

수입사료에 의한 가축분뇨 물질순환 및 환경부하 분석

윤영만 · 이상은 · 정덕영* · 조규용** · 김종덕*** · 김창현

The Analysis of Environmental Loads and Material Recycling of the Nutrients by the Livestock Wastewater Originating from Imported Feeds

Young Man Yoon, Sang Eun Lee, Doug Young Chung*, Gyu Yong Cho**, Jong Duk Kim*** and Chang-Hyun Kim

ABSTRACT

The nearly 75% of animal feed materials used for livestock production are imported every year in Korea. Most of imported feed ingredients are concentrated feeds such as corn, wheat, soybean, soybean meal, etc. and they are used as the source materials for the production of assorted feed. The imported concentrated feeds are high in nitrogen and phosphorus. Therefore, the consistent import of feed ingredients may cause an increase of nutrient deposit in our agricultural ecosystem. In the current review, it was discussed with the situation of the feed importation and its nutritional composition to evaluate the nutrient load by the imported feeds onto agricultural ecosystem. The nutrient load caused by imported feeds in agricultural environment was compared with the nutrient demand for crop production. The amounts of N, P₂O₅ and K₂O introduced by the imported feeds in Korea were 371, 140 and 143 Ktons. And, the N, P₂O₅ and K₂O loads excreted from imported feeds in livestock were 148, 84 and 86 Ktons of N, P₂O₅ and K₂O and These nutrient loads by the imported feeds are at the percentage of N 52%, P₂O₅ 52% and K₂O 42% in the comparison of total nutrient amounts excreted from livestock animals in Korea. The 82.3% of nutrients excreted from livestock was recycled to crop land as compost and liquid fertilizer, and the others were discharged to river after water treatment processing or disposed to ocean. Also, passing through the recycling process for the production of compost and liquid fertilizer, the amount of nutrients was reduced by the ammonia vaporization of livestock feces and urine. Accordingly, N 81, P₂O₅ 74 and K₂O 76 Ktons in the nutrients excreted from livestock were estimated to be utilized in the crop land. Consequently, it was estimated that 44, 48 and 69 Ktons of N, P₂O₅ and K₂O were taken up with crops in the consideration of the ratio of mineralization, and the amounts of leached or deposited N, P₂O₅ and K₂O in crop land were estimated to be 37, 27 and 7 Ktons, respectively. It is estimated that 12%, 34% and 48% of N, P₂O₅ and K₂O introduced by the imported feeds were used by crops, and 10%, 34% and 5% of N, P₂O₅ and K₂O were leached or deposited in agricultural ecosystem. Therefore, considering the leached and deposited amounts of N, P₂O₅ and K₂O originated from the imported feed ingredients, the consistent import of feeds may gradually increase the nutrient load onto agricultural ecosystem.

(Key words : Nutrient load, Nutrient demand, Imported ingredients, Concentrated feed, Assorted feed)

한경대학교 (Hankyong National University, 67 Seokjeong-dong, Anseong, Gyeonggi, 456-749, Korea)

* 충남대학교 (Chung Nam National University, 220 Gung-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-764, Korea)

** 한국비료공업협회 (KFAI, 170-2 Samsung-dong, Gangnam-gu, Seoul, 135-882, Korea)

*** 천안연암대학 (Cheonan Yonam College, 330-709 Suhwang-ri, Sunghwan, Cheonan, Chungnam, Korea)

Corresponding author : Chang Hyun Kim, Hankyong National University, 67 Seokjeong-dong, Anseong, Gyeonggi, 456-749, Korea.

Tel : +82-31-670-5095, Fax : +82-31-676-5091, E-mail : kimch@hknu.ac.k

I. 서 론

정부의 축산진흥정책과 국민소득 증가로 육류 및 유제품의 소비가 꾸준히 증가하면서 1990년 이후 가축사육두수가 급격히 증가하였고, 사육규모도 전업화·대규모화 되면서 축산농가에서 발생하는 가축분뇨로 인한 다양한 환경문제가 대두되었다. 특히 최근 들어 가축분뇨의 자원화 촉진을 위해 가축분뇨를 유기성 비료자원으로 인식이 전환되고 있으나, 미처리된 가축분뇨는 전체 오·폐수 발생량의 0.6%를 차지하는 반면, BOD 오염 부하량의 25%를 차지하는 고농도 유기성 폐기물이다. 따라서 미처리된 상태로 환경으로 배출되는 경우 하천의 수질악화, 호소의 부영양화를 초래하고 나아가 토양 및 지하수 오염 등 농업환경전반에 걸친 문제를 야기한다(김 및 윤, 2007).

이러한 가축분뇨로 인한 환경문제는 근본적으로 가축에 급여하는 사료에서 기인한다. 최근까지 우리나라는 배합사료원료의 75% 이상, 조사료의 18%를 수입에 의존하고 있어, 가축분뇨로 인한 농업환경 오염물질이 원천적으로 외국으로부터 수입되고 있는 상황이다. 이는 국내 농업환경의 원활한 물질순환의 장애요인으로 작용하고 있다. 또한 2004년 농림부와 환경부는 합동으로 자원화 중심의 “가축분뇨 관리·이용 종합대책”을 수립하고, 후속으로 2007년 “가축분뇨 관리 이용에 관한 법률”을 제정하여 가축분뇨의 처리를 친환경농업과 연계하여 최대한 자원화 하도록 하고 있으나, 가축분뇨 중 비료성분의 대부분이 수입사료에서 기인한다는 점은 농업환경 물질순환 측면에서 한정된 농경지의 오염부하를 지속적으로 가중시킬 우려가 있다.

특히 조사료의 경우 가축에 섬유질 공급을 목적으로 하고 있어 사료 중 질소와 인의 함량이 낮고, 국내 친환경농업육성정책과 연계하여 조사료 자급기반을 지속적으로 확대하고 있는 반면, 배합사료의 경우 가축의 비육과 증체를

목적으로 하고 있어 질소와 인 함량이 높고, 국내 자급기반이 취약하여 향후에도 원료수급을 수입에 의존할 수밖에 없는 실정이다.

기존에 가축분뇨 물질수지 분석에 관한 연구로는 김과 오(2000)는 금강의 제2지천 무심천 상류지역인 충북 청원군 가덕면 지역의 질소수지를 제시한 바가 있으며, 김과 김(2003)은 양평군을 대상으로 친환경농업 시스템 구축을 위한 지역단위 물질균형을 분석한 바 있다. 또한 이 등(2003)은 화성시와 충주시를 대상으로 영농형태별(수도작, 시설하우스 등) 질소수지를 분석한 바가 있다. 이러한 연구는 농업환경 내에서의 질소 순환에 중심을 두고 농경지에서의 화학비료, 가축분뇨, 기타 농업 부산물, 사료투입량에 따른 환경부하 메커니즘을 종합적으로 분석하였다. 그러나 수입사료에 의한 오염부하는 구체적으로 고려된 바가 없어 수입사료를 제외한 국내 자급기반의 가축분뇨 물질순환과 오염부하를 파악하는 데는 한계가 있다.

또한 최근 들어 국제 곡물가격의 상승으로 동반된 국내 사료가격의 급등이 축산농가에서 사료수급의 어려움을 낳고 있는 상황에서 국내 축산업과 더불어 가축분뇨의 물질순환이 수입사료의 수급 정도에 따라 영향을 받을 수 있다는 점을 간과할 수 없다. 따라서 수입사료 의존율이 높은 우리나라 축산업의 특성을 고려할 때 수입사료의 오염부하도에 대한 이해 없이는 장기적인 토양양분관리 및 비료공급 체계수립에 한계가 있으며, 최근 들어 농림부에서 수립하고 있는 화학비료감축, 양분총량제 및 적정사육두수 유지 정책의 합리적인 추진을 위해서도 수입사료에 의한 농업환경 오염부하도의 평가와 국내 자급기반의 물질순환용량을 파악하는 것은 매우 중요하다.

따라서 본 연구에서는 수입사료와 가축분뇨로 인한 우리나라 농업환경의 오염부하에 미치는 영향을 파악하고자 수입사료 품목별 수입량 및 비료성분량을 조사·분석하고, 가축의 소화율과 퇴·액비를 통한 자원화율을 고려하여 수

입사료로부터 기인하는 비료성분 발생량과 농경지 유입량을 평가하였다. 또한 농경지 작물별 재배면적과 양분요구도를 고려하여 수입사료와 가축분뇨에서 기인하는 농경지의 비료성분 부하도를 분석하였다.

II. 본 론

1. 가축사료 유래 비료성분 물질순환 흐름

농업환경의 물질순환은 작물생산을 위해 요구되는 자원(화학비료, 가축분뇨 등), 자원을 활용하는 농업활동(생산, 가공, 처리 등), 농업활동을 통해 생산된 산물(축산물, 농산물 등) 사이의 물질의 흐름을 말한다(김과 김, 2003). 농업환경 내 물질순환은 농경지를 중심으로 하는 식물양분의 순환이 주요한 흐름을 형성하고 있으며, 농경지에 투입되는 자원과 산출되는 산물 사이의 식물양분 물질수지를 분석함으로써 농업환경 내 물질순환을 파악할 수 있다. 작물 양분과 관련한 농업환경 물질순환의 주요한 흐름은 가축분뇨 중 비료성분의 물질흐름이다(Fig. 1). 가축분뇨 중의 비료성분은 사료자

원이 축산활동을 거쳐 우유, 고기 등의 산물로 전환되고 남은 부산물로서 자원화 과정을 통해 퇴·액비 산물로 산출되어 농경지로 환원되거나 농경지 환원용량을 초과하는 부분은 환경으로 유출되거나 정화처리과정을 통해 처리된다. 정화처리과정에서 질소는 N_2 가스 형태로 전환되어 대기로 방출되고, 인산은 슬러지 형태로 전환되어 매립처리 된다. 또한 농경지의 환경용량을 초과하는 비료성분이나 적절하게 처리되지 않은 부산물은 환경으로 유출 양분과잉을 초래하거나 지하수, 하천, 호수의 환경오염을 유발할 우려가 있다.

