

가축분뇨공동이용을 위한 액비의 경제적 가치분석

유 덕 기*

Analysis on the Economic Valuation of Semi-Liquid Manure for Cooperative Tank

Yoo, Duck-Ki

Attempting to make an economic valuation of semi-liquid manure raises various complex questions. These are the valuation under different farming conditions, cost-benefit analysis in connection with the investment requirements of different semi-liquid manure systems, different storage capacities, transportation distances and treatment procedures. In the following, three questions will be discussed : 1. What value do the different types of semi-liquid manure have under different farming conditions? 2. Which storage capacities are economically justified? 3. Under which conditions is the transport of semi-liquid manure over long distances profitable?

Key words : economic valuation, storage capacities, transportation distances, treatment procedures

I. 서 론

친환경농업 육성정책과 관련하여 가축분뇨의 자원화 및 이용은 지속적인 환경농업의 핵심과제로서 큰 의미를 가지고 있을 뿐만 아니라 시급히 해결해야 할 과제이다. 따라서 정부는 환경정책사업의 일환으로 양축농가의 가축분뇨 배출시설과 규모에 대한 규제를 강화하여 왔으며 가축분뇨의 특성, 특히 악취와 수질오염원으로서의 부정적 이미지와 함께 비료산업의 경제적 영향 등을 우려하여 2000년 초반까지도 정부는 가축분뇨를 축산폐수로 규정, 처리하여 왔던 것이다.

그러나 가축분뇨에 의한 토양 및 수질오염 방지는 축산업 측면만의 문제로 외면되어서

* 동국대학교 식품자원경제학과 교수

는 안 될 것이다. 왜냐하면 가축분뇨는 폐수나 폐기대상물이 아닌 농업의 귀중한 자원이며 다양한 복합성분을 함유한 액비(液肥)로서 화학비료의 대체재로 평가되어야 하며 또한 액비의 경제적 가치평가를 통하여 경종 및 양축농가의 경영수익성을 향상시킬 수 있기 때문이다.

특히 가축분뇨문제의 해결방안으로 제기되어왔던 액비 공동이용조직은 액비 시용잠재력, 즉 액비 시용가능면적이 클수록 액비의 경제적 가치를 보다 향상시킬 수 있는 방안으로서 액비경영의 가장 기본적인 정책방안의 하나이다.

액비 공동이용의 조직운동을 위한 주요관점을 살펴보면, 저장용량 및 저장시기, 살포시기와 살포량, 조직운영의 형태와 규정, 액비의 경영관리 및 액비가치평가, 저장시설입지와 시설계획, 액비시용을 위한 의사결정시스템과 평가시스템 구축 등이다. 이러한 요인들과 시스템을 구축하였을 경우 공동이용의 조직운동을 통하여 과잉 발생된 분뇨의 유실을 최소화하고 액비자원의 순환 화와 그리고 액비이용의 경제적 효율성을 추구할 수 있다.

액비의 환경친화적 이용에 영향을 주는 결정적 요인은 액비의 살포방법과 적기 적량 살포에 있다. 액비의 적기 적량 살포는 지역별 작목별 그리고 액비의 종류와 성분 함량 등에 따라 영향을 받게 되지만 가장 중요한 것은 액비 수급균형에 있다. 액비수급의 시간적 공간적 불균형을 완화시키기 위해서 요구되고 있는 것은 가축분뇨의 저장탱크시설인 것이다. 따라서 가축분뇨 배출에 대한 규제는 사육규모와 저장기간에 두어야 할 것이다. 즉 액비시용의 시간적 제약성, 분뇨 발효기간을 위한 충분한 저장용량이 필요한 것이다.

그러나 이러한 저장용량과 시설을 모든 농가가 설치하게 될 경우 시설부지 및 축사공간 부족, 시설설치의 법적 규제, 투자비용 등 양축 농가에게는 큰 부담이 되기 때문에 액비 공동저장 탱크시설의 필요성이 절실하며 이를 위한 공동이용 조직운영과 시설지원책이 요구되고 있는 것이다.

액비공동이용시설은 농업기반시설로서 일반적으로 정부투자지원에 이루어지고 있으며, 본 연구가 공동이용시설경영의 효율성과 합리성, 공동이용액비의 객관적 평가를 추구하고 있기 때문에 액비의 경제적 가치평가에서 액비생산시설투자비를 제외하게 되었다.

공동이용조직운동을 위한 일반적인 정책목표는 액비 공동이용 조직을 통한 농가 상호간 전문화와 조직화를 촉진하고, 액비 저장시설 및 운영 기술보급을 통한 환경친화적 순환농업을 구축하며, 환경보호, 특히 수질오염을 방지하고 친환경적 조정시설을 통한 혐오시설에 대한 인식전환과 민원을 방지하며, 액비 반·출입의 효율적 경영관리와 액비이용의 시간적 공간적 불균형 문제를 해소하며, 액비의 위생관리 및 전염 위험성을 방지하는데 있다.

이러한 정책적 목표를 달성하기 위해서 요구되는 최소한의 전제 조건은 액비경영의 경제성과 환경친화적 공동이용 시스템 구축과 공동이용 조직구성원 또는 지역의 분뇨 발생량을 최소한 6개월의 저장기간을 가질 수 있는 저장용량 확보와 저장액비의 반·출입 전 교반작업과 정기적 성분함량 및 토양검사, 환경친화적 액비이용을 위한 시용규정과 시용시

기 제한 및 질소질 수급 관리 등에 대한 기록을 통한 액비 반·출입과 살포량 조정, 다년간의 액비검사 관리경험을 표준화하여 농가 보급 및 지도, 교육, 액비의 N-이용률 향상과 악취방출저감을 위한 액비의 균형살포기술개발 등이다.

