

# 양돈농가에서의 계절별 세정수 발생량 및 주요 오염원 재설정 연구

곽정훈 · 최동윤 · 김재환 · 정광화 · 조승희 · 정만순 · 강희설 · 라창식\*

농촌진흥청 국립축산과학원

## The Study to Re-establish the Amount and Major Pollution Source of Wastewater from Seasonal Swine Farms

Kwag, J. H., Choi, D. Y., Kim, J. H., Jeong, K. H., Cho, S. H., Jeong, M. S.,  
Kang, H. S. and Ra, C. S.\*

National Institute of Animal Science, RDA., Suwon 441-350, Korea

### Summary

The purpose of this study was to determine the effect of re-establish the amount and major pollution source of swine wastewater from swine farms.

The results obtained in this study was summarized as follow;

The quantity of wastewater produced from the average volume of swine wastewater was 2.49 *ℓ*/head/day and 2.49 *ℓ* in spring, 2.65 *ℓ* in summer, 2.47 *ℓ* in autumn, and 2.35 *ℓ* in winter. The quantity of wastewater production during summer season was higher than of the other seasons. The water pollutant concentration in wastewater of swine farms, BOD<sub>5</sub>, SS, T-N and T-P, was 4,689 mg/*ℓ*, 2,122 mg/*ℓ*, 3,238 mg/*ℓ* and 118 mg/*ℓ*, respectively.

**(Key words :** Swine wastewater, Water pollutant, BOD<sub>5</sub>, SS, T-N, T-P)

### 서 론

우리나라의 가축분뇨 발생량은 '08년도 말 기준으로 약 4.2천만 톤이며, 이중 83%가 자원화(퇴·액비)되고 있으며, 나머지는 정화 및 해양배출 등으로 처리(농식품부, '09) 되고 있는 것으로 조사 보고되고 있다. 이중에서 돼지분뇨의 발생량이 약 17백만톤으로 전체 가축분뇨 발생량의 40%를 차지하여 이의 처리에 관심이 어느 시기보다도 높은 것으로

조사되었다. 또한 대외적으로 가축분뇨의 해양배출이 2012년부터 전면 중단됨에 따른 양돈농가들의 돼지분뇨 처리에 대한 어려움이 가중되고 있는 상황에서 돼지분뇨의 배출원 단위가 '00년도에 12 *ℓ*/head/day에서 8.6 *ℓ*/head/day로 약 26%가 감소되어 환경부 고시('99)가 개정되었으나, 양돈농가의 사육기술의 발전 등으로 분뇨배설량 및 돈사세척수의 발생량 감소가 진행되어 온 것으로 알려져 있으며, 이에 따른 양돈농가들의 돼지분뇨

본 연구는 농촌진흥청 자연순환농업연구과제의 일환으로 수행되었습니다

\* 강원대학교 (Kangwon Nat. Univ.)

Corresponding author : Kwag, J. H., National Institute of Animal Science, RDA, Suwon, Korea 441-350,

E-mail : kwagjh@korea.kr

2009년 11월 19일 투고, 2009년 12월 19일 심사완료, 2009년 12월 23일 게재확정

배출원 단위의 재산정의 필요성이 제기된 바 있다.

그리고 현재 우리나라 전업규모 이상의 양돈농가들의 돈사형태 결과를 보면 사육농가 중 톱밥돈사 5%, 슬러리돈사 61% 및 스크레퍼 돈사 23%로 조사되었으며, 지역별로는 전남북 80% 정도가 슬러리 돈사이며, 전체 조사농가 중 분뇨처리방법은 퇴비화처리(퇴적퇴비, 인력교반, 기계교반) 방식이 40%로 가장 많았으며, 위탁 및 해양배출이 27%, 액비화 25%로 조사(농협중앙회, '07)되어 해양배출의 비중이 높은 것으로 조사되었다.

이는 돈사에서 배출되는 돈사세정수의 처리에 어려움을 겪고 있다는 것을 보여주고 있는 것이다. 또한 점차 증가되고 있는 돼지분뇨 처리 비용의 절감을 위하여 양돈농가들이 노력을 하고 있는 것이 현실이다. 그리고 양돈농가들은 돼지분뇨 이용 생산하는 퇴·액비의 품질 균일화 등을 통하여 고품질 퇴·액비 생산기술 개발에 다양한 각도에서 노력을 하고 있는 것이 현실이라고 할 수 있다.

