

연구논문

가축분뇨 관리 및 퇴비·액비 이용에 대한 개선방안 고찰 - 논산지역을 중심으로 -

정동환 · 신진수 · 이철구 · 유순주 · 김용석

국립환경과학원 물환경공학연구과
(2013년 6월 27일 접수, 2013년 7월 23일 승인)

A study on the improvement measures of livestock manure management and organic fertilizer use in Nonsan area

Dong-Hwan Jeong · Jinsoo Shin · Chulgu Lee · Soonju Yu · Yongseok Kim

National Institute of Environmental Research
(Manuscript received 27 June 2013; accepted 23 July 2013)

Abstract

The Ministry of Environment established a plan for advancement of livestock manure management in July 2011 and finalized the "Comprehensive Measures for Advancement of Livestock Manure Management" in May 2012 complementing and strengthening the plan. In this process, it was necessary to investigate the status of discharge of livestock manure and its environmental impact, for example on rivers, groundwater, arable outflow water and soil. We investigated types of livestock husbandry, discharge of livestock manure, and production and use of organic fertilizers and presented the improvement measures of livestock manure management and organic fertilizer use. First, it is necessary to come up with measures to calculate appropriate density and numbers of livestock animals and prevent overcrowded breeding. Second, as many of the private livestock manure treatment facilities are out-dated and their long-term aerated reaction tanks are not regularly managed, it is necessary to find ways to improve those facilities through inspection and diagnosis. In addition, since existing public treatment facilities are designed to add clean water to belt filter press, additional water is needed. Therefore, it is necessary to improve belt filter press in order to decrease the extra water. Finally, although large-scale organic fertilizer plants and resources recycling centers produce good organic (liquid) fertilizers with proper components, it is necessary to establish standards for maturity of liquid fertilizers in order to facilitate efforts to turn livestock manure into resources.

Keywords : Livestock manure, Organic fertilizer, Livestock manure management, Improvement measures

I. 서론

가축분뇨는 수질오염 부하량이 높아 하천으로 유출 시 수질에 악영향을 미친다. 축산농가의 전업화, 기업화, 밀집화 사육에 따라 고농도 가축분뇨가 다량 발생하고 있다. 즉 가축분뇨는 전체 오폐수 발생량의 1%에 불과하나 수질오염 부하량의 37%를 차지하고 있으며 가축분뇨에 의한 BOD 부하량은 생활하수에 의한 것보다 90배 정도 높은 것으로 나타났다(환경부, 2012a). 산업폐수와 생활하수는 지속적이고 집중적으로 투자·관리되었으나 축산농가의 소극적 시설투자 및 낮은 가축분뇨 공공처리시설 보급 등 가축분뇨에 대한 관리는 상대적으로 미흡하였다. 2010년말 현재 전국 하수도 보급률 90%, 하수관거 보급률 78%를 차지하나 가축분뇨 공공처리율은 10% 정도로 매우 낮다(환경부, 2011a). 또한, 2010년 농림수산물식품부 통계에 따르면 가축분뇨 처리는 자원화 87%, 정화처리 10%, 해양배출 3%로 나타났다. 실제 축산농가에서 개별배출된 가축분뇨(퇴비)가 많은 부분 노천에 야적되어 있어 환경오염의 원인으로 작용하고, 축산농가가 허가·신고한 개별처리시설이 개보수하지 않고 방치된 경우가 많아 부적정 처리하거나 무단방류하는 경우도 있으며 정화처리 비율도 매우 낮다. 2012년 1월 1일부터 가축분뇨의 해양투기 금지로 해양배출 대신에 육상에서 처리하여야 하므로 가축분뇨를 자원화 또는 정화 처리하는 것이 필요하다. 따라서 전국을 대상으로 가축분뇨의 지역적 분포를 파악하고 이를 통한 항목별 환경영향을 평가할 수 있는 실태조사 지침(안)을 마련하는 것이 필요하다. 또한, 가축분뇨의 이화학적 특성을 조사하고 퇴비·액비 등 자원화에 따른 영향을 분석하여 이를 효율적으로 관리하기 위한 방안을 강구할 필요가 있다(환경부, 2011b).

축산농가에서 가축분뇨가 발생하여 개별배출시설의 처리과정을 거쳐 환경 중으로 배출되거나, 자원화 시설을 거쳐 퇴비·액비로 전환되어 농경지에 살포되어 하천·지하수 등 환경으로 유출된다. 가축분뇨 처리방법 중 정화처리 및 자원화처리에 관한 연구(환경부, 2011d; Sandeen *et al.*, 2003), 가축분뇨와 퇴비·액비가 환경으로 배출되었을 때 그 영향을 평가

하기 위한 연구(Vu *et al.*, 2007; Waithaka, 2007)가 수행되었는데 가축분뇨가 하천의 수질에 미치는 영향분석 및 개선대책의 제시(경기개발연구원, 1998), 낙동강 축산계 오염원 TOC 원단위 마련 및 오염물질 배출경로 규명 개선연구(국립환경과학원, 2011), 가축분뇨 자원화물의 유출특성 및 저감방안 연구(금강수계관리위원회·국립환경과학원, 2008~2009; 환경부, 2003), 퇴·액비 살포시 수질에 미치는 영향조사 및 최적 관리방안 연구(금강수계관리위원회·국립환경과학원, 2011), 가축분뇨의 자원화 용량평가에 관한 연구(안태웅 등, 2008; Peters *et al.*, 2003), 가축분뇨수의 무단방류가 셋강오염에 미치는 영향(최홍립 등, 1996), 농지 주입시 배출특성에 대한 축분자원화물 연구(임재명 등, 2009), 돈분뇨 액비가 시용된 논토양 특성 변화(김민경 등, 2011), OECD 양분수지를 이용한 축산산전국의 농경지 축산분뇨 이용실태 평가(김필주 등, 2008), 액상 가축분뇨의 처리 및 토양환원에 따른 악취 및 악취물질의 평가(고한중 등, 2006) 등이 있다. 이런 다양한 연구에도 불구하고 가축분뇨 효율적인 관리가 이루어지지 못하고 있는데 이를 위해 가축분뇨 및 액비살포, 가축과밀사육 등으로 인해 오염이 우려되는 지역에 대한 실태조사가 필요하다. 본 연구에서 가축분뇨에 대한 발생, 처리, 이용에 대한 실태를 파악하고자 논산시를 대상으로 축종별, 행정구역별 가축사육두수, 가축분뇨 발생량 및 배출부하량 등을 조사하였고, 가축분뇨 처리시설 현황 및 공공처리시설 효율을 조사하였다. 또한 가축분뇨 퇴비·액비의 처리시설 현황, 액비 부숙도, 퇴비·액비의 유통, 살포 현황 등을 조사하였고 이들 자료를 근거로 가축분뇨 관리에 대한 개선방안을 제안하였다.

