

우분뇨의 성분 및 활용방안



오인환

건국대 자연과학대학 농업기계공학과 교수

1. 서론

가축분뇨를 처리하는 방식에는 여러가지가 있지만 그 가운데에서도 자원화하여 비료로 활용하는 방안이 가장 보편적이다. 가축분뇨를 토양에 환원하여 지력을 증진시키고 화학비료를 대체하는 효과를 갖는다. 낙농육우의 사육에서는 입지조건도 이상적이어서 쉽게 실용화가 가능하다. 담당부서에서는 살포기준, 조건 등을 마련하여서 처리체계를 정상제도에 올려 놓고자 노력하고 있다. 물론 과다 살포 방지라든가 살포시기에 대한 제약도 따른다. 이러한 방식을 실용화하기 위하여는 무엇보다도 가축분뇨에 대하여 잘 알고 있어야 한다. 처리상태에 따라서 성분

하는 경우에도 처리조건에 따라서 성분에 약간의 변화가 있다. 따라서, 처리방식에 따른 성분변화를 살펴봐야 양축농가에 도움이 되고자 한다.

2. 우분뇨의 성분

가축배설물에 함유되어 있는 성분은 크게 유기물과 비료성분으로 구분된다. 분뇨는 최종적으로 가축이 섭취하는 사료에 의하여 영향을 받는데, 소화율과 사료의 성분함량에 따라 분뇨의 양도 다르게 배설된다. 소의 경우에는 섭취한 사료의 유기물 중에서 35%가 배설물에 함유되어 있는 것으로 알려져 있다. 비료성분에 있어서는 이보다 배설율이 높아서 질소의 경우에는 70~80%, 인은 80%, 칼리는 약

90~95%로 되어있다. 이러한 사실에 비추어 볼 때 그동안 분뇨의 비료가치에 대하여 너무 소홀히 하지는 않았나 하는 생각이 든다. 사료작물에 함유된 성분 중 대부분이 유기질 비료로서 다시 토양으로 환원되는 결과이다.

배설되는 비료성분은 분과 뇨에 다르게 함유되어 있다. 질소와 칼리는 많은 양이 뇨로, 인은 거의 100%에 가깝게 분으로 배설된다. 유기물은 거의 대부분이 분에 함유되어 있기 때문에 분은 C/N비가 크며 뇨는 그와 반대로 작다.

분과 뇨의 배설량과 마찬가지로 비료성분함량도 축종과 체중(연령), 가축의 생산능력에 의하여 영향을 받는다 (표 1,2).

순소비율에 있어서 체중과 그것

가축분뇨의 자원화 방안

표 1. 비육우의 체중에 따른 배설물중의 비료성분량

체 중	g / 두. 일					
	N	PTMO ∞	K TM O	CaO	MgO	Na TM O
	질소	인산	칼리	칼슘	마그네슘	나트륨
150kg	83	44	74	32	17	12
200kg	88	55	78	43	20	18
250kg	120	66	104	53	27	20
350kg	170	89	157	73	35	23
450kg	190	110	169	92	40	32

표 2. 산유량에 따른 분뇨의 비료성분량

산유능력 kg / 년	g / 두. 일					
	N	PTMO ∞	K TM O	CaO	MgO	Na TM O
4000	260	133	325	140	60	28
4500	270	149	325	154	63	35
5000	270	160	313	154	65	39
5500	280	170	301	154	66	40
6000	290	176	289	168	66	43

에 의한 사료섭취가 증가함에 따라 배설되는 비료성분량도 많아지는 것을 알 수 있다. 그러나, 비료성분의 비율은 거의 동일하게 유지된다.

젖소에 있어서 산유능력에 따라 비교하면 사정이 약간 달라진다. 배설물에 있어서 N-P-K의 비율에 변화가 있다. N과 P가 풍부한 농후사료의 급여에서는 산유능력이 커짐에 따라 N과 P의 배설은 증가하나 K의 배설은 감소한다. 위의 예로부터 배설량과 비료성분 함량은 사육환경에 따라서 약간 변할 수 있다는 것을 알 수 있다.