이러한 상황에서 양돈농가들이 돼지분뇨를 효율적으로 처리하는데 도움이 되기 위하여 돈사에서 사용되는 돈사세정수의 양을 정확하게 사전에 파악하는 것이 중요하며 또한 국가적으로는 가축분뇨처리시설 설치용량 결정, 분뇨 규제대상 면적 설정, 살포면적 확보 기준 및 지역단위 양분총량제도 등을 도입하려고 할 때 등, 국가 정책 수립 및 집행에

필수적으로 요구되는 자료이다.

따라서 본 연구에서는 양돈농가에서 실제 사용되어 지고 있는 세정수량 및 BOD, SS 등 오염물질의 특성 등에 대한 자료를 제시 하므로써 양돈농가에서 돼지분뇨의 처리에 기본자료로 활용할 수 있도록 하기 위하여 본 연구를 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 양돈농가별 세정수 발생량 조사

#### 가. 조사농가 선정

양돈농가중에서 돈사내 분뇨 분리가 잘되는 농가로써 항상 농장 방문이 가능한 농가(분뇨처리방법:분 퇴비화, 뇨 정화처리 농가)로 5호를 선정하였으며, 조사시기는 계절별(봄, 여름, 가을, 겨울)로 실시하였다. 조사농가의 돼지분뇨 수거는 주로 인력 및 스크레퍼 등을 주로 이용하는 농가였다. 돼지분뇨의 처리 방법은 고형물의 경우 분뇨분리수거된 형태에서 분은 톱밥 및 왕겨를 이용하여 퇴비화 하고 있었으며, 돈사에서 배출된 배출수는 활성오니법을 이용하여 정화처리 후 방류하는 특징을 가지고 있는 농가로 조사되었다. 조사농가의 일반현황은 Table 1 과 같으며, 평균사육두수는 호당 1,718.9두로 조사되었으며, 사육형태는 일관사육, 분뇨처

Table 1. General situation of experimental farms in different seasons

Items	No. of pigs(heads/farm)					Manure treatment		Manure collecting
	Average	Spring	Summer	Autumn	Winter	Feces	Urine	
Farm A	951.5	695	1,102	1,031	978	Composting	Activated sludge process	Hand & scraper
Farm B	847.5	738	978	933	849			
Farm C	2,935.5	2,935.5	2,507	3,037	3,099			
Farm D	1,491.0	1,340	1,441	1,633	1,550			
Farm E	2,369.0	—	2,894	2,137	2,076			
Average	1,718.9	1,320.0	1,890.4	1,766.4	1,710.4			

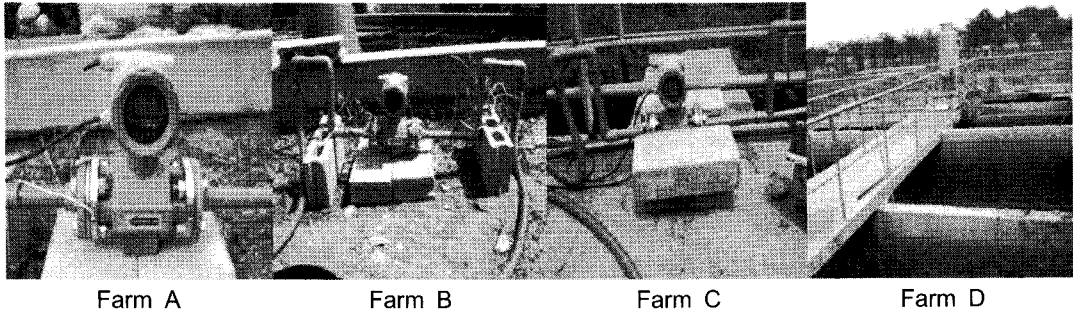


Fig. 1. Flowmeter installed at the pig barn to measure the daily amount of swine wastewater.

리는 퇴비화 및 정화처리의 형태로 분뇨처리를 하고 있는 것으로 조사되었다.

#### 나. 조사방법

양돈농가 배출수량은 조사기간은 계절별로 예비시험 5일, 본시험 7일로 하여 조사를 실시하였다

돈사배출수의 발생량 조사는 돈사에서 배출된 배출수를 집수조 1차 저정시킨 후 활성오니처리장으로 이송되는 과정에 폐수유량계(마그네틱전자유량계)를 설치하여 일일 세정수 발생량을 조사하였다. 이때 조사농가별 돼지 사육두수를 농장주와 함께 직접 조사하여 세정수 발생량의 정확성을 기하였다.

