

# 유기경종농업에 의한 가축분뇨의 활용방안

류종원

상지대학교 생명자원과학대학 교수

- 
1. 서론
  2. 유기경종농업에서 가축분뇨의 의미
  3. 가축분뇨 비료성분의 경제적 가치
  4. 가축분뇨 처리실태 및 문제점
  5. 가축분뇨의 자원화 처리방법 비교
  6. 시비이용에서 분뇨의 성상과 비교
  7. 가축분뇨의 자원화 처리기술
  8. 가축분뇨의 경지환원
  9. 퇴비, 액비 시용방법
  10. 가축분뇨와 환경오염
  11. 외국의 가축분뇨 규제사례
  12. 가축분뇨 활용 활성화 방안
  13. 결언
- 《참고문헌》

## 1. 서론

최근 우리나라에서도 가축분뇨를 자원화하여 퇴비, 액비로 처리하는 축산농가가 증가하고 있으나 가축분뇨의 자원화 처리방법, 경지환원기술 등의 미비로 올바른 처리가 이루어지지 않고 있는 실정이다. 가축분뇨는 농업에서 황금이라고 표현 할 만큼 가치있는 비료이다. 우리나라에서는 퇴비화 시설과 저장액비화 시설 및 분뇨 저장탱크에서 부속된 액비의 초지, 농경지 자원화되어 살포되지 못하고 가축분뇨가 비경제적으로 정화되어 방류하는 경우가 많았다. 가장 올바른 가축분뇨의 처리방법은 환경오염 부담을 최소화 하면서 “땅에서 나온 것은 땅으로 되돌려 준다”는 원칙에 따라 경지환원을 시켜 생태계의 물질순환의 흐름속에 넣어주는 것이다. 본 원고에서는 가축분뇨의 특성, 자원화처리 기술, 경지환원, 환경오염, 가축분뇨 자원화시용 확대방안에 대하여 논하고자 한다.

## 2. 유기경종농업에서 가축분뇨의 의미

가축배설물은 축산의 부산물이고 이것을 잘 이용하면 농업생산에 큰 역할을 할 수 있다. 가축배설물은 옛부터 구비로서 지력증진에 공헌해 왔다. 그러나 1970년부터 축산의 발전과 함께 축산의 전업화, 다두사육의 방향으로 진전되어 감에 따라 일반 경종농업과 분리하여 발전하게 되면서 축산농가에서 가축분뇨는 구비로서의 지위를 잃어버리고 처리 곤란한 폐기물로 변하여 국민의 기초 생활환경중 악취, 토양 및 수질오염의 중요한 요인이 되었다. 축산농가에서는 가축분뇨가 남아서 처리문제에 어려움을 겪고 경종농가에서는 지력이 낮은 우리나라 토양에 화학비료에 의존하는 농사를 짓고 있는 실정이다. 가축분뇨의 경지환원 시킬 때 가져야 하는 기본인식은 다음과 같다.

- ① 사료들의 원료 해외수입에 의존하는 우리나라에서는 가축분뇨를 중요한 자원으로 생각하여 이용하여야 한다.
- ② 가축분뇨의 경지환원 문제는 생명현상의 연속적 측면에서 보면 “땅에서 나온 것은 땅으로 돌려준다”는 물질의 윤회 개념에서 비롯된다.
- ③ 가축분뇨는 작물의 생산성 향상 및 지력증진을 위한 소중한 물적자원이다.
- ④ 하워드(1945) The soil and Health.
  - 사막화 현상, 염류집적, 토양 침식, 녹색의 상실 예고
  - 유기성 폐기물은 토지에 환원시키고 동물과 식물은 동거시킨다.
- ⑤ 토양의 생산력 (체력)
  - 농업 → 지력을 만드는 것
  - 생산력 원동력 → 토양속의 우량한 부식
  - 지력유지에 없어서는 안될 유기물
  - 지력의 유지는 지속가능한 농업 (Sustainable agriculture)에 있어 제일의 조건이다.
  - 서구농업 윤작과 가축분뇨로 토양을 비옥하게 하였다.

## 3. 가축분뇨 비료성분의 경제적 가치

우리나라에서 배설되는 가축분뇨 N.P.K 비료성분의 경제적 가치는 4,206억원으로 추정된다. 그외 가축분뇨 이용에 의한 플러스 측면인 작물증수와 환경보호, 화학비료 절감 등을 고려한 가축분뇨의 종합적인 경제적 가치는 1조원 이상이 될 것으로 평가된다.

Table 1. 한국에서 배설되는 가축분뇨 비료성분의 경제적 가치

	가축분뇨의 비료성분 배설량(ton)	경제적 가치(백만원)
N	236,122	134,754
P	225,235	185,908
K	200,000	100,000
미량요소	-	100,000 (예상치)
총계	-	520,662

따라서 가축분뇨의 경지환원을 확대하여 환경축산을 정착시키는 것은 우리 나라 축산의 중요한 과제이다. 가축분뇨의 경지환원은 토양의 활성을 높이고 토양의 공극, 수분 보유력과 지력을 증진시켜 작물수량을 지속적으로 유지하는데 중요한 역할을 한다.

환경친화적인 가축분뇨 처리이용은 생태계 보호의 긍정적인 측면인 ① 생태계 보호 ② 공기, 물의 정화기능 증대 ③ 생태계의 관리를 들 수 있다. 스위스의 경우 알프스 산을 관리하기 위하여 축산농가들에게 구획을 정하여 주고 막대한 보조금을 주면서 축산을 장려하고 있다. 그 이유는 환경 친화적인 축산은 환경을 오염시키는 것이 아니라 환경을 보호하는 긍정적인 측면이 많은 연구에서 보고되었다. 적정량의 가축분뇨 토양환원은 토양의 입단을 조성하여 토양 양분 유실을 방지하고 오염물의 정화능력을 극대화시켜 환경을 보호한다.