II. 가축분뇨 관리제도

우리나라에서 가축분뇨는 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률(환경부, 2011b)에 근거를 두고 Figure 1과 같이 축산농가부터 허가 및 신고를 거쳐 정화·자원화 등 처리한 후 농경지에 투입되거나 공공수역으로 배출하도록 규제하고 있다. 같은 법률에

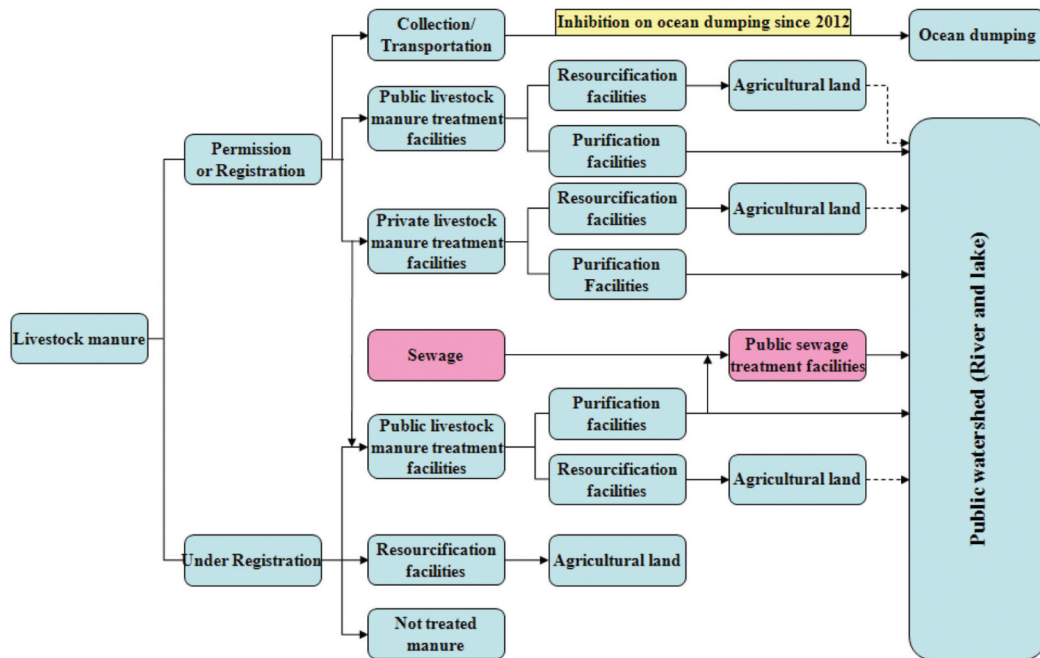


Figure 1. Framework of livestock manure management

Table 1. Regulated standards for individual farmhouse livestock manure treatment facilities

Livestock	Permission facilities	Registration facilities
Pig	1,000 m ² above (*500 m ² above)	50~1,000 m ² (*50~500 m ²)
Korean cattle	900 m ² above (*450 m ² above)	100~900 m ² (*100~450 m ²)
Dairy cattle	Barn area 900 m ² above, Field area 2,700 m ² above (*Barn area 450 m ² above, Field area 1,350 m ² above)	Barn area 100~900 m ² , Field area 300~2,700 m ² (*Barn area 100~450 m ² , Field area 300~1,350 m ²)
Horse	900 m ² above (*450 m ² above)	100~900 m ² (*100~450 m ²)
Poultry·Sheep	-	150 m ² above
Deer	-	500 m ² above
Dog	-	60 m ² above

Source: MOE, 2011b.

* Special measures area for water quality conservation

서 축종별 배출시설 규모에 대해 시설면적으로 허가 또는 신고를 하도록 규정하고 있다(Table 1). 또한 이들 허가 또는 신고 시설을 설치한 축산농가 처리시설에 대해 방류수 수질기준을 정하여 관리하고 있다(Table 2). 외국의 경우에도 가축분뇨 처리시설에 대해 강화된 방류수 수질기준을 정하고 있는 것으로 조사되었다(Table 3).

외국의 가축분뇨 관리에 대해 살펴보면 유럽의 경우 유럽 집행위원회를 중심으로 질산염 관리 규정과 종합환경관리 규정을 공동 제정하고 가축사육 시설

에 대한 환경영향평가를 의무화하여 관리하고 있으며, 양분 수지를 근거로 가축분뇨를 살포할 농경지에 기초를 두고 있다. 일본의 경우 농림수산성과 환경성이 가축배설물법과 수질오탁방지법 등을 제정하여 가축분뇨를 관리하고 있으며, 방류수 수질을 고려한 축사면적을 근거로 규제하고 있다. 미국의 경우 농무부와 환경청이 1999년 3월 공동으로 「가축사육을 위한 국가전략」을 수립하여 가축분뇨 관리를 실시하고 있으며, 환경청의 가축분뇨 관리지침에 의해 만들어진 주 규정에 따라 가축분뇨를 관리하고 있다(금강수

Table 2. Effluent water quality standards of livestock manure treatment facilities in Korea

Classification		BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	Total coliforms (ea/mL)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
Public treatment facilities		30	50	30	3,000	60	8
Treatment facilities building livestock manure-treating persons		30	50	30	3,000	60	8
Effluent facilities of permission object	Special area	50 (40)	-	50 (40)	-	260 (120)	50 (40)
	Others	150 (120)	-	150 (120)	-	850 (250)*	200 (100)
Effluent facilities of registration object	Special area	150 (120)	-	150 (120)	-	850 (250)*	200 (100)
	Others	350 (150)	-	350 (150)	-	- (400)**	- (100)
Treatment facilities except these facilities		1,500	-	-	-	-	-

Source: MOE, 2012.11 revised.

※ (): Application from 2016.01.01

* Application as TN 500 mg/L from 2016.01.01 to 2018.12.31

** Application as TN 600 mg/L from 2016.01.01 to 2018.12.31

Table 3. Effluent water quality standards of livestock manure treatment facilities in foreign countries(Unit: mg/L)

Classification	BOD	COD	SS	TN	TP
Japan	80~160 (Daily mean 120)	80~160 (Daily mean 120)	120~200 (Daily mean 150)	120 (Daily mean 60)	16 (Daily mean 8)
Germany	30	170	-	-	-
Taiwan	80	250	300	50(NH3-N)	-

Source: MOE, 2011c.

Table 4. Characteristics of livestock manure management regulation

Classification	Permission standard for livestock-breeding	Livestock manure management	Scale of livestock breeding	Consideration of environmental impact
Korea	• Control according to barn area	• Basis of Effluent water quality • Strength of resourcification such as compost, liquid fertilizer and bio gas	• Gradual increase of livestock-breeding becoming a large company	• Water qualities (Concern of soil and groundwater pollution)
Japan	• Control according to barn area	• Basis of Effluent water quality • Mainly composting	• Gradual decrease of livestock-breeding, but large and business company	• Water qualities
USA	• Consideration according to livestock-breeding number and water quality impact	• Supply to farm land • Substitute to lagoon • Comprehensive consideration about livestock manure, fertilizer and soil	• Gradual increase of livestock-breeding becoming a large company	• Comprehensive consideration of water, air and soil qualities
EU	• Basis on nutrient balance among aral land, soil, and fertilizer	• Supply to farm land • Recommendation of composting • Consideration of air pollution	• Gradual increase of livestock industry concerning livestock-breeding environment • Gradual decrease of livestock-breeding	• Comprehensive consideration of water, air and soil qualities • Application of livestock welfare • Enlargement of organic livestock farming

Source: MOE, 2003.

계관리위원회 · 국립환경과학원, 2011; 환경부, 2003).