따라서 본 연구는 공동이용조직의 효율성을 추구하기 위하여 필수적으로 요구되고 있는 액비의 경제적 가치와 비료환산가치의 분석과 액비저장기간별 한계가치 분석, 저장시설의 입지적 효율성을 추구하기 위해 요구되고 있는 수송거리별 액비의 경제적 가치를 분석하여 그 결과를 제시함으로써 가축분뇨 공동이용을 위한 액비이용의 경제성을 최적화 하는데 기여하고자 한다.

II. 액비의 경제적 가치분석

1. 저장시설의 입지조건과 액비가치 평가

액비저장은 제한된 살포시기와 액비 발생량과의 불균형 문제를 해결할 수 있는 방안이다. 지역 및 농가의 상이한 사육규모와 작부체계, 그리고 경지규모는 저장용량결정에 결정적 영향을 주게 된다. 액비비용의 최적시기를 유지하며 완전발효를 위해서 요구되는 기간은 그밖에도 기후적 조건, 특히 온도 등에 의해 영향을 받는다.

가축분뇨 공동이용시설은 민원발생 소지가 많으면서도 환경오염의 위험성이 높으며 많은 시설비용이 요구되기 때문에 철저한 시설계획 및 입지분석이 필수적이다. 따라서 공동저장시설을 계획하고 입지선정에 요구되고 있는 가장 기본적 관점들을 검토하고자 한다.

액비 공동이용에 있어서 조직운영의 경제적 효율성을 추구하는데 요구되는 중요한 전제조건은 분뇨 수송거리의 최소화에 있다고 본다. 즉 입지선정의 최적화이다.

공동저장 시설의 입지선정은 공동이용의 조직형태, 구성원의 규모와 분포, 마을 또는 지역 입지조건과 용지 확보 가능성 등에 따라 다양한 입지 가능성을 고려할 수 있을 것이다. 입지선정의 결정적 요인은 특히 농가와 공동저장 시설 그리고 액비 살포 대상농지와와의 거리이다.

소수 이웃농가와 공동저장 시설을 설치할 경우 각 농가의 분뇨 수거지점과 공동저장 시설과의 거리가 가능한 서로 동일하도록 입지를 선정하며, 이 경우 분뇨를 파이프 또는 펌프 시스템 등을 이용하여 공동시설에 저장토록 할 수 있을 것이다.

공동저장시설 이용을 위한 비용은 장기적으로 안전성과 환경친화적 액비이용 및 관리 측면에서 효율적으로 평가 될 것이다. 양축농가의 축사 시설용지가 협소할 경우는 마을의 일정 장소를 선정, 공동저장 시설을 설치 할 수 있을 것이다. 이 경우 특히 인근주민의 법적 권리의 저촉문제와 용지 확보가능성 등을 고려하여 선정하되 공동시설이용에 참여한

각 농가의 축사와의 거리가 가능한 동일하도록 선정하여야 할 것이다. 즉, 공동시설을 중심으로 참여농가의 수송거리가 최소화되도록 시설입지를 선정하여야 한다.

공동저장시설은 따라서 반드시 한 장소에만 설치하는 것이 아니라 참여농가 수에 따라 2~3개 정도를 분산 설치할 수도 있다. 예로, 공동시설 이용구성원이 10여 농가 이상으로 분산위치하고 있으며 연 약 4,000m³ 이상의 분뇨저장용량이 요구 될 경우 시설을 2~3개로 분산 입지하는 것이 더 경제적인 것이다. 이는 저장용량의 대형화에 따른 비용절감보다 이용자의 분산입지에 따른 수거, 저장, 살포시의 빈번한 분뇨반입, 반출로 파임수송비 발생의 원인이 될 수 있기 때문이다.

최적 입지선정의 결정은 결국 참여농가의 위치와 시설 설치장소 그리고 살포대상 농지와와의 거리에 있다 하겠다. 그밖에도 저장탱크의 형태, 저장방법, 시설용지확대 가능성, 접속도로, 부락여건 및 자연경관 등을 고려하여야 할 것이다.

〈표 1〉 공동저장시설의 수송거리별 액비가치

수송거리 (km)	돈분뇨 액비가치(원/m ³)		비 고
	수송 및 살포비용		
	30,000원/h인 경우	50,000원/h인 경우	
1	3,394.3	2,283.2	액비의 한계 수송거리 ¹⁾ ; • 3만원/h ; 21km • 5만원/h ; 9km
5	2,727.5	1,172.0	
10	1,894.0	-217.0	
15	1,060.5	-1606.0	
20	227.0	-2995.0	
25	-606.5	-4384.0	

1) 액비 한계수송거리, 즉 액비가치가 0원/m³으로 나타나는 수송거리임.

* 산출조건 : 수송 및 살포비용은 수송차량탱크용량 = 10m³, 액비수송 및 살포시간 = 30분, 수송속도 = 18km/h인 경우임.

액비가치 : N-이용율이 70%인 돈분뇨 평가액 5.061원/m³ 기준임.(표 4 참조)

자료 : 강원도 원주지역 액비살포차량 및 수송비용을 근거로 자가 산출함 (2003년).

〈표 1〉은 돈분뇨의 N-이용율 70%를 전제로 평가한 액비가치 5,061원/m³을 기준으로 하여 수송 및 살포비용이 3만원과 5만원일 경우 수송거리별 액비가치를 산출한 결과이다.

액비수송 및 살포비용이 시간당 3만원인 경우 운임비용은 1,500원/m³, 거리당 수송비용은 167.7원/km에 달하고 있다. 따라서 액비가치로 평가한 한계수송거리는 21km로 나타나고 있다. 이에 비하여 액비수송 및 살포비용이 시간당 5만원인 경우 운임비용은 2,500원/m³, 거리당 수송비용은 277.8원/km으로 나타나고 있어 한계수송거리는 9km로 분석된다.

시간당 수송 및 살포비용이 적을수록 액비의 한계수송거리가 멀어지기 때문에 공동저장

시설운영의 도입을 통한 수송비용절감이 요구되며 저장시설의 최적입지선정의 중요성 제기된다. 또한 액비의 한계수송거리는 지역공동이용의 공간적 조직운영의 규모를 결정하는 중요한 지표를 제시하고 있다.