2. 우리나라 농업환경 물질순환 구조

우리나라 농업환경 물질순환 구조는 2005년 우리나라 농업현황 자료를 기초로 작성한 것으로 물질순환의 기본체계가 축산과 경종이 물질순환하는 자연순환체계를 바탕으로 하고 있다. 농업환경의 물질순환 분석은 가축분뇨의 물질순환 흐름(Fig. 1)과 같이 농업환경 내 자원들(가축사료, 화학비료, 가축분뇨, 농축산물 등) 상호간의 물질흐름을 파악하고, 농업활동을 통

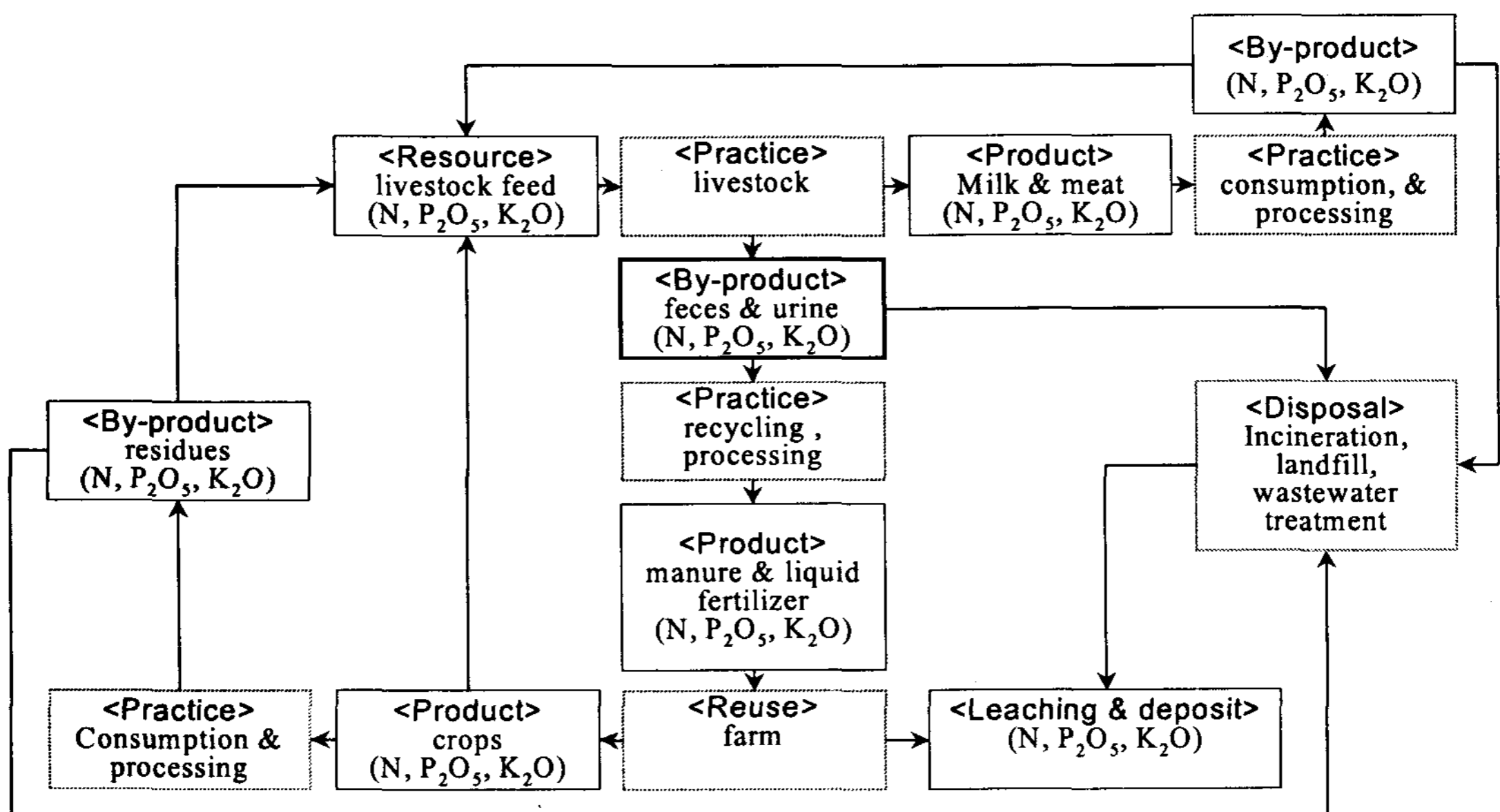


Fig. 1. The flow chart of nutrients originating from livestock animals.

한 물질수지 변환을 측정·분석함으로써 가능하다. 농업환경 물질수지 분석을 위한 모형은 Fig. 2와 같으며, 투입자원은 화학비료, 가축분뇨로 구성하고, 자원 활용을 위한 활동은 축산, 경종, 가축분뇨 처리활동으로 구성하고, 산물은 농·축산물, 비료성분 유출량 등으로 구성하고 있었다.

축산-경종간의 자연순환체계는 축산에서 발생하는 고농도 유기성 부산물을 농경지에 환원하고 농경지에서 생산되는 농산물을 다시 축산의 농후사료 및 조사료로 환원하는 구조이다. 물질순환 구조에서 투입자원은 주요한 농경지 양분공급원인 화학비료와 가축급여를 통해 가축분뇨로 전환되는 잠재적 양분공급원인 가축사료를 설정할 수 있으며, 2005년 기준으로 화

학비료 총 650천 톤과 가축사료 20,283천 톤이 농업생태계로 투입되었다. 화학비료 사용량은 최근 농림부 친환경농업 육성을 위한 화학비료 감축 정책추진에 상응하여 단위면적당 사용량이 감소추세에 있으나, 2005년 기준 성분별 사용량은 질소(N) 328,331톤, 인산(P_2O_5) 144,799톤, 가리(K_2O) 176,801톤이다.

비료성분의 흐름을 따라서 주요한 농업활동인 축산과 가축분뇨 처리활동을 살펴보면, 우리나라 가축사육규모는 허가 및 신고대상 중·대규모 사육농가의 비율이 꾸준히 증가하여 대형화, 전문화 추세에 있으며, 가축사육두수는 2005년 한우 1,819천두, 젓소 479천두, 돼지 8,962천두, 말 20천두, 닭 109,628천수, 오리 8,388천수이다. 축산에서의 가축사육두수는 한

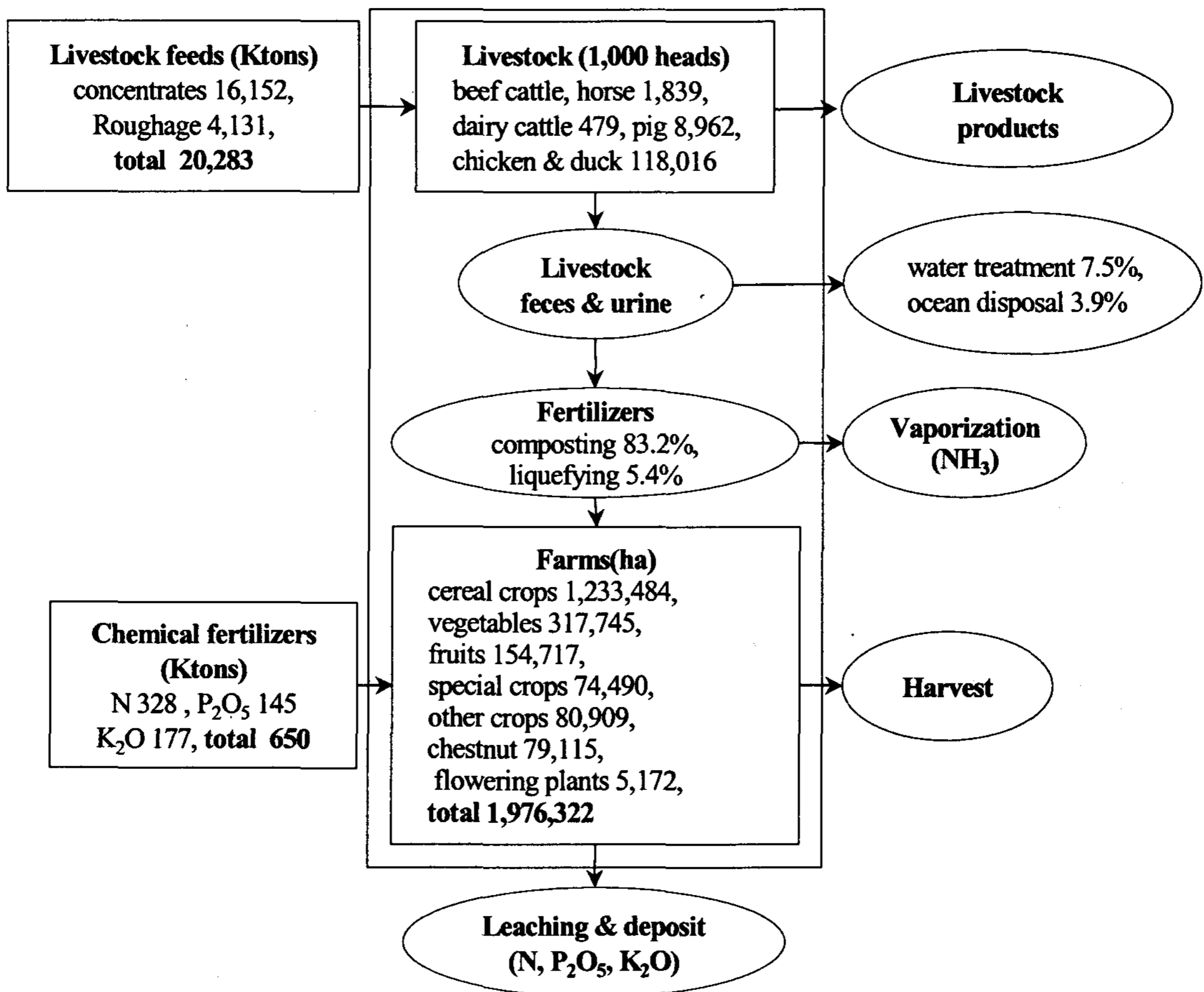


Fig. 2. The model of nutrient balance analysis in agricultural system.