III. 논산시 가축분뇨 발생 및 처리 현황

1. 논산시 가축사육 현황 및 오염부하량 조사

(1) 논산시 가축사육 현황

논산시 전체 축산농가는 1,057 가구이며, 한우 사

육농가는 495 가구로써 사육두수는 약 16천 마리, 축사면적은 약 31만 m^2 이고 사육밀도는 100 m^2 당 5.3 마리이다. 행정구역별 가축사육밀도를 살펴보면 허가시설의 경우 강경읍에서 100 m^2 당 40.3 마리로 가장 높았고 신고시설의 경우 논산시 부창동에서 100 m^2 당 7.2 마리로 가장 높게 조사되었다. 신고미만 시설에서는 벌곡면에서 100 m^2 당 28.5 마리로 높게 나타났다. 젖소 사육농가는 51 가구로써 모두 허가시설

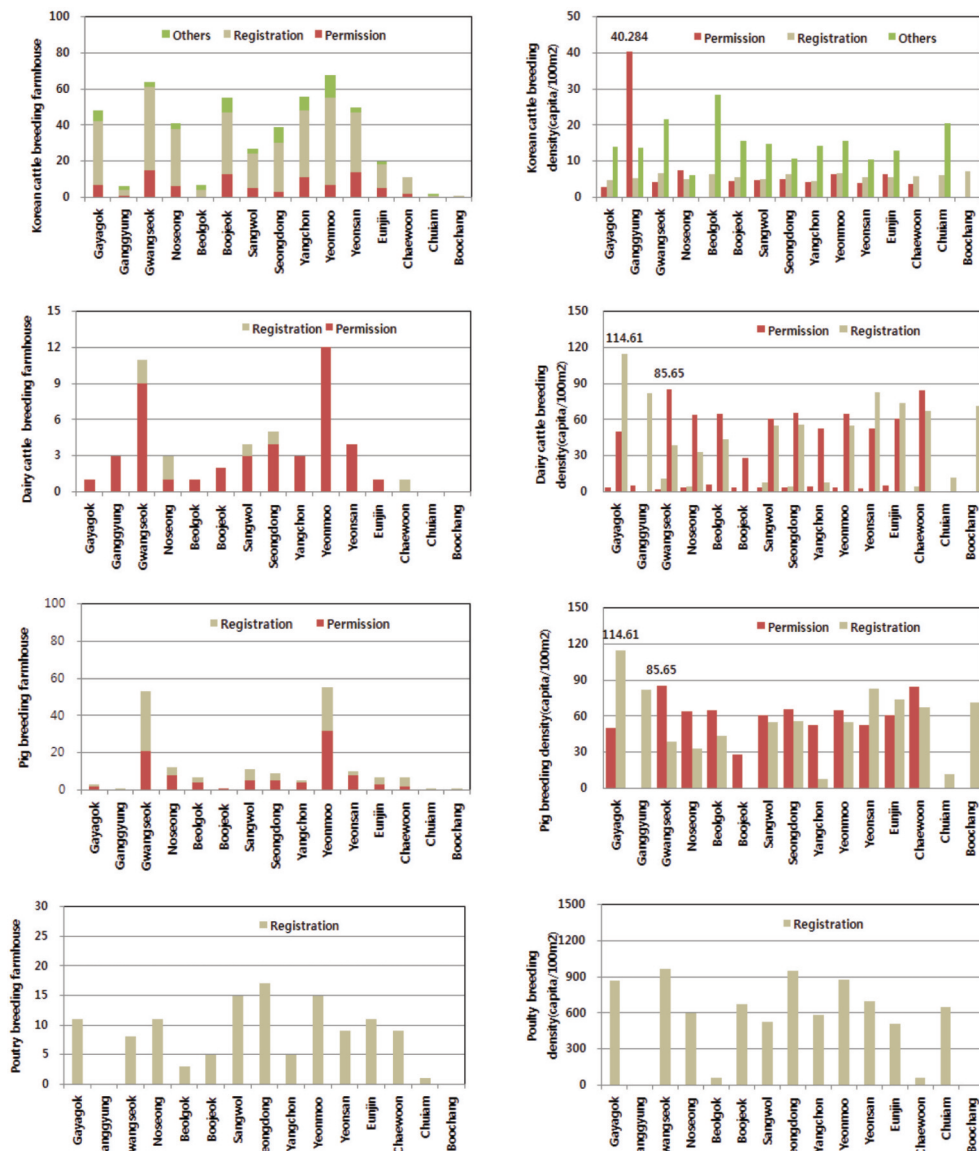


Figure 2. Status of livestock-breeding farmhouse in Nonsan

Table 5. Status of livestock pollutant loads in Nonsan (2011)

Classification	Flowrate(m ³ /d)		BOD loads(kg/d)		TN loads(kg/d)		TP loads(kg/d)	
	Generation	Discharge	Generation	Discharge	Generation	Discharge	Generation	Discharge
Gayagok-Myun	66	37	2,021	79	456	40	164	5
Ganggyung-Eup	19	13	397	17	97	11	32	1
Gwangseok-Myun	487	134	8,225	255	2,000	149	803	18
Noseong-Myun	145	83	2,818	152	669	79	260	13
Nonsan-City	7	2	235	5	52	2	19	0
Beolgok-Myun	50	32	701	40	182	22	73	4
Boojeok-Myun	46	33	1,652	107	368	56	121	6
Sangwol-Myun	113	73	2,318	154	551	84	212	12
Seongdong-Myun	124	82	3,469	218	792	119	294	15
Yangchon-Myun	77	52	1,832	132	433	74	153	8
Yeonmoo-Eup	587	647	9,720	430	2,373	247	967	42
Yeosan-Myun	155	89	2,986	165	723	92	275	13
Eunjin-Myun	76	43	1,792	90	422	49	158	7
Chaewoon-Myun	43	28	773	49	187	26	73	4
Sum	1,996	1,347	38,939	1,892	9,305	1,052	3,606	147

로 운영하며 사육두수는 3,855 마리, 축사면적은 약 10만 m²이다. 연무읍에서 943 마리로 가장 많은 젖소를 사육하고 있고 사육밀도는 100 m²당 3.9 마리로 조사되었다. 돼지 사육농가는 183 가구로써 약 16만 마리를 사육하고 있으며 축사면적은 약 26만 m²로 나타났다. 연무읍 약 56천 마리, 광석면 약 45천 마리 등 가장 많은 돼지를 사육하는 것으로 나타났고 사육밀도는 각각 100 m²당 64.8 마리, 85.7 마리로 조사되었다. 금강(닭·오리) 사육농가는 120 가구로써 모두 신고시설로 운영하고 있고 약 193만 마리를 사육하고 있으며 축사면적은 약 29만 m²로 나타났다. 가장 많이 사육하고 있는 지역은 연무읍 약 39만 마리, 성동면 약 36만 마리로써 사육밀도는 각각 100 m²당 874.2 마리, 950.6 마리로 나타났다(Figure 2). 이들 축산농가의 개·사슴·산양·말 사육농가가 나머지 238 가구를 차지하고 있다.