3. 슬러리의 이용

유기질 비료로서 슬러리를 이용

하기 위하여는 성분 즉, 건물함량, 비료성분과 특성(유체성질과 침전성)을 알고 있어야 한다. 비료성분은 축종과 가축의 연령, 사료급여 방법, 물의 이용, 사육방법 등에 의하여 영향을 받는다. 따라서, 슬러리의 조성과 특성은 다양할 수밖에 없다. 수분함량에 따라서 건물함량과 비료성분량이 크게 변한다. 여기에 살포하기 전에 현장에서 충분히 교반하지 않는 경우가 허다하며, 이러한 불충분한 교반은 결과적으로 농경지에 살포하는 슬러리의 건물량과 비료성분에 차이가 많게 한다. 실제로 샘플을 수집하여 분석한 결과에 의하면 소의 경우에 건물함량이 1~15% 사이에서 변하고 있다. 이러한 큰

변동의 폭은 사료급여방법의 차이와 수분첨가에만 의한 것은 아니다라는 것을 알게 한다. 잘 교반된 슬러리의 건물함량은 평균치의 범위에 있다. 비료성분은 거의 건물함량에 의하여 결정된다. 건물함량과 밀접한 관계에 있는 것이 질소와 인이고, 칼리와 마그네슘, 그리고 구리함량은 그러하지 아니하다. 질소와 인은 일정한 분량이 유기결합 형태로 존재한다. 슬러리에 있어서 칼륨과 마그네슘의 결합물은 그에 반하여 물에 잘 용해된다.

여러 종류의 슬러리에 있어서 흔히 암모니아 질소를 분석하여 총질소함량을 알아내기도 한다. 총질소에 대한 암모니아 질소의 비율은 소의 경우에는 돼지나 닭보다 낮다. 실험에 의하면 총질소 중 암모니아 질소의 비율은 소의 경우에 35~81%의 범위로 평균 55%를 나타낸다. 돼지의 경우에 71%, 닭의 경우에는 58%로 나타났다. 건물함량 외에도 축종에 따라서 슬러리의 비료성분 함량이 좌우된다. 소의 슬러리에는 칼리가 상대적으로 풍부하고 돼지 슬러리에는 질소, 인, 구리, 그리고 닭의 슬러리에는 질소, 인, 석회와 풍부하다.

건물함량이 일정하더라도 사료급여 방법에 따라서 성분에 차이가 있다. 소의 경우에 있어서 산유능력이 증가하고 이에 따른 농후사료의 증가에 의하여 분뇨에서는 인의 함량이 증가한다(표3).

표 3. 건물함량에 따른 비료성분

건물함량%	kg/m ³						
	유기물	N	PTMO	KTMO	CaO	MgO	Cu
5	35.9	2.3	1.2	2.8	1.3	0.4	0.003
10	71.9	4.6	2.4	5.6	2.5	0.7	0.005
15	107.8	6.9	3.6	8.4	3.9	1.1	0.008

표 4. 폭기전과 후의 슬러리의 비료성분

	1 농가		2 농가		3 농가		4 농가	
	1)	2)	1)	2)	1)	2)	1)	2)
총질소N%	0.49	0.48	0.51	0.49	0.51	0.49	0.61	0.58
KTMO%	0.28	0.28	0.28	0.29	0.36	0.36	0.30	0.29
PTMO%	0.17	0.16	0.18	0.18	0.22	0.23	0.17	0.19

1)폭기전 2)폭기후

표에 주어지는 건물함량에 따른 비료성분의 평균치는 다만 임의의 경우에 대한 근거를 제시할 뿐이다. 분석에 이용되는 샘플은 사전에 충분히 교반되어야 한다는 것도 잊지 말아야 한다.

4. 슬러리의 호기성 처리

제분작업에 소요되는 노동력을 절약하기 위하여 분뇨분리처리에서 분뇨혼합처리로 변환하고 있다. 분뇨혼합처리방법도 분리처리와 비교할 때 몇가지의 문제점을 안고 있다. 즉, 슬러리의 저장과 살포시에 악취의 발생, 자체 살균력의 감소, 저장중 층의 분리로 인한 비균질성, 저장비용의 증가, 특정한 조건에서는 슬러리의 추비로 인한 폐해, 사료작물의 오염 등 이러한 제반문제를 해결하기 위하여는 슬러리의 특성을 개선하여야 한다. 슬러리의 처리방법으로는 폭기, 분리, 그리고 혐기성 소화 등이 있다. 슬러리에 폭기를 하여주면 살

포시에 악취를 감소하게 하며 병원성 미생물을 사멸하고 사료작물의 오염도를 경감하여 비료효과를 개선한다.