우, 젖소, 돼지, 말, 닭, 오리 외에 양, 염소 등이 있으나 사육두수 비중이 낮아 본 분석모형에서는 제외하였다. 가축분뇨 처리과정에서 정화처리 및 해양배출량은 농업환경 부하량에서 제외하였으며, 퇴비화시 대기로 배출되는 질소 휘산량은 40%, 액비화시 질소 휘산량 10%로 산출하였다(농림부·환경부, 2004).

또 다른 주요한 농업활동인 경종을 살펴보면, 경지면적은 식량작물, 과수, 채소, 특용작물 등을 포함, 총 1,892,035 ha, 기타 화훼작물 5,172 ha, 밤 재배를 위한 임지 79,115 ha를 포함하여 총비료성분을 요구하는 농경지는 1,976,322 ha이다. 화훼 및 밤은 재배 및 상품성 향상을 위해 반드시 비료시비를 요구하고 상대적인 재배면적비중도 커 농업환경지표에 포함하였다. 전체 재배면적 중 식량작물이 가장 큰 면적비중을 차지하고 있으며, 특히 벼의 재배면적이 979,176 ha로서 전체 농경지의 51.8%를 차지하고 있다. 따라서 농경지의 작물양분 요구량을 계산하는 경우 벼 단일 품목에 대한 시비량 기준설정이 농경지 총 작물양분요구량에 큰 영향을 미칠 것으로 사료된다.

이와 같이 우리나라 물질순환 구조에서 산출되는 산물은 축산물, 농작물이 있으며, 가축분뇨의 정화처리 및 해양투기량, 퇴·액비화시 대기 중으로의 질소 휘산량, 농경지에서 과잉·유출되는 비료성분량은 근본적으로 농경지에서 이탈하는 양으로 산물에 포함할 수 있다.

3. 우리나라 사료수급현황

가축사료는 사료의 성상과 급여목적에 따라 가축의 비육과 증체를 위한 농후사료와 영양소 함량이 낮고 반추가축에 섬유질 공급을 위한 조사료로 분류하며, 우리나라는 농후사료의 대부분을 차지하는 배합사료 원료의 75% 이상을 수입에 의존하고 있다. 가축분뇨중의 비료성분은 가축에 급여한 사료 중의 비료성분에서 기인하며, 가축의 소화기관에서 소화·흡수되지 않는 성분은 직접 분으로 배출되고, 소화기관에서 소화·흡수되더라도 체내 대사과정을 통해 요소 등의 성분은 뇨로 배출된다. 사료의 공급은 가축의 사양관리에서 가장 핵심적인 부분으로 양질의 사료를 효과적이고 경제적으로 급여하기 위하여 배합사료를 주로 활용하게 되며, 다양한 종류의 곡류, 식물성 박류, 동물성 단백질이 배합사료의 원료로 사용되고 있다.

배합사료산업은 축산업에서 큰 비중을 차지하는 산업군으로 발전하여 Table 1과 같이 가축사료 중 배합사료 생산량은 2006년 기준 연간 15,639천 톤, 전체 가축사료의 73.5%를 차지하고 배합사료 원료의 자급률은 25%로 거의 대부분의 원료수급을 수입에 의존하고 있는 실정이다. 배합사료의 원료이용실태를 보면, 배합사료 제조를 위하여 80여종의 원료가 사용되고 있으며, 농림부에 보고된 원료만 60여종으로 배합사료 원료는 크게 곡류, 강피류, 동물성

Table 1. Supply and demand facts of feeds

Year	Concentrate				Self-supplied feed	Sub total	Roughage	Total
	Industrial compound feed			Self-supply rate				
	Domestic	Import	Sub total					
Ktons			%	Ktons				
2000	3,923	11,068	15,105	26	792	15,897	3,392	19,289
2001	3,766	11,077	14,974	25	674	15,648	3,881	19,529
2002	3,896	11,754	15,795	25	663	16,458	3,845	20,303
2003	3,941	11,372	15,436	26	928	16,349	4,048	20,403
2004	3,781	11,027	14,941	25	846	15,787	4,084	19,955
2005	3,730	11,403	15,278	25	874	16,152	4,131	20,283
2006	3,862	11,675	15,639	25	1,356	17,049	4,222	21,271

(Ministry of Agriculture & Forest, 2006)

단백질, 식물성 박류, 무기물, 기타로 구분한다.

배합사료의 원료 중 곡류는 옥수수, 소맥, 대맥, 호밀, 타피오카 등, 강피류는 소맥피, 미강, 말분 등, 동물성 단백질은 어분, 육골분, 육분, 도축부산물 등이 사용되며, 식물성 박류는 대두박, 채종박, 면실박, 팜박, 아자박 등을 사용하며, 무기물은 석회석, 인산칼슘, 식염, 영양제 등, 기타로는 우지, 대용유, 당밀 등이 사용되고 있다. 배합사료 원료사용 및 수급현황은 곡류와 식물성 박류 대부분을 수입에 의존하고, 조사료로 수입되는 두과식물인 알팔파의 경우도 주로 배합사료의 원료로 사용되고 있다 (Table 2). 반추가축용 조사료는 청보리 및 총채벼 재배면적 확대 등 농림부의 지속적인 조사료 생산 확대정책에 힘입어 국내 자급률이 80% 이상으로 나타나고 있으며, 2005년 기준 목진초 1,298천 톤, 곡물벼질 2,134천 톤이 국내에서 생산되었고, 조사료 수입은 목진초 468천 톤, 알팔파류 151천 톤, 기타 옥수수대 등이 77천 톤 수입되었다 (한국단미사료협회, 2004).

2005년 기준 배합사료 원료 및 조사료 수입 현황과 수입품목별 성분기준은 Table 3과 같다. 2005년 조사된 사료수입량은 13,636천 톤, 주요 수입품목은 옥수수, 소맥, 대두박으로 각각 6,627천 톤, 1,290천 톤, 1,491천 톤이 수입되었다. 사료원료 중 대두와 매니옥을 제외한 일반 곡류는 10%대의 조단백질 함량을 보이고 있으며, 대두, 매니옥, 대두박, 채종박, 어분, 골분, 대용유 등이 30% 이상의 조단백질 함량을 보여 고단백의 사료원료로 사용되고 있음을 알

수 있다. 본 연구에서는 수입사료에 의한 농업 환경에서의 양분부하를 산출하기 위하여 수입 단미사료를 대상으로 분석하였으며 완제품으로 수입되는 배합사료는 그 조성비에 따라 양분 부하를 달리 할 수 있고, 수입량이 상대적으로 적어 분석에서 제외하였다.

4. 가축분뇨 처리 현황

가축분뇨는 질소, 인 등 작물이 요구하는 영양분을 충족시킬 수 있는 유기질 비료자원이다. 그러나 하천이나 호수로 무단 방류되거나 부적절하게 처리되는 경우 환경오염의 우려가 크다. 이에 농림부와 환경부는 가축분뇨로 인한 환경오염을 방지하고 유기성 폐자원의 적정 활용을 위하여 지속적으로 노력하여 왔다. 이러한 노력의 일환으로 농림부는 1991년부터 2003년까지 5만 8천여 축산농가에 퇴·액비화 및 정화처리시설 설치를 위해 9,645억 원을 지원하였으며, 환경부는 수질보전 측면에서 전국 공공처리시설 75개소를 설치하는데 4,849억 원을 지원하여 왔다 (농림부, 2004). 그럼에도 불구하고 농가개별처리시설의 경우 관리부실, 가동불량 등으로 인한 가축분뇨의 부적정 처리문제가 발생하였고, 공공처리시설의 경우도 설계 표준화의 시행착오, 유지관리비용의 과다지출, 평균 62%의 낮은 가동률 (2002년)로 인한 처리의 경제성 문제가 지속적으로 지적되어 왔다. 최근에는 석유자원의 고갈과 지구온난화 문제로 인해 신재생에너지에 대한 관심이 급증하면

Table 2. Supply and demand facts of compound feed materials (2004)

Items	Supply and demand of feed materials (Ktons)		
	Domestics	Import	Total
Grains	217	7,891	8,108
Brans	1,160	488	1,648
Animal protein	129	11	140
Plant meals	990	2,367	3,357
Inorganic ingredients	631	21	652
Others	654	249	903
Total	3,781	11,027	14,808
(%)	25.3	74.7	100

(Korea Feed Ingredients Association, 2006)

Table 3. The amount and chemical composition of imported feed materials (2005)