(2) 논산시 가축분뇨 오염부하량 조사

2011년 논산시 가축사육 현황을 근거로 배출원단위, 연계처리 등을 고려하여 오염부하량을 산정한 결과는 Table 5에 나타내었다. 가축사육 두수가 많은 광석면과 연무읍에서 발생 및 배출 부하량이 모두 높

았는데, BOD의 경우 광석면에서는 발생부하량 8,225 kg/일의 3.1%가 배출되는 것으로 나타났으며, 연무읍에서는 발생부하량 9,720 kg/일의 4.4%가 배출되는 것으로 조사되었다. TN의 경우 광석면에서는 발생부하량 2,000 kg/일의 7.5%가 배출되고, 연무읍에서는 발생부하량 2,373 kg/일의 10.4%가 배출되는 것으로 나타났다. TP의 경우 광석면에서 발생부하량 803 kg/일의 2.2%가 배출되는 것으로 나타났고, 연무읍에서는 발생부하량은 967 kg/일의 4.3%가 배출되는 것으로 나타났다. 즉, 전체적으로 배출부하량이 광석면보다 연무읍에서 1.4~2.0배 높아 연무읍지역 환경(하천·지하수·토양)에서 가축분뇨에 의한 영향을 더 크게 받는 것으로 판단되었다.

2. 가축분뇨 처리시설 현황조사

(1) 가축분뇨공공처리시설 현황

논산시 가축분뇨공공처리시설은 연무읍 신화리에 위치하며 시설용량은 250 m³/일 규모로 논산시 관내 소규모 배출시설에서 발생된 가축분뇨를 수거하여 처리하며 강경천으로 방류되고 다시 논산천을 거쳐 금강 본류로 유입된다(Table 6).

공공처리시설의 설계용량은 250 m³/일 이나 방류

Table 6. Public livestock manure treatment facility in Nonsan (constructed on Sept. 1996)

Location	Recovery method	Collection area	Object materials	Treatment technologies	Facility capacity(m ³ /d)	Amount of treatment(m ³ /d)	Discharge watershed
Yeonmoo-Eup Sinhwa-Ri	Fertilizer	Nonsan city	Livestock manure	1st: Aerobic Digestion 2nd: Coagulation +Dehydration 3th: Ozonation +Activated carbon	250	267 (210 days) *153 (366 days)	Ganggyung stream

Source: Nonsan city office, 2012.

유량은 346.0 m³/일로 나타났다. 2009년 기술진단 시 처리공정에서 처리공법의 특성상 지하수를 벨트 프레스 여포세척수량(172.9 m³/일)으로 사용하는 것을 인정받았으나 설계용량보다 초과하여 방류되는 것에 대해서는 방안을 검토하는 것이 필요하다고 판단되었다. 방류유량 대 유입유량의 비를 구하여 해당

일의 TN 농도에 곱한 값으로 환산하여 산정한 값에서 방류수 TN 농도가 60 mg/L을 초과하는 경우도 있으나 탈수기 탈리여액의 농도는 TN의 방류수 수질 기준 이내로 나타났다.

연차별 방류수 수질은 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」에 정한 방류수 수질기준을 만족한다. 2011

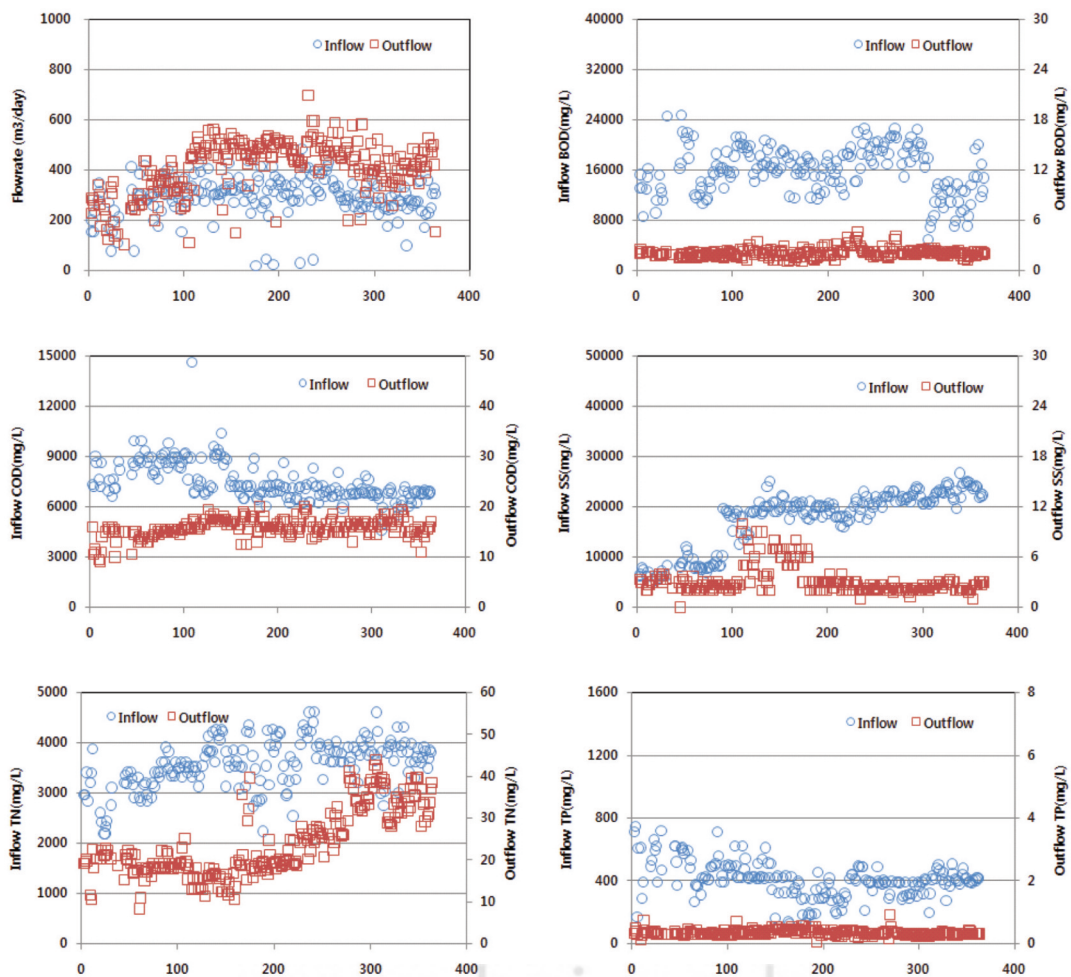


Figure 3. Inflow and Outflow water qualities of public livestock manure treatment facility in Nonsan, 2011.

Table 7. Status of livestock manure treatment for individual livestock farmhouse in Nonsan

Treatment classification		Permission classification	Livestock-breeding farmhouse	Total treatment (m³/d) (A+B+C)	Amount of public treatment(m³/d) (A)	Amount of consignment treatment (m³/d)	
Wastewater treatment	Solid waste treatment					Recycling (B)	Manure treatment (C)
Total			1,069	633.2	181.4	326.9	124.9
Individual composting (Resourcification)	Individual composting (Resourcification)	Sum	867 (5)	9.4	(8.7)	-	(0.7)
		Permission	93 (2)	4.4	(4.4)	-	-
		Registration	495 (3)	5.0	(4.3)	-	(0.7)
		Others	279	-	-	-	-
Public treatment	Individual composting (Resourcification)	Sum	77 (B30)	263.8	172.7	(91.1)	-
		Permission	54 (B22)	207.2	125.3	(81.9)	-
		Registration	23 (B8)	56.6	47.4	(9.2)	-
Consignment treatment	Consignment treatment	Sum	125(B109, C15)	360.0	-	235.8	124.2
		Permission	54 (B41, C13)	286.4	-	170.6	115.8
		Registration	70 (B68, C2)	73.5	-	65.1	8.4
		Others	1	0.1	-	0.05	-

년 nonsan시 가축분뇨공공처리시설의 수질현황을 살펴 보면 유입수 BOD는 4,921.6~24,721.3 mg/L, 방류수 BOD는 1.1~4.6 mg/L의 범위에서 조사되어 방류수 수질기준 30 mg/L 이하를 만족하는 것으로 나타났다. 또한 TN의 경우 유입수 농도는 2,192.1~4,620.2 mg/L, 방류수 농도는 8.350~44.014 mg/L의 범위에서 조사되어 방류수 수질기준 60 mg/L 이하를 모두 만족하는 것으로 나타났으며, 처리효율은 98.6~99.7%의 범위로 조사되었다(Figure 3).