#### 4. 가축분뇨 처리실태 및 문제점

최근 축사의 성력화의 일환으로 많은 축산 농가의 축사 형태는 분과 뇨가 혼합되는 슬러리 축사가 많이 보급되고 있다. 슬러리 축사의 분뇨혼합액은 국토가 넓은 외국의 경우에는 액비화시켜 토지에 뿌리고 있으나 우리 나라 실정에서는 액비로 활용할 토지 면적이 많지 않은 실정이다. 따라서 살포농경지가 있는 경우에만 액상상태로 경지에 환원되고 있는 실정이나 악취와 살포 기술의 미비 등의 문제점이 발생되고 있다. 그러나 대부분의 축산농가에서는 액비를 살포할 농경지가 없어서 퇴비화하여 자원화 이용하여야 하는데 수분 조절제(주로 톱밥)와 가축분뇨를 혼합하여 퇴비화 하고 있다.

##### 나. 퇴비화 처리기술

기존 퇴비화 시설의 경우처럼 퇴비화 공정이 연속적으로 이루어지지 않고 있기 때문에 축사에서 분뇨가 장기간 저장되어 있다가 퇴비화 시설로 이송되는 경우가 많은데, 저장기간 동안 유기물이 혐기성 상태에서 분해되므로 저장조에 저장된 분뇨를 퇴비화 시설에서 퇴비화 할 경우 발효미생물의 에너지원으로 사용되어야 할 탄소가 부족하게 되어 발효효율이 떨어진다. 축산분뇨의 수분함량은 스크레파 축사의 경우 88-92%, 슬러리 축사의 경우 92-98%로 수분함량이 높아 퇴비화시 수분조절제로 톱밥이 필요하다. 특히 슬러리 축사에서 배출되는 분뇨혼합액은 퇴비화 하기 위하여 톱밥소요량이 많은 문제점이 있다.

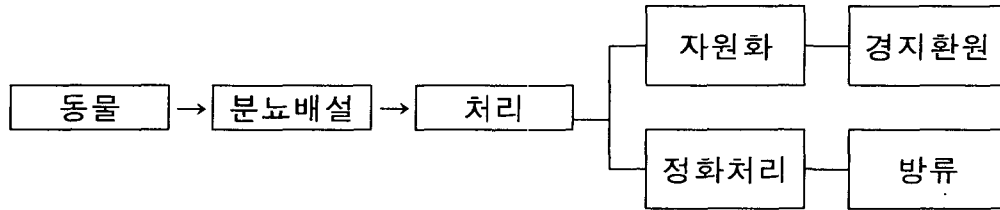
##### 다. 액비화 처리기술

액비 살포에는 주변 경지면적이 필요하나 우리 나라의 현실상 살포면적이 부족하다. 그리고 액비 살포시기가 특정 계절에 편중되어 있어서 6개월 이상 가축분뇨의 저장시설이 필요하다. 또한 미부숙 액비를 농경지에 살포할 경우 악취발생으로 인한 민원 발생, 발아장애 및 생육장해를 초래할 수 있다. 액비는 유통이 어려우므로 살포할 농경지가 확보된 지역에서 보급적용 할 필요성이 있다.

## 5. 가축분뇨의 자원화 처리방법 비교

### 가. 가축분뇨의 처리과정

가축분뇨의 처리과정은 동물이 가축분뇨를 배설하면 퇴비, 액비로 처리하여 자원화하는 방법과 정화처리하여 방류하는 방법이 있다. 가축분뇨를 처리이용함에 있어서 환경오염을 시키지 않고 자원화하여 퇴비, 액비로 이용하는 것이 가장 바람직한 방법이다.



### 나. 가축분뇨 처리방법별 장단점 비교

가축분뇨를 퇴비, 액비화 처리는 경지가 있는 축산농가의 경우 경지에 환원시키면 시비효과가 크다. 퇴비와 달리 액비는 식물체가 자라고 있는 상태에서도 추비로 사용할 수 있는 장점이 있다. 액비화 처리시스템은 처리 경비도 다른 처리시스템에 비하여 저렴하다. 단점은 부숙시키지 않고 사용하면 악취가 난다는 점이다.

Table 2. 가축분뇨 처리방법에 따른 효과

	시비효과	악취	처리비용	수질보호
액비	+	-	+	+
퇴비	+	+	△	+

\* +:긍정적, -:부정적, △:중간

### 다. 퇴비, 액비 처리의 특징

가축분뇨의 액비화 처리는 경지가 있는 축산농가의 경우 부숙된 액비를 경지에 환원시킬 수 있다. 액비화 처리시스템은 저장탱크 부숙을 위한 시설 및 살포기를 구비하여야 하며 처리 경비도 다른 처리시스템에 비하여 저렴하다. 단점은 부숙시키지 않고 사용하면 악취가 난다는 점과 우리나라 현실상 살포할 농경지 확보가 어려운 점이 있다.

Table 3. 가축분뇨 자원화 처리방법에 따른 장·단점 비교

	퇴비	액비
- 시비효과	크다	크다
- 분뇨량	적다	많다
- 농경지 확보	적다	많다
- 부숙과정 중 양분손실	크다	적다
- 톱밥소요	부자재(톱밥) 소요량이 크다	부자재 불필요
- 악취	거의 없다	미부숙시 악취
- 유통	유통가능	유통이 거의 불가능

## 6. 시비이용에서 분뇨의 성상과 비효

### 가. 유기물 비료와 화학비료와의 차이점

- 유기물 비료는 각종 영양분을 동시에 함유하고 있어서 작물에 대한 종합 영양적인 효과를 나타낸다.
- 퇴비 종류별 성분함유량과 품질은 편차가 심하다.
- 비효는 퇴비의 경우 지효성이지만 액비의 경우 화학비료와 동등하게 속효성이다.
- 유기물 비료는 화학비료에 비하여 운송, 시용이 불편하고 성분조성과 비효가 일정하지 않아 정확한 시용량을 결정하기 어렵다.

