

## 지역별 가축분뇨의 질소부하 및 자원화 용량 평가

류 종 원  
상지대학교

## Assessment of Regional-Based Nitrogen Loading and Recycling Capacity of Livestock Manure

Ryoo, Jong-Won

Sangji University, Wonju, 220-702, Korea

### Summary

Reusing livestock manure have various advantages in securing soil organic resources. In this study, the N-loading and recycling capacity assessment of animal manure was analyzed by comparing between the cultivated areas of crops and the amount of manure units that are generated from livestock manure. From this assessment, the possibility of recycling resources of livestock manure was evaluated. The amount generated of livestock manure in Gyeonggi-do were evaluated by applying the manure units to the number of livestock manure.

The analysis of manure unit per ha shows that the N loading by MU is quite different by region. When it comes to nitrogen loading, the MU per ha of cultivated land in excess of the N-amount was the highest in the Gyeonggi-do province with 2.70 MU/ha, which is higher than the appropriate level. The Chungcheongnam-do province came next with 2.31 MU. So the recycling capacity assessment was carried out mainly based on areas of forage crops, rice that can be provided by recycling livestock manure. The recycling capacity were highest in Jeollanam-do and Jeollabuk-do. In order to properly apply the livestock manure into organic resources, the seasonal situation that effects the nitrogen demands of crops along with the regional effects crop cultivation should be seriously analyzed. In addition, a system that can effectively produce and manage fertilizer should be established.

**(Key words :** Livestock. manuremanure units (MU), Regional N loading, Recycling capacity)

### 서 론

한국의 농업이 규모화 전업화 되면서 오랜 기간 동안 작물-축산의 순환농업이 서로 다른 농업이 되어가고 있다. 우리나라 토양은

유기물 함량이 낮아 작물재배 농가의 토양비옥도 증진이 필요하다. 농업에서 작물과 가축사육은 동일한 관리시스템이고 이러한 과정을 작물-축산 연계 (crop-livestock interaction) 시스템이라 말한다(Powell et al., 1996; Brouwer

본 연구는 농림수산물부 농림수산물기술기획평가원의 지원에 의해 이루어진 것임.

Corresponding author : Ryoo, Jong Won, College of Life Science and National Resources, Sangji University, Wonju, 220-702, Korea.

Tel: 033-730-0516, E-mail: jwryoo@sangji.ac.kr

2012년 11월 19일 투고, 2012년 12월 3일 심사완료, 2012년 12월 20일 게재확정

and Powell, 1995, 1998). 혼합농업시스템(mixed farming system)의 주요 특징에 대하여 McIntire et al.(1992)은 가축분뇨가 작물생산에 투입되고 농산부산물이 가축사료로 이용되는 서로 다른 것이 한 요소(one sector)가 되는 것으로 정의하였다. 가축분뇨와 작물 부산물의 증개교환은 옛날 농법에서는 이루어져 왔다.

가축사육의 다기능적 요인은 고기, 우유 등 축산물을 생산하고 가축분뇨의 농경지 환원에 의하여 양분을 순환시키는 것이다. 가축분뇨의 시용은 화학비료의 절감에 의한 비용 절감과 동시에 가축분뇨가 주요 양분을 함유하고 있어서 토양의 양분 순환기능을 증진한다. 순환농업의 목적은 자원절약, 집약농업의 부정적인 요인을 최소화하고 환경을 보호하는데 있다. 우리나라의 친환경농업은 농약과 화학비료를 시용하지 않는 농업이라는 인식아래 외부 농자재에 의존하는 공업형 유기농업에 의하여 농업생태계에 물질이 순환되지 않는 농업이 고착화 되어 가고 있다.

과거 수 십년간의 가축사육 규모와 두수의 증가로 가축분뇨의 배출량이 증가되어 가축분뇨 양분의 부하량이 증가되었다. 축산과 농업이 분리된 원인으로 우리나라의 가축분뇨가 농경지에 투입되지 못하고 해양투기가 이루어졌으나 2012년부터 해양투기가 금지되어 육상처리를 해야하는 실정이다. 가축분뇨를 농경지에 적정처리하여 순환농업의 체계를 구축하는 것이 우리나라 농업에서 해결해야 할 현안과제이다.

가축분뇨는 지역적으로 불균일하게 발생되어 모든 경작지에서 사용하는 것은 매우 어려운 일이다. 또한 운송 등의 어려움 때문에 지역에 따라 수급 불균형 현상이 나타나고 있다. 가축분뇨를 효율적으로 자원화하기 위해서는 지역별 자원순환시스템을 구축하여 지역별 자원순환 농업 실천농가를 체계적으로 조직화하고, 그 지역의 농업자연조건 등을 고려하여 다양한 작목과 결합시키는 지역

복합형, 순환형 농업시스템 구축이 필요하다.