(2) 가축분뇨 개별처리 시설현황

2012년 nonsan시 축산농가에서 발생하는 가축분뇨를 공공처리 및 위탁하여 처리하는 량은 633.2 m³/d으로 조사되었다. nonsan시 축산농가(1,069 가구)에서 발생하는 가축분뇨를 개별처리하는 867 가구이며 이들 중 공공처리하는 5 가구, 8.7 m³/d로 조사되었다. 공공처리하는 것으로 허가 또는 신고한 축산농가는 77 가구, 172.7 m³/d이나 동시에 30 가구에서 91.1 m³/d의 량을 위탁처리하고 있다. 축산농가의 위탁처리 현황은 125 가구, 360.0 m³/d의 량을 처리하는 것으로 조사되었다(Table 7).

IV. nonsan시 가축분뇨 자원화 및 퇴비·액비 이용 현황

1. 가축분뇨 자원화 및 재활용 처리시설

nonsan시 자원화 처리시설은 nonsan계룡축산농협(NGNH, Nonsan-Gyeryong livestock-breeding and agricultural cooperative federation) 유기질비료공장 및 자연순환농업센터, 갈산퇴비, 영농조합 오복 등이 있으며, 자원화를 위한 퇴비화 공법은 교반식 발효, 통풍식 발효, 퇴비사 방법을 사용하고 액비화 공법은 호기성 액비화 방법을 사용하는 것으로 조사되었다(Table 8). 호기성 액비시설은 호기성 조건 하에서 가축분뇨의 고액분리된 액을 액비화하는 시설로 액비화한 후 곧바로 액비로 사용하거나 액비저장시설에 저장 또는 정화시설과 연계하여 처리한다. 이 경우 응집·탈수 시 인 제거 효율을 높이기 위하여 무기응집제(철염, ALUM, PAC 등)를 투입한다.

nonsan계룡축산농협은 중앙화와 조합원의 지원을 받아 유기질비료공장과 자연순환농업센터를 체계적으로 관리 및 운영하고 있는데 비해 갈산퇴비와 오복은 개인이 운영하고 있어 투자가 이루어지지 못하여 퇴비사로 빗물유입, 악취 등 시설이 시급히 개선되어야 하는 상태에 놓여 있다.

Table 8. Status of livestock manure resourcification facilities

Classification (Location)	Composting method	Collection area	Object material	Treatment technology	Facility area (m ³ or m ²)	Amount of treatment(m ³ /d)	Constructed year
NGNH Organic fertilizer factory (Gwangseok-Myun Joong-Ri)	Compost	Nonsan city	Livestockmanure (Pig and cattle manure, chicken nightsoil)	Agitating fermentation Aerated fermentation Manure-composting storage method	1,521(2 set) 2,600(1 set) 2,210(1 set)	88	1994
	Organic fertilizer	"	"	Liquid fertilizer storage tank(Aeration)	1,855(7 set)	8.6	"
Galsan Composting Company (Gwangseok-Myun Gan-Ri)	Compost	"	Livestockmanure (Nightsoil of Pig, cattle, chicken)	Manure-composting storage method	666.9(2 set)	5	2001
Agricultural Association of Obok Company (Yeonmoo-Eup Sinhwa-Ri)	Compost	"	"	Manure-composting storage method	11,163.1	30.5 (5,490/180 d)	2006
NGNH Natural cycling agricultural center (Chaewoon-Myun Janghwa-Ri)	Compost	"	"	Agitating fermentation Aerated fermentation Manure-composting storage method	1,188 1,858 558	60	2010
	Organic fertilizer	"	"	Liquid fertilizer storage tank(Aeration)	550	60	"

Source: Nonsan city office (Inner data), 2012.

※ Composting process: Collection of livestock manure → Transportation → Mixing(Sawdust or Rice husk) → Fermentation or Digestion → Storage → Production of organic fertilizers

※ Production Process of liquid fertilizer: Collection of livestock manure → Transportation → Storage → Fermentation or Digestion → Production of organic fertilizers

※ NGNH: Nonsan-Gyeryong livestock-breeding and agricultural Cooperative federation

2. 가축분뇨 수거 및 퇴비·액비 공급 현황

이들 자원화 처리시설 중 운영이 안정적으로 수행되는 논산계룡축산농협 자연순환농업센터의 자료를 수집하여 가축분뇨 수거 및 공급현황을 정리하였다. 돈분(뇨)는 전체적으로 고르게 수거되지만 가을철에 가장 많이 수거되는 것으로 조사되었고, 우분과 계분은 봄철에 가장 많이 수거되는 것으로 나타났다(Figure 4).

퇴비는 모종 및 파종을 시작하기 전인 3~4월에 가장 많이 공급(시비)되었고(Figure 5), 액비는 모종을 심기 전인 3~5월까지, 수확하기 전인 9~11월까지 공급(시비)되는 것으로 조사되었다(Figure 6). 액비는 취급이 용이하기 때문에 논농사 및 밭농사 농가 모두 활발하게 이용하는 것으로 나타났다. 퇴비는 포장하여 운반이 용이하므로 논산시 관내 이외에도 가까운 대전, 공주, 부여, 익산 지역까지 공급하는 것으로 조사되었고, 액비는 논산계룡축산농협이 위치한 광석면과 채운면에서 공급량이 많았다. 2011년 논산

지역 액비 살포(시비)량은 55,100 톤이었고, 경작지별 살포지역은 논이 90.7%, 밭이 5.3%, 과수원이 2.4%, 기타 1.6%를 차지하는 것으로 나타났다(Table 9).

논산지역 전체 액비사용량은 2.899 톤/10a, 그 중 질소비료량은 8.7 kg/10a, 인산비료량은 6.6 kg/10a, 칼리비료량은 15.7 kg/10a으로 나타났다. 벼농사시 표준양분 소요량은 질소 18.2 kg/10a, 인산 8.1 kg/10a 이고, 밭 및 과수작물 평균 표준시비량은 25.7 kg/10a, 인산 13.6 kg/10a이다(농림부·환경부, 2004). 작물별 액비 질소비료량은 오이 경작지에서 가장 많은 11.5 kg/10a 이었고, 벼의 경우 8.7 kg/10a, 사과와 감의 경우 9.3 kg/10a으로 조사되어 표준 질소시비량 보다는 적게 시비되었으나 콩의 경우 표준 질소시비량 보다 약 2.5배 많이 시비되었다(Figure 7).