### 나. 시비이용에서 가축분뇨의 성상과 비효

#### (1) 축종에 의한 차이

분뇨의 성상과 이화학적성은 가축의 종류, 섭취사료의 종류, 음수량, 계절 등 많은 요인에 의하여 영향을 받지만 가축의 종류에 의한 차이가 가장 크다.

#### (가) 우분뇨

조사료 위주로 사양한 경우에는 섬유소, 리그닌, 유기물, 칼륨 함량이 높고 무기물(질산, 인산, 칼슘, 마그네슘) 함량은 낮은 경향이다. 따라서 작물에 시용시 돈분이나 계분보다 작물에 피해는 잘 나타나지 않는다. 소의 분뇨에는 난분해성 유기물이 많아 토양의 유기물 함량을 증진시키는 효과가 큰 것이 우분뇨의 장점이다. 함유성분의 화학비료 대비 비효는 질소는 약 30%, 인산 80%, 칼리는 약 90%이다.

#### (나) 돈분

섭취사료에 섬유소, 리그닌은 적고 전분, 단백질이 많기 때문에 유기물 함량은 우분 보다 낮은 경향이지만 질산, 인산 함량은 더 높아 과다시용시 염류집적 효과 작물에 생육장애를 초래하므로 과다시용하지 말아야 한다.

#### (다) 계분

계분은 질소, 인산, 칼슘의 함량은 높고 분해가 빠르지만 유기물이 함량은 상대적으로 낮아 토양개량적 기능은 약하다. 계분의 화학비료 대비 비효는 질소는 약70%, 인산은 80%, 칼리는 90% 으로서 화학비료와 거의 대등한 비효를 나타내므로 과다시용하면 토양 염류집적과 작물생육에 장애를 발생시킬 수 있다.

#### (2) 분과 뇨의 차이

실제 가축사양에서는 분과 뇨를 엄밀하게 분해하는 것은 어렵지만 분과 뇨는 상이한 성분 함량을 가지고 있다. 비료성분의 분과 뇨의 비율을 보면 질소는 분과 뇨가 55 : 45, 인산은 93 : 7, 칼륨은 40 : 60 정도이다.

분은 유기물 함량이 높고 N, P, K 등 비료의 3요소 성분과 칼슘, 마그네슘, 미량요소도 풍부하며 비효는 지효성 이므로 토양개량 및 기비(밑거름)로서 적합하다. 뇨는 유기물 함량이 매우 낮고 비료성분은 거의 질소와 칼륨이며 속효성으로서 화학비료와 동등한 비효를 가지고 있으며 토양개량 효과는 기대하기 어려우나 추비용으로 적당하다. 뇨는 인산 및 마그네슘 함량이 낮아 뇨만을 시용 할 때에는 인산을 화학비료로 보충하여 사용하는 것이 필요하다.

		오줌	똥
질 소		45	55
인 산		7	93
칼 리		60	40
마그네슘		15	85

Fig. 1. 분과뇨의 양분함량 비율

## 7. 가축분뇨의 자원화 처리기술

### 가. 퇴비화 처리기술

기존의 퇴비화 처리시설의 문제점이 있으므로 처리시설의 개선이 요구된다.

- 축산분뇨와 톱밥을 혼합하여 1회적으로 퇴비화하므로 톱밥소요가 적고 분뇨를 연속적으로 처리할 수 있는 기술이 필요하다.
- 미부숙 분뇨가 유통되므로 작물에 사용시 문제가 안 되는 안정화되는 퇴비화 기술이 필요하다.
- 동절기 퇴비화 효율 저하로 정상적 가동이 안되고 있는 겨울에도 처리 가능한 퇴비화 시설이 필요하다.
- 슬러리 분뇨혼합액 퇴비화시 슬러리의 수분함량이 높아 퇴비사의 침출여액을 신속하게 배출하지 못하므로 통기성 저하에 의한 발효효율이 저하를 방지하는 처리기술이 필요하다.

퇴비화 처리를 이야기할 때 교반기술이나 송풍기술에 중점을 두고 설명하지만 퇴비화 시스템은 결국 분뇨속의 수분을 효율적으로 증발시키면서 미생물의 대사를 극대화 시키는 것이 중요하다. 기계식 퇴비화 시스템은 크게 두 종류로 분류할 수 있다.

- 발효전 분뇨·톱밥 혼합시스템
  - 발효전 톱밥과 분뇨를 1회적으로 혼합후 발효시킴
- 분뇨 연속투입 퇴비화 시스템
  - 톱밥을 발효조에 충전하고 분뇨를 3-6개월 연속 투입하여 발효시킴

### 나. 액상화 처리

#### (1) 액상분뇨의 조건

액상분뇨가 비료로서 경지에 환원되기 위해서는 ① 균일성 ② 액상화 ③ 저점착력 ④ 무약취 ⑤ 작물에 대한 피해가 없다. 등의 특성을 가져야 하기 때문에 발효처리가 되어야 한다.

#### (2) 액상분뇨 발효의 종류

- ① 교반

- 효과
  - 부상물(스킴)제거
  - 액상분뇨가 잘 섞이어진다.
- 종류
  - 기계적 교반 : 프로펠러  
회전수 540~1,000 rpm

② 폭기

○ 작용

폭기시키면 호기성 미생물들이 번식된다. 미생물들은 탄소와 질소가 있으면 활동을 시작하여 질소 및 황화합물 (H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, Amine)과 기타 악취물질을 분해한다. 이 과정에 의하여 액비의 온도와 pH가 상승됨과 동시에 악취제거, 섬유소의 분해, 대장균, 기생충, 잡초종자의 사멸 등의 효과가 있다.