지역별로 작물별 특성을 고려하여 경종 농가와 축산 농가가 상호의존적인 자원순환형 생태고리를 축으로 한 순환농업이 육성되어야 한다. 가축 분뇨는 잘 이용하면 토양에 유용한 영양공급원이 되지만 잘못 이용되면 환경오염원이 될 수도 있다는 양면성을 지니고 있다. 가축 사육규모가 크지 않았던 과거에는 가축 분뇨는 농경지에 거의 모두 환원되었으나 점차 축산업이 기업화, 전업화 되면서 사육두수가 증가하고, 또 화학비료의 사용량도 늘면서 일부 지역에서는 가축분뇨가 농지에의 환원소요량보다 과다 발생하여 수질 및 토양오염원으로 전락하고 있는 실정이다. 농경지 양분과잉 투입으로 유럽 전역에 걸쳐 양분이 환경에 미치는 영향은 심각한 문제가 되었다. 주요한 문제로는 암모니아 휘산 및 온난화 가스인 아산화질소 문제를 들 수가 있고, 질산태 질소에 의한 지하수 오염과 인산에 의한 지표수 오염을 들 수 있다. 유럽공동체(European commission)는 질산염위험지역(the Nitrate Vulnerable Zone, NVZ)에 농경지 질소부하량을 규제하고 있다. 영국에서 2009년 1월부터 시행된 action programme에 의하면 유기물에 의한 질소 시용의 최대 허용량을 250 kg N/ha로 제한하고 있으며 가축분뇨에 의한 질소부하를 170 kg N/ha/year 이하로 제한하는 정책을 실시하고 있다. 현재의 유럽 질산염지침은 ha당 가축분뇨질소 170 kg 이상의 투입을 금하고 있다. 양분이용 평가에 이용되는 토양양분수지는 잠재 오염 가능성을 나타내고 있으며, 현재 유럽은 환경의 질을 향상시키기 위해 Water Framework Directive(WFD)와 같은 지침을 도입하고 있다. WFD는 현재 유럽에서 농업정책을 개발하는데 최우선 고려대상이 되고 있으며 이는 모든 육상 및 해안 등이 생태학적 목표치에 도달할 것을 요구하고 있다(김창길, 2005).

자원순환농업 정책을 체계적이고 정밀하게

추진하기 위해서는 지역별 가축 사육두수의 정확한 파악에 의한 오염부하량과 가축분뇨를 시용 할 수 있는 작물의 자원화 수용능력 즉 환경 용량의 D/B 구축 등이 선결되어야 한다. 김창길 (2005)은 지역별 농경지의 양분수지 실태를 분석한 결과, 지역별로 정도의 차이는 있지만, 질소 성분의 작물 양분요구량 대비 초과하고 있는 것으로 조사한 바 있다.

따라서, 지역 내 순환농업을 위해서는 지역의 범위를 설정하고, 지역별 축분뇨의 발생량과 부하량에 대한 통계를 작성해야 지역에서의 양분수지를 계산할 수 있다. 본 연구에서 사용한 분뇨단위 등의 이론은 류종원·최덕천 (2012)에서 설정한 지표를 도별 지역에 적용하였다. 즉, 분뇨단위는 도별 모든 축종의 분뇨단위 (Manure Unit, MU)를 적용한 질소부하 평가와 가축분뇨 중 액비 형태로 이용되는 분뇨를 위주로 산출한 액비분뇨단위 (Liquid Manure Unit), 양돈분뇨를 위주로 산출한 양돈분뇨 분뇨단위(Pig Liquid Manure Unit)를 도입하여 농경지 N-부하량을 평가하였고 지역별 가축분뇨를 살포 할 수 있는 농작물 재배면적을 산출하여 가축분뇨 자원화 용량을 평가하였다.

### 분뇨단위 설정방법 및 선행분석1)

#### 1. 분뇨단위 설정 및 질소부하량 계산

본 연구는 경기도 등 8개도 지역의 2011년의 가축 사육두수와 경지면적에 대한 통계청의 자료를 토대로 하여 가축분뇨의 분뇨단위를 산출하여 농경지 질소부하를 평가하였다. 또한 지역별 가축분뇨 살포작물의 재배면적

을 산출하여 자원화 용량을 평가하였다. 질소 부하를 평가하기 위하여 분뇨단위 (Dunggeinheit, DE)를 적용하였다. 분뇨단위를 우리나라에서 비료단위, 분뇨단위 혹은 거름단위라는 용어로 사용하고 있다. Strauch, D. (1990)에 의하면 분뇨단위 (MU)는 연간 배설되는 분뇨의 비료성분량을 기준으로 설정하며 EU 지역에서 통상 질소로 80 kg, 인산으로 70 kg에 해당하는 분뇨량을 1 분뇨단위로 설정한다. 통상 가축사육 밀도 평가와 양분규제수단에 활용하고 있다.

본 연구에서는 Table 1과 같이 질소기준 축종별 연간 질소 발생량을 토대로 산출한 분뇨단위는 한우 0.36, 젓소 0.8, 돼지 0.105로 환산되었다. 또한 육계와 산란계의 분뇨단위는 각각 0.0046, 0.0079로 산출하였다.