Class	Materials	HS code	Imported amount (tons)	Composition (%)			
				Moisture	Crude protein	P	K
Grains	Corn	1005901000	6,627,076	14.00	8.15	0.31	0.39
	Wheat	1001909020	1,289,567	12.91	12.05	0.35	0.63
	Barley	1003009010	27,173	12.28	11.43	0.33	0.53
	Rye	1002	7,978	13.97	9.46	0.29	0.27
	Oats	1004	6,256	11.87	11.03	0.43	0.84
	Soy bean	1201001000	990,418	11.14	38.43	0.63	1.04
	Cottonseed	1207200000	126,313	10.01	13.67	0.76	1.50
	Casaba	0714102020	264,548	10.00	31.19	0.29	1.19
Brans	Wheat bran	2302300000	344,599	12.38	15.03	0.95	1.28
	Rice bran	2302200000	320	11.72	12.48	1.64	1.70
Animal protein	Fish meal	2301201000	48,488	9.58	63.64	2.56	0.84
	Meat & born meal	2301101000	266	6.76	34.04	6.35	0.46
	Born meal	0506902000					
Plant meals	Soybean meal	2304000000	1,490,581	12.20	45.19	0.72	2.23
	Rapeseed meal	2306410000	289,640	10.59	36.80	1.39	1.74
	Rapeseed meal(others)	2304690000					
	Cottonseed meal	2306100000	57,174	11.94	33.52	0.90	1.38
	Palm meal	2306500000	424,789	10.39	21.09	0.64	1.82
	Palm oil meal	2306600000	413,411	11.5	15.7	0.59	0.84
	Starch meals	2303100000	170,954	11.52	11.65	0.53	0.09
Others	Alfalfa pellet	1214100000	151,838	14.62	14.86	0.24	1.19
	Alfalfa bale	1214909010					
	Beet pulp	2303200000	120,391	11.17	9.78	0.10	0.32
	Cotton seed hull	2308003000	84,789	9.15	5.9	0.77	1.30
	Beef tallow	1502001090	69,215	1.40	1.60		
	Milk replacer	2309901091	645	9.50	25.21		
	Root feed crops	1214901000	549,083	12.23	5.1	0.13	1.47
	Feed crops	2308009000	80,178	13.09	15.12	0.25	3.35

(Korea Agro-Fisheries Trade Corporation, <http://www.kati.net>, National institute of Animal Science, <http://www.nlri.go.kr/saryo2003/>)

서 혐기소화에 의한 바이오가스 생산 및 혐기 소화액의 액비 활용을 통한 가축분뇨 처리방안이 주목받고 있다(김 및 윤, 2007).

2004년 기준 가축분뇨 처리실태를 보면, 총 발생 가축분뇨 중 신고미만 소규모 농가의 경우 0.4%를 공공처리시설에 유입처리하고, 18.6%를 자체처리시설에서 자원화하고 있다. 허가 및 신고대상 농가는 99% 이상이 농가자체처리 시설을 설치·보유하고 총발생 가축분뇨의 58.3%에 해당하는 물량을 퇴비화하고 5.4%를 액비화 처리하고 있다(Table 4). 따라서, 총발생 가축분뇨의 83.2%가 퇴비화, 5.4%가 액비화 처리되고 있으며, 7.5%가 정화처리, 약 3.9%가 해양으로 배출되고 있다. 그러나 농가 자체처리 곤란으로 가축분뇨의 해양배출량은 1997년 52

천 톤/년에서 2005년 2,745천 톤/년으로 매년 급격히 증가하였으나, 최근 런던협약 등 국제규제의 영향으로 해양수산부에서 2012년부터 원칙적으로 해양투기를 금지하고 있어 가축분뇨의 처리방안 확보의 필요성이 더욱 가중되고 있는 실정이다.

5. 농업환경 물질순환 및 환경부하 분석

(1) 농경지 작물양분요구량 분석

우리나라 농경지와 임지(밤)의 질소(N), 인산(P₂O₅),加里(K₂O)에 대한 작물양분요구량을 기비와 추비로 나누어 분석하였으며 농업환경에서 요구하는 작물양분요구량은 Table 5와 같다. 농경지의 주요면적을 차지하는 벼의 양분요구

Table 4. The management facts of livestock wastewater in Korea

Non point source		Point source					
Public treatment	Self-treatment (recycling)	Public treatment	Ocean disposal	Joint treatment	Self-treatment		
..... % %					
0.4	18.6	4.1	3.9	6.3	58.3	68.0	3.0
						5.4	

(Ministry of Agriculture & Forest, 2006)

Table 5. The nutrient demand of crop and forest lands in Korea (2005)

	Nutrients	Crop land	Forest land (chestnut)	Total
		(tons/year)		
Demand of basal fertilization	N	130,616	16,883	147,499
	P ₂ O ₅	128,484	21,203	149,687
	K ₂ O	107,843	12,722	120,565
Demand of additional fertilization	N	127,665	11,203	138,868
	P ₂ O ₅	11,128	0	11,128
	K ₂ O	70,503	12,722	83,225
Total	N	258,281	28,086	286,367
	P ₂ O ₅	139,612	21,203	160,815
	K ₂ O	178,346	25,444	203,790

(This table was calculated from cultivation area data using the fertilization unit of crops that recommended by Rural Development Administration. The crops for nutrient demand analysis include the land crops of the 14 cereal crops, 8 fruits, 18 vegetables and 7 special crops, and the feed crops, and the forest crop such as chestnut.)

량은 질소 : 인산 : 가리의 시비량을 11.0 : 4.5 : 5.7 (kg/10a)으로 하고, 질소는 기비로 50%를 분시하고, 인산은 전량 기비 시비하는 것을 기준으로 하였다. 최근 보통답 및 사질답 기준 고품질 쌀생산을 위한 벼의 시비량을 질소 : 인산 : 가리, 9.0 : 3.0 : 3.0 (kg/10a)으로 추천 (농촌진흥청, 2006)하고 있으나 본 연구에서는 2005년 시비기준을 준수하였다.

우리나라 농업환경에서 필요로 하는 기비 시비요구량은 연간 질소 147천 톤, 인산 150천 톤, 가리 121천 톤, 추비 시비요구량은 연간 질소 139천 톤, 인산 11천 톤, 가리 83천 톤으로 농업환경 총 양분요구량은 질소 286천 톤, 인산 160천 톤, 가리 204천 톤으로 나타났다. 기존 연구결과 (농림부·환경부, 2004)에서는 2003년 기준으로 농경지 비료시비요구량을 질소 441천 톤, 인산 215천 톤을 보고한 바 있으나, 이는 재배작물의 종류에 대한 고려 없이 농경지를 논과 밭으로만 구분하였고, 벼의 시비요구량을 질소기준 21 kg/10a로 과도하게 산정하여 분석한 것으로 농경지 시비요구량을 과대평가된 것

으로 사료된다.

(2) 가축분뇨 배출량 및 환경부하 분석

가축분뇨 배출량은 가축의 축종, 성장단계, 사료 및 음수급여량에 따라 차이를 보인다. 따라서 일반적인 사양관리 체계에서 가축분뇨 발생량은 가축의 체중을 기준으로 성장단계별로 분류하여 추산하는 것이 가장 바람직하다. 그러나 전국규모의 가축사육두수를 성장단계별로 파악하는 데는 어려움이 있어, 본 연구에서는 축종별 축산폐수 발생량기준 (환경부고시 제 1999-110호)과 가축분뇨 중 비료성분 함량기준 (농촌진흥청, 2006)을 사용하여 가축분뇨 발생량과 비료성분 발생량을 추산하였다. 또한 농경지에 투입되는 실제 비료성분량을 추산하기 위하여 가축분뇨 처리방법별 자원화량을 고려하였으며, 자원화 단계에서의 대기로의 비료성분 유출량 및 농경지 투여시 비효율을 고려하여 가축분뇨 중 비료성분의 흐름을 추적하였다. 환경부는 축산에서 발생하는 오염물질의 부하량을 파악하기 위해 축종별 분, 뇨 그리고

세정수의 량을 고시한 바 있다. 본 연구에서는 가축분뇨의 분뇨 발생량을 추산하기 위해 환경부고시 제1999-110호를 기준으로 사용하였다.

기존에는 가축분뇨 비료성분 발생량 산정기준으로 김 등(1995)이 분뇨혼합 슬러리 중의 질소, 인산 등 비료성분량을 설정한 바 있으나 김 등(1995)의 기준은 분뇨혼합물에 대한 성분기준으로 인산과 가리의 함량이 과대 추산될 가능성이 있다. 따라서 본 연구에서는 농촌진흥청 축산연구소(2006)에서 발표한 분과 뇨 중의 비료성분을 별도로 계산하는 정상기준을 사용하였다. 가축분뇨와 비료성분 발생량의 추산을 위해 사용한 가축분뇨 배출원단위 및 비료성분 함량기준은 Table 6과 같다. 가축분뇨 배출원단위와 비료성분기준을 적용하여 추산한 우리나라 가축분뇨 및 비료성분 발생량은 Table 7과 같다. 2005년 기준 가축분뇨 발생 추정량은 연간 35,248천톤, 일일 발생량 96천톤으로 추산된다.

2004년 농림부·환경부가 합동 가축분뇨 종합관리대책에서는 가축분뇨 발생량을 142천톤/일로 추산한 바 있으나, 이는 가축 사양과정에

서 발생하는 분과 뇨의 양 이외에 돈사 등 세정수의 량까지 고려한 것으로 본 결과와 차이를 보인다. 본 연구결과에 세정수 발생량을 고려하는 경우, 가축분뇨 발생량은 141천톤/일로 2004년 농림부와 환경부가 공동으로 추산한 가축분뇨 발생량과 비슷한 결과를 얻을 수 있었다. 가축분뇨에서 발생하는 비료성분발생량은 질소, 인산, 가리에서 각각 연간 214,993톤, 91,108톤, 84,076톤으로 나타났다. 총 비료성분량에서 양돈이 차지하는 비중은 비료성분별로 질소 52%, 인산 45%, 가리 36%로 나타났으며, 이는 가축분뇨 발생량 중 양돈이 차지하는 비율이 39% 수준임을 고려할 때 양돈에 의한 비료성분 부하가 매우 큼을 알 수 있었다.

