아서 초지에 살포하는 형식이었다. 스크레퍼식우사에서는 스크레퍼에 의해 매일 2~5회정도 수거되어 저장조에 저장후 초지나 사료포에 살포되고 있었다.

Table 1. Milking caw house floor type ratio. (%)

Floor type	Floor materia	Raising Scale			
		Small	Middle	Large	Average
Deep litter	Sawdust	34.0	59.8	60.5	51.4
	Rice bran	31.4	29.7	10.3	23.8
	etc	24.8	-	-	8.3
	sub total	90.2	89.5	70.8	83.5
Scraper		-	8.0	10.3	6.1
Slot		6.7	-	17.5	8.1
etc		3.1	2.5	1.4	2.3

- * etc : confined system
- * unit is area percentage
- * Raising Scale
 Small : less than 30 caw head
 Middle : 31~50 head
 Large : more than 50 head

낙농농가의 분뇨수거형식에 대한 선호도를 조사한 결과 대부분의 농가에서 깔짚우사식을 선호하는 것으로 나타났으며 이유는 뇨 및 오수처리가 용이하기 때문인 것으로 사료되었다.

Table 2. Preference ratio of gather type of feces and urine (%)

Type	Raising Scale			
	Small	Middle	Large	Average
Deep litter	100	75	71	82
Scraper	-	13	29	14
Slot	-	13	-	4

분뇨운반에 사용하는 기계로는 트랙터용 트레일러가 가장 많이 사용되고 있었으며 사육규모가 큰 경우일수록 액비살포기 이용율이 증가하는 경향이 나타났다. 이것은 우리나라 낙농가의 경우 대규모농가가 아닌 경우는 초지의 확보가 어렵기 때문인 것으로 판단되었다.

Table 3. State of transfer of feces and urine (%)

Item	Raising Scale			
	Small	Middle	Large	Average
power-tiller trailer	17	25	-	10
truck	17	50	-	24
tractor trailer	83	38	75	67
Vacuum tank spreader	-	13	50	24

대부분의 낙농가에서는 다른 축종 축산농가와와는 달리 옥수수밭 등의 사료포가 있어서 사료포에 시용하여 자가에서 소비하는 것으로 나타났다.

Table 4. State of manure treatment (%)

Item	Raising Scale			
	Small	Middle	Large	Average
Use on grassland	100	63	71	78
Sale	-	25	29	18
etc.	-	12	-	4

착유실의 오수처리실태를 조사하여본 결과 간이활성오니조를 이용한 정화후 방류나 저장 후 포장살포 등으로 오수가 처리되는 경우가 36%이고 다단정화조 정화나 방류등으로 오수가 제대로 처리되지 않는 경우가 많았다. 다단정화조는 정부시책으로 액비화시설로 보급되었으나 대부분의 농가에서는 고품분 침전 후 방류 시설로 이용하고 있었다.

Table 5. Sewage disposal on milking parlour (%)

Item	Raising Scale			
	Small	Middle	Large	Average
Spread on grassland	33	-	29	21
Simplified activated sludge process	17	-	29	15
Multi clarification	17	25	29	24
Discharge	17	63	14	31
etc.	17	12	-	9

갈집우사 분뇨처리이용실태를 조사한 결과 대부분의 농가에서 트랙터용 로더나 그레이더를 사용하여 갈집을 교환하는 것으로 나타났으며 사육규모가 증가할수록 작업량이 많아지므로 전용기인 스킨로더의 사용비율이 증가하는 것으로 나타났다.

Table 6. Manure treatment on deep litter barn (%)

Item	Raising Scale			
	Small	Middle	Large	Average
Tractor loader, grader	67	71	50	63
Back hoe	17	-	17	11
Skid loader	17	29	33	26

갈집우사의 관리에 있어서 갈집재를 오래사용하려면 교반작업이 필수적이거나 대부분의 농가에서는 교반작업을 하지 않아 갈집의 이용기간이 단축되는 경향이 나타났으며 교반시에는 트랙터로더리를 주로 사용하는 것으로 나타났다.