Table 1. Determination of manure unit by amount of annual N and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> produced from different animal types

Animal types	Nitrogen (kg N/number/day)	Manure unit on based N**
Hanwoo	28.84	0.36
Dairy cows	63.5	0.80
Pig	8.358	0.105
Broilers	0.347	0.0043
Laying hens	0.63	0.0079

\* Manure unit corresponds with an equivalent of fertilizer of 80 kg N respectively 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> from manure.

$$\text{분뇨단위(MU)} = \sum(\text{축종별 연간 N 발생량/두}) \div 80 \dots\dots\dots (\text{식 1})$$

$$\text{가축분뇨의 N-부하량} = \text{지역별 } \sum \text{축종별 분뇨단위 (MU)/ha} \dots\dots\dots (\text{식 2})$$

#### 2. 액비분뇨단위 설정

액비분뇨단위 (Liquid Manure Units, LMU)의 용어는 본 연구자가 새로이 도입한 정의

1) 본 연구에서 사용하고 있는 분뇨단위, 액비분뇨단위, 축종별 분뇨배설량 기준 등 이론적 배경은 류종원·최덕천 (2012)에서 제시한 산정식을 그대로 사용하였음.

이다. 외국과 달리 우리나라는 축종 중 한육우와 닭은 퇴비 위주로 가축분뇨를 처리하고 있다. 따라서 본 연구에서는 퇴비 위주의 가축분뇨를 처리하는 축종인 한육우, 닭을 제외하고 가축분뇨를 액비 형태로 처리하는 젓소, 양돈분뇨를 위주로 평가한 액비 분뇨단위 (liquid manure unit, LMU)를 도입하여 액비의 농경지 부하량을 평가하였다.

$$N \text{ 발생량/두} \div 80) \dots\dots\dots (\text{식 } 3)$$

$$\text{경지면적당 액비 N-부하량} = \text{지역별 } \sum \text{ 젓소, 돼지 분뇨단위 (MU)/ha} \dots\dots\dots (\text{식 } 4)$$

### 3. 양돈액비 분뇨단위 설정 방법

우리나라에서 액비형태의 농경지 살포는 주로 양돈분뇨가 주 처리 대상이므로 양돈분뇨만을 대상으로 돈분뇨 액비 분뇨단위 (Pig liquid manure unit, PLMU/ha)를 산출하였다.

$$N \text{ 발생량/두} \div 80) \dots\dots\dots (\text{식 } 5)$$

$$\text{경지면적당 양돈액비 N-부하량} = \text{지역별 } \sum \text{ 돼지 분뇨단위 (MU)/ha} \dots\dots\dots (\text{식 } 6)$$

## 분뇨단위 설정에 의한 질소 부하량 평가

### 1. 도별 축종별 합산 기준 분뇨단위

2011년말 통계자료를 토대로 한 우리나라 도별 가축 사육두수에 따른 분뇨단위는 Table 2와 같다. 분뇨단위는 지역별 가축분뇨 발생량의 편차가 매우 크게 나타났다. 경지면적당 분뇨단위는 가축과 토양의 영양균형평가, 환경영향평가의 지표가 될 수 있다. Table 2와 같이 우리나라에서 발생하는 가축분뇨의 분뇨단위 합계는 2,989,114 MU로 사용할 수 있는 가축분뇨가 질소를 환산하면 전국적으로 1년 동안 37만톤 정도이며 이중 한육우를 통한 질소배출량이 13.2만 톤으로 35%를 차

지하고, 돼지분뇨가 10.7만 톤으로 추정된다. 따라서 우리나라의 농지는 전체적으로 가축 배설물을 충분히 수용할 수 있는 용량을 보유하고 있다고 생각되는데, 가축분뇨의 발생이 지역적으로 편재되어 있고 분뇨는 연중 발생되는데 살포시기가 봄, 가을 시기적으로 편재되어 있기 때문에 이용이 곤란한 요인으로 자원화에 한계가 있다. 도별 분뇨단위를 산출한 결과 경기도가 483,273 MU로 가장 높았다. 경기도의 ha당 분뇨의 N-부하량은 2.70 MU/ha로 나타났다. 경기도는 농경지 면적에 비하여 질소양분 (216 kg/ha)이 공급과다 지역이므로 이 지역은 분뇨관리 대상을 고려해야 할 지역으로 평가된다. 경기도 다음으로 가축분뇨 부하량이 높은 지역은 충청남도 지역이었다. 충남 지역은 537,888 MU로 ha당 분뇨단위가 2.54를 나타내었다. EU-Bio-Verordnung (2008)에서는 가축분뇨 비료의 연간 투입량을 2.1DE (170 kg N/ha)로 제한하고 있다. 손상목 (2001)은 이처럼 경지면적당 분뇨 배출량을 제한하는 것은 분뇨의 과다 투입에 의한 농경지의 과영양화를 피하기 위한 것으로 파악하고 있다. 즉, 유기질 비료 사용이 환경부하를 주지 않아야 한다는 것이다. 질소부하량이 200 kg/ha를 초과하는 지역은 경기도와 충청남도이며 경기도의 질소부하량이 특히 높았다.