저장중에는 혐기성으로 분해가 이루어지며, 이 과정에서 암모니아 가스, 유화수소, 유기산 등의 악취를 유발하는 분해산물들이 발생한다. 이러한 물질들이 슬러리의 교환, 액비살포기에 충전, 농경지에 살포할 때 휘산되며 악취를 발생하게 한다.

폭기를 할 때 유의할 점은 가능한 많은 공기가 저장탱크내에서 잘 분산되도록 하여, 호기성의 조건을 제공하여 주는 것이다. 호기성 미생물에 의하여 발생하는 분해산물에서는 악취가 적다. 강하게 폭기된 슬러리에서는 악취가 거의 발생하지 않는다.

단시간의 폭기에 의하여 비료성분에는 약간 변화가 있었다 (표4) 폭기가 강하게 행하여지지 않으면 총질소의 손실도 관행적인 저장

과 비교할 때 그다지 크지 않다. 실험에 의하면 질소손실은 10% 미만으로 나타났다. 슬러리를 폭기함으로써 시비효과가 개선되었다는 보고는 없다. 폭기의 장점은 슬러리의 유체특성개선으로 추비시에 작물에 부착되는 것을 적게 할 수 있는 점이다. 슬러리가 빨리 흘러 내림으로서 잎의 탄소동화작용을 증가시킬 수가 있고, 비료성분은 빨리 뿌리부분에 도달하게 된다.

5. 슬러리의 고액분리

슬러리를 고액분리하면 고형물과 액상의 물질로 분리되어 두 종류의 균질한 비료성분을 얻는다. 분리액체의 저장중에서는 침전층과 부유층의 분리문제가 생기지는 않는다. 그래도 살포전에 균질을 하여주는 것이 좋다. 이러한 액상물은 점도가 낮아서 정확한 살포가 가능하다. 살포 시에 악취문제를 고려하여야 하는 경우에는 액상물을 폭기하여 주어야 하는데, 이 경우에도 에너지의 요구가 적다. 액체는 직접 살수도 가능하다.

이러한 많은 장점외에 몇가지의 단점도 있다. 고액을 분리하면 두 개의 분리된 저장소가 필요하다. 전체적으로 슬러리의 양이 감소되지 않기 때문에 동일한 저장용량이 요구된다. 고형물을 퇴비로 이용할 경우에 액비살포기외에도 퇴비살포기가 필요하다. 양질의 퇴비를 만들기 위하여는 여러번의 뒤집기를 하여 주어야 하는데, 여기에 노동력이 소요된다. 고액분리는 상대적으로 비싼점을 지적할 수 있다.

고액분리에 의하여 성분의 조성

가축분뇨의 자원화 방안

도 달라진다. 슬러리 중의 인은 주로 유기물과 결합되어 있기 때문에 액상물에는 인이 적게 함유되어 있고, 고형물에는 상대적으로 많이 함유되어 있다. 또한 칼슘과 마그네슘도 액상물보다 고형물에서 높은 함량을 나타낸다. 칼륨과 질소에 있어서는 이에 반하여 별로 차이가 없다. 액상물은 주로 N/K-비료이고, 고형물은 N-, P-, K-, Ca-, Mg-비료라고 할 수 있다. 단기간의 비료효과는 무엇보다도 잘 용해가 되는 질소의 함량에 의하여 결정된다. 액상물에서는 잘 용해되는 질소가 총질소의 70~80%나 되는데 반하여 고형물에는 20~30% 밖에 되지 않는다. 작물 시험결과에 의하면 동일한 질소량에 있어서 액상물의 질소효과가 슬러리의 것보다 나은 것으로 나타났다. 고형물은 확실히 질소의 직접

적인 효과는 적으나 다음 작물에 대한 지속효과를 갖는다. (표5)