2. 저장기간과 액비가치

저장시설용량은 구성원인 농가에서 발생하는 총 분뇨량에 의해서 결정되며, 최소한 6개월의 저장기간을 고려하여야 한다. 또한 농지의 살포가능면적에 따라 시설용량은 달라지게 된다. 시설설치계획에 요구되는 저장용량산출을 위한 축종별 분뇨배설 환산단위는 <표 2>와 같다.

<표 2> 축종별 분뇨배설 환산단위와 배설량

축 종 별	체중(kg) 또는 연령(개월)	분뇨배설 환산단위	배 설 량 (m ³ /년)	비 고
젖 소	550kg	1.2	21.6	비육우(>24개월)
성 우	24개월	1.0	18.0	
육 성 우 (大)	<12~24개월	0.7	12.6	
육 성 우 (小)	>3~12개월	0.5	9.0	
송 아 지	<3개월	0.3	5.4	
단기 비 육 돈(小)	40kg	0.06	1.08	숫돼지 자돈 포함
단기 비 육 돈(大)	40~105kg	0.15	2.7	
장 기 비 육 돈	25~105kg	0.12	2.16	
번 식 돈	-	0.25	4.5	
번 식 돈(수유기)	-	0.4	7.2	
번식 육 성 돈	-	0.15	2.7	
육 성 자 돈	-	0.02	0.36	

자료 : 유덕기, 1999.

분뇨 환산단위 1.0은 월 평균 분뇨배설량 1.5m³를 기준으로 하고 있다. 환산단위에 의한 분뇨 배설량 산출오차는 소 사육의 경우는 크지 않으나 돼지의 경우는 사료조성 및 급여와 사육방법에 따라 큰 오차를 나타내게 된다. 따라서 분뇨저장용량 산출 시 돼지의 경우는 환산 단위당 월 분뇨 배설량을 1.0~1.8m³까지 감안하여야 할 것이다.

사육방법과 시설이 각각 다른 다수 양축농가의 공동시설 용량산출은 농가의 축종별 분뇨배설 환산단위를 이용하여 총 분뇨 배설량을 산출하여야 한다. 또한 농가가 필요한 시설 용량산출에는 예상되는 사육규모확대 가능성도 예측하여야 할 것이며, 환경친화적 분뇨 시용량과 시기 그리고 최소 분뇨 저장기간 역시 함께 고려함으로써 공동시설 용량의 과부족

문제가 발생되지 않도록 하여야 한다. 이러한 요인들을 고려하여 산출된 총 시설용량은 공동저장탱크의 수, 크기, 그리고 탱크의 배열 등에 결정적 영향을 주게 된다.

과잉분뇨를 발생한 농가들의 저장용량과 저장기간은 6개월 미만인 것이 일반적이다. 따라서 액비시용으로 인한 작물피해와 환경오염의 위험성이 높게 나타날 우려가 있다. 액비의 특성상 저장기간이 길어질수록 작물의 N-이용율이 향상되어지는데 반하여 상대적으로 저장용량과 시설투자비용 부담이 커지게 된다.

〈표 3〉 저장기간별 액비의 한계가치

구 분	저 장 기 간 (개월)				
	2	4	6	8	10
년 평균 N-이용율(%) ¹	52.5	61.3	67.5	70.0	72.0
작물수용 가능한 N-함량(kg/m) ²					
우 분 뇨	2.1	2.45	2.7	2.8	2.88
돈 분 뇨	3.15	3.68	4.05	4.2	4.32
계 분	5.25	6.13	6.75	7.0	7.2
한계수익/월(원/m) ³					
우 분 뇨		47.3	33.8	13.5	10.8
돈 분 뇨		71.6	50.0	20.3	16.2
계 분		118.8	83.7	33.8	27.0

1 : 액비시용량의 85%를 전기 작물성장기에 살포시에 75%의 N-이용율, 15%를 후기성장기에 살포시에 55%의 N-이용율을 고려하여 추정한 것임.

2 : 총N-함량 ; 우분뇨, 4kgN/m³, 돈분뇨, 6kgN/m³, 계분, 10kgN/m³을 기준으로 하였음.

3 : 산출방법 ; 저장기간별 수용 가능한 N-함량의 차이 × N-비료가격 ÷ 저장기간의 차(개월)

* N-비료가격 ; 270원/kg

자료 : 강원 원주지역 친환경유기농가의 田작물 액비시용시기를 고려한 평균 N-이용율 이용 저장기간 또는 저장용량에 따라 액비가치는 어느 정도일 것인가에 대하여 분석한 결과를 보면 <표 3>과 같다. 액비가치는 N-이용율을 고려하여 액비시용으로 인하여 절감된 화학비료의 N-량을 화폐가치로 평가하여 액비의 한계가치를 저장기간별로 산출하였다. 저장기간별 액비의 한계가치는 저장기간이 길어질수록 감소되고 있다. 최소한 6개월의 저장기간을 유지할 경우 N-함량기준 액비의 한계가치는 우분뇨, 돈분뇨, 계분의 경우 33.8원/m³, 50.0원/m³, 83.7원/m³으로 각각 나타나고 있다. 액비저장시설의 경제성 분석은 그밖에도 작부체계, 감가상각비, 이자, 수리관리비, 경영비 등을 고려하여야 할 것이다. 이와 같은 액비의 한계가치분석은 액비저장용량 및 저장기간을 평가할 수 있는 지표로서 중요한 의미를 가지고 있다.

3. 저장이용시설의 기술적 조건

저장탱크의 형태는 경영 기술적 관리이용 상으로 보아 원형으로 하며 탱크 당 약 1,000m³가

되어야 할 것이며 총 저장용량은 강우량 및 결빙을 감안하여 저장탱크의 실 저장용량을 결정하여야 할 것이다.

저장탱크의 배열은 시설용지의 형태, 접속도로 등을 고려하여야 하며 저장시설 확대 가능성을 필히 고려할 필요가 있다.