반면 강원도와 전라남의 N-부하량은 각각 1.26, 1.31로 매우 낮게 나타나 지역별 편차가 매우 크게 나타났다. 또한 평균 이하의 부하량을 보이는 지역은 충청북도와 제주도이었다. 이와 같이 가축이 어느 지역에 편중되어 사육되고 있는데 이것이 가축분뇨의 문제를 심각하게 만드는 주요 원인이 되고 있다. 이와 같은 가축배설물 편재에 의한 환경부하를 해소하기 위해서는 배설물을 양질의 유기자재로 가공하여 부하량이 낮은 지역으로 이송하여 부하량을 감소하는 대책을 취하는 것이 중요하다. 그러나 운송비용과 판매

가격 등을 고려해 볼 때, 일반적으로 퇴비는 경제적인 유통이 가능하지만 액비의 경우 유통 범위가 수십 km 이내, 즉 시군 및 인접 시군내에서의 유통이 가능하므로 지역내 액비 살포 작물을 지속적으로 확대하여 액비 살포면적을 증대하는 것이 필요하다.

2. 액비 분뇨단위 (liquid manure unit, LMU) 기준

외국과 달리 우리나라는 한육우와 닭의 분뇨는 퇴비 위주로 처리하여 타 지역으로 이동 살포가 가능한 특성이 있다. 그러나 액비는 수분함량이 높아 물류비 부담으로 대부분 지역 농경지에 살포하고 있다. 따라서 분뇨단위 적용시 액비의 분뇨단위 설정이 우리나라의 지역 양분 부하량 평가에서 타당한 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 퇴비 위주의 가축분뇨를 처리하는 축종인 한육우와 닭을 제외하고 가축분뇨를 액비 형태로 처리하는 젓소, 양돈분뇨를 위주로 평가한 액비 분뇨단위 (liquid manure unit, LMU)를 도입하여 액비의 농경지 N-부하량을 평가하였다.

액비의 농경지 N-부하량 (LMU/ha)은 경기

도가 1.29, 충청남도가 1.08로 시도 중에서 가장 높은 수치를 보였다. 이러한 결과는 경기도와 충청남도 지역이 농경지 면적 대비 젓소, 돼지 사육두수가 다른 지역에 비하여 많아 N-부하량이 높았다. 경남, 전북의 액비 N-부하량은 각각 0.87, 0.72로 중간수준을 보였다. 전남, 강원, 충북 지역은 0.5 (40 kg N/ha) 이하를 나타내어 가축분뇨액비 부하량이 낮았다. 농경지 양분부하 수준은 가축사육의 지역적 편중으로 전국 8개도 중에서 양분부하의 과잉, 부족지역이 상이하게 나타나고 있다.

독일에서는 주마다 분뇨에 대한 규제가 상이하다. 규제방법은 ha당 시용할 수 있는 분뇨의 시용 허용량(분뇨단위, DE)과 사육할 수 있는 가축수를 제한하는 것이다. 경기도와 충청남도는 액비 분뇨단위가 1.0 이상의 범위에 있으므로 액비의 경지면적당 수용능력을 높이기 위한 동계 및 여름 사료작물의 재배면적의 확대가 필요하다. 가축분뇨의 발생량과 친환경적인 액비 시용기준의 설정을 고려 할 때 경기도와 충청남도 지역은 액비의 N-부하량이 농경지 수용능력을 한계지역이므로 액비 과다상태를 파악·분석하여 지역의 양분관리 정책을 시행해야 할 것이다.

Table 2. The calculated manure unit (MU) and N-loading under different regions

Province	Hanwoo & Beef cattle (MU)	Dairy cows (MU)	Pig (MU)	Chicken (MU)	Duck (MU)	Total (MU)	Cultivated land (ha)	N-Loading (MU/ha)
National total	1,061,879	322,951	857,952	687,752	58,581	2,989,114	1,698,040	1.76
Gyeonggi-do	97,541	128,164	102,091	150,249	5,228	483,273	178,844	2.70
Gangwon-do	78,399	12,441	25,921	21,043	384	138,188	109,496	1.26
Chungbuk	69,858	17,694	41,815	49,722	7,343	186,432	115,821	1.61
Chungnam	146,497	58,561	193,445	136,884	2,504	537,888	232,289	2.31
Jeonbuk	127,011	25,033	121,817	100,555	13,701	388,117	202,755	1.91
Chonnam	183,510	22,352	93,206	75,204	25,503	399,755	303,975	1.31
Gyeongbuk	209,172	28,140	100,185	97,025	1,318	430,052	274,631	1.58
Gyeongnam	109,059	20,918	115,945	40,826	2,950	289,698	156,992	1.85
Jeju-do	11,135	3,600	53,337	6,509	179	77,368	59,030	1.31

그 이유를 유덕기 (2002)는 액비가 화학비료에 비하여 수송 및 살포비용에 민감하기 때문이라고 보고하였다.