또한 기존 가축분뇨 비료성분발생량(농림부·환경부, 2004)에서 비료성분이 질소 275천톤/년, 인산 140천톤/년과 비교하면 인산성분 발생량에서 상당한 차이를 보이는 것으로 나타났다. 이는 추산과정에서 적용한 가축분뇨 중 비료성분 함량기준의 차이에서 기인하는 것으로 본 연구에서 사용한 성분기준이 분과 뇨 중의 비료성분을 별도로 설정하고 있어 더욱 합

Table 6. Excretion unit and nutrient composition in feces and urine of livestock animals in Korea

Livestock	Excretion unit (kg/head/day)				Nutrient composition (%)					
	Feces	Urine	Washing water	Total	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
					Feces	Urine	Feces	Urine	Feces	Urine
Hanwoo cattle	10.1	4.5	0.0	14.6	0.34	0.48	0.29	0.006	0.09	0.48
Dairy cattle	24.6	11.0	10.0	45.6	0.26	0.34	0.10	0.03	0.14	0.31
Pigs	1.6	2.6	4.4	8.6	0.77	0.83	0.50	0.07	0.25	0.20
Poultry ¹⁾	0.12	—	—	0.12	0.89	—	0.26	—	0.39	—

(Ministry of Environment, Notice No. 1999-110; National Institute of Animal Science, 2000)

Table 7. The fecal and urinary excretion amounts and the total fertilizer component loads by livestock animals in Korea

Livestock	Heads (1,000 heads)	Excretion amount			Total fertilizer component load		
		Feces	Urine	Total	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		(Kton/year)			(ton/year)		
Hanwoo cattle, horses	1,839	6,780	3,021	9,800	37,550	19,842	20,600
Dairy cattle	479	4,300	1,923	6,222	17,716	4,877	11,980
Pigs	8,962	5,234	8,504	13,738	110,885	32,121	30,093
Chickens, ducks	118,016	5,488	—	5,488	48,842	14,268	21,403
Total	129,296	21,802	13,448	35,248	214,993	71,108	84,076

(This table was calculated from live stock head data using the excretion unit and the nutrient composition of the Table 6)

리적인 추산기준으로 판단, 기존사례는 인산성분 발생량 등에 대하여 과다추산의 가능성이 있는 것으로 사료된다.

가축분뇨를 자원화 하는 경우 발생분뇨를 농경지에 직접 사용하는 경우 작물생육에 해를 유발할 수 있으며, 악취·병원성균 등의 위생상 문제를 야기시킨다. 따라서 작물에 이용되기 위해서는 적절한 자원화 과정을 거쳐야 한다. 발생 가축분뇨의 처리방법과 처리방법별 대기, 하천, 해양 등으로 이탈되는 비료성분량을 고려하여 산출한 실제 농업환경으로 유입되는 가축분뇨 유래 비료성분량은 Table 8과 같이 질소 118천톤, 인산 63천톤, 가리 74천톤으로 나타났으며, 가축분뇨 퇴·액비화시 대기중으로 휘산되는 질소성분량은 73천톤, 정화처리와 해양투기를 통해 농업환경 외부로 배출되는 비료성분량은 질소 25천톤, 인산 8천톤, 가리 10천톤으로 추정되었다. 또한 토양에 투입한 가축분뇨 퇴비의 무기화율이 축종별로 질소 30~70%, 인산 60~70%, 가리 90% 정도임을 고려하여 실제 작물에 흡수 이용되는 비료성분량은 더 낮아질 것으로 추정되며, 축종별 가축분뇨 퇴·액비의 무기화율을 고려하여 추산한 작물유효 비료성분량은 질소 63,467톤, 인산 40,524톤, 가리 67,496톤으로 추산되었다(Fig. 3).

이와 같이 가축분뇨 비료성분 부하는 자원화 과정과 작물흡수 과정을 거치면서 그 량은 크게 감소하여 생분뇨 중 비료성분 발생량과 실제 작물유효량을 비교하면 발생량 대비 약 46% 수준으로 떨어지는 것으로 나타났다. 따라

서, 농업환경에서 작물양분요구량을 100%로 하였을 경우 가축분뇨가 차지하는 비중을 가축분뇨 발생단계, 자원화 단계, 작물흡수 단계에서 살펴보면, 각각 57%, 39%, 26%로 낮아지고, 이와는 반대로 화학비료의 비중은 각 단계별로 33%, 61%, 74%로 상승하는 경향을 보였다.

(3) 수입사료 유래 가축분뇨 및 비료성분 발생량 분석

2005년도 통계수치조사에서 우리나라 총 사료수급량은 20,283천톤이며, 배합사료원료 수입량은 11,403천톤으로 나타났으나, 기타 배합사료 원료 및 조사료 등을 모두 조사한 결과 13,636천톤의 단미사료가 수입된 것으로 파악되었다. 따라서 본 연구에서는 수입단미사료 13,636천톤을 대상으로 수입사료에 의한 비료성분 부하도를 분석하였다. 수입사료를 통해 국내로 도입되는 비료성분량은 연간 질소 371천톤, 인산 140천톤, 가리 143천톤, 주요 수입품목인 곡류 및 식물성 유박류에서 유래하는 비료성분 국내도입량은 성분별로 질소 93%, 인산 89%, 가리 84%를 차지하였다(Table 9).

양돈급여를 기준으로 수입사료 소화이용률을 단백질 60%, 인(P) 40%, 칼륨(K) 40%(박, 2000)으로 하였을 경우, 수입사료 유래 가축분뇨 중 비료성분 함량은 연간 질소 148천톤, 인산 84천톤, 가리 86천톤으로 분석되었다. 일반적으로 한우와 젖소에서 소화이용률이 돼지보다 낮은 것을 고려하면 실제 수입사료에서 유래하는 가축분뇨 중 비료성분량은 더 증가할

Table 8. The distribution of nutrients by the treatment methods of livestock feces and urine

Treatment	Proportion (%)	Amount of nutrients (tons/year)			Vaporization	
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	
Recycling	Compost	83.20	107,325	59,162	69,951	71,550
	Liquid fertilizer	5.40	10,449	3,840	4,540	1,160
	Sub-total		117,774	63,002	74,491	72,710
Disposal	Water treatment	7.50	16,124	5,333	6,306	—
	Ocean disposal	3.90	8,385	2,773	3,279	—
	Sub-total		24,509	8,106	9,585	—
Total	100	144,283	71,108	84,076	72,710	

(This table was calculated from the fecal and urinary excretion amounts data and the total fertilizer component loads data of Table 7 using the management fact of livestock wastewater of Table 4)