분뇨 반출입과 균질화 작업에 필요한 펌프 및 교반 시스템이 필히 설치되어야 하기 때문에 저장탱크 시설을 계획하는데 요구되는 것은 전력과 수도시설이다. 또한 분뇨 반·출입 작업을 원활하고 안전하게 하기 위해서는 4m 정도의 충분한 수송차량 도로 폭을 확보하여야 할 것이다. 즉 공동저장 시설이용에 따른 사고와 부주의로 인한 대기 및 지하수 오염의 위험성을 최소화 할 수 있는 시설의 안전성을 고려하여야 한다는 것이다.

저장기간 동안 암모니아 및 악취 발생으로 인하여 총 질소성분 함량의 약 50%까지의 손실 가능성이 높다. 특히 저장탱크의 표면/저장부피의 비율이 클수록 악취 및 질소 손실량이 크게 나타나게 된다. 따라서 악취 및 성분유실을 저감시키고 전염병 확산, 빗물 유입 등을 방지하기 위해서 저장 덮개 시설이 요구된다.

분뇨저장시설은 가축질병의 전염 및 확산 위험성이 높다. 저장용량이 클수록, 저장탱크의 수가 많을수록 전염위험성이 오히려 적어지는 것이 일반적이다.

저장용량이 1,000 m^3 이상인 탱크는 단시간에 저장작업이 용이하며 장기간의 발효가 가능하기 때문에 전염위험성은 그만큼 감소된다. 질병전염의 위험성은 분뇨수거, 수송, 저장, 살포작업과 액비운송 및 살포차량 통행 시에도 발생될 수 있기 때문에 공동시설내의 도로는 반드시 포장되고 일방통행으로 설치되어야 한다.

저장탱크 시설은 반드시 보호망을 설치하여 외부 출입을 통제하여야 한다. 예로 최소한 1.8m 이상의 높이의 철조 보호망 설치가 요구되며 입구와 출구부분의 도로 폭은 4~5m 정도의 충분한 도로 폭을 설치하도록 하여야 한다.

저장탱크는 시설입지, 도로, 지형, 분뇨 반·출입 방법 등에 따라 크게 지상형, 반 지하형, 지하형, 콤비형의 4가지 형태를 고려할 수 있을 것이다. 지하 및 반 지하저장시설은 자연경관 보존과 시설의 안정성과 액비 반·출입의 용이성 등의 장점을 가지고 있으나 지상형보다 시설비용이 높은 것이 일반적이다. 지상형 저장탱크의 시설비는 약 7.5만원/ m^2 이며 m^2 당 시설비용은 시설용량이 클수록 저감되어 진다.

분뇨저장시설은 또한 주변지역의 주거환경 및 경관 등에 미치는 부정적 영향(악취, 분위기 등)과 일반적으로 혐오시설로 인식되어있기 때문에 농촌환경 및 지리적 조건을 고려하여 입지선정을 하였다 하더라도 저장탱크의 덮개와 안전 및 보호시설이 필수적이다. 따라서 공동저장시설은 자연과 농촌경관을 훼손하지 않고 주위환경에 적응할 수 있도록 설치하여야 할 것이다. 예로, 저장시설주변에 조경이나 보호조림을 설치함으로써 시설에 대한 부정적 영향을 최소화할 수 있을 것이며 언덕, 경작지, 개울 및 하천, 숲 등 주위의 자연적 여건과 풍향, 강우량 등 기후적 조건에 따라 저장시설계획과 보호조림을 설치하여야 할 것

이다.

저장시설 용지면적은 저장방법 및 저장탱크형태에 따라 다르게 요구된다. 예로, 저장용량이 1,500m³인 원형저장탱크가 두 개인 경우, 총 저장용량의 약 0.6~0.8배의 시설용지가 요구된다. 즉 총 저장용량이 3,000m³인 시설의 용지면적은 약 1,800~2,400m²가 요구되어야 한다. 이에 비하여 1,500m³의 직사각형의 개방형지하 저장탱크가 2개인 경우, 시설용지는 약 1.0~1.4배인 3,000~4,200m²의 총 시설면적이 요구된다. 저장탱크의 형태와 시설용지면적의 결정은 시설비와 지역의 용지가격 등을 고려하여 경제성 평가를 하여야 할 것이다.

액비 공동이용시설은 농업산업의 중요한 기반시설중의 하나로 인식되어야 한다. 그러나 액비 저장시설은 혐오시설로 인식되어 있으면서도 환경오염의 위험성이 높기 때문에 철저한 입지분석과 시설계획이 필요하다. 예로 자연적, 지역적 특성과 인구밀도 등 사회적 특성, 도로 및 교통, 전력, 상하수도 등 사회간접자본 시설의 특성 등을 고려하여 안전적이며 환경친화적인 시설계획이 이루어 질 수 있는 법적, 제도적 장치가 요구된다.

이러한 법적, 제도적 장치를 수립하는데 필요한 중요한 관점들을 살펴보면,

- 시설계획의 환경오염 유발 가능성
- 도로, 교통시설의 비경제적 이용 가능성
- 수리시설 및 수질오염 위험 가능성
- 자연적 특성과 환경 훼손 가능성
- 자연 및 농촌경관 손상 가능성 등이다

이러한 관점들을 지역적 특성, 특히 일반 거주지역, 소 거주지역, 부락(마을), 기타 지역으로 구분하여 평가할 수 있는 법적, 제도적 장치가 필요하며 일정 평가기준에 의한 시설계획의 승인 및 시공절차가 이루어져야 한다. 특히 액비 공동저장시설 계획 승인에 있어서 고려할 사항은 시설입지의 안전성, 도로교통의 안전성, 거리 및 간격 유지, 저장탱크의 안전성, 악취 및 대기오염 방지를 위한 축종별 사육규모의 적정성 등이라 하겠다.