퇴비는 부숙 여부를 확인하여 공급하는데 2011년 7월 1일부터 2012년 11월 7일까지 주로 냄새물질인 암모니아, 황화수소 등에 대한 부숙도 조사결과, 암모니아는 0.0~48.0 ppm의 범위에서 평균 7.8 ppm

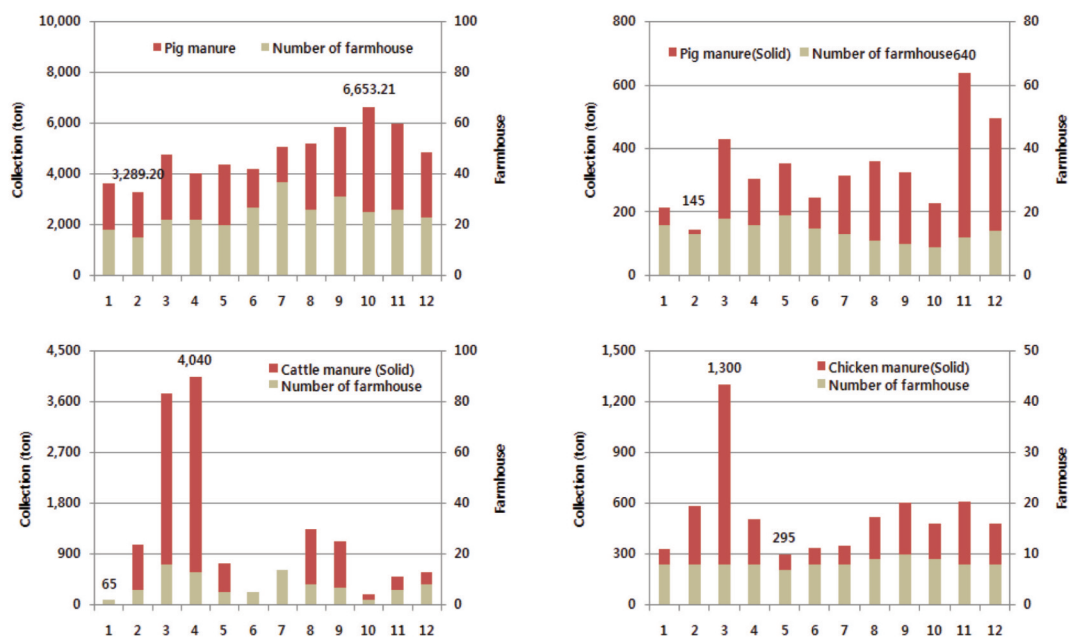


Figure 4. Status of livestock manure collection

Source: NGNH, 2011.

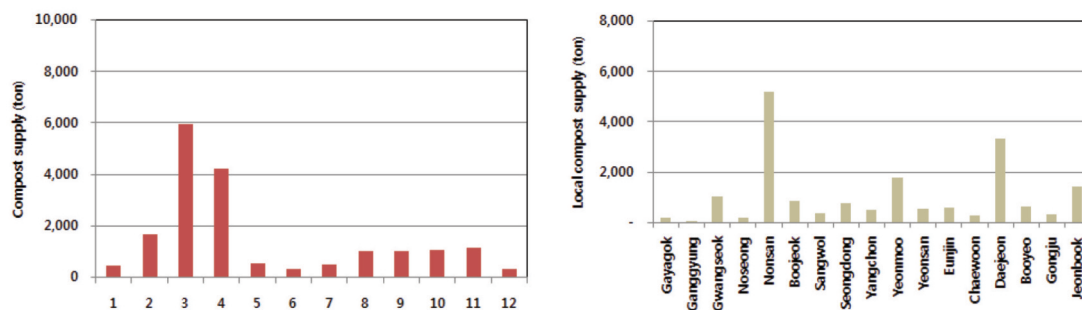


Figure 5. Status of composted livestock manure supply

Source: NGNH, 2011.

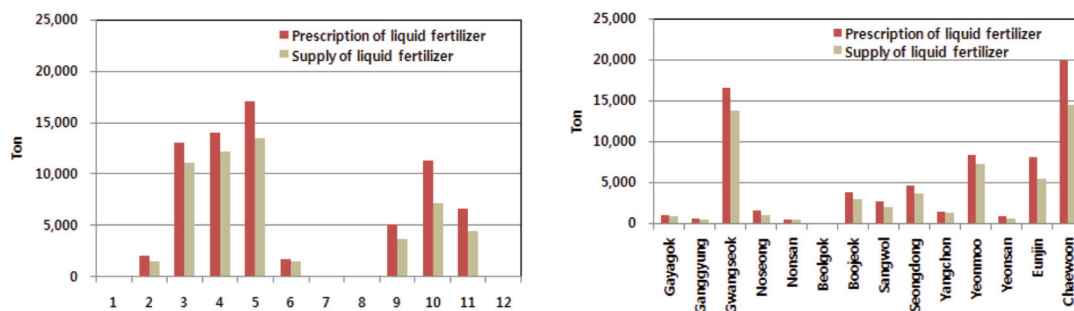


Figure 6. Status of liquid-fertilized livestock manure supply

Source: NGNH, 2011.

Table 9. Status of liquid fertilizer supply by agricultural area

Classification	Amount of supply (Ton)	Supply area (m ²)				
		Sum	Paddy	Field	Orchard	Others
2011-02	1,482.8	497,206.6	395,205.6	38,955.0	55,082.0	7,964.0
2011-03	11,491.4	3,582,694.8	3,191,228.7	234,394.0	134,447.9	22,624.2
2011-04	12,307.7	3,837,394.5	3,539,634.5	201,585.0	53,454.0	42,721.0
2011-05	13,545.5	3,519,522.2	3,134,545.1	170,198.0	101,605.9	113,173.2
2011-06	1,517.1	558,733.3	551,155.3	6,295.0	1,283.0	0.0
2011-09	3,585.4	1,378,897.8	1,278,006.6	57,788.0	26,263.0	16,840.2
2011-10	6,645.3	3,297,461.3	3,076,115.3	155,047.0	40,025.0	26,274.0
2011-11	4,524.7	2,335,876.1	2,078,136.4	140,852.7	52,115.0	64,772.0
Sum (%)	55,099.9	19,007,786.6 (100)	17,244,027.5 (90.7)	1,005,114.7 (5.3)	464,275.8 (2.4)	294,368.6 (1.6)

Source: NGNH, 2011.

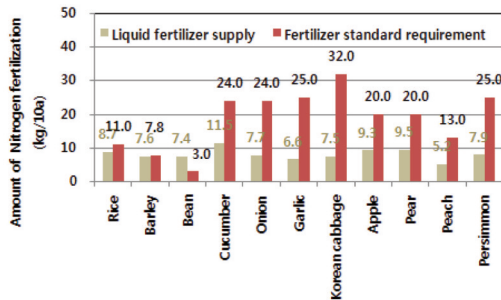


Figure 7. Amount of liquid nitrogen fertilization according to the crops

Source: NGNH, 2011

로 조사되었고, 황화수소는 0.0~0.2 ppm의 범위에서 평균 0.08 ppm로 조사되었다. 암모니아의 경우 액비 생산량이 100 m³/일 이하로 비교적 적을 때 농

도 변화가 큰 것으로 나타났으나, 황화수소의 경우 농도 변화가 크지 않는 것으로 조사되었다(Figure 8).