#### 다. 분석항목 및 방법

돈사 세정수의 수분함량은 채취한 시료를 건조하기 전에 무게를 잰 향량병에 10g 정도 채취하여 건조기 (Model : 14-LMC-135, 국제과학)에서 105℃에서 5시간 정도 건조시켜 데시게이터에 옮겨 부게를 측정하였다. 돼지슬러리의 pH는 채취한 시료 원액을 100 ml 비이커에 취하여 유리봉으로 저어주면서 Digital pH mater (Model : Origion 520A)를 buffer 용액으로 잘 맞춘 후 조사하였다. 수질오염성분인 BOD, SS, T-N, T-P는 수질오염공정시험법

(환경부, 1992)에 의하여 분석하였다. 그리고 세정수내 비료성분인 질소성분은 A.O.A.C (1990)에 의거 켈달방법으로 분석하였고 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 습식분해 후 Lancaster법으로 분석하였으며, K<sub>2</sub>O는 전처리 후 원자흡광도계 (Model AA280FS, Varian)에서 각 성분의 용액으로 검량선을 작성한 후 측정하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 조사 양돈농가의 돈사배출수 발생량

양돈농가에서 매일 돼지두당 발생하는 돈사배출수 발생량을 Table 2에 표시했다. 4계절 평균 돈사배출수량 약 2.49 l/head/day 였으며, 여름철에 2.65 l/head/day로 가장 많이 발생되었고, 겨울철에는 2.35 l/head/day로 여름철에 비하여 일일 두당 0.30 l/head/day가 적은 것으로 조사되었다 (p<0.05). 또한 조사농가의 계절별 세정수 발생량의 경우에도 조사농가마다 발생량이 차이가 나는 것으로 (P<0.05) 조사되었으며, 농가별로도 평균 세정수 발생량이 조사 A 농가는 1.79 l/head/day, 농가 B 2.67 l/head/day, 농가 C 2.42 l/head/day, 농가 D 3.33 및 조사 E 농가의 경우에는 2.16 l/head/day로 조사농가마다 돼지의 사육방법 및 관리방법 등에 따라서 세정수 발생량이 크게 차이가 나는 것으로 조사되었다.

Table 2. Seasonal production of manure and wastewater at swine farms

Seasons	Raising No. (heads/farm)	Wastewater (kg/head/day)				
		AV	Spring	Summer	Autumn	Winter
Farm A	951.5	1.79	1.41 <sup>b)</sup>	2.12 <sup>a)</sup>	2.22 <sup>a)</sup>	1.41 <sup>b)</sup>
Farm B	847.5	2.67	2.38 <sup>b)</sup>	2.78 <sup>a)</sup>	2.82 <sup>a)</sup>	2.68 <sup>a)</sup>
Farm C	2,935.5	2.42	2.75 <sup>a)</sup>	1.64 <sup>b)</sup>	2.65 <sup>a)</sup>	2.65 <sup>a)</sup>
Farm D	1,491.0	3.33	3.41 <sup>ab)</sup>	3.77 <sup>a)</sup>	2.93 <sup>b)</sup>	3.2 <sup>ab)</sup>
Farm E	2,369.0	2.16 <sup>ab)</sup>	2.16 <sup>ab)</sup>	2.92 <sup>a)</sup>	1.73 <sup>b)</sup>	1.83 <sup>b)</sup>
AV	1,718.9	2.49	2.49	2.65	2.47	2.35

<sup>1)</sup> Mean  $\pm$  S.D.

<sup>2)</sup> Mean with the different superscripts within the same row are significantly different ( $p < 0.05$ ).

그러나 이러한 양돈농가의 세정수 발생량은 환경부고시(99-109호) 보다 낮은 것으로 조사되었다. 또한 돼지사육시설의 경우 평균 급수량(음수량을 포함)은 20~30ℓ로 돼지의 음수량을 9ℓ(체중 60kg $\times$ 0.15ℓ)로 보면 1일 1마리당 10~20ℓ 정도가 세정수라고 보고(중앙축산회, '89)한 것과 분뇨혼합수거의 수세 방식에서는 1일 1마리당 세정수를 25ℓ로 보고(MWPS-18 '85) 등의 자료에 비하여 현저하게 낮게 조사되었다.