Table 7. Stirring process of litter (%)

Item	Raising Scale			
	Small	Middle	Large	Average
None stirring	100	86	83	90
Stirring by tractor rotary	-	14	17	10

Table 8. Period of litter usage (%)

Item	Raising Scale			
	Small	Middle	Large	Average
less than 2 month	17	57	17	32
2~6 month	66	29	33	42
6 month~1 year	17	-	17	10
more than 1 year	-	14	33	16

(2) 양돈

양돈에 있어서도 분뇨는 돈사의 바닥에 형식에 따라서 수거 및 처리에 영향을 미치며 바닥의 형식은 사육지역에 따라 사육단계에 따라 사육자의 취향에 따라 다양하게 나타났다. 사육단계별 돈사바닥재의 이용실태를 조사한 결과 모돈사 분만사 자돈사는 여러 가지 형태가 고르게 나타난 반면 비육·육성돈사에서는 콘슬랏이 주를 이루었으나 선호도에서는 트라이바가 사육단계에 관계없이 선호도가 비교적 높게 나타났으며 콘슬랏도 비육·육성돈사에서는 절반이상의 농가에서 선호하였다. 이는 트라이바가 돼지사육에는 좋으나 가격이 고가이므로 사육환경에 덜 민감한 비육·육성돈사에서는 저가의 콘슬랏을 선호하는 것으로 나타났다.

Table 9. State of pig cage floor material (%)

Item		Raising Scale			
		Small	Middle	Large	Average
Sow	Concrete	43	33	-	25.3
	Con-slot	14	33	40	29.0
	Round bar	29	17	20	22.0
	Plas-bed	-	-	20	6.7
	Tri-bar	-	-	20	6.7
	etc.	14	17	-	10.3
	sub total	100	100	100	100.0
Suckling sow	Concrete	29	17	20	22.0
	Con-slot	14	17	20	17.0
	Round bar	14	17	20	17.0
	Plas-bed	14	17	40	23.7
	Tri-bar	14	17	-	10.3
	etc.	14	17	-	10.0
	sub total	100	100	100	100.0
Piglet	Concrete	44	-	-	14.7
	Con-slot	14	17	20	17.0
	Round bar	14	33	20	22.3
	Plas-bed	14	17	40	23.7
	Tri-bar	-	17	20	12.3
	etc.	14	17	-	10.0
	sub total	100	100	100	100.0
Hog	Concrete	14	-	-	4.7
	Con-slot	29	33	60	40.7
	Round bar	29	17	20	22.0
	Plas-bed	-	-	20	6.7
	Tri-bar	-	17	-	5.7
	etc.	29	33	-	20.2
	sub total	100	100	100	100.0

Table 10. Preference of pig cage floor material (%)

Item		Raising Scale			
		Small	Middle	Large	Average
Sow	Concrete	-	-	20	6.7
	Con-slot	14	33	40	29.0
	Round bar	14	17	-	10.3
	Plas-bed	14	-	20	11.3
	Tri-bar	58	33	20	37.0
	etc.	-	17	-	5.7
	sub total	100	100	100	100
Suckling sow	Concrete	-	-	20	6.7
	Con-slot	-	-	20	6.7
	Round bar	14	17	-	10.3
	Plas-bed	14	-	40	18.0
	Tri-bar	72	67	20	53.0
	etc.	-	17	-	5.3
	sub total	100	101	100	100
Piglet	Concrete	-	-	-	0.0
	Con-slot	-	-	20	6.7
	Round bar	14	17	-	10.3
	Plas-bed	14	17	40	23.7
	Tri-bar	72	50	40	54.0
	etc.	-	17	-	5.3
	sub total	100	101	100	100
Hog	Concrete	-	-	-	-
	Con-slot	29	67	60	52.0
	Round bar	14	-	-	4.7
	Plas-bed	-	-	20	6.7
	Tri-bar	57	17	20	31.3
	etc.	-	17	-	5.3
	sub total	100	101	100	100.0

※ Small : less than 1000 head, Middle : 1001~2000 head, Large : more than 2000 head

분뇨수거장치의 이용실태를 조사하여본 결과 모돈사, 분만돈사 등에서는 인력, 슬러리, 스크레퍼 순으로 사용되고 있었고 비육·육성돈사에서는 스크레퍼, 슬러리, 인력 순으로 이용되는 실태였으나 선호도에서는 모돈사, 분만돈사 등에서는 슬러리, 스크레퍼, 인력 순으로 비육·육성돈사에서는 스크레퍼, 슬러리 순으로 나타났으며 인력을 선호한 농가는 없었다. 이는 모돈사, 자돈사, 분만돈사에서는 환경관리가 중요하고 분뇨배설량이 적으므로 인력에 의한 관리 또는 무창돈사에 의한 슬러리시스템 등이 선호될 수 있으나 비육·육성돈사에서는 분뇨배설량이 많으므로 스크레퍼나 슬러리 시스템이 선호되는 경향이 높았으며 특히 전라도와 경상도 등의 남부지방이 슬러리 시스템 선호도가 높았는데 이는 퇴비판매가 용이하고 왕겨등의 수분조절제 수급이 용이하기 때문인 것으로 판단된다.