논산계룡축산농협에서 생산되는 가축분뇨 퇴비·액비 성분분석 결과「비료 공정규격 설정 및 지정」(농촌진흥청, 2010)의 규격기준을 초과하지 않는 것으로 나타났으나 액비의 경우 부숙도에 대한 기준이 정해져 있지 않아 향후 액비 관리를 위해서는 액비 부숙도 규격기준을 정하는 것이 필요하다(Table 10~11). 또한 퇴비의 성분 중 C/N 성분이 규격기준 이내이나 다소 높게 조사되었고, 액비의 성분 중 주요 비료 성분(질소, 인산, 칼리)이 계절에 따라 개별 성분별로 변동이 크게 나타나 비료질을 안정화하여 일정한 수준의 제품을 만들어 내는 것이 필요하다.

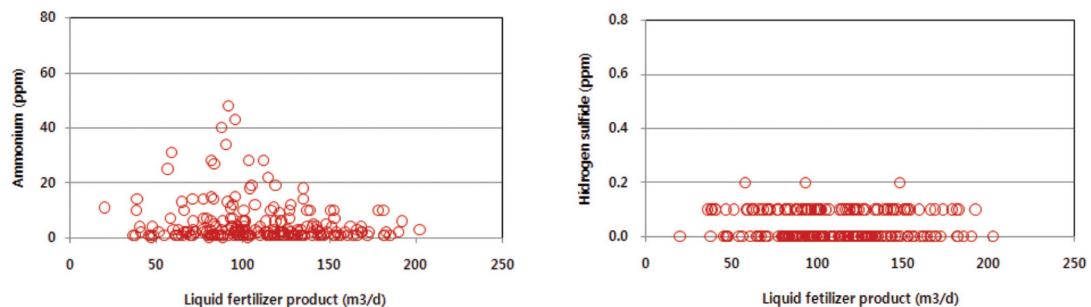


Figure 8. Variation of odor materials according to liquid fertilizer product

Source: NGNH, 2011.11~2012.11

Table 10. Analysis results of composted livestock manure components

Classification		Public standards	2011				2012	
			March	June	September	December	March	August
Main components	Organic matter	30%↑	49.4	53.7	48.3	48.6	70.2	75.4
	Nitrogen	-	1.7	1.6	1.5	1.6	2.0	1.9
	C/N	40↓	29.1	33.6	32.2	30.4	35.1	39.7
Harmful components (mg/kg)	Arsenic	45↓	-	2.2	1.7	-	-	-
	Cadmium	5↓	-	-	-	-	-	-
	Mercury	2↓	-	-	-	-	-	-
	Lead	130↓	4.6	4.5	8.3	3.1	4.3	0.8
	Chromium	200↓	5.3	8.0	12.0	9.5	0.8	9.8
	Copper	360↓	78.0	72.7	61.1	86.7	166.3	168.2
	Nickel	45↓	3.2	6.3	5.1	4.3	2.5	6.4
	Zinc	900↓	258.1	212.9	276.3	309.3	500.7	456.9
	Salt	1.8%↓	1.02	0.96	1.18	0.87	0.84	1.11
Others	Moisture	55%↓	30.4	27.1	32.2	31.4	39.6	39.9
	Maturation	Combaek	Complete maturation	Complete maturation	Complete maturation	Complete maturation	Complete maturation	-
		Seed budding	70↑	-	-	-	-	89.0

Source: Notification 2010-8 of the Rural Development Administrator, 2010.3.29; NGNH, 2011.

Table 11. Analysis results of liquid-fertilized livestock manure components

Classification		Public standards	2011		2012	
			March	September	August	September
Main components (%)	Nitrogen	Sum of each component 0.3%↑	0.10	0.32	0.04	0.08
	P ₂ O ₅		0.14	0.07	0.06	0.03
	K ₂ O		0.23	0.24	0.18	0.26
	CaO	-	0.15	0.12	0.025	0.02
	MgO	-	0.07	0.02	0.01	0.003
Harmful components (mg/kg)	Arsenic	5↓	-	-	-	-
	Cadmium	0.2↓	-	-	0.05	0.18
	Mercury	0.2↓	-	-	-	-
	Lead	15↓	-	-	-	-
	Chromium(Cr ⁶⁺)	30↓	0.08	0.06	0.41	0.31
	Copper	50↓	18.68	36.67	4.61	3.09
	Nickel	5↓	0.41	0.19	0.27	0.67
	Zinc	130↓	53.63	36.67	10.76	13.11
Others (%)	Salt(Na ₂ O)	0.3%↓	0.06	0.07	0.05	0.08
	Moisture	95%↑	-	-	-	-
Heavy metals (mg/kg)	Iron	-	121.34	91.09	25.85	26.13
	Manganese	-	15.3	10.29	3.44	2.49
	Boron	-	6.91	1.78	4.7	6.99
	Aluminium	-	27.5	17.95	8.32	2.15

Source: Notification 2010-8 of the Rural Development Administrator, 2010.3.29; NGNH, 2011.

V. 가축분뇨 관리 및 퇴비·액비 이용 개선방안

1. 가축사육밀도

한우의 경우 미신고 축산농가의 가축사육밀도가 허가·신고 축산농가보다 높게 나타났다. 젖소의 경우 지역별 차이가 심하여 광석면에서 신고 축산농가의 가축사육밀도가 가장 높은 100 m²당(약 30평) 11 마리였으며, 연산면에서 허가 축산농가의 가축사육밀도가 100 m²당 3 마리로 가장 낮게 조사되어 지역별 사육밀도의 차이가 크게 나타났다. 돼지의 경우 축산농가의 허가배출시설에서 가축사육밀도가 100 m²당 27.9~85.7 마리(평균 61.2 마리)로 조사되었고 신고배출시설에서 가축사육밀도는 100 m²당 7.3~114.6 마리(평균 56.7 마리)로 조사되어 과밀사육하는 것으로 조사되었다. 따라서 지역별 적정 사육두수를 산정하여 사육밀도 편차와 과밀사육을 방지하는 방안을 마련하는 것이 시급하다.

2. 개별처리시설 및 공공처리시설 처리과정

축산농가 개별처리시설에서 장기폭기 반응조를 간헐적으로 운영하여 처리효율이 저하되는 것과 지하수를 희석하여 방류하는 것(Figure 9-a)으로 조사되어 노후된 처리시설에 대한 점검·진단을 통해 처리시설을 개선하는 것이 필요하다. 또한 가축분뇨 공공처리시설의 경우 슬러지 탈수기에서 여포세척수를

투입하는 것(Figure 9-b)으로 공정이 설계되어 있어 가축분뇨 처리량 만큼 추가 유입수가 발생하고 있는데 가축분뇨 처리시설의 공정을 개선하여 처리효율을 향상시켜 방류량을 적정하게 유지하는 것이 필요하다.

3. 허가·신고된 개별처리시설의 적정 운영 기술진단

축산농가는 가축사육을 위해 가축분뇨 처리방법을 정하여 허가를 얻거나 신고하여 가축사육을 하는데 개별 정화처리 및 퇴비화를 하는 것으로 허가·신고하였으나 가축분뇨 공공처리시설로 가축분뇨를 유입시켜 처리하거나 위탁 처리하고 있는 경우가 많다. 따라서 허가·신고된 축산농가의 가축분뇨 개별처리시설을 정상적 운영을 위해 가축분뇨 개별정화 처리시설에 대한 기술진단을 실시하고 개선을 위한 지원을 하는 것이 필요하다.