지역개발 계획 및 사업에 있어서 농축산물 생산 및 휴양 그리고 거주기능의 활성화를 위한 농촌자연환경보호 및 지역경관관리에 대한 관심과 인식은 점차 확대되어갈 것이 확실하다. 따라서 자연환경이나 농촌경관 훼손을 방지할 수 있는 법적 제도적 장치의 강화와 기술적 측정 및 시행표준 평가기준에 대한 제도적 연구가 병행되어야 할 것이다.

3. 공동이용경영의 액비가치 평가방법

액비의 환경친화적 이용에 결정적 영향을 주는 요인은 액비 시용방법과 시용시기 및 시용량이다. 구입사료 의존도가 높은 우리나라의 경우 경영 내적인 사료영양과 액비성분의

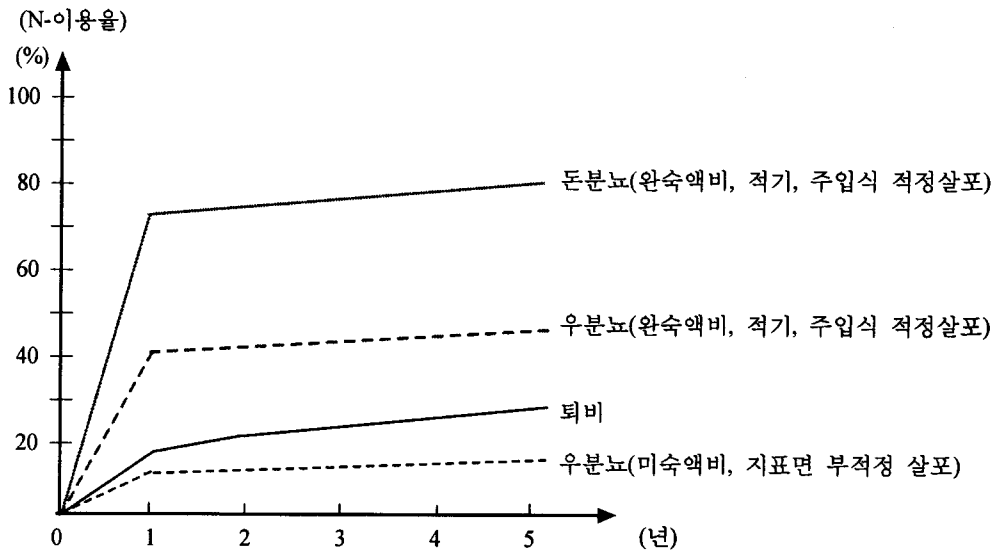
불균형이 심하게 나타나기 때문에 액비성분의 균형시비가 어려운 실정이다. 따라서 액비시용 및 시용기술의 개발이 시급히 요구된다.

액비살포시의 중요한 관점을 보면, 환경친화적 액비시용은 액비손실의 최소화와 비료이용의 효율성 제고에 있으며 액비의 균형살포와 정확한 량, 약취방출저감, 최적살포시기이다.

살포시설의 오용, 액비성분의 과소평가 등으로 수확량감소를 야기 시킬 수 있기 때문에 살포량의 정확성이 요구된다. 또한 살포량에 영향을 주는 요인(날씨 등)으로 인한 살포량의 오차는 100kg N/ha 기준으로 25~175kgN/ha 정도를 고려하여야 할 것이다. 따라서 지표근 접살포로 약취 및 분무손실을 저감할 수 있는 살포방법과 토양 내 흡수·침투가 용이한 살포(액비의 유량성)기술개발을 통하여 분무손실의 최소화를 추구해야 할 것이다.

액비시용 후 지표면의 표층 응고화 와 작물 발아장애, 그리고 작물의 탄소 동화작용의 장애현상이 나타날 수 있기 때문에 시용 후 경운작업 또는 수분분무 등의 시용 후 작업이 전제되어야 한다. 액비 성분이용률 특히, N-이용률을 극대화시키기 위해서는 최적 살포시기를 (작물성장기인 3~5월) 필히 규정하여야 한다.

액비의 N-이용률이 가장 높게 나타나는 경우는 돈 분뇨의 완숙액비를 적기에 주입식으로 적정 살포하였을 경우이다. (그림 1 참조)



〈그림 1〉 액비의 적정살포와 N-이용률

- * 전제 : ① NH₃ 손실이 우분뇨, 90%(부적정살포), 5%(적정살포), 돈분뇨, 5%(적정살포)임.
- ② 돈우분뇨의 유기태 질소의 무기화율은 1년차, 10%, 2년차, 5%, 3년차 이후, 3%임.
- 퇴비의 경우, 1년차, 15%, 2년차, 10%, 3년차, 5%, 4년차, 3%임.
- *자료 : DÖHLER, H.외 (1997)

액비의 N-이용율을 향상시킬 수 있는 사용방안을 보면, 1) 최적 사용시기인 3월~4월에 살포하며, 2) 액비사용에 유용한 작물은 수도작, 맥류, 무, 배추, 옥수수, 감자, 사료작 등이며, 특히 수도작의 경우 3~4월경 발효 돈분뇨액비를 30m³/ha 사용 한 결과 후숙성장이 우수하며 맛과 중량이 향상된 미곡수확이 가능한 것으로 평가하고 있다.¹⁾ 3) 작물영양 흡수량을 고려한 최적 사용량은 최적시기에 15~20m³/ha, 작물 성장기에 10~20m³/ha 정도를 3~4월과 5~6월 각각 사용한 경우, 4) 고액분리한 발효액비를 사용함으로써 살포량의 정확성과 작물 흡수성을 향상시키며, 5) 살포 전 성분검사를 하며 주입식 살포를 함으로서 균형 살포, 편류현상 방지와 악취저감 효과 및 사용 후 작업절감효과를 가짐. 6) 액비사용 카렌더를 이용, 작물별 사용기간 및 일정 사용량을 유지, 7) 액비를 수분과 희석하여 사용할 경우 토양흡수율을 증진시키며 악취를 저감시킬 수 있음. 8) 액비공동시설의 합리적이고 효율적인 운영의 전제는 정확한 경영평가이다.