Table 11. State of manure gather type (%)

Table 12. Preference of manure gather type (%)

Item		Raising Scale			
		Small	Middle	Large	Average
Sow	Manual labor	57	33.3	40	43.4
	Slurry system	43	33.3	40	38.8
	Scraper	-	33.3	20	17.8
	sub total	100	100	100	100.0
Suckling sow	Manual labor	57	33.3	40	43.4
	Slurry system	43	33.3	40	38.8
	Scraper	-	33.3	20	17.8
	sub total	100	100	100	100.0
Piglet	Manual labor	57	33.3	-	30.1
	Slurry system	43	33.3	40	38.8
	Scraper	-	33.3	40	24.4
	etc.	-	-	20	6.7
	sub total	100	100	100	100.0
Hog	Manual labor	14	-	-	4.7
	Slurry system	57	17	20	31.3
	Scraper	29	66	60	51.7
	etc.	-	17	20	12.3
	sub total	100	100	100	100.0

Item		Raising Scale			
		Small	Middle	Large	Average
Sow	Manual labor	14	-	20	11.3
	Slurry system	72	50	20	47.3
	Scraper	14	50	60	41.3
	sub total	100	100	100	100.0
Suckling sow	Manual labor	14	-	20	11.3
	Slurry system	72	50	20	47.3
	Scraper	14	50	60	41.3
	sub total	100	100	100	100.0
Piglet	Manual labor	14	-	-	4.7
	Slurry system	72	50	20	47.3
	Scraper	14	50	60	41.3
	etc.	-	-	20	6.7
	sub total	100	100	100	100.0
Hog	Manual labor	-	-	-	-
	Slurry system	57	17	20	31.3
	Scraper	43	83	60	62.0
	etc.	-	-	20	6.7
	sub total	100	100	100	100.0

양돈분뇨의 처리에는 분뇨혼합발효처리방법, 분뇨분리분발효 노저장후 포장살포, 분발효퇴비화 노활성오니처리 등의 다양한 방법들이 사용되고 있었으며 한농가에서 2가지 이상의 방법을 동시에 사용하는 경우가 많았다. 한가지 방법에 의한 처리가 쉽지 않음을 나타내고 있었다.

Table 13. State of manure treatment type (%)

Item	Raising Scale			
	Small	Middle	Large	Average
Fermentation mixed feces and urine	14	33	-	15.7
Fermentation feces+ Spray urine	29	-	20	16.3
Consignment	14	-	20	11.3
Use of mixer and fermentation	29	50	20	33.0
Fermentation feces+Activated sludge process	-	17	40	19.0
etc.	14	-	-	4.7
Total	100	100	100	100.0

(3) 양계(산란계)

산란계사는 개방계사와 무창계사가 있으며 주로 개방계사에서는 A형케이지에서 닭을 사육하고 무창계사에서는 직립식케이지에서 닭을 사육하고 있었다. 직립식케이지에서 대부분 벨트식을 사용하고 있었으며 A형케이지에서 스크레퍼식과 벨트식 두가지를 비슷한 비율로 사용하고 있었으나 스크레퍼식으로 계분을 제거하는 곳에서는 계분의 흡수율이 높아 계분처리시에 수분조절제가 많이 필요하게 되어 거의 대부분의 농가에서 벨트식을 선호하고 있었다.

Table 14. State of lay hen house type (%)

Item	Raising Scale			
	Small	Middle	Large	Average
Open-sided lay hen house	95	81	51.5	75.8
Windowless lay hen house	5	19	48.5	24.2
Total	100	100	100	100.0

Table 15. State of lay hen cage type (%)

Item	Raising Scale				
	Small	Middle	Large	Average	
type A	High-rising	95	73.1	51.5	73.2
	Low-rising	-	7.7	6.1	4.6
type standing erect	5	19.2	42.4	22.2	
Total	100	100	100	100.0	

Table 16. Preference of lay hen cage type (%)

Item	Raising Scale				
	Small	Middle	Large	Average	
type A	High-rising	85.7	66.6	-	50.8
	Low-rising	-	16.7	-	5.5
type standing erect	14.3	16.7	100	43.7	
Total	100	100	100	100.0	

Table 17. State of lay hen feces gather type (%)

Item	Raising Scale			
	Small	Middle	Large	Average
Scraper	45	46.1	36.4	42.50
Belt	55	46.1	60.6	53.9
etc.	-	7.8	3.0	3.6
Total	100	100	100	100.0

Table 18 Preference of lay hen feces gather type (%)

Item	Raising Scale			
	Small	Middle	Large	Average
Scraper	100	83	100	94.3
Belt	-	-	-	-
Loader (High-rising)	-	17	-	5.7
Total	100	100	100	100.0

* Small : less than 40,000 head, Middle : 40,001~80,000 head, Large : more than 80,000 head

계분배출장치로는 스크래퍼 수거시설에서는 축사간 스크레이퍼나 스크류오거가 주로 사용되었고 벨트식에서는 컨베이어벨트가 사용되었다.