4. 액비 부숙도 및 비료질

액비가 퇴비로서 적합한지 여부는 성분 규격기준에 의해 평가받지만 지역 주민에게 피해가 가지 않도록 액비를 이용하기 위해서는 냄새물질에 대한 부숙도를 평가하는 기준이 필요하다. 그러나 현재 농촌진흥청의 “비료 공정규격 설정 및 지정” 고시(2010)에서 액비에 대한 부숙도 규격기준이 설정되어 있지 않다. 축산농협 등 규모가 큰 유기질비료공장 및 자원순환농업센터에서 생산하는 액비는 경종농가에서 사



(a)



(b)

Figure 9. Dilution for effluent water at individual treatment facility(a) and washing belt press filter at public treatment facility(b)

용하기에 적합한 성분의 유기질 비료(액비)를 생산해 내지만 향후 가축분뇨의 자원화를 더욱 활성화하기 위해서는 액비에 대한 부숙도 규격기준을 제정하는 것이 필요하다.

VI. 결론

2011년 7월 환경부에서는 “가축분뇨 관리 선진화 방안”을 수립하였고 이 내용을 보완·강화한 “가축분뇨 관리 선진화 종합대책”이 2012년 5월 최종 수립되었다. 이 과정에서 가축분뇨에 대한 가축분뇨 배출 현황에 대한 정확한 자료가 필요하다는 인식을 절감하게 되었고 가축분뇨 및 환경오염 실태조사를 수행하는 것이 요구되었다. 국립환경과학원은 전 단계로 우선 가축분뇨 및 퇴비·액비에 의한 환경오염 영향에 대한 시범조사를 통하여 가축사육형태, 가축분뇨 배출현황, 퇴비·액비 생산량 및 시용 현황 등을 조사하고 그 지역에서 배출되는 가축분뇨 원수 및 방류수, 하천수, 지하수, 농경지유출수의 수질과 토양 내 금속성분을 조사하였다. 그 결과를 통하여 가축분뇨 개별처리시설에 대한 개선점, 가축분뇨 및 퇴비·액비에 대한 성분조사, 액비의 부숙도 기준을 마련하고 가축분뇨에 대한 처리 및 관리, 퇴비·액비 이용에 대한 개선방안을 고찰하였다.

양돈 축산농가의 가축사육밀도가 100 m²당(약 30 평) 최대 85 마리로 조사되어 과밀사육하는 것으로 조사되어 지역별 적정 사육두수를 산정하여 사육밀도 편차와 과밀사육을 방지하는 방안을 마련하는 것이 필요하다. 축산농가 개별처리시설에서 장기폭기 반응조를 간헐적으로 운영하여 처리효율이 떨어지며 노후된 처리시설에 대한 점검·진단을 통해 처리시설을 개선하여야 하며, 가축분뇨 공공처리시설의 경우 슬러지 탈수기에서 여포세척수를 투입하는 것으로 설계되어 있어 추가 유입수(희석수)가 발생하고 있는데 공정을 개선하여 적정하게 처리하는 것이 필요하다. 축산농협 등 규모가 큰 유기질비료공장 및 자원순환 농업센터에서 생산하는 액비는 경종농가에서 용하기에 적합한 성분의 유기질 비료(액비)를 생산해 내지만 가축분뇨의 자원화를 활성화하기 위해서는 액비에

대한 부숙도 규격기준을 제정하는 것이 필요하다.

참고문헌

- 경기개발연구원, 1998, 가축분뇨가 하천의 수질에 미치는 영향분석 및 개선대책의 제시.
- 고한중·최홍림·김기연·이용기·김치년, 2006, 액상 가축분뇨의 처리 및 토양환원에 따른 악취 및 악취물질의 평가, 한국동물자원과학회지, 48(3), 453-466.
- 국립환경과학원, 2011, 낙동강 축산계 오염원 TOC 원단위 마련 및 오염물질 배출경로 규명 개선연구.
- 금강수계관리위원회·국립환경과학원, 2008~2009, 가축분뇨 자원화물의 유출특성 및 저감방안 연구.
- 금강수계관리위원회·국립환경과학원, 2011, 퇴비·액비 살포 시 수질에 미치는 영향 조사 및 최적 관리방안 연구.
- 김민경·권순익·강성수·한민수·정구복·강기경, 2011, 돈분뇨 액비가 시용된 논토양 특성 변화, 유기물자원화, 19(4), 97-105.
- 김필주·이용복·이연·윤홍배·이경동, 2008, OECD 양분수지를 이용한 축산선진국의 농경지 축산분뇨 이용실태 평가, 한국환경농학회지, 27(4), 337-342.
- 논산시청, 2009, 논산시 가축분뇨처리시설 기술진단보고서.
- 논산시청, 2012, 논산시 수질오염총량관리 시행계획 2011년 이행평가.
- 농림부·환경부, 2004, 가축분뇨 관리·이용 대책.
- 농촌진흥청, 2010, 가축분뇨 퇴·액비 이용기술 매뉴얼.
- 농촌진흥청고시 제2010-8호(2010.03.29), 「비료 공정규격 설정 및 지정」.
- 안태웅·최이송·오종민, 2008, 가축분뇨의 자원화 용량평가에 관한 연구, 환경영향평가, 17(5), 311-320.
- 임재명·이영신·한기봉, 2009, 농지 주입시 배출

- 특성에 대한 축분자원화물 연구, 유기물자원화, 17(4), 91-102.
- 최홍림 · 손재호 · 류순호, 1996, 가축분뇨수의 무단방류가 셋강오염에 미치는 영향, 농촌계획, 2(1), 69-78.
- 환경부, 2003, 축산폐수 배출시설 및 처리시설 관리개선 방안 연구.
- 환경부, 2011a, 하수도통계.
- 환경부, 2011b, 『가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률』.
- 환경부, 2011c, 가축분뇨 관리 선진화 방안.
- 환경부, 2011d, 가축분뇨처리시설 종류별 평가를 통한 경제성 분석과 설치·운영 개선방안 등에 관한 연구.
- 환경부, 2012a, 『가축분뇨 관리 선진화 종합대책』.
- 환경부, 2012b, 『악취방지법 시행규칙』.
- Peters, J., Combs, S., Hoskins, B., Jarman, J., Kovar, J., Watson, M., Wolf, A., Wolf, N., 2003, Recommended methods of manure analysis, The Board of Regents of the University of Wisconsin System.
- Sandeen, A. and Gamroth, M., 2003, Composting: An alternative for livestock manure management and disposal of dead animals, Oregon State University Extension Service.
- Vu, T.K.V., Tran, M.T., Dang, T.T.S., 2007, A survey of manure management on pig farms in Northern Vietnam, Livestock Science, 112, 288-297.
- Waithaka, M.M., Thornton, P.K., Shepherd, K.D., Ndiwa, N.N., 2007, Factors affecting the use of fertilizers and manure by smallholders: the case of Vihiga, western Kenya, Nutr. Cycl. Agroecosyst, 78, 211-224.

최종원고채택 13. 08. 12