또한 신행식('90)의 보고에 의하면 축산시설에서 발생하는 오수의 양은 10~15ℓ/head/day 보다 낮았다. 국립환경연구원('96)에서는 돈사에서 폐수발생량을 계절별로 구분하여 조사한 결과 봄철 7.6, 여름철 10, 가을 4.0, 겨울 2.4ℓ/head/day 정도 생산된다고 보고 및 환경부('95)에서는 축산폐수 정화시설표준설계도에 젖소 47.4ℓ/head/day, 한우 30ℓ/head/day, 돼지 12ℓ/head/day의 양으로 기준보다도 낮은 것으로 조사되었다. 또한 국립환경연구원('88)이 보고한 축산폐수 배출원 단위 중 양돈시설의 경우 6~33ℓ/head/day 및 환경부('91) 자료인 양돈시설에서 12ℓ/head/day 보다 낮게 조사되었으며, 환경부고시('99)에 사용된 돈사세정수 발생량 4.4ℓ/head/day(농림부, '00) 보다 약 43%의 감소를 가져왔으며, 이는 돼지사육기술의 발전 및 양돈농가의 인식변화에 기인되었다고 사료된다.

그리고 조사농가에서의 채취된 세정수의 오염물질농도를 Table 3과 같으며, 조사농가

평균 BOD는 평균 4,689 $\pm$ 325 mg/ℓ였으며, 계절에 따라 BOD의 농도 차이가 나는 것으로 조사되었다. 특히 겨울철에는 BOD<sub>5</sub>의 농도가 평균 5,257 $\pm$ 394 mg/ℓ로 봄, 여름, 가을에 비하여 높게 조사되었으며, SS의 평균 농도는 약 2,122 $\pm$ 279 mg/ℓ로 조사되었으며, 가을철에 채취된 시료에서 조사농가 평균 1,925 $\pm$ 370 mg/ℓ으로 가장 낮은 수치를 보였으나 통계적으로 유의적인 차이를 보이지는 않았다( $p < 0.05$ )

그리고 pH는 평균 7.2 $\pm$ 0.1로 정상적인 수치로 조사되었으며, 겨울철이 7.4 $\pm$ 0.1로 여름철의 성적인 7.1 $\pm$ 0.1 보다 약간 높은 것으로 조사되었다.

그리고 비료성분인 질소(T-N)은 3,238 $\pm$ 227 mg/ℓ으로 조사되었으며, 봄철에 질소농도가 2,260 $\pm$ 130 mg/ℓ로 조사되어 여름 3,581 $\pm$ 159 mg/ℓ 가을철 3,428 $\pm$ 240 mg/ℓ 및 겨울철 3,685 $\pm$ 277 mg/ℓ 보다 낮은 것으로 조사되었으며, 이의 원인은 양돈농가에서 돈사내고액분리 수준에 따른 차이에 기인한 것으로 판단되어진다. 그리고 인(T-P)의 함량은 평균 118 $\pm$ 17 mg/ℓ으로 조사되었으며, 계절별로는 여름철이 70 $\pm$ 13 mg/ℓ으로 가장 낮은 것으로 조사되었으며, 그다음이 나머지 계절은 비슷하였다. 이렇게 계절간에 약간의 차이를 보이는 것은 양돈장에서의 돈사관리 및 사용되고 있는 물의 사용량에 따라 좌우되는 것으로 추정되었다. 이는 환경부('95)에서 경기도지역에 발생하는 돈사폐수 조사결과와

Table 3. pH and concentrations of pollutants in pig Wastewater

(unit: mg/ℓ)