규정과 양식에 따른 객관적인 기록은 분쟁의 소지를 없애고 문제점의 개선과 경영 합리화에 기여할 것이다. 액비기장 정리에 필요한 것은 특히 액비의 반입, 반출량과 반·출입 일시, 분뇨 성분검사 결과와 검사방법 및 검사일이다. 각 농가의 액비기장 기록은 공동시설 이용규정에 명시하여 의무화하여야 하며, 액비기장 기록내용은 상호 인정될 수 있어야 하고 공동이용조직에 제출하여 연1회 이상 평가를 받는 것이 바람직 할 것이다.

공동액비평가는 구성원의 민감한 부분이므로 가능한 평가방법을 총회에서 협의하여 결정하여야 한다. 어떠한 분뇨 평가방법이 경제적이며 합리적인가 하는 것은 공동이용이 어떠한 조직구조를 가지고 있느냐에 따라 결정하여야 한다. 예로, 구성원이 어떠한 축종 중심의 사육농가인가, 공동이용목적이 사업중심인가 상호 신뢰중심인가에 따라 다르게 결정하여야 할 것이다.

간단한 평가방법은 동일 축종으로 구성된 공동조직일 경우 분뇨성분함량을 고려하지 않고 분뇨량 만을 고려한 경우이다. 즉, 농가의 액비 반입량만큼 반출권을 받을 수 있는 경우로서 액비를 필요한 농가와 과잉발생한 농가 상호간 액비거래를 할 수도 있다.

액비성분함량을 평가하기 위해서는 일정한 평가지표를 설정하여야 한다. 예로, 분뇨성분(N, P, K 등) 총 비료성분, 고형물함량(乾物含量), 무기질비료 환산가 및 액비 사용가치 등을 기준으로 분뇨의 질적 가치를 평가하여야 한다.

액비평가는 경영조건, 편익/비용분석 등, 다양한 액비 시스템에 따른 투자수요, 저장용량, 수송거리, 처리방법 등을 고려하여야 한다.

액비가치는 무기질비료 대체가격으로 평가가 가능하다. 액비의 무기질비료가치평가는 성분함량과 액비의 N-작용, 성분가격, 무기질비료등가, 토양의 성분공급 잠재력분석에 의해 가능하다.

1) 논산축협외의 자연정화법에 의한 액비를 근교 수도작에 사용한 농가대상 설문조사(2003)결과임.

반입된 액비의 질적 평가방법은 ; 첫째, 무기질비료 환산가를 고려할 수 있을 것이다. 이는 분뇨의 비료성분을 석회 보상가와 함께 무기질비료가치로 환산하여 평가하는 방법이다.

<표 4>는 화학비료성분가격을 고려하여 화학비료성분과 동일한 가치, 즉 액비성분이 무기질비료성분과 동일하게 비료성분의 100%이용율을 전제로 액비가치를 평가한 것이다. 석회(CaO)는 무기질비료와 액비의 CaO와는 성분함량이 다르기 때문에 CaO 균형가를 고려하여 평가하였다. 즉 무기질비료의 CaO은 생화학적 CaO 균형이 1kg CaO/kg인데 비하여 액비에는 0,4kg CaO/kg, N가 함량 되어 있기 때문에 액비 N kg당 0.6kg CaO를 보상하여 준 것이다.

<표 4> 액비의 무기질비료 환산가치와 시용가치

비료성분	무기질비료 가격(원/kg)	돈 분뇨		우 분뇨		계 분	
		함량 (kg/m ³)	가치 (원/m ³)	함량 (kg/m ³)	가치 (원/m ³)	함량 (kg/m ³)	가치 (원/m ³)
N	270	6.0	1,620.0	4.6	1,242.0	10.0	2,700.0
P ₂ O ₅	185	4.5	832.5	2.0	370.0	9.0	1,665.0
K ₂ O	260	3.0	780.0	6.0	1,560.0	5.0	1,300.0
CaO	75	3.5	262.5	2.0	150.0	15.0	1,125.0
MgO	110	1.2	132.0	0.7	77.0	2.0	220.0
석회등가*	-	(3.6)	270.0	(2.76)	207.0	(6.0)	450.0
무기질비료 환산가(원/m ³)		3,897.0		3,606.0		7,460.0	
무기질비료 절감량(kg/ha)		50		45		90	
절감비용(원/ha) ¹		750.0		675.0		1,350.0	
유기질 보상가**		900.0		1,000.0		1,500.0	
액비 시용가치(원/m ³)							
N,-이용율 100%		5,547.0		5,281.0		10,310.0	
70%		5,061.0		4,908.0		9,500.0	
50%		4,737.0		4,469.0		8,960.0	
30%		4,413.0		4,411.0		8,420.0	

* 석회등가 : 무기질비료의 CaO의 생화학적 균형이 0.6kg/kg,N인데 비하여 액비는 0.40kg/kg,N이므로 액비 kg,N당 0.6kg, CaO를 등가 환산한 것임.

** 유기질비료 보상가 : 저렴한 가격으로 수확량 증가를 유지할 수 있는 유기질 자재구입 및 시용비용을 산출(돈분뇨, 건물7% ; 900원/m³, 우분뇨, 건물10% ; 1,000원/m³, 계분, 건물, 13% ; 1,500원/m³)

1) 1,500원/100kg으로 계산하였음.

참고자료 : - 유덕기, 가축분뇨 공동이용의 효율적 경영방안(1998)

- 무기질비료가격 : 농협의 비료성분별 농가판매가격을 기준으로 산출/평가한 것임.