Table 19. State of lay hen feces exhaust type (%)

Item	Raising Scale			
	Small	Middle	Large	Average
Screw auger	22	30	17	23.0
Scraper	33	10	50	31.0
Conveyer belt	45	60	33	46.0
Total	100	100	100	100.0

계분처리에서는 사육규모가 작은 경우에는 업자수거와 자연건조가 많으나 사육규모가 커짐에 따라 발효교반기나 원형건조기등의 기계장치의 이용이 증가하는 것으로 나타났다. 업자수거의 경우는 대부분 남부지방에서 벨트식에 의해 수거된 분뇨로 함수율이 낮아 유기질 비료업자가 무상수거를 하는 경우였으며 자연건조의 경우는 스크래퍼로 수거한 분을 계사면적보다 넓은 비가림 건조장에서 건조하는 것이었다.

Table 20. State of lay hen feces treatment type (%)

Item	Raising Scale			
	Small	Middle	Large	Average
Use of mixer and fermentation	28.6	33.3	33.3	31.7
Circle type dryer	-	-	33.3	11.1
Mix with loader	-	16.7	16.7	11.1
Natural dry	28.6	33.3	-	20.6
Consignment gather	42.8	9.0	10.6	20.8
etc.	-	7.7	6.1	4.6
Total	100	100	100	100.0

나. 축종별 기계장치 문제점 및 대책

(1) 낙농

갈집우사에서는 뇨오수의 처리를 따로 할 필요가 없으나 톱밥등의 갈집재의 가격상승과 수급곤란으로 충분한 수분조절재를 확보하지 못하여 갈집교환주기가 짧아지는 경향이 있었으며 마사토를 수분조절재 대용품으로 사용하면 갈집 수요를 어느정도 해소할수 있다.

툼바닥우사와 스크래퍼우사는 프리스틀이 설치된 우사에 사용되나 아직 우리나라에서는 프리스틀의 사용에 대한 기술부족으로 젖소가 프리스틀을 나와 통로에 눕워서 발과 다리를 상하는 경우가 많아 프리스틀 이용기술이 확립되기 전까지는 권장하기에 적당하지 않다고 판단된다.

낙농분뇨처리시설에 대해 우사와 운동장중심으로 지원되고 연구되어 와서 착유실오수의 처리가 미흡하였다. 조사대상농가의 64%가 정상 정화처리되지 않은 상태로 방치되고 있어서 저장후 액비발효조 및 간이활성오니시설 등에 대한 지원이 필요한 것으로 판단되었다.

(2) 양돈

양돈에서의 분뇨수거는 스크레퍼가 중심이 되지만 스크레퍼에 사용되는 철와이어는 수명이 6개월 미만으로 와이어파손시 작업자가 분뇨구 밑으로 들어가 작업을 하여야 하는 고역작업이 잦다. 그러나 와이어를 스테인레스스틸 와이어나 나일론와이어로 교환시에는 2년 이상의 수명이 보장되므로 2년에 1회씩 교환하면 된다.

조사대상 농가에서 사용되고 있는 스크레퍼의 형태는 아래 그림과 같은 5가지가 있었으며 type I 은 주로 분뇨분리를 하지 않고 혼합처리 하는 경우이며 type II, III, IV, V는 분뇨를 분리 처리하는 경우에 사용하는 것으로 type V는 뇨·오수구 및 뇨·오수구 청소장치가 설치되어 있어서 뇨·오수 분리는 가장 우수하나 비트 양면의 기울기를 정확하게 시공하지 않은 경우는 뇨·오수구의 PVC판이 파손되는 등의 문제가 발생하고 시공비가 비싸서 농가 선호도가 낮았다(11%). type III은 설치비용은 저렴하고 분뇨분리가 가능하여 농가 선호도가 가장 높았으나(67%) 가동중 스크레퍼가 한쪽으로 쏠리려는 경향이 있었다. 분뇨분리효율을 높이고 시공비를 줄이기 위하여는 type III의 아래부분에 뇨·오수구 및 뇨·오수구 청소장치를 설치하는 시설이 개발되어야 할 것으로 판단되었다.