Items	pH	BOD <sup>1)</sup>	SS <sup>2)</sup>	T-N <sup>3)</sup>	T-P <sup>4)</sup>	
Spring	Farm A	7.2±0.1	4,290±130 <sup>a)</sup>	2,325±175	2,260±122	132±15 <sup>a)</sup>
	Farm B	7.1±0.2	4,380±320 <sup>ab)</sup>	2,245±235	2,360±145	138±22 <sup>a)</sup>
	Farm C	7.3±0.1	4,260±330 <sup>a)</sup>	2,400±160	2,160±110	142±17 <sup>a)</sup>
	Farm D	7.2±0.2	4,420±420 <sup>b)</sup>	2,345±332	2,365±125	116±19 <sup>b)</sup>
	Farm E	7.2±0.1	4,550±250 <sup>b)</sup>	2,310±180	2,156±147	132±16 <sup>a)</sup>
	AV	7.2±0.1	4,380±290	2,325±217	2,260±130	132±14
Summer	Farm A	7.1±0.1	4,675±380	2,265±420	3,560±160 <sup>ab)</sup>	78±10 <sup>a)</sup>
	Farm B	7.2±0.1	4,890±280	2,049±230	3,870±180 <sup>a)</sup>	72±15 <sup>ab)</sup>
	Farm C	7.2±0.2	4,764±225	2,014±325	3,290±175 <sup>b)</sup>	77±16 <sup>a)</sup>
	Farm D	7.1±0.2	4,952±265	2,216±228	3,670±133 <sup>ab)</sup>	70±10 <sup>b)</sup>
	Farm E	6.9±0.1	4,999±325	2,281±265	3,516±145 <sup>ab)</sup>	68±16 <sup>b)</sup>
	AV	7.1±0.1	4,856±295	2,165±294	3,581±159 <sup>ab)</sup>	73±13 <sup>ab)</sup>
Autumn	Farm A	7.2±0.2	4,425±328 <sup>a)</sup>	2,006±485	3,680±258 <sup>a)</sup>	135±14 <sup>a)</sup>
	Farm B	7.2±0.2	4,280±382 <sup>ab)</sup>	1,987±332	3,340±325 <sup>ab)</sup>	132±17 <sup>a)</sup>
	Farm C	7.3±0.1	4,180±286 <sup>ab)</sup>	1,897±425	3,180±374 <sup>b)</sup>	115±22 <sup>b)</sup>
	Farm D	7.1±0.1	3,895±365 <sup>b)</sup>	1,865±330	3,310±120 <sup>ab)</sup>	114±18 <sup>b)</sup>
	Farm E	7.2±0.2	4,545±230 <sup>a)</sup>	1,870±280	3,630±133 <sup>a)</sup>	149±18 <sup>a)</sup>
	AV	7.2±0.2	4,265±318	1,925±370	3,428±240	129±17
Winter	Farm A	7.4±0.1	5,380±330 <sup>ab)</sup>	2,680±268 <sup>a)</sup>	3,865±185 <sup>a)</sup>	142±25 <sup>a)</sup>
	Farm B	7.3±0.2	5,630±480 <sup>a)</sup>	2,222±325 <sup>ab)</sup>	3,685±365 <sup>a)</sup>	128±33 <sup>ab)</sup>
	Farm C	7.4±0.1	4,980±260 <sup>b)</sup>	1,980±298 <sup>b)</sup>	3,455±450 <sup>ab)</sup>	133±28 <sup>ab)</sup>
	Farm D	7.5±0.1	5,100±320 <sup>b)</sup>	1,650±120 <sup>c)</sup>	3,456±268 <sup>ab)</sup>	142±18 <sup>a)</sup>
	Farm E	7.4±0.1	5,195±450 <sup>b)</sup>	1,833±155 <sup>b)</sup>	3,964±115 <sup>a)</sup>	145±10 <sup>a)</sup>
	AV	7.4±0.1	5,257±394	2,073±233	3,685±277 <sup>ab)</sup>	138±23
Average	7.2±0.1	4,689±324	2,122±279	3,238±227	118±17	

BOD<sup>1)</sup> : Biochemical Oxygen Demand

SS<sup>2)</sup> : Suspended Solid

T-N<sup>3)</sup> : Total Nitrogen

T-P<sup>4)</sup> : Total Phosphate

<sup>1)</sup> Mean ± S.D.

<sup>2)</sup> Mean with the different superscripts within the same row are significantly different (p<0.05).

비교시 BOD 및 T-N 이 높은 수준으로 조사 되었다. 반면에 농림부(1999)의 가축분뇨 배출원단위 조사결과의 오염물질 성분 농도와는 비슷한 것으로 조사되었다.

### 요 약

양돈농가에서의 계절별 돈사배출수 발생량

재설정을 위하여 돈사내에서 스크래퍼 및 인력으로 돈분을 분리수거하여 분은 퇴비화하고 배출수는 활성오니법을 이용하여 정화처리하고 있는 농가를 5 농가를 선정하여 돈사배출수량 및 배출수의 특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 양돈농가에서의 세정수 발생량 재설정을 위하여 선정된 농가의 평균 돼지 사육두

수는 1,718.9두/호 였으며 돼지분뇨처리 는 돈사내에서 스크레퍼 또는 인력에 의해 돈분뇨를 수거하고 있었다.

2. 양돈농가에서 매일 돼지두당 발생하는 돈사배출수 발생량은 4계절 평균 돈사배출수 량 약 2.49 l/두/일 였으며, 여름철에 2.65 l/두.일로 가장 많이 발생되었고, 겨울철에는 2.35 l/두.일로 여름철에 비하여 일일 두당 0.30 l/두/일가 적은 것으로 조사되었다 (p<0.05). 이는 기존의 돼지분뇨배출원 단위중 세정수 발생량 4.4 l/head/day 보다 약 43%가 감소된 것으로 조사되었다.