액비가치는 무기질비료 환산가에 액비사용으로 절감된 무기질 비료량과 이를 평가한 절감비용 그리고 토양의 유기질 사용효과를 평가한 유기질 보상가를 합한 총액이다. 유기질 보상가는 저렴한 가격으로 수확량등가를 유지할 수 있는 유기질 자재구입대체 비용으로 산출하였다. 유기질비료평가는 유기질 실 투입량과 분해량의 분석결과 유기질 부족현상이 나타날 경우 정확한 유기질효과를 평가할 수 있을 것이다. 실제 N-이용율이 무기질비료에 비하여 살포시기 등에 따라 0~100%까지 변화되기 때문에 토양 및 작물의 시용시기에 따라 N-이용률을 70%, 50%, 30% 등으로 환산하여 평가하여야 할 것이다. 이에 비하여 액비에 함유된 P, K, CaO, MgO은 무기질비료와 동일한 이용율을 가지고 있다.

둘째의 경우는 예로, 고품질의 분뇨를 반입한 농가는 실제 반입량 보다 더 많은 반출량을 할당받을 수 있어야 한다는 것이다. 즉 반입한 가축분뇨의 질적 평가를 통하여 고품질의 액비를 반입한 농가와 저 품질의 액비를 반입한 농가와 차별화 하여 액비반출을 수행하여야 한다.

<표 5>의 예에서 보는 바와 같이, 계분 1m³를 반입한 농가는 저장된 혼합액비 1.65m³를 반출할 수 있는 권리를 가지게 된다. 이 방법은 비교적 간단하면서도 평가비용을 절감할 수 있어 용이하게 도입할 수 있을 것이다.

보다 간편한 평가방법은 물론 분뇨의 반입, 반출을 양적 측면만 고려한 방법으로서 반입된 가축분뇨 종류가 같은 경우는 문제가 없으나 다를 경우 <표 4, 5>와 같이 농가상호간 분뇨평가방법을 협의하여 객관적이고 합리적으로 결정하여야 할 것이다.

<표 5> 축종별 액비의 비료가치와 반·출입 액비의 가치평가

비료성분	무기질비료 가격(원/kg)	돈 분뇨		우 분뇨		계 분	
		함량 (kg/m ³)	가치 (원/m ³)	함량 (kg/m ³)	가치 (원/m ³)	함량 (kg/m ³)	가치 (원/m ³)
N	270	6.0	1,620.0	4.6	1,242.0	10.0	2,700.0
P ₂ O ₅	185	4.5	832.5	2.0	370.0	9.0	1,665.0
K ₂ O	260	3.0	780.0	6.0	1,560.0	5.0	1,300.0
CaO	75	3.5	262.5	2.0	150.0	15.0	1,125.0
MgO	110	1.2	132.0	0.7	77.0	2.0	220.0
유기질 가치(원/m ³)		900.0		1,000.0		1,500.0	
N-이용율 60%인 경우 액비가치 (원/m ³)		3,879.0		3,902.2		7,430.0	
저장액비 평가액의 예(원/m ³)				4,500.0			
액비 m ³ 당 반입대비 반출량 평가지표(m ³)		0.86		0.87		1.65	

참고자료 : <표 4>와 동일함.

액비 공동이용 경영에 의하여 발생하는 비용은 이용하는 농가의 지분에 따라 분담되어야 할 것이다. 바람직한 것은 공동계좌를 개설 운영하여 일정기간에 경영분담금을 지불하게 하며 적립금도 마련하는 것이 바람직 할 것이다. 경영비는 물론 보험료, 시설관리 및 수리비 그리고 공동시설을 임차한 경우 임차료 등이 포함된다.

또한 교반작업 시 요구되는 기계 및 차량의 연료비 그리고 노임이 포함된다. 그밖에도 수수료, 액비 성분검사 재료비 및 검사료 등이 포함되나 액비반입, 반출시 요구되는 운반 및 살포비용은 개별농가의 부담이 되어야 할 것이다.

공동시설 및 운반차량을 농가가 이용할 경우는 실제 발생된 비용으로 계산하며 제3자가 공동소유의 차량을 이용할 경우는 농기계영농단에 준하여 계산할 수 있을 것이다. 만약 농가의 분뇨저장 할당량 이상으로 분뇨를 반입한 농가는 여분을 가지고 있는 타 농가에게 과잉 반입한 분뇨량 만큼 저장공간의 m^2 당 임차료를 계산하여 연말정산 지불하여야 할 것이다. 임차료는 시설비와 연간 감가상각비, 시설 운영비 및 자기자본 이자를 고려하여 산출하면 된다. 만일 공동시설의 분뇨 최대 수용량을 초과 할 경우는 물론 총회결의를 통하여 협의하되, 가능한 저장공간을 임차할 가능성을 모색하여야 할 것이다.

개별농가의 분뇨 정화처리시설보다는 공동이용이 농가부담을 크게 경감시킬 수 있는 이유는 개별농가의 분뇨처리시설투자보다 공동이용이 훨씬 합리적이고 효율적일 뿐만 아니라 분뇨의 반입 반출이 최소한 보장되고 폐쇄된 운영이 가능하며, 사육규모의 변화에 가장 완충적으로 적용이 가능하기 때문이다.

Ⅲ. 결 론

액비 자원화 정책의 중요한 전제는 시간적 또는 계절적 액비수급의 균형화에 있다. 환경친화적 액비이용과 적기 적량사용 그리고 충분한 분뇨의 발효기간을 위하여 요구되는 것은 액비 저장탱크 시설의 확보와 저장용량이다.

액비의 환경친화적 이용에 영향을 주는 결정 요인은 액비의 살포방법과 적기 적량 살포에 있다. 액비의 적기 적량 살포는 지역별 작목별 그리고 액비의 종류와 성분 함량 등에 따라 영향을 받게 되지만, 가장 중요하고 시급한 것은 액비의 시간적 공간적 수급균형을 위한 시스템 구축에 있다.

과잉분뇨 저감 및 처리기술 개발은 농가 및 지역단위 자급자족적 액비경영이 우선적으로 검토되어야 한다. 즉 농가 간 액비의 과부족 발생을 균형화 하기 위하여 액비화 기술시스템의 연계성구축과 환경친화적 액비 사용면적을 확대하며 조직운영 및 정보기술 시스템 개발이 시급히 요구된다,

액비정책의 장기적 방안은 자원화와 에너지화가 가능한 과잉분뇨의 완전처리가 되어야

할 것이며 처리능력이 부족한 경우는 예로 면적과 연계된 사육규모규제 도입도 고려하여야 할 것이다.