○ 폭기의 종류

- 연속적 폭기 : 5~15일간  
단점 : 운전 경비 과다 (전력 과다 소모)  
모타의 내용년수 단축
- 간헐적 폭기 : 10~30일간
- 하루 중 폭기회수 : 4~24회
- 하루 중 폭기시간 : 2~6시간
- \* 장기간을 두고 조금씩 폭기하는 것이 단기간에 많이 폭기하는 것보다 효과적.
- \* 저온에서의 폭기효과가 낮다.

○ 폭기량

- 폭기요구량은 분뇨의 종류(우분액비, 돈분액비, 슬러리, 고액분리액), 폭기시스템, 폭기기간, 폭기회수에 따라 상이하다.
- 저장중 m<sup>3</sup>당 3~5.5kg 산소가 주입되면 폭기완료

○ 폭기량이 부족하면 냄새가 나고(H<sub>2</sub>S방출) 탈질에 의한 N<sub>2</sub>가스가 휘산된다.

○ 폭기효과

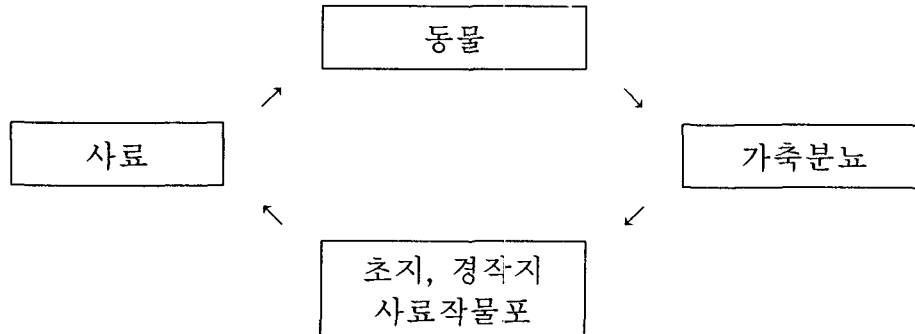
- 암모니아의 휘산으로 질소함량이 0~90% (평균 20%) 감소한다
- 악취제거 (30~40% 경감)
- 부피 : 0~45% (평균 20%) 감소
- 식물체가 자라는 동안에도 액비 시용 가능
- 폭기시 온도상승으로 잡초 및 병원균 사멸
- 유기태 질소 함량 : 10% 증가

Table 4. 액비처리에 따른 양분함량의 변화

	처리전	무처리	교 반		연속적폭기
			공기무주입	공기주입	
건물함량(%)	6.1	5.5	6.0	4.8	3.0
N(kg/m <sup>3</sup> )	6.1	5.5	5.3	5.5	5.0
NH <sub>4</sub> -N(kg/m <sup>3</sup> )	5.1	4.1	4.1	4.0	3.3
pH	7.8	7.2	7.4	7.9	8.6

## 8. 가축분뇨의 경지환원

### 가. 초지가 있는 축산농가의 물질순환



### 나. 액상분뇨의 이화학적 조성

유기물, 무기물, 점액질, pH, 유해가스

### 다. 액상분뇨 성분함량의 차이

액상분뇨의 성분함량은 가축의 종류, 축사의 종류, 급여한 사료의 종류, 청소수 사용량 등에 영향을 받아 농가간에 큰 변이를 보이고 있다.

Table 5. 액상분뇨 성분함량의 변이

	평균함량(%)	변이폭(%)
건물함량	7.4	4 ~ 13.4
총질소함량	0.34	0.2 ~ 0.56
인산함량	0.20	0.09 ~ 0.64

### 라. 액비의 비효

액비는 유기물 함량이 낮아 지력증진 효과는 크지 않고 퇴비보다 속효성이고 화학비료대비 약 75~100%의 비효를 나타낸다.

Table 6. 액비의 화학비료 대비비효 (화학비료 100)

성분	화학비료 대비 비효
질소	75 ~ 90 %
인산	90 ~ 100 %
가리	80 ~ 100 %

### 마. 액비의 적정 사용량

액비는 작물이 필요한 만큼 사용되어야 하고 환경오염을 시키지 않는 범위에서 사용되어야 한다. 액비의 적정사용량에 관여하는 요인은 아래와 같다.



(1) 작물간 차이(흡비력, 특성)

사료작물 > 밭 작물, 채소, 과수

밭 작물 > 벼

(2) 토양환경

양토 > 사질토

척박한 토양 > 비옥한 토양

## 9. 퇴비, 액비 시용방법

### 가. 퇴구비 시용방법

퇴비는 작물재배 전 최소한 2주전에 시용하는 것이 좋다. 퇴비를 작물재배 직전에 사용하면 밭아에 지장을 초래하거나 유식물 생육에 장애를 초래할 수 있다. 완숙퇴비는 고르게 살포하여야 한다. 고르게 살포되지 않으면 과중상이 나빠지고 퇴비가 너무 많이 들어간 곳에는 어린 식물의 생육에 지장을 받게 되고 퇴비가 들어가 않은 곳에는 양분결핍이 생길 수도 있다. 노지재배에서는 완전히 발효가 안된 퇴구비 시용시 문제가 크지 않으나 하우스 재배 시에는 미숙분을 사용하면 밭아가 안되거나 유식물 생육에 지장을 초래하므로 완숙분을 시용하도록 한다. 퇴비는 심토에 사용하지 말고 표토에 뿌려 고르게 혼합시키는 것이 좋다. 퇴구비를 약 3년 시용후 부터는 토양분석을 하여 시비량을 결정할 필요성이 있다.