3. 양돈액비 분뇨단위 (pig liquid manure unit, PLMU) 기준

2011년 가축사육기준으로 우리나라의 양돈 분뇨 발생량은 15백만 톤으로 추산된다. 지역별로 보면 충청남도 지역의 발생량이 가장

많은 34만 톤으로 22.6%를 차지하고 있다. 그 다음으로 전북, 경남, 경북, 경기도가 17~20만 톤의 분뇨 발생량을 나타내고 있다.

양돈분뇨는 수분 함유율이 높아 액비형태로 자원화하고 있다. 액비의 농경지 살포는 양돈분뇨가 주종을 이룬다. 돈분액비는 수분 함량이 높아 운송시 물류비용이 소요되어 먼 거리 이송이 어려워 지역에서 살포처리 한다. 지역별로 양돈분뇨의 농경지 순환이 어려움을 겪고 있으며 지역 자원순환농업의 중

Table 3. The calculated N loading by manure unit (MU) per area of cultivated land

Province	Manure unit of dairy cows (MU)	Manure unit of pig (MU)	* Manure unit of liquid manure (dairy cows + pig)	Cultivated area (ha)	N-Loading of liquid manure (MU/ha)
National total	322,951	857,952	1,180,903	1,698,040	0.51
Gyeonggi-do	128,164	102,091	230,255	178,844	1.29
Gangwon-do	12,441	25,921	38,362	109,496	0.35
Chungbuk	17,694	41,815	59,509	115,821	0.51
Chungnam	58,561	193,445	252,006	232,289	1.08
Jeonbuk	25,033	121,817	146,850	202,755	0.72
Chonnam	22,352	93,206	115,558	303,975	0.38
Gyeongbuk	28,140	100,185	128,325	274,631	0.47
Gyeongnam	20,918	115,945	136,863	156,992	0.87
Jeju-do	3,600	53,337	56,937	59,030	0.96

Table 4. Numbers of livestock rearing and amounts of manure produced from pig by province

Province	Numbers of pig	Amounts of manure per year (ton)	Percentage (%)
Gyeonggi-do	972,301	1,809,938	11.2
Gangwon-do	246,868	549,544	3.63
Chungbuk	398,244	741,331	4.9
Chungnam	1,842,342	3,429,520	22.6
Jeonbuk	1,160,169	2,159,655	14.3
Chonnam	887,677	1,652,410	10.9
Gyeongbuk	954,149	1,776,148	11.7
Gyeongnam	1,104,240	2,055,542	13.6
Jeju-do	507,978	945,601	6.2
Total	8,170,979	15,119,689	100

Table 5. N-loading of pig liquid manure by province

Province	Numbers of pig	Manure unit (MU)	cultivated area (ha)	N-Loading of pig manure (MU/ha)
Gyeonggi-do	972,301	102,091	178,844	0.57
Gangwon-do	246,868	25,921	109,496	0.23
Chungbuk	398,244	41,815	115,821	0.36
Chungnam	1,842,342	193,445	232,289	0.83
Jeonbuk	1,160,169	121,817	202,755	0.60
Chonnam	887,677	93,206	303,975	0.30
Gyeongbuk	954,149	100,185	274,631	0.36
Gyeongnam	1,104,240	115,945	156,992	0.73
Jeju-do	507,978	53,337	59,030	0.90

요한 해결과제이다. 따라서 본 논문에서는 양돈분뇨를 대상으로 돈분뇨 액비분뇨단위 (pig liquid manure unit, MU/ha)를 산출하였다 (Table 5). 돈분뇨의 농경지 ha당 N-부하량 (PLMU/ha)은 충청남도가 0.83 (66 kg N/ha/year)로 가장 높았고, 경남, 전북, 경기도가 각각 0.73, 0.60, 0.57로 높은 부하량이 나타났고, 그 외의 지역은 0.36 이하로 낮게 나타났다. 충남, 경남, 전북, 경기도 지역은 시군, 읍면별 분뇨단위 적용을 통하여 가축생산과 경작지를 연계한 지역순환농업 체계를 구축하고, 축분뇨의 자원화를 극대화하기 위한 동계, 여름 사료작물 등 돈분뇨 경지환원 용량 증가 정책 실행과 지역별 공급, 수급불균형을

해소하기 위해 농가 및 지역별로 허용 분뇨 단위 (MU)를 제정, 이를 기준으로 정밀한 축산분뇨 관리정책이 요구된다.

### 가축분뇨 자원화 용량 평가

#### 1. 도별 사료작물 재배면적

가축분뇨를 농경지에 살포 할 수 있는 대표적인 작목이 사료작물이다. 시도별 사료작물 재배면적을 비교하여 가축분뇨의 농경지 환원용량을 평가하였다. 도별 사료작물 재배면적은 Table 6과 같다. 논 사료작물 재배면적은 전라남도가 20,377 ha로 전국 재배면적

Table 6. Cultivated area of forage crops by province (2011 year, ha)