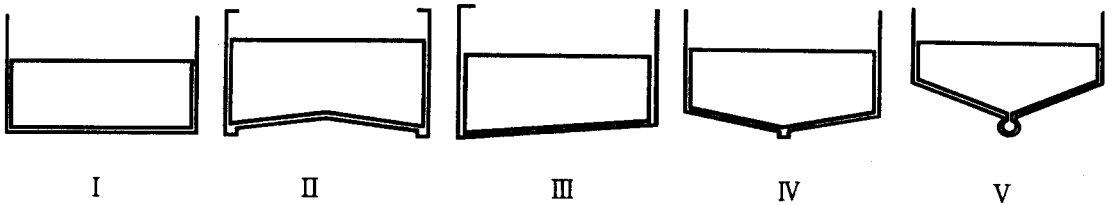


Fig 1. State of scraper types

(3) 양계(산란계)

벨트식으로 분뇨를 수거한 경우에 스크레퍼로 수거한 경우보다 함유율이 낮아 조사농가의 경우 톱밥 등의 수분조절재의 사용량이 절반이하만으로도 충분하였으므로 시설비는 벨트식이 스크레퍼의 4배가 들어가지만 1년 이내에 수분조절재 비용절감분으로 회수될수 있는 것으로 분석되었다. 수분조절재의 수급이 점점 어려워지는 점을 고려할 때 산란계용 스크레퍼를 벨트식으로 교환이 필요한 것으로 판단된다.

4. 요약 및 결론

낙농, 양돈, 산란계 농가들의 분뇨수거 및 처리시설 기계장치 이용실태를 조사하여 사육규모별로 분석하여 본 결과 주요 내용은 다음과 같았다.

- 낙농에서는 축사의 83.5%가 톱밥이나 왕겨 등을 이용하는 깔집축사 형식으로 분뇨는 깔집재와 같이 우상에서 발효 후 트랙터 로더 등으로 수거하는 형식이었으며 78%의 농가가 생산한 분뇨를 사료포나 초지에 퇴비로 사용하고 있었다.
- 돈사의 분뇨수거를 위한 바닥재 이용실태를 조사한 결과 모돈사, 분만사, 자돈사에서는

여러 가지 다양한 바닥재가 사용된 반면 비육육성돈사에서는 콘슬랏이 40.7%로 많이 사용되었고 트라이바는 사육단계에 관계없이 31.3%~54.0%로 선호도가 높았으나 콘슬랏은 비육육성돈사에서만 선호도가 높았다.

- 돈사의 분뇨수거방식에 있어서는 모돈사, 분만사, 자돈사에서 인력식이 많았으나 비육돈사에서는 스크레퍼식이 51.7%로 많았고 선호도도 62.0%로 높았다.
- 계사의 분뇨수거형식으로는 스크레퍼와 벨트식이 사용되고 있었으나 수분조절재 구입난 등으로 분의 함수율이 낮게 수거되는 벨트식이 합리적인 것으로 나타났고 선호도도 94.3로 높게 나타났다.
- 낙농에서는 착유실의 오수에 대한 연구 및 지원부족으로 조사농가의 64%가 적절한 처리 없이 방치되고 있는 실정으로 착유실오수처리 시설에 대한 연구 및 지원이 시급한 것으로 나타났다.
- 양돈스크레퍼는 대부분의 농가에서 철와이어를 사용하고 있으나 수명이 6개월 미만으로 수명이 2년 이상인 스테인레스와이어나 나일론와이어로 교체가 요망된다.

5. 참고 문헌

1. 농촌진흥청, 1995, 가축분뇨처리 시스템 개선 및 자원화기술 개발 제2차 년도 보고서
2. 정태영, 1997, 축산시설기계학 p319~348
3. 축산기술연구소, 1995, 가축분뇨 자원화를 위한 기술 지침서
4. 건국대학교 동물자원연구센터, 1995, '94가축분뇨처리에 관한 연구,
5. 한국육류수출입협회, 1995, 수출돈생산단지의 분뇨처리시설 표준화에 관한 조사연구
6. 한국축산시설환경학회, 1996, 가축분뇨의 자원화처리모델
7. 축협중앙회, 1995, 젓소사육시설과 환경관리
8. 축협중앙회, 1996, 가축노오수처리 및 법령
9. 農文協, 1993, 축산환경대책대사전
10. 축협중앙회, 1994, 퇴비화시설의 설계
11. 축협중앙회, 1997, 축산분뇨처리사업홍보교육