### 나. 액비 시용 방법

#### (1) 액상분뇨의 수송

액상분뇨는 그 자체의 상품가치가 높지 않기 때문에 살포시 이송거리가 멀어지면 물류비용이 많이 소모되어 경제성이 없다. 독일에서는 보통 이송거리가 15km이상이면 경제성이 없는 것으로 보고되고 있다.

#### (2) 액비 살포 기술

##### (가) 정지배관 (定置配管)

축사 주변에 농경지를 보유하고 있는 경우나 경사지에서 액비살포 차량의 이용이 곤란한 포장에 고정배관 설치하거나 배관을 이동하여 액비저장고에서 포장까지 호스나 레이건으로 살포하는 방법이다.

##### (나) 액비 살포기

액비살포기는 밭이나 초지에 액비를 살포하는 장비로 장비내부에 진공 탱크차와 일반 펌프를 탑재한 펌프탱크차가 있다. 토양의 부담을 경감시키기 위해서 액비살포기의 바퀴는 직경이 크고 넓은 것이 좋다. 액비살포통은 철재나 플라스틱이 활용되고 있다. 철재의 경우 부식의 위험 때문에 아연을 입혀야 한다. 플라스틱의 경우 부식의 위험이 없고 가볍다는 장점이 있으나 고압액비 살포기의 경우 압력 때문에 철재가 적절하다. 액비살포기의 분배방식은 충돌형, 수직형, 회전수직형, 원심식, 충돌분배대식, 끄는 호스형, 토양 주입형 등이 있다.

살포방법에 따라 악취와 암모니아 가스 휘발량이 차이가 있다. 논외의 경우 살포시 토양의 파괴를 방지하기 위하여 4~6m<sup>2</sup> 용량의 소규모 살포기가 적절하다. 살포시 악취와 질소 손실을 방지하기 위하여 살포높이가 1.5m를 넘지 않아야 한다.

#### 다. 과다시용의 문제

유기물을 적정량 사용하면 병충해 저항성 증대, 지력증진, 품질향상, 수량증대를 가져온다. 그러나 유기물 비료를 과다하게 사용하면 병충해발생의 원인이 되고 토양에 염류가 집적된다. 화학비료와 마찬가지로 유기물의 과다한 시용은 농산물 품질저하의 원인이 되고 인체 영양생리상 중요한 성분인 카로틴, B계열의 비타민 함량이 저하된다. 채소를 연작하는 시설원예지 토양은 매작기마다 가축분뇨를 시용하며 필요이상으로 시비량이 많기 때문에 염류가 과잉집적된 실정이다. 더욱이 시설내의 강우차단에 의한 토양비료분의 유실이 적을뿐 아니라 토양수의 증발량이 많아 모관수의 상향이동으로 시용된 비료성분이 토양의 표층에 집적되므로 염류장해를 비롯해서 때로는 요소결핍증과 원인불명의 생리장해가 발생하는 일이 많다. 토양에 염류가 집적되면 삼투압이 높아져 뿌리로부터 양수분의 흡수가 저해되고 토양양분이 불가급태로 되기 때문에 작물생육은 물론 수량 품질을 크게 떨어뜨리게 된다. 따라서 염류집적을 방지하기 위해서는 유기물 과다하게 시용하지 않도록 하여야 한다. 채소와 과수 재배에서 유기물을 적절하게 시용하면 병충해 저항성 향상에 의한 안전농산물 생산과 토양의 지력향상에 의한 장기적인 다수확이 가능하다.

#### 라. 기타 주의사항

- 액상분뇨는 반드시 액상분뇨 살포기로 살포하여야 한다.
- 가축분뇨는 시기적 또는 양적으로 식물에 의하여 완전히 이용되어야 하고 영양분의 손실이 없어야 하며 수계로 유입되지 않도록 시용하여야 한다.
- 가축분뇨는 토양이 수분포화 상태일때, 겨울철 토양이 얼어 있을 때, 눈이 많이 덮여 있을 때 살포해서는 안된다.

## 10. 가축분뇨와 환경오염

### 가. 하천·호소의 부영양화

오염의 정도는 질소와 유기물이 더해졌을 때 더욱 심해진다. 호소나 강에 인산이나 유기물이 유입되면 조류가 왕성하게 성장하게 되며, 이는 미생물에 의해 분해되고 무기화되는데 수중 용존산소를 소모한다. 이렇게 되면 강이나 호소에 산소가 부족하여 혐기분해가 일어나 냄새가 나며, 하층식물과 물고기의 치사를 초래한다.

#### ○ 인산에 의한 하천, 호수오염

1 kg p (= 2.3kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) → 1,000kg 조류생장 (신중)

1,000kg 조류 무기화에 → 10,000m<sup>3</sup> 용존산소가 있는 물  
필요한 산소 요구량

하천이나 호소가 부영화가 되면 상수원으로 부적합하게 되며, 악취가 나고, BOD가 증가하여 정수비용이 많이 든다. 다량의 가축분뇨를 방류시키면 암모늄태 질소(NH<sub>3</sub>-N)뿐만 아니라 암모니아 가스도 함유되어 있다.