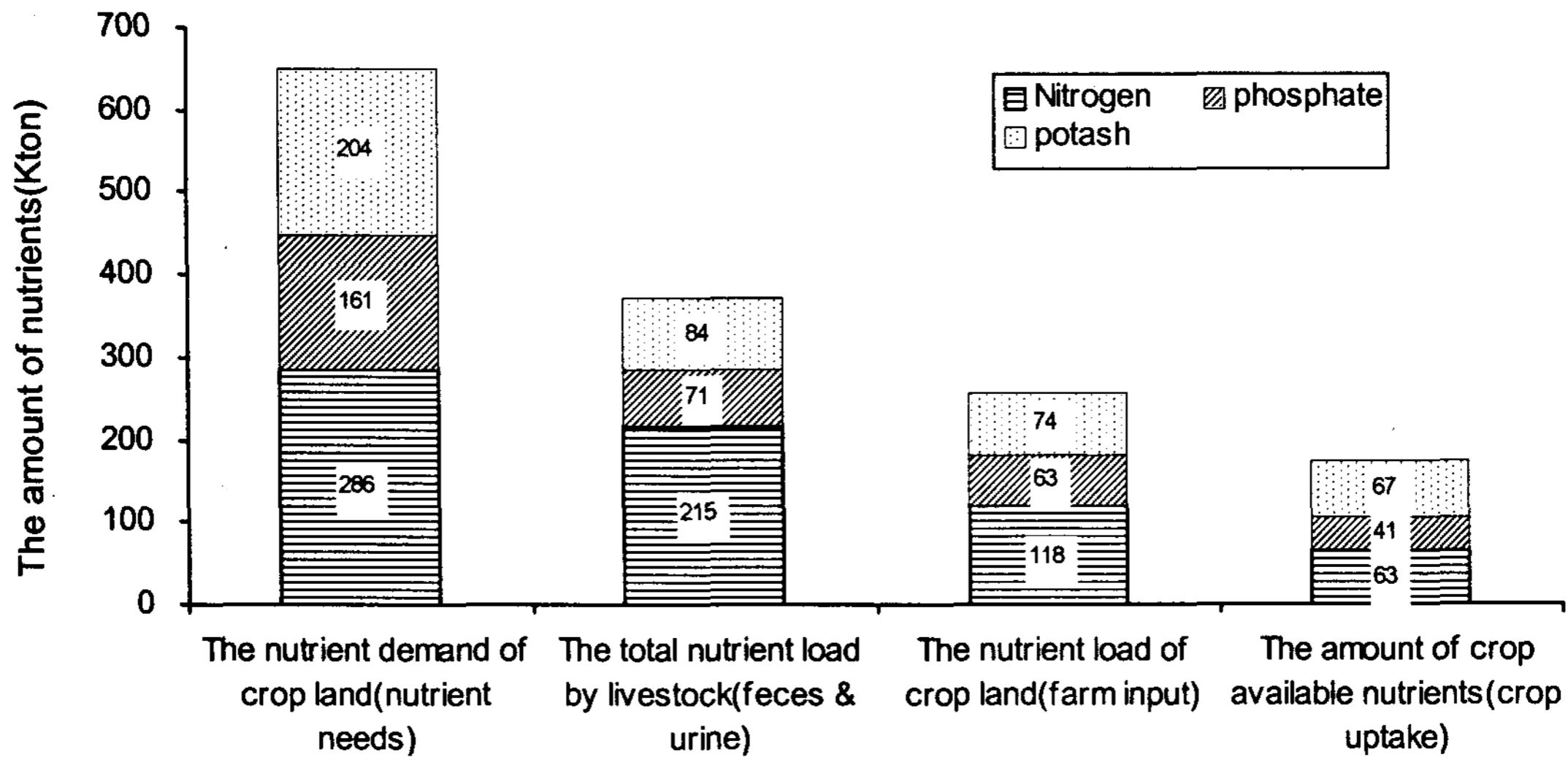


Fig. 3. The amounts of each nutrient demand in crop land, the total nutrient load by livestock feces and urine, the farm input of fertilizer from livestock feces and urine and the amount of crop available nutrients in Korea. This Figure was represented from data of Table 5, 7, 8.

Table 9. The expected amount of nutrients in the fertilizer components of the imported feeds and the amounts of nutrients in the fertilizer components produced by animals fed the imported feeds

Materials	Import amount (ton/year)	The amount of nutrients in the fertilizer components of the imported feeds (tons/year)			The amount of nutrients in the fertilizer components produced by animals fed the imported feeds (tons/year)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Grains	9,339,329	188,872	75,945	59,685	75,549	45,567	35,811
Brans	344,919	8,293	7,509	5,322	3,317	4,505	3,193
Animal protein	48,754	4,952	2,881	492	1,981	1,729	295
Plant meals	2,846,549	155,801	48,861	60,764	62,320	29,316	36,458
Others	1,056,139	12,918	4,699	16,932	5,167	2,819	10,159
Total	13,635,690	370,836	139,895	143,195	148,334	83,938	85,916

(The amounts of nutrients of the imported feeds in this table was calculated from the data of Table 3, and the amounts of nutrients produced by animals was calculated in basis of the digestibility of pig)

것으로 예상된다.

수입사료 유래 가축분뇨 처리방법별 비료성분 발생량 추산에서 퇴·액비화를 통한 자원화량은 연간 질소 81천톤, 인산 74천톤, 가리 76천톤이었으며, 가축사육두수를 기준으로 추산한 가축분뇨 중 비료성분 발생량에서 수입사료에서 기인하는 비료성분 발생량의 비중은 질소 69%, 인산 118%, 가리 101%로 나타났다(Table 10).

6. 우리나라 농업환경 물질순환 체계

(1) 우리나라 농업환경 물질순환 및 환경부하
우리나라 작물별 재배면적 및 시비요구량으로부터 추산한 “작물양분요구량(A)”를 우리나라 농업환경에서 받아들일 수 있는 최대 비료성분량으로 하고, “화학비료(B)”와 가축사육두수로부터 직접 추산한 “가축분뇨 비료성분 총 발생량(C)”에 가축분뇨 자원화량과 자원화 과

Table 10. The distribution of nutrients by various treatment processes of feces and urine excreted from animals fed the imported feeds

Processing method	Rate (%)	Amount of nutrients (tons/year)			Vaporization N	
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
Recycling	Composting	83.20	74,048	69,836	71,482	49,366
	Liquid fertilizer	5.40	7,209	4,533	4,640	801
	Sub-total		81,257	74,369	76,123	50,167
Disposal	Water treatment	7.50	11,125	6,295	6,444	—
	Ocean disposal	3.90	5,785	3,274	3,350	—
	Sub-total		16,910	9,569	9,794	—
Total	100	98,167	83,938	85,916	—	

(This table was calculated from the fecal and urinary excretion amounts data and the total fertilizer component loads data of Table 9 using the management fact of livestock wastewater of Table 4)

정에서 유실되는 비료성분량을 고려하여 산출한 “가축분뇨 실제비료성분 공급량(D)”를 농경지에 투입되는 비료성분량으로 해서 분석한 우리나라 농업환경 물질순환 및 비료성분의 충족도는 Table 11과 같으며, 가축분뇨로 인한 농업환경 물질순환 체계는 Fig. 4와 같다.

화학비료에 의한 우리나라 농업환경 양분수지는 총양분요구량에 대하여 질소 115%, 인산 90%, 가리 87%로 질소가 약 15% 초과하였으며, 가축분뇨 양분수지에서 퇴·액비화를 통해 자원화 된 비료성분은 총양분요구량에 대하여 질소 41%, 인산 39%, 가리 37% 였다. 가축분뇨를 주로 기비로 시비하는 점을 고려하여 농

업환경에서 기비 양분요구량과 비교하면 질소 80%, 인산 42%, 가리 62%의 양분 충족도를 보였다. 총양분요구량에 대하여 화학비료와 가축분뇨 퇴·액비를 통한 총양분투입량을 비교하면 우리나라 농업환경의 총비료성분 양분수지는 질소 156%, 인산 129%, 가리 139%로 질소, 인산 가리가 각각 56%, 29%, 39% 초과하는 것으로 나타났다. 따라서 우리나라 총양분수지에서 질소 56% 초과는 다양한 환경부분에 오염부하로 작용할 소지가 있다. 그러나, 가축분뇨 질소비료성분의 작물 흡수량은 농경지로 투입된 가축분뇨 퇴·액비 중 비료성분량의 67% 정도인 것 Fig. 4를 감안하고, 농경지에서 하천,

Table 11. The comparison of demand and supply of nutrients in fertilizer components in Korean agricultural environment (tons/year, %)

Revenue	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Total
The total nutrient demand (A)	286,367	160,815	203,790	650,972
Demand of basal fertilization (a)	147,499	149,687	120,565	417,751
Demand of additional fertilization (b)	138,868	11,128	83,225	233,221
Use of chemical fertilizer (B)	328,331	144,799	176,801	649,931
Total nutrient load by livestock (C)	214,993	71,108	84,076	370,177
The nutrient load by recycling of livestock feces and urine (D)	117,774	63,002	74,491	255,267
The nutrient balance-chemical fertilizer				
Versus the total nutrient demand (B/A)	114.65	90.04	86.76	99.84
Versus the demand of additional fertilization (B/b)	236.43	1301.21	212.44	278.68
The nutrient balance-livestock				
Versus the total nutrient demand (D/A)	41.13	39.18	36.55	39.21
Versus the demand of basal fertilization (D/a)	79.85	42.09	61.78	61.11
The nutrient balance-total supply of nutrients				
Versus the total nutrient demand ((B+D)/A)	155.78	129.22	123.31	139.05