6. 슬러리의 혐기성 처리

혐기성 처리방법은 주목적이 에너지를 얻는 것이며, 그외에도 다음과 같은 측면이 있다. 즉, 건물함량의 감소, 악취경감, 액상분뇨의 살균효과, 비료효과의 변화 등의 부수적인 효과이다. (표6)

슬러리의 혐기성 소화에서는 산소가 없는 상태에서 쉽게 분해가능한 유기물이 바이오가스(Biogas)로 바뀐다. 분해가능한 유기물질의 함량에 따라서 혐기성 소화의 분해율도 달라진다. 한 조사에 의하면 유기물의 분해율이 원재료의 약 40%나 된다고 하였다. 슬러리의 유기물이 전체 건물량의 70% 정도 되기 때문에 건물함량의 분해는 30~35%정도가 되는 셈이다. 혐

기성 소화에서 바이오가스의 생산 외에는 어떤 성분이 없어지거나 하지 않기 때문에 살포하는 슬러리의 양의 감소는 대단히 적다. 예를 들어서 슬러리의 검물함량을 10%라고 하고 소화공정에 의하여 30%가 분해된다고 한다면 전체적으로 슬러리의 양은 겨우 3%가 감소하게 된다. 따라서, 양의 문제를 바이오가스시설로 해결할 수는 없다. 그러나, 건물함량의 감소로 슬러리의 유체성질은 개선된다.

악취를 내는 물질들은 쉽게 분해되기 때문에 혐기성 소화를 통하여 악취가 많이 감소된다. 한 보고에 의하면 혐기성 소화에 의하여 처리하지 않은 슬러리보다 악취를 40~50% 감소할 수 있다고 하였다. 혐기성 소화에서 발생하는 바이오가스는 60~70%가 메탄(CH₄)이고 30~40%는 이산화탄소(CO₂)로 되어 있다. 유탄수소나 암모니아는 미량 포함되어 있다. 그의 작물성장에 필요한 모든 성분은 전량 함

표 5. 고액분리후 소 슬러리의 비료성분 변화

	슬러리	액상물	고형물
건물함량%	6.85	3.33	21.30
유기물함량%	4.59	2.36	14.20
질소함량%	0.27	0.24	0.35
인함량%	0.05	0.03	0.14
칼륨함량%	0.25	0.24	0.23
칼슘함량%	0.22	0.14	0.57
마그네슘함량%	0.05	0.04	0.11

표 6. 혐기성 소화 전과 후의 비료성분

	%					
	TS	총질소	유기결합질소	NH ₄ -N	P ₂ O ₄	K ₂ O
소슬러리아)	8.8	0.42	0.21	0.21	0.23	0.36
b)	5.6	0.38	0.14	0.24	0.18	0.36

a) 혐기성소화전

b) 혐기성소화후

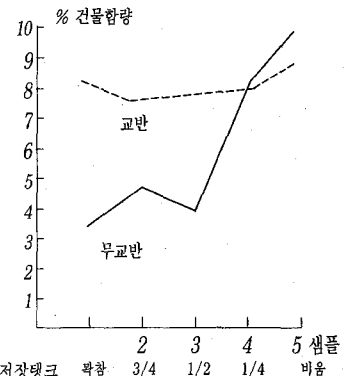


그림 1. 교반과 교반하지 않았을 경우의 액비실포기의 탱크내의 건물함량.

유되어 있다.

유기물의 분해에 의하여 결합상태가 변한다. 유기결합 성분의 일부는 자유롭게 되어 작물이 잘 흡수할 수 있는 상태로 된다. 특히 질소가 그러하다. 혐기성 소화 후에 암모니아 질소의 비율이 증가함을 알 수 있다. 반면에 유기결합 형태의 질소는 감소한다. 분해된 질소결합물은 부분적으로 미생물 단백질의 생성에 소요되기도 한다.

7. 슬러리의 교반

슬러리는 용해가 잘 되는 성분을 많이 함유한 비료이다. 잘 이용하면 화학비료에 가까운 효과를 얻을 수 있다. 전제조건은 슬러리에 함유된 비료성분이 화학 비료에서처럼 작물의 성장에 맞게 적용되어야 한다. 따라서, 슬러리의 균질화가 필요하다. 이것은 다음의 시험결과에 의하여 확실히 알 수 있다.