#### 나. 지하수오염

지하수오염의 오염물질은 질산태 질소(NO<sub>3</sub>-N)가 가장 문제이다. 질산(NO<sub>3</sub>)은 가축분뇨의 분해에 의해 토양에서 생성된다. 질산태 질소는 수용성이므로 토양에서 자유로이 이동하여 지표수로 용탈하게 된다. 축사주변에 오수나 식물체에 필요 이상의 분뇨를 시용하였을 때 빗물에 의해 지하층으로 이동하여 지하수로 내려가게 된다. 지하수에 질산태 질소가 높게 나타나는 것은 단기간에 나타날 수도 있지만 대부분 여러해 동안 가축분뇨의 오염이 누적된 결과이다. 최근 조사에 의하면 축산 인근지역의 지하수가 심하게 오염되어 가고 있다. 질산성 질소(NO<sub>3</sub>-N)는 체내에서 아질산 질소(NO<sub>2</sub>-N)로 전환되어 헤모글로빈과 결합, 혈액순환을 방해하여 유아의 피부가 청색으로 변하게 하며 치사까지 이르는 청색증의 원인물질로 알려져 있다. 또한 아질산(NO<sub>2</sub>-N)은 체내에서 아민(Amine)과 결합하면 발암물질인 Nitrosoamine을 형성한다. 따라서 우리 나라에서는 음용수의 질산태 질소(NO<sub>3</sub>-N)의 허용값을 10mg 이하로 규제하고 있으면 세계보건기구는 인간이 매일 200mg 이상의 질산염(NO<sub>3</sub>)을 섭취하면 건강에 해를 주기 때문에 질산성 질소의 섭취를 제한할 것을 권장하고 있다.

#### 다. 공기오염

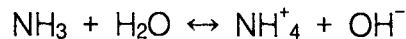
##### (1) 암모니아

##### (가) 암모니아(NH<sub>3</sub>)의 물리화학적 특성

암모니아는 무색가스이고 강한 냄새를 내는 물질이다. 암모니아는 공기보다 가볍고 약 알칼리성이며 물에 잘 녹는다.

##### (나) 분뇨에서 암모니아 생성과정

대부분 분뇨의 암모늄 이온(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)은 동물의 오줌, 요소에서 존재하며, 용해된 요소는 암모니아로 전환된다. [반응식]



암모니아와 암모늄의 전환은 pH, 온도, 압력에 의존한다.

##### (다) 경감책

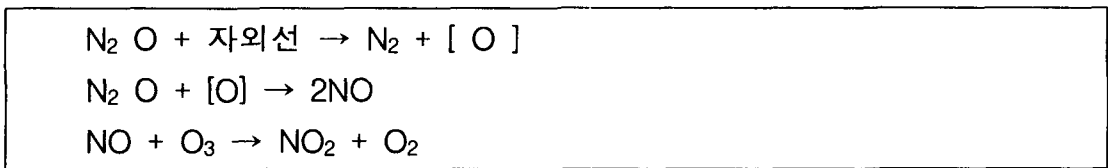
액비 저조류의 온도가 낮거나 뚜껑을 닫았을 때 NH<sub>3</sub> 휘산은 감소하며, 액비를 교반시키거나 폭기시키면 암모니아의 휘산은 많아지고 물을 첨가하면 저하된다. 저장된 액비의 pH 높을수록 암모니아 휘산량은 많아지며 또한 농경지 시용시에 온도가 높을수록 암모니아의 휘산량은 증가한다. 암모니아는 물에 쉽게 용해되므로, 이러한 특성을 이용하여, 온도가 낮고 바람이 적게 불고 토양이 젖은 상태의 경지에 액비르 시용하고 경운·정지작업을 하면 암모니아의 휘산량은 상당히 적어진다.

(2) 메탄

가축사육의 증가에 의하여 메탄 발생량은 증가하게 되었다. 메탄은 지구온난화에 관여하는 물질이다. 메탄은 동물의 위와 장의 소화과정에서 미생물의 발효에 의해 생성된다. 분뇨에 의한 메탄발생량은 분뇨 처리형태에 따라 상이하고 일반적으로 액비처리시 많다.

(3) 아산화질소(N<sub>2</sub> O)

아산화질소(N<sub>2</sub> O)는 미생물의 탈질과정에서 생긴 중간산물이다. 탈질작용은 토양에 유기물과 질산태질소가 있는 상태에서 산소가 부족하게 되면 발생된다. 아산화질소는 오존층의 파괴와 지구온난화에 관여하는 유해가스이다. 오존층 파괴기작은 다음과 같다. N<sub>2</sub> O는 자외선에 의하여 O가 떨어진다. 떨어진 산소원소는 N<sub>2</sub> O와 결합하여 오존파괴에 관여하게 된다.