3. 조사농가의 계절별 세정수 발생량의 경 우에도 조사농가마다 발생량이 차이가 나는 것으로 (P<0.05) 조사되었으며, 농가별로도 평 균 세정수 발생량이 조사 A 농가는 1.79 l/두 /일, 농가 B 2.67 l/두/일, 농가 C 2.42 l/두/ 일, 농가 D 3.33 및 조사 E 농가의 경우에는 2.16 l/두/일으로 조사농가마다 돼지의 사육 방법 및 관리방법 등에 따라서 세정수 발생 량이 크게 차이가 나는 것으로 조사되었다.

4. 조사농가에서의 수거된 세정수의 평균 BOD 는 평균 4,689±325 mg/l 였으며, 계절에 따라 BOD의 농도 차이가 나는 것으로 조사되었다.

5. 계절별로는 겨울철이 5,257±394 mg/l 로 봄, 여름, 가을에 비하여 높았으며, SS 평균농 도는 2,122±279 mg/l 로 조사되었으며, 가을 철에 채취된 시료에서 조사농가 평균 1,925 ± 370 mg/l 으로 가장 낮은 수치를 보였으나 통계적으로 유의적인 차이를 보이지는 않았 다(p<0.05)

6. 그리고 pH는 평균 7.2±0.1로 정상적인 수치로 조사되었으며, 겨울철이 7.4±0.1로 여 름철의 성적인 7.1±0.1 보다 약간 높은 것으 로 조사되었다.

7. 또한 비료성분인 질소(T-N)은 3,238 ± 227 mg/l 으로 조사되었으며, 봄철에 질소농 도가 2,260 ± 130 mg/l 로 조사되어 여름 3,581 ± 159 mg/l 가을철 3,428 ± 240 mg/l 및 겨울 철 3,685 ± 277 mg/l 보다 낮은 것으로 조사 되었다.

8. 그리고 인 (T-P)의 함량은 평균 118 ± 17

mg/l 으로 조사되었으며, 계절별로는 여름철 이 70±13 mg/l 으로 가장 낮은 것으로 조사 되었다

## 인 용 문 헌

1. MWPS. 1985. Animal Waste Characteristics Livestock Waste Facilities handbook. Second Edition. Ames, Iowa 50011 : 1 · 1
2. 增垣繁光. 1978. “畜産公書 對策全書”, 鶏卵肉 情報センタ-.
3. 全農 施設 資材部. 1984. “家畜の 尿汚水 利用 施設,機器導入の てび~き” 全農施設 資材部.
4. 中央畜産會. 1989. “家畜尿汚水の處理利用技術と事例”
5. 곽정훈, 최희철, 강희설, 최동윤, 김재환, 한정대, 전병수, 김형호. 2000. 양돈농가 에서의 돈사배출수 발생량 및 이화학적 특성, 한국축산시설환경학회 7(3):173-176.
6. 권오상. 1996. 양돈폐수처리 및 돈분 퇴 비화 시설운전상황, 국립환경연구원,
7. 국립환경연구원. 1988. “축산폐기물의 적 정관리”. 국립환경연구원.
8. 국토해양부. 2009. 가축분뇨 해양배출 감 축계획.
9. 농림수산식품부, 2009. 년도별 가축분뇨 발생량.
10. 2007 낙농, 양돈 분뇨처리 현황조사, 2007. 농협중앙회.
11. 수질오염 공정시험법, 1991. 환경부.
12. 신항식의 4인. 1990. 상수원 보호를 위한 축 산분뇨의 적정관리방안 폐기물학회, 7(1):45-52.
13. 최의소, 박후원, 김태형, 박미경, 김진하. 1991. “영양염류 원단위 산정에 관한 연 구” 한국환경과학연구회.
14. 축산기술연구소. 1996. 표준사료성분분석법.
15. 한정대, 강희설, 최동윤, 곽정훈, 최희철, 김형호, 이덕수. 2000. 가축분뇨발생량 및 주요성분 파악. 농림기획과제 최종보고 서. 농림수산식품부.
16. 환경부, 1999. 가축별 가축분뇨 배출원단 위 (환경부 고시 99-109호),
17. 환경부. 1995. 축산폐수정화시설표준설계 도 보고서. p 12-40.