슬러리 저장탱크로부터 인출시에 얻은 분석 자료이다 (그림 1).

건물함량을 분석한 자료에 의하면 슬러리의 균질에 대한 정확한 정보를 준다. 균질을 하지 않은 슬러리에서는 첫번째 액비살포기의 탱크에서는 건물함량이 약 4%였으나 마지막 액비살포기의 탱크에서는 9~10%를 차지하였다. 이에 반하여 교반시킨 슬러리를 살포할 때에 훨씬 균일한 것을 알 수 있다. 이 경우에 처음 액비살포기의 탱크에서 마지막 탱크까지 건물함량은 8~9%의 일정한 수준을 유지하였다.

이 시험에서 소의 슬러리는 한

번의 교반으로 장시간 균질상태를 유지하나 돼지슬러리는 곧 침전층을 형성하는 것을 알 수 있었다. 따라서, 돼지슬러리는 운반중에도 교반을 하여주어야 한다.

8. 슬러리의 활용

슬러리는 비료성분의 우수한 용해성 때문에 퇴비보다는 액상비료나 화학비료에 더욱 가깝다. 따라서 슬러리에 함유된 성분을 퇴비에서보다 더욱 유효하게 이용할 수 있다. 여기에는 충분한 저장용량과 살포장치의 정확도가 수반되어야 한다.

비료성분의 효과는 슬러리에 함유된 비료성분의 이용성, 살포이용 조건, 슬러리 종류 등의 요인에 의하여 결정된다. 슬러리에 있는 성분들은 일부 유기적인 결합과 일부 용해된 상태인 이온으로 존재한다. 슬러리 성분의 용해된 부분은 작물에 직접 이용가능한 것으로 간주되나, 유기적으로 결합된 성분의 이용성은 무기물화의 조건에 의하여 좌우된다.

슬러리에서 질소는 약 40~80%가 암모니아 질소의 형태로 존재한다. 그외에는 유기적으로 결합되어 있다. 암모니아 질소는 동일한 이용조건에서 화학비료의 암모니아 질소와 같이 작물로부터 흡수가 잘 된다. 유기적으로 결합된 질소는 부분적으로 당해년도에 나머지는 계속되는 해에 이용이 가능하다. 유기적인 질소결합의 무기물화는 일반적으로 퇴비보다 빨리 이루어진다.

인은 대부분이 가축의 분으로

배설된다 (약 90%). 이러한 사실에서 유기적으로 결합된 인은 상대적으로 적다. 소의 경우에 총인은 0.09%이나 그중 무기인이 78%를 차지하고 유기인은 22%이다. 슬러리의 인은 화학비료의 인과 비교할 때 80%이상으로 거의 같은 효과를 갖는다고 보고되어있다. 슬러리 인에 있어서 장기간의 효과로는 화학비료와 등가인 100%로 간주할 수 있다. 왜냐하면 무기 P부분은 일반적으로 쉽게 용해하는 형태로 존재하고 유기부분은 장기적으로 분해가 용이하기 때문이다. 전제조건은 슬러리의 살포가 균일하게 이루어져야 한다는 것이다. 칼리는 상당한 부분이 뇨로 배설된다. 이것은 전적으로 무기결합형태로 존재하는데 물로 80~90%까지 칼슘클로리드 용액으로는 100%까지 추출이 가능하다. 칼리의 비료효과는 화학비료와 비교하여 거의 100%에 이르고 있다. 마그네슘과 칼슘도 상당한 양을 물로서 추출이 가능하다. 작물에 대한 이용성과 효과는 칼리와 비슷하다.

9. 결론

가축분뇨의 성분은 건물함량과 처리조건에 의하여 달라진다. 농장에서 처리하는 방식에 따른 우분뇨의 성분을 알고 있어야 합리적으로 이용이 가능하다. 우분뇨의 성분의 분석을 의뢰하여 작물재배에 합당하게 이용한다면 환경보전과 아울러 분뇨처리를 경제적으로 할 수 있게 된다.

〈필자연락처 (0441)40-3553〉