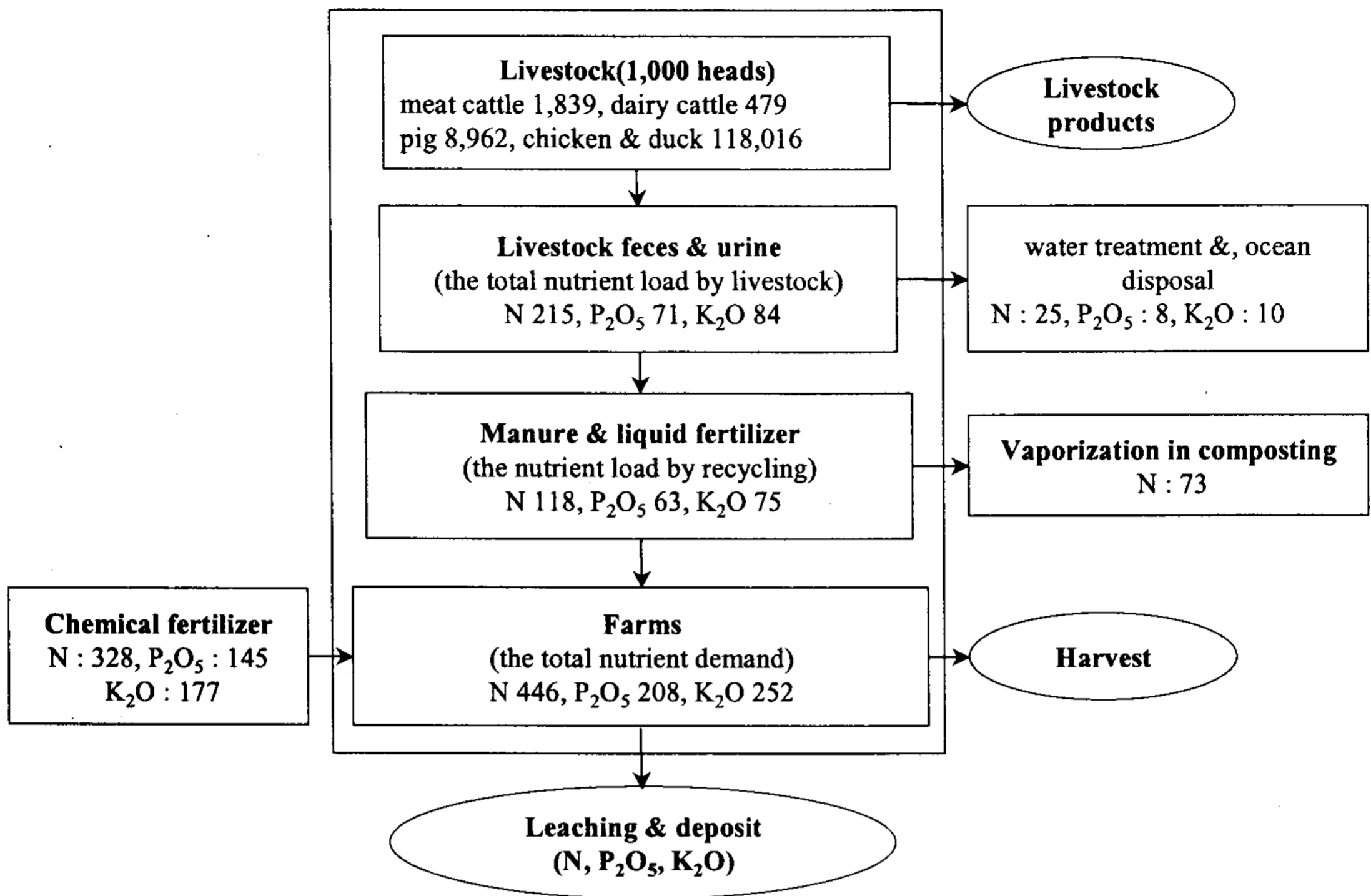


Fig. 4. The nutrient balance by livestock feces and urine in agricultural system (Ktons). This Figure was reformed from data of Table 5, 7, 8, 11.

지하수, 대기 등으로 유출되는 비료성분량 등을 고려할 때, 작물재배 및 적정 생산성 유지 측면에서는 충분한 부하량으로 판단되나 추후 작물생산성과 대비한 농경지 비료성분 적정부하수준은 별도의 정확한 평가가 요구된다.

(2) 수입사료 유래 농업환경 물질순환 및 환경부하 영향

우리나라 작물별 재배면적 및 시비요구량으로부터 추산한 “작물양분요구량(A)”를 우리나라 농업환경에서 받아들일 수 있는 최대 비료성분량으로 하고, 수입사료 중의 비료성분과 가축의 소화흡수율로부터 추산한 “가축분뇨 비료성분 총발생량(C)”에 가축분뇨 자원화량과 자원화 과정에서 유실되는 비료성분량을 고려하여 산출한 “가축분뇨 실재비료성분 공급량(D)”를 농경지에 투입되는 비료성분량으로 해서 분석한 수입사료로 인한 우리나라 농업환경 물질순환에 대한 비중과 비료성분의 부하도는

Table 12와 같으며, 수입사료로 인한 우리나라 농업환경 물질순환 체계는 Fig. 5와 같다.

수입사료 유래 비료성분 부하도에서 가축분뇨에서 발생하는 비료성분은 총양분요구량에 대하여 질소 52%, 인산 52%, 가리 42%의 비중을 차지, 가축분뇨를 주로 기비로 시비하는 점을 고려하여 농업환경에서 기비 양분요구량에 대해서는 질소 101%, 인산 56%, 가리 71%의 비중을 차지하였다. 퇴·액비화로 투여된 비료성분은 총양분요구량에 대하여 질소 28%, 인산 46%, 가리 37%의 비중을 차지하였고, 기비 양분요구량과 비교하면 수입사료로 인한 비료성분 비중은 질소 55%, 인산 50%, 가리 63% 이었다. 또한, 퇴·액비로 투여된 비료성분의 무기화율을 고려한 성분별 작물유효량은 질소 44천톤, 인산 48천톤, 가리 69천톤이었으며, 작물에 흡수 이용되지 못하고 토양에 축적되거나 지하수 등으로 용탈되는 비료성분은 질소 37천톤, 인산 27천톤, 가리 7천톤으로 추산되었다.

Table 12. The comparison of demand and supply of nutrients in fertilizer components originated from imported feeds in Korean agricultural environment (ton/year, %)

Revenue	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Total
The total nutrient demand (A)	286,367	160,815	203,790	650,972
Demand of basal fertilization (a)	147,499	149,687	120,565	417,751
Demand of additional fertilization (b)	138,868	11,128	83,225	233,221
Total nutrient load by livestock (C)	148,334	83,938	85,916	318,188
The nutrient load by recycling of livestock feces and urine (D)	81,257	74,369	76,123	231,749
The nutrient balance-import stock feed				
Versus the total nutrient demand (D/A)	28.38	46.25	37.35	35.6
Versus the demand of basal fertilization (D/a)	55.09	49.68	63.14	55.48

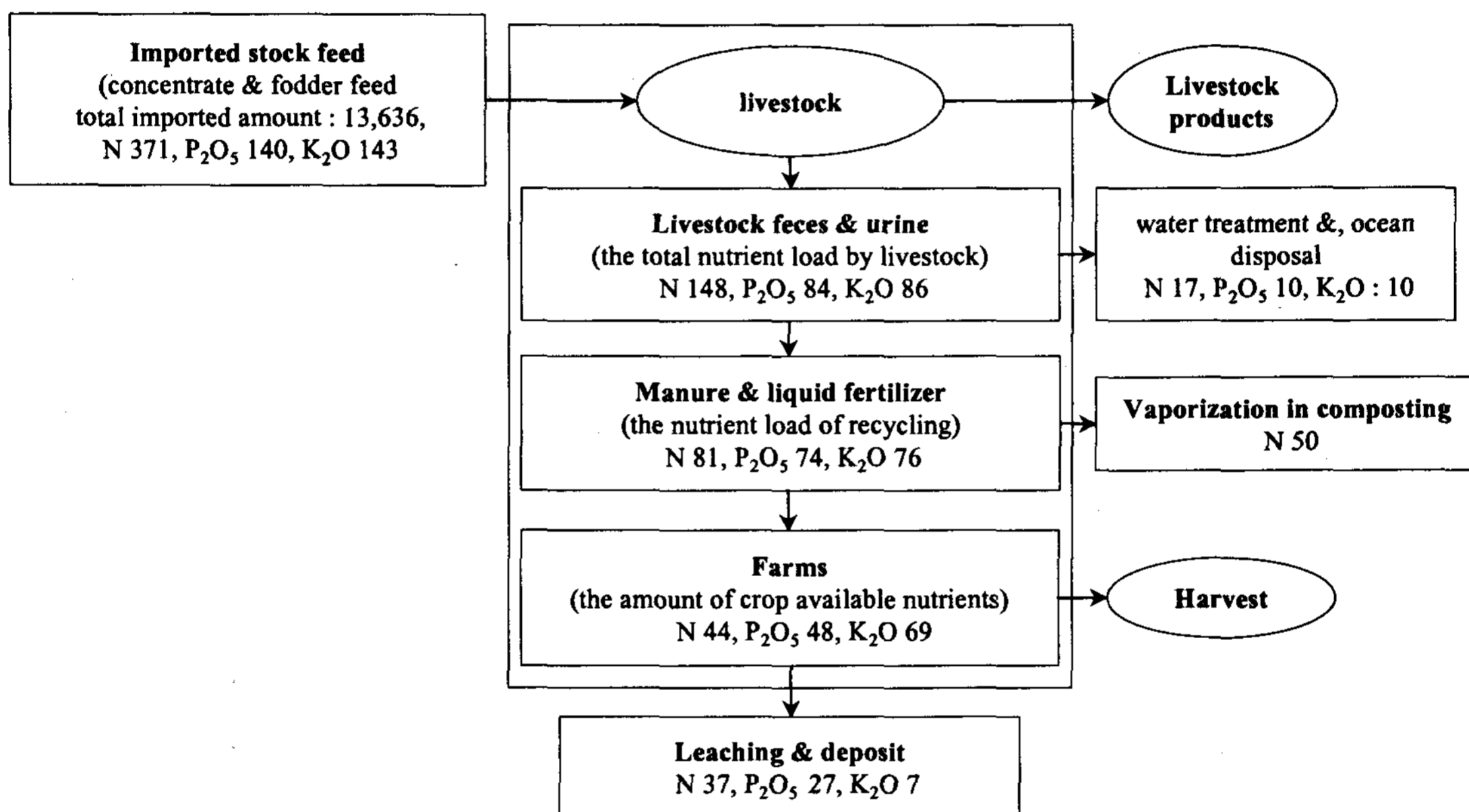


Fig. 5. The nutrient balance by imported feeds in agricultural system (Ktons). This Figure was reformed from data of Table 5, 9, 10, 12.

총수입가축사료로 도입되는 비료성분량 질소 371천 톤, 인산 140천 톤, 가리 143천 톤과 비교할 때, 총비료성분 도입량 대비 농경지에서 작물에 흡수되는 비료성분량은 질소 12%, 인산 34%, 가리 48%로 질소의 농경지 환원율이 매우 낮게 나타났으며, 농경지에 축적·유출되는 비료성분량이 총비료성분 도입량 대비 질소 10%, 인산 34%, 가리 5%로 추산되어 가축분뇨 처리과정에서 대기 및 수계로의 유출량 등을 고려할 때 우리나라 환경 전반에 대한 오염부하에 영향을 주는 것으로 나타났다.