Province	Area of paddy land forage (ha)	Percentage (%)	Area of upland forage (ha)	Percentage (%)	Area of total forage (ha)	Percentage (%)
Gyeonggi-do	1,036	2.6	4,553	12.3	5,589	7.3
Gangwon-do	597	1.51	2,021	5.45	2,618	3.42
Chungbuk	680	1.72	1,163	3.14	1,843	2.41
Chungnam	1,567	3.97	3,805	10.3	5,372	7.02
Jeonbuk	2,102	5.32	13,466	36.3	15,548	20.3
Chonnam	20,377	51.6	3,766	10.2	24,143	31.5
Gyeongbuk	4,243	10.7	3,042	8.21	7,285	9.51
Gyeongnam	8,897	22.5	1,186	3.2	10,083	13.2
Jeju-do	0	0	4,067	10.9	4,067	5.31
Total	39,499	100	37,067	100	76,566	100

의 51.6%를 차지하고 있다. 전남 다음으로 논 사료작물 재배면적이 많은 지역은 경남으로 8,897 ha을 나타내어 22.5%를 차지하였다. 강원, 충북, 경기도는 벼 이앙이 빠른 관계로 논 사료작물 재배면적이 적었다. 밭 사료작물 재배면적은 전북이 13,466 ha로 전국에서 가장 많았다. 도별 사료작물 재배면적을 조사한 결과 전남, 전북은 15,000 ha 이상으로 높은 편이며 강원 충북이 사료작물 재배면적이 적어 가축분뇨 환원용량이 낮은 것으로 나타났다.

도별 농경지 면적 대비 사료작물 재배면적

의 비율은 Table 7과 같다. 전남, 전북의 사료작물 재배면적의 비율은 7%대를 나타내었고, 경남, 제주도는 6%를 나타내어 남부지방 4개 시도의 사료작물 재배면적이 높았다. 기타 도의 사료작물 재배면적의 비율은 2~3%로 매우 낮았다.

## 2. 액비 시용작물 재배면적

가축분뇨 액비를 농경지에 살포 할 수 있는 대표적인 3대 작목이 사료작물, 벼, 동계 맥류이다. 액비 시용 3대 작물의 시도별 재

Table 7. Percentage of cultivated forages crop by province (2011 year, ha)

Province	Cultivated area of forage crops (ha)	Total cultivated area (ha)	Percentage of cultivated forages crop (%)
Gyeonggi-do	5,589	178,844	3.13
Gangwon-do	2,618	109,496	2.38
Chungbuk	1,843	115,821	1.59
Chungnam	5,372	232,289	2.32
Jeonbuk	15,548	202,755	7.67
Chonnam	24,143	303,975	7.94
Gyeongbuk	7,285	274,631	2.65
Gyeongnam	10,083	156,992	6.42
Jeju-do	4,067	59,030	6.89

Table 8. Area and percentage of application crops of liquid manure by province (2011 year, ha)

Province	Forage crops (ha)	Rice (ha)	Winter Cereals (ha)	Total (ha)	Percentage of application crops of liquid manure per cultivated area (%)
Gyeonggi-do	5,589	91,689	181	97,459	54.4
Gangwon-do	2,618	35,914	155	38,687	35.3
Chungbuk	1,843	44,480	119	37,876	32.7
Chungnam	5,372	152,861	137	158,370	68.1
Jeonbuk	15,548	130,549	18,091	164,188	70.7
Chonnam	24,143	172,842	19,891	216,876	71.4
Gyeongbuk	7,285	110,458	1,092	118,835	43.2
Gyeongnam	10,083	79,522	9,996	99,601	63.4

\* 겉보리, 쌀보리, 맥주보리 합계임.



배면적을 비교하여 가축분뇨의 농경지 환원 용량을 평가 하였다. 도별 3대 액비시용 작물의 재배면적은 Table 8과 같다. 액비시용 3대작물의 농경지 면적 대비 재배면적은 전남, 전북이 70%, 충남이 68%, 경남이 63.4로 높아 전남, 전북, 충남, 경남 등 4개도가 액비의 환원용량이 높은 도로 평가된다. 경기도, 경북의 액비 3대 시용작물의 재배면적은 54, 43%로 중간 수준을 나타내었다. 강원, 충북의 액비 환원용량은 30%대를 나타내어 가장 낮은 것으로 나타났다.

### 3. 액비시용 작목별 N-부하량 평가

가축분뇨 부하량에 액비시용 작물의 재배 면적을 나누어 도별 액비시용 작목별 N-부하량을 평가하였다. 벼의 ha 당 N-부하량은 전남, 전북이 각각 2.31, 2.97로 낮았고, 경기도가 5.27로 가장 높았다. 사료작물의 ha 당 N-부하량도 전남, 전북이 낮았다. 사료작물의 ha 당 N-부하량은 충남, 충북이 100 이상으로 매우 높았다.

### 4. 작목별 가축분뇨 부하량 대비 자원화 용량 평가

도별 가축분뇨 배출량인 분뇨단위와 작물 재배에 의한 액비 자원화 용량을 비교 평가하여 가축분뇨의 순환수지를 산출하였다. 전남, 전북은 가축분뇨 발생량에 비하여 자원화 용량이 높은 -9%의 부족한 순환수지를 나타내었다. 경기도는 가축분뇨 부하량이 자원화 용량 보다 전국에서 가장 높은 +6.5%의 초과 순환수지를 나타내었다. 또한 경북, 충남, 충북은 분뇨 부하량이 자원화용량 보다 높은 +1.59~2.5 잉여 순환수지를 나타내어 자원화 용량 증가가 요구되는 지역으로 평가된다.