라. 오염경로

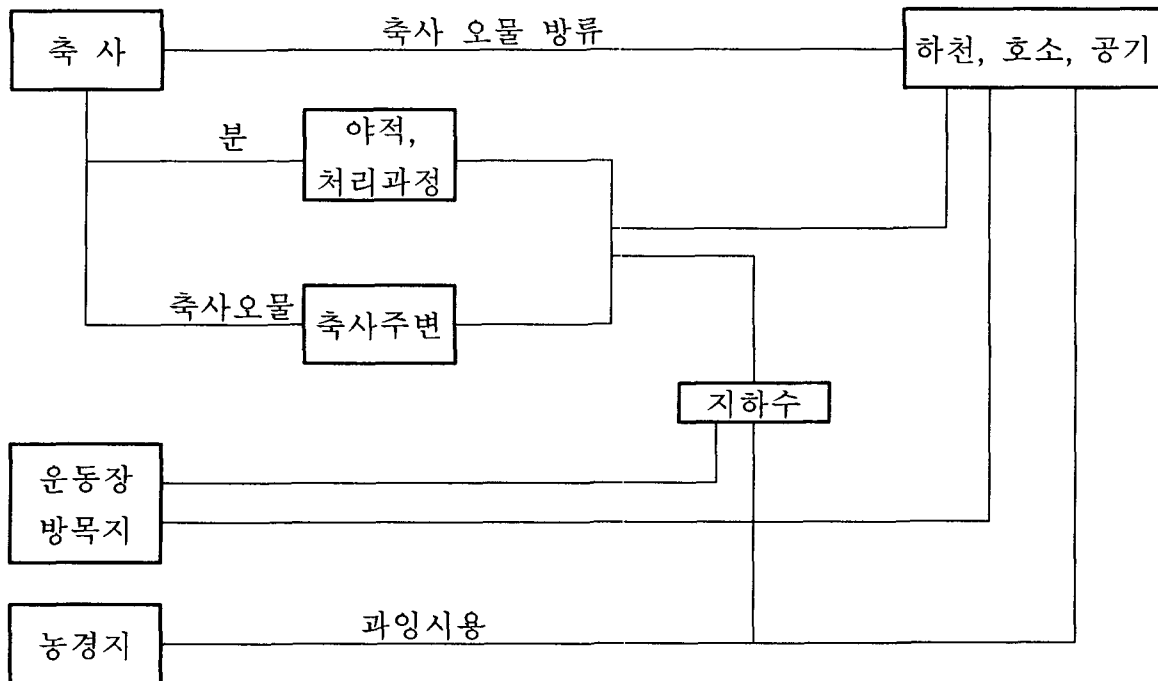


Fig. 2. 축산에서 비롯된 수질오염의 경로

마. 환경오염 물질의 종류와 작용

가축분뇨에 의해 관여하는 환경오염 물질과 작용은 표 7과 같다.

Table 7. 가축분뇨의 오용과 환경오염

형 태	전 이 물	문 제 / 작 용
유기태질소 (N)	물 / 토양(침식)	- 하천, 호소의 부영양화 (수질오염)
NH <sub>4</sub>	물 / 토양 / 공기	- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 오염의 원인물질
NO <sub>3</sub>	식물 / 식수(지하수)	- NH <sub>3</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 오염의 원인물질 - NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 로 전환 혈액순환 방해 청색증 유발 - 발암물질인 Nitros 질소화합물 형성의 원인 물질
N <sub>2</sub> O	공기	- 지구온실 효과 관여 물질 - 오존층 파괴 물질
NH <sub>3</sub>	공기 / 토양 / 물	- 물고기에 유독 - 토양 산성화, 산림생태계 파괴
CH <sub>4</sub>	공기	- 지구온실효과 관여물질
인산	토양 / 물	- 강, 호수 오염

## 11. 외국의 가축분뇨 규제사례

### 가. 독일

#### (1) 액비사용 간접 규제방법

- 수확후 토양의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>N 함량 규제 (Baden-Wurttemberg주에서 적용)
  - 수확후 토양의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>N 함량이 45mg/kg이상 : 농업보조금 삭감
- 지표수의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량 규제
  - NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 규제농도 50mg/l

#### (2) 한계 사용량

독일의 경우에는 주마다 분뇨에 대한 규제가 상이하다. 규제방법은 ha당 사용할 수 있는 분뇨의 사용 허용량(비료단위, DE)과 사육할 수 있는 가축수를 제한하는 것이다. 예를 들면 독일 Nordrhein-Westfalen주는 연간 ha당 3비료단위(1 비료단위는 연간 질'소 80kg 토양 환원) 즉 240kg 이상의 분뇨사용을 금지하고 있다. 또한 분뇨의 사용은 식물체가 자라지 않은 겨울동안에 가축분뇨를 사용하면 식물체가 이용하지 못한 질산태질소가 지하수로 용탈되기 때문에 늦가을부터 이른봄까지 겨울기간 동안에 금지되어 있다.

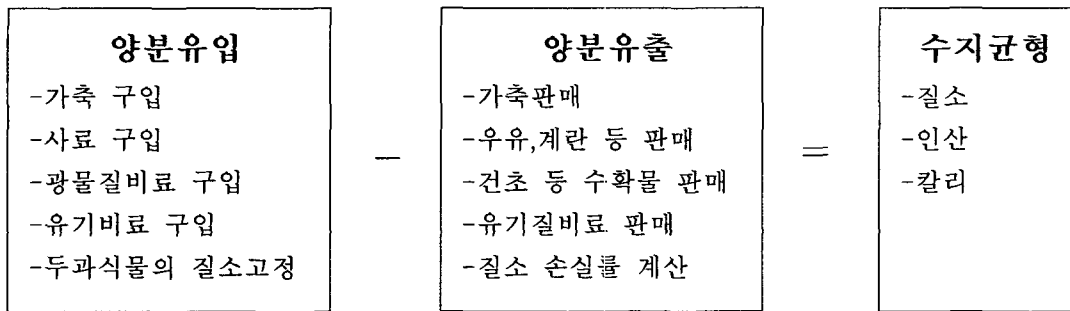
Table 8. 독일의 가축분뇨 사용 한계량

주	Schleswig-Holstein	Niedersachsen	Nordrhein-Westfalen	Bremen
시행일자	1989.9	1990.2	1994.6	1989.5
ha당 최대허용 비료단위	2.0비료단위/ha	2.5비료단위/ha	3비료단위/ha	2비료단위/ha
시용허가기간	3.1~9.30	2.1~10.15	2.5~10.15	3.1~10.15

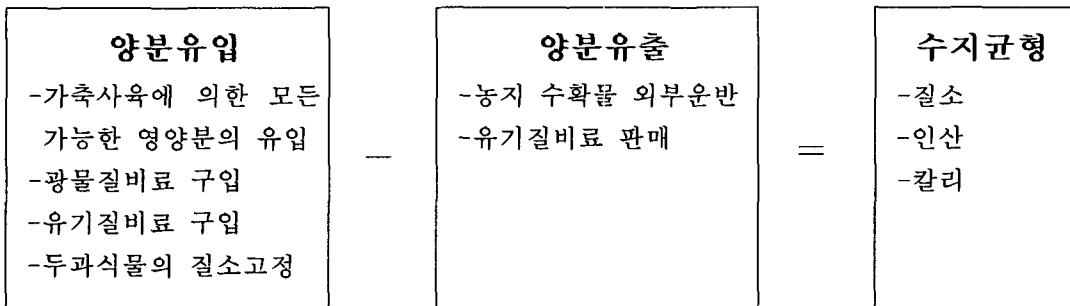
(3) 양분수지균형을 맞추기 위한 지침

독일의 경우 호당 농지면적이 10ha 이상이며 ha당 질소성분량으로 80kg 이상을 자급비료로 사용하는 농가는 1997. 12. 31일까지 의무적으로 양분수지균형 검사를 위한 근거 자료들을 수집 보관하여야 한다.