액비 공동이용조직은 액비 시용잠재력, 즉 액비 시용가능면적이 확대될수록 액비의 경제적 가치를 보다 향상시킬 수 있는 방안이기 때문에 액비경영의 가장 기본적인 정책방안으로 분석된다.

액비의 경제적 가치분석결과를 보면 시간당 수송 및 살포비용이 적을수록 액비의 한계 수송거리가 멀어지기 때문에 공동저장시설운영의 도입을 통한 수송비용절감이 요구되며 저장시설의 최적입지선정의 중요성이 제기된다.

액비의 한계가치분석은 액비저장용량 및 저장기간을 평가할 수 있는 중요한 지표로서 의미를 가지고 있다. 저장기간별 액비의 한계가치는 저장기간이 길어질수록 감소되고 있으며 최소한 6개월의 저장기간을 유지할 경우 N-함량기준 액비의 한계가치는 우분뇨, 돈분뇨, 계분의 경우 33.8원/m³, 50.0원/m³, 83.7원/m³으로 각각 나타나고 있다.

액비가치는 무기질비료 환산가에 액비시용으로 절감된 무기질 비료량과 이를 평가한 절감비용 그리고 토양의 유기질 시용효과를 평가한 유기질 보상가를 합한 총액이다. 액비는 또한 무기질비료 대체가격으로 가치평가가 가능하다. 액비의 무기질비료가치평가는 성분 함량과 액비의 N-작용, 성분가격, 무기질비료등가, 토양의 성분공급 잠재력분석에 의해 가능하다.

이러한 객관적이고 합리적인 액비의 경제적 가치평가는 곧 효율성을 추구하는 공동이용경영의 필수적 전제조건이 된다.

가축분뇨 공동이용의 조직운영 및 시설사업촉진은 가축분뇨의 자원화를 통하여 친환경 유기농업을 촉진할 수 있는 저비용 고효율 가축분뇨 정책사업으로 이미 선진농업국에서는 다양한 지원 및 육성프로그램을 개발, 추진하고 있는 실정이다. 가축분뇨 공동이용 및 시설은 이제 농업산업의 필수적 기반시설이자 사회간접자본시설로서 깊이 인식하고 심도 있는 연구와 검토가 이루어져야 할 것이다.

[논문접수일 : 2005. 4. 3. 최종논문접수일 : 2005. 5. 21.]

참 고 문 헌

1. 김창섭. 1995. 정부의 가축분뇨 자원화 지원정책. 월간양돈.
2. 농림부. 1998. 친환경농업 육성정책.
3. 농진청. 2000. 2010년을 향한 축산기술연구 비전과 과제. 축산기술연구소.

4. 농협중앙회. 2003. 비료사업 통계요람.
5. 유덕기. 2002. 가축분뇨자원화를 위한 공동조직운영모델개발에 관한 연구. 동국대학교 지역발전연구부 농림부 연구보고서.
6. _____. 1998. 가축분뇨 공동이용의 효율적 경영방안. 한국유기농업학회지. 6(2).
7. _____. 1999. 가축분뇨 공동이용의 조직운영규정과 시설설계에 관한 연구. 8(1).
8. _____. 1997. 가축분뇨 공동이용과 환경친화적 적정사육두수. 한국유기농업학회지 5(2).
9. _____. 2002. 가축분뇨자원화를 위한 이용실태분석, 한국유기농업학회지. 10(1).
10. 유재일. 1995. 축산분뇨의 이용실태와 자원화 방안. 한국 유기농업학회 심포지움.
11. 유철호 외. 1994. 가축폐수처리에 관한 연구. KREI.
12. 이석영. 1995. 유기물자원의 농업적 이용의 과제와 대안, 한국유기농업학회 심포지움.
13. 정경수 2001. 효율적 축산오염방지 지원정책. 농업경영·정책연구. 제28권 1호.
14. 환경부. 1995. 오수·분뇨 및 축산폐수처리 통계.
15. ENGEL, T., BÜCKEN, S. 외 : 1997. GUELLEX-Ein Bilanzierungs-und Entscheidungssystem zum umweltschonenden inner- und über-betrieblichen Gülleeinsatz. in :Umweltverträgliche Gülleaufbereitung und -verwertung. KTBL. Darmstadt.
16. Baubriefe Landwirtschaft : 1986. Gülle - Erzeugung, Lagerung, Technik, Verwaltung. Heft 29.
17. DÖHLER, H. : 1997. Perspektiven für neue Verfahren zur Behandlung und Verwertung von Flüssigmist : in Umweltverträgliche Gülle-aufbereitung und -verwertung. KTBL. 242.
- 18 HÜGLE, Th. : 2001. Temperatur und Geruchsemissionen aus Flüssigmist. Landtechnik. 56. Kiel.
19. LEMPE, G. : 1991. Gemeinschaftsgüllebehälter. Landtechnik. 46. Eppingen SCHÜRER, E. : 2000. Verdünung der Gülle. Landtechnik., 55. Sonderheft. Hohenheim.
20. HAVE, P. : 1997. Stand der Güllebehandlung in den Niederland in : Umwelt-verträgliche Gülleaufbereitung und -verwertung. KTBL. 242.
21. .LEMPE, G. : 1991. Gemeinschaftsguellebehaelter. Landtechnik.
22. SETTLER, A. : 1989. Gefahren aus der Gülle auch für die Tiergesundheit.
23. WEILAND, P. : 1997. Stand und Perspektive der Güllebereitung in : Umwelt-verträgliche Gülleaufbereitung und -verwertung. KTBL. 242.
24. ZEDDIES, J. : 1983. Betriebswirtschaftliche Wertung des Flüssigmistes. Land-technik.