### 5. 가축분뇨 부하량, 농경지 양분 수용량 종합 평가

가축분뇨 부하량과 농경지의 양분 수용 즉 자원화 용량을 평가한 결과는 Table 11과 같다. 가축분뇨 양분의 순환수지 종합순위는 전남이 1위, 전북이 2위, 경남이 3위로 남부 지방 3개 도가 가축분뇨 부하량에 비하여 자원화 용량이 높아 순환수지가 양호한 것으로 나타났다. 강원, 충북의 순환수지 순위는 각각 4, 5위를 나타내었다. 충남, 경북, 경기도는 가축분뇨 부하량이 높으나 자원화 용량이 낮아 6, 7, 8위로 평가되었다. 특히 경기도는

Table 9. N-loading according to the application crops of liquid manure by province (2011 year, ha)

Province	N-loading of rice (MU/ha)	N-loading of forage crop (MU/ha)	N-loading of rice and forage crop (MU/ha)	Total manure unit (MU)
Gyeonggi-do	5.27	86.4	4.96	483,273
Gangwon-do	3.84	52.7	2.98	138,188
Chungbuk	4.19	101.1	4.02	186,432
Chungnam	3.51	100.1	3.39	537,888
Jeonbuk	2.97	24.9	2.65	388,117
Chonnam	2.31	16.5	2.02	399,755
Gyeongbuk	3.89	59.0	3.65	430,052
Gyeongnam	3.64	28.7	3.23	289,698

Table 10. Recycling capacity assessment by province

Province	Manure unit (MU)	Percentage (%)	Area of application crops of liquid manure (ha)	Percentage (%)	Balance of recycling capacity (manure unit -application area, %)
Gyeonggi-do	483,273	16.9	97,459	10.4	+6.5
Gangwon-do	138,188	4.84	38,687	4.11	+0.73
Chungbuk	186,432	6.53	46,442	4.94	+1.59
Chungnam	537,888	18.8	158,370	16.8	+2.0
Jeonbuk	388,117	13.6	164,188	17.5	-3.9
Chonnam	399,755	14.0	216,876	23.0	-9.0
Gyeongbuk	430,052	15.1	118,835	12.6	+2.5
Gyeongnam	289,698	10.1	99,601	10.6	+0.5
Total	2,853,403	100	940,458	100	0

Table 11. Ranking of recycling capacity assessment by province

Items		Gyeonggi-do	Gangwon-do	Chungbuk	Chungnam	Jeonbuk	Chonnam	Gyeongbuk	Gyeongnam
Ranking of N-loading *	N-loading	1*	8	5	2	3	7	6	4
	N-loading of liquid manure	1	8	5	2	4	7	6	3
Ranking of crop cultivation *	Rice	5	8	7	2	1	3	6	4
	Forage crop	4	6	8	7	2	1	4	3
Ranking of recycling capacity	Manure unit -application area	8	4	5	6	2	1	7	3

\* 1: high, 8: low.

가축분뇨 부하량이 높고 자원화 용량은 낮아 양분 순환수지가 가장 불량한 것을 나타내었다.

### 요 약

현대농업의 여러 가지 폐해를 시정하고 지속가능한 농업시스템으로 전환하기 위해서는 지역단위의 경축순환농업시스템을 갖추는 것이 필요하다. 이것은 친환경농업은 물론이거니와 관행농업에서도 시급히 도입되어야 할 대안이다. 본 연구에서는 분뇨단위 설정기준을 도별 지역에 적용하여 도별 분뇨단위를

산출하여 농경지의 N-부하량과 농지의 가축분뇨 수용량을 평가하여 가축생산과 경작지를 연계한 경축순환농업의 적용 방안을 검토하였다.

1. 농경지의 ha 당 N-부하량(MU/ha)은 경기도가 2.7 (216 kg/ha), 충청남도가 2.54 (203 kg/ha)로 높은 부하량을 나타내었으나 강원, 전남, 충북 지역은 1.6 이하로 낮게 나타났다. 분뇨단위 결과로 볼 때, 경기도, 충남지역은 가축분뇨의 농경지 부하량이 수용능력에 비하여 높은 지역으로 평가된다. 이에 비하여 전남, 전북, 경남, 충남은 가축분뇨를 사용 할 수 있는 작물재배 면적이 높아 자원

화 수용능력이 높은 도로 나타났다.

2. 가축분뇨 부하량과 작물의 양분수용능력을 동시 평가한 순환수지는 전남이 1위, 전북이 2위, 경남이 3위로 남부지방 3개 군이 가축분뇨 부하량에 비하여 자원화 용량이 높아 순환수지가 양호한 것으로 나타났다. 강원, 충북의 순환수지 순위는 각각 4, 5위를 나타내었다. 충남, 경북, 경기도는 가축분뇨 부하량이 높으나 자원화 용량이 낮아 6, 7, 8위로 평가되었다. 특히 경기도는 가축분뇨 부하량이 높고 자원화 용량은 낮아 양분 순환수지가 가장 불량한 것으로 나타났다.

