Journal of Animal Science and Technology 52(4) 319~328, 2010
DOI:10.5187/JAST.2010.52.4.319

돼지의 분뇨 배설량 및 분뇨 성분 조사

황보 종[a]* · 홍의철[a] · 박희두 · 김동운 · 조성백
농촌진흥청 국립축산과학원

The Study on the Amount and Major Compositions of Excreta from Swine

Jong Hwangbo[a]*, Eui-Chul Hong[a], Hee-Du Park, Dong-Woon Kim and Sung-Back Cho
National Institute of Animal Science, RDA

ABSTRACT

This work was carried out to investigate the quantity of excreta and its composition in crossbred pigs (Yorkshire × Landrace × Duroc) at different stages of growth. Twelve young piglets (average BW weight of 19.0±0.33 kg) were used in this study. Pigs were divided into four phases during growing time and two phases during finishing time. The average excreta production for growing pig was 3.46 kg/head/day (feces: 1.07 kg, urine: 2.39 kg). The average moisture contents of feces and urine were 70.54% and 97.39%, respectively. Contents of Calcium, Magnesium, Copper, Plumbum, and Arsenic were 1.00%, 0.26%, 10.47 mg/kg, 2.43 mg/kg, and 1.02 mg/kg, respectively. The concentration of the water pollutants like Biochemical Oxygen Demand (BOD_5), Chemical Oxygen Demand (COD), Suspended Solid (SS), Total Nitrogen (TN) and Total Phosphorus (TP), excreted from pig were 96335, 61073, 207466, 8104 and 4209 mg/L in feces and 7364, 7149, 2715, 10110 and 613 mg/L in urine at the end of test, respectively. The daily loading amount of water pollutants (BOD5, COD, SS, TN, and TP, respectively) in pig excreta were 102.1, 61.8, 221.6, 8.7, and 3.9 g/head/day in feces, and 19.3, 16.7, 8.0, 22.2, and 1.3 g/head/day in urine, respectively. The Nitrogen, P_2O_5, and K_2O contents in the excreta of pigs were 0.96, 0.83 and 0.42% in feces, and 0.80, 0.09 and 0.53% in urine, respectively. Finally, this work was suggested to give basic information to swine farms.
(**Key words :** Swine, Excreta, Feces, Urine)

서 론

생명산업과 종합산업의 특성을 가지는 축산업은 90년대 이후 국민 식생활수준의 향상과 규모의 수직통합을 통해 크게 발전하였다 (Barkema and Cook, 1993). 가축의 배설량 및 분뇨의 이화학적 특성을 조사하여 분뇨의 효율적 처리를 위한 기초 자료는 국가 또는 농장 단위에서 정확한 분뇨배출원 단위 산출을 위해 매우 중요하다.

가축분뇨는 비료의 3대 요소(질소, 인산, 칼리) 이외에도 마그네슘, 칼슘 등의 영양소와 구리, 나트륨, 망간, 아연, 붕소, 몰리브덴 등의 미량 광물질을 다량으로 함유하고 있다. 그러나 축산 농가의 기업화 및 대규모화로 인해 발생되는 분뇨는 수질 오염이나 악취를 일으켜 환경 오염원이 되고 있으며(Boucque 등, 1987; Chilliard, 1989; Hanrahan, 1989; Tyrrell 등, 1988; Van Weerden, 1987), 또한 해양 오염방지에 관한 국제협약 '런던협약 72'가 2006년 발효되어 2012년부터 가축분뇨의 해양 투