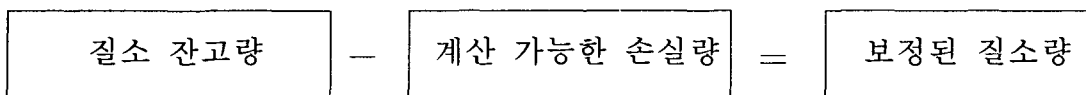
○ 농가(집-대문-수지균형, Hof-Tor-Bilanz)의 양분수지균형 계산



○ 축사(농지-축사-수지균형, Feld-Stall-Bilanz)의 양분수지균형 계산



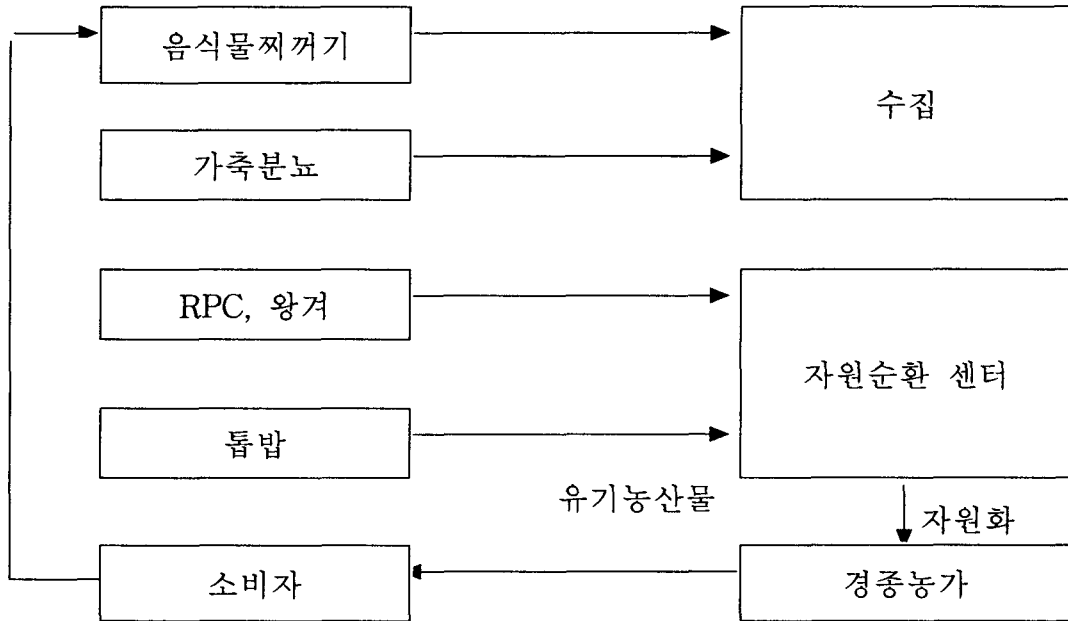
○ 질소 수지균형 고정



## 12. 가축 분뇨 활용 활성화 방안

### 1) 지역 자원 순환 센터 설립 및 운영

일반 가정의 음식물 찌꺼기, 가축분뇨 RPC·쌀 재배 농가의 왕겨, 톱밥, 기타 유기성 농산 부산물을 수집하여 경종 농가에서 유기농산물을 생산하고 지역단위의 물질을 순환시키는 시스템



### 2) 유기 자원 정보 은행 설립 및 운영

- 지역별 유기자원 정보 Data base
- 지역별 유기농업 생산자 Data base
- 지역별 축산농가 Data base
- 지역별 유기자원 자원화업체 Data base
- 유기 자원 정보 인터넷 사이트 개설 및 유통
- 축산 농가의 가축 분뇨 처리와 유기 농업 농가의 유기물 동시 해결
- 유기 장원 정보은행은 유통 수수료로 운영

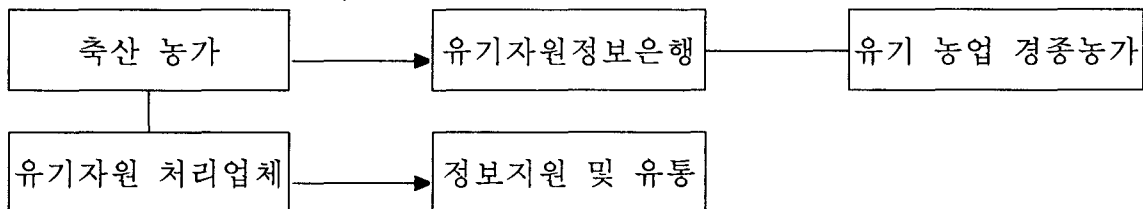


그림 3. 유기 자원 정보 은행 운영 체계

### 13. 결언

우리 나라에서 환경 농업, 유기 농업을 정착시키기 위한 가장 우선적인 과제가 지력의 증진이다. 지력 증진을 위하여 가장 합리적인 대안이 가축분뇨의 활용방법이다. 유기경종농업에 의한 가축분뇨를 활용하기 위하여 가축분뇨의 퇴비, 액비 자원화기술, 품질 평가가 되어야 한다. 아울러 가축분뇨의 활용을 확대하기 위하여 지역별 지역자원순환센터, 유기자원 정보은행의 설립 및 운영이 필요하다.