III. 결 론

축산업은 가축사양을 통해 곡물, 목초, 기타 식품부산물 등의 식물성 단백질을 고기, 우유 등의 동물성 단백질로 전환시키는 산업으로 이 과정에서 많은 양의 곡물사료의 공급이 요구되고 악취, 가축배설물, 가축 폐사체 등 환경적 악영향을 줄 수 있는 다양한 부산물을 발생시킨다. 특히, 우리나라는 가축에 급여하는 배합사료원료의 75% 이상을 수입에 의존하고 있고, 배합사료의 원료는 질소와 인의 함량이 높은

농후사료로서 우리나라 농업환경에 질소와 인의 축적을 가중시킬 소지가 크다. 국내에 도입되는 비료성분량은 2005년 기준으로 질소 371천톤, 인산 140천톤, 가리 143천톤에 이르며, 농업환경으로 유입되는 비료성분량은 질소 148천톤, 인산 84천톤, 가리 86천톤에 이르는 것으로 나타났다. 이는 축산에서 발생하는 가축분뇨를 친환경적으로 자원화 하여 농경지에 환원한다 하더라도 축산-경종을 연계하는 자연순환의 국내 농업환경 물질수지를 점진적으로 왜곡할 소지가 크다.

또한 가축분뇨는 퇴·액비화, 정화처리, 해양투기 등의 방법으로 처리하고 있어 처리과정에서 가축분뇨 중의 비료성분은 대기, 하천, 바다 등지로 이동하게 되고, 농경지에 적정하게 환원시킨다 하더라도 많은 양의 비료성분이 작물 재배과정에서 토양에 축적되거나 지하수로 이동하게 되어 환경전반에 대한 오염부하에 기여한다. 따라서 향후 지속가능한 축산업의 영위를 위해서는 가축분뇨 오염부하의 근원이 되는 수입사료를 국내에서 대체하여 사료자급률을 상승시키는 노력이 수반되어야 할 것이다.

그러나, 우리나라 축산업에서 양돈산업의 비중이 매우 크고, 한우와 젓소의 경우 조사료를 함께 급여하는 반면, 양돈에서는 주로 배합사료를 급여한다는 점과 양돈에서 발생하는 비료성분 중 질소가 전체의 52%를 차지하고 있다는 점에서 볼 때, 많은 양의 수입사료가 양돈에서 소비되는 것으로 사료된다. 이와 같이 수입사료에 의한 오염부하는 주로 양돈에서 기인하는 바가 커, 점진적인 양돈 사육두수의 감축 없이는 사료수입은 지속될 것이며, 지속적인 사료의 수입은 우리나라 농업환경에 지속적인 양분(질소, 인) 부하를 초래할 것이다. 반면 한우와 젓소는 국내 자급사료기반 확대와 조농비율의 조정으로 수입사료의 대체가 가능하다는 점에서 향후 수입사료에 의한 농업환경오염 부하를 줄일 수 있다는 점에서 시사하는 바가 크다.

이에 농림부는 국내 사료자급률을 향상시키기 위해서 국내 자급 조사료 생산확대와 조농비율(조사료와 농후사료 급여비율) 개선을 추진하고 있다. 국내 조사료 생산 확대에 있어서 농가에서 국내생산조사료 보다 생산비용이 비싼 수입조사료를 선호한다는 점, 사료작물재배시 기계화 작업이 가능한 농경지의 확보가 어렵다는 점, 논·밭 등 농경지 이용율과 국내 부존자원 이용률이 저조하다는 점이 장애요인이 되고 있으나 조사료는 소의 경제수명과 번식률을 향상시키고, 농경지의 이용률을 증대시키며, 축산에서 발생하는 가축분뇨의 안정적인 살포지 확보가 가능하다는 장점이 있다. 따라서 농림부는 논·밭 등 농경지를 활용하는 청보리 사료화를 위해 재배면적을 2003년 859ha에서 2007년 12,000ha까지 확대하고, 지역별로 적합한 작부체계(밭의 경우 옥수수-수수-호밀(보리), 논외의 경우 벼-호밀-연맥(보리))를 확립, 농가교육을 추진하고 있으며, 초지 생산성 향상과 밧짚 등 국내 부존자원 이용률 제고를 위해 다양한 정책을 추진하고 있다. 또한 조사료 생산 확대와 더불어 기존 조사료 급여비율을 2002년 46%에서 2007년 60%까지 연차적으로 향상시켜 수입사료의 비중이 큰 농후사료를 대체하려는 정책을 추진하고 있다(신 등, 1999).

2007년도 우리나라 농산업에서 축산업이 차지하는 비중은 32.2%로 가장 큰 산업 비중을 차지하고 있다. 그러나 축산업은 최근 축산선진국들과의 자유무역협정(FTA) 추진으로 인한 축산물 시장 개방과 국제 곡물가격 상승과 연동한 배합사료 구입비 상승으로 심각한 경영난에 직면하고 있다. 특히 최근 식품안전과 환경에 대한 국민적 관심 증대로 축산에서 동물의약품 과용, 악취, 가축분뇨 처리 문제, 온실가스(CO₂) 배출문제가 부각되면서 축산경영의 부담을 가중시키고 있는 실정이다. 축산업의 지속가능발전을 위해서는 이러한 다양한 축산여건의 변화에 맞는 축산업의 체질적 변화와 이를 위한 노력이 요구되고 있다.

IV. 요약

본 연구는 수입사료가 우리나라 농업환경의 오염부하에 미치는 영향을 파악하고자 2005년을 기준년도로 하여 수입사료 품목별 수입량 및 비료성분량, 수입사료로 인한 가축 사양단계에서 비료성분 발생량을 추산하고, 농경지 작물별 재배면적과 양분요구도 분석을 통해 수입사료로 인한 농경지의 오염부하도를 분석하였다. 수입사료를 통해 국내로 도입되는 비료성분량은 질소 371천톤, 인산 140천톤, 가리 143천톤, 주요 수입품목인 곡류 및 식물성 유박류에서 유래하는 비료성분 국내도입량은 성분별로 질소 93%, 인산 89%, 가리 84%를 차지하였으며, 양돈급여를 기준으로 한, 수입사료 유래 가축분뇨 중 비료성분 함량은 질소 148천톤, 인산 84천톤, 가리 86천톤으로 수입사료를 통한 국내 양분 도입량의 52%, 인산 52%, 가리 42%의 비중을 차지하였다. 가축으로부터 배설되는 비료성분 중 퇴·액비화를 통한 자원화량은 질소 81천톤, 인산 74천톤, 가리 76천톤이었으며, 퇴·액비로 투여된 비료성분의 무기화율을 고려한 성분별 작물유효량은 질소 44천톤, 인산 48천톤, 가리 69천톤이었다. 또한 작물에 흡수 이용되지 못하고 토양에 축적되거나 지하수 등으로 용탈되는 비료성분은 질소 37천톤, 인산 27천톤, 가리 7천톤으로 추산되었다. 총수입가축사료로 도입되는 비료성분량 질소 371천톤, 인산 140천톤, 가리 143천톤과 비교할 때, 총비료성분 도입량 대비 농경지에서 작물에 흡수되는 비료성분량은 질소 12%, 인산 34%, 가리 48%이었으며, 농경지에 축적·유출되는 비료성분량은 질소 10%, 인산 34%, 가리 5%로 가축분뇨 처리과정에서 대기 및 수계로의 유출량 등을 고려할 때 우리나라 환경 전반에 대한 오염부하 영향을 줄 우려가 있는 것으로 나타났다.

V. 인용 문헌

1. 김진수, 오광영. 2002. 농촌지역에서의 유기물 흐름의 평가. 한국농공학회지 42(5):114-124.
 2. 김창길, 김태영. 2003. 친환경농업 시스템 구축을 위한 지역단위 물질균형 분석. 농촌경제 26(4):1-24.
 3. 김창현, 윤영만. 2007. 바이오가스 생산시설을 이용한 가축분뇨자원화 연구동향. 농어촌과 환경 95:105-177.
 4. 김춘수, 최홍림, 강성모. 1995. 가축분뇨 처리시스템 개선 및 자원화 기술개발. 농촌진흥청.
 5. 농림부, 환경부. 2004. 가축분뇨 관이 이용대책.
 6. 농림부. 2006. 농림통계연보.
 7. 농수산물유통공사. 수출입실적 통계. <http://www.kati.net>.
 8. 농촌진흥청 축산연구소. 2006. 가축분뇨 성분분석법.
 9. 농촌진흥청 농업과학기술원. 2006. 가축분뇨 액비시용 매뉴얼.
 10. 박영인. 2000. 돼지사양가이드. 미국곡물협회.
 11. 신승열, 허 덕, 정민구. 1999. 조사료 생산 확대 방안 연구. 농촌경제연구원.
 12. 윤영만. 2007. 가축분뇨 액비화시스템 및 활용방법. 광역친환경농업단지 활성화를 위한 세미나 자료집 (경남산청). 농림부.
 13. 이 연, 노재선, 현병근, 김석철, 박문희, 박양호. 2003. 한국농경지의 양분수지의 문제점. 농업과학기술원. 양분수지를 이용한 친환경농업발전방안 심포지엄 자료집. pp. 35-59.
 14. 이형석, 이인덕, 박덕섭, 박연진, 김선균, 금중수. 2001. 국내 유통 조사료의 사료가치에 관한 연구. 한국초지학회지. 21(3):109-114.
 15. 축산연구소, 한국표준사료성분표. <http://www.nlri.go.kr/saryo2003/>.
 16. 충청북도농업기술원, 영농순기표. <http://www.ares.chungbuk.kr>.
 17. 한국단미사료협회. 2004. 월간사료산업. 조사료 정책방향. 2004년 6월호 pp. 82-87.
 18. 환경관리연구소. 2004. 가축배설물의 농지사용과 질소제어 및 환경보전. 첨단환경기술 2004년 8월호 pp. 71-82.
- (접수일: 2008년 4월 15일, 수정일 1차: 2008년 5월 10일, 수정일 2차: 6월 5일, 게재확정일: 2008년 6월 12일)