3. 가축분뇨 발생량으로 추정된 N-부하량과 농경지의 수용량을 예측해 보면 우리나라 도별 농경지는 전체적으로 가축분뇨를 충분히 유입시킬 수 있는 용량인 것으로 평가되는데 가축분뇨가 지역적·시기적으로 편재되어 있어 이용이 곤란한 것이 문제이다. 따라서 경종과 축산의 연계추진이라는 정책에서 가축분뇨 액비의 자원화 환원용량을 증가시키기 위하여 여름작물 액비 살포 증대와 액비 잠재작물의 액비 살포정책 수립 및 인센티브 정책 추진이 필요하다. 결론적으로 환경보호를 고려한 가축분뇨의 자원화를 위하여 가축분뇨의 N-부하량과 농작물의 자원화 수용능력을 산출하여 순환수지 평가가 필요하며, 유기자원이용과 환경오염방지를 양립시키기 위해서는 이 개념에 따라 가축분뇨 자원화 정책을 수립, 실시하는 것이 기본이라고 할 수 있다. 따라서 축산, 경종 연계 추진을 위하여 도, 시군 지자체에서는 액비 잠재작물의 농경지 환원용량을 증대시키기 위하여 체계적이고 정밀한 정책수립과 실행이 필요하다.

### 인 용 문 헌

1. 권찬호. 2005. 조사료 자급을 통한 식량 자급률 향상. 2005년도 학술심포지엄, 제

43회 학술발표회, 2005 June, pp.75-95.

2. 김원호, 신재순, 임영철. 2005. 논에서 여름 및 겨울 사료작물의 최적 작부체계에 관한 연구. 한국초지학회지, v. 25 no. 4, pp. 233-238.

3. 김원호, 신재순, 임영철. 2007. 논에서 여름 및 겨울 사료작물의 최적 작부체계에 관한 연구. 한국초지학회지, v. 25 no. 4, pp. 233-238.

4. 김창길, 신용광. 2005. 지역단위 양분총량제 도입 세부 시행방안. 한국농촌경제연구원.

5. 농림수산식품부. 2011. 농림수산식품 주요 통계.

6. 농촌진흥청. 2008. 가축분뇨 발생량 및 주요성분 재설정 연구.

7. 류종원, 최덕천. 2012. 지역순환농업을 위한 분뇨단위 설정과 질소부하 평가-여주지역 사례. 한국유기농업학회지. 20(1).

8. 손상목. 2001. 유기작물재배의 이론 및 핵심기술-독일을 중심으로. 한국유기농업학회지.

9. 유덕기. 2002. 가축분뇨자원화를 위한 공동조직운영 모델개발에 관한 연구. 농림부.

10. 윤성이, 박선호. 2009. 자원순환형 농업단지 조성방안에 관한 연구. 농업경영정책연구. 36(1).

11. 이주삼, 최덕천. 2011. 소규모 경축순환농업을 위한 인증제도 개선 방안. 2011년 한국유기농업학회 하반기 학술대회 자료집.

12. 이지은, 허승욱. 2009. 가축분뇨의 순환이용시스템 및 편익분석. 농업경영정책연구. 38(2).

13. Brourwer, J., Powell, J. M. 1995. Soil aspects of nutrient cycling in a manure experiment in Niger. In: 8. Powell, J. M., Fernandez-Rivera, S., Williams, T. O.,

- Renard, C. (Eds). Livestock and sustainable nutrient cycling in mixed farming systems of sub-Saharan Africa. Vol. 11: Technical papers. Proc. Of an International Conference held in Addis Ababa, Ethiopia, 22-26. November, 1993. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, pp. 211-226.
14. Brouwer, J., Powell, J. M. 1998. Microtopography, water balance, millet yield and nutrient leaching in a manuring experiment on sandy soil in south-west Niger. In: Renard, G., Neef, A., Becker, K., von Oppen, M. (Eds), Soil fertility management in West African land use systems. Proc. Of a workshop held in Niamey, 4-8 March, 1997. Margraf, Weikersheim, pp. 349-360.
15. EU-Bio-Verordnung. 2008. VO (EG) Nr. 834/2007 und Nr. 889/2008.
16. Funes, F. et al., 2001. Sustainable Agriculture and Resistance : Transforming Food production in Cuba, Food First Books, Oakland.
17. McIntire, J., Bourzat, D; Pingali, P. 1992. Crop-livestock Interaction in Sub-Sahara Africa. Washington, D.C. The World Bank.
18. Powell, J. M., Fernandez-Rivera, S., Hiernaux, P., Turner, M. D. 1996. Nutrient cycling in integrated rangeland/cropland systems of the Shale. Agric. Systems. 52(2/3), 143-170.
19. Strauch, D. 1990. Dünger aus der Tierhaltung - ein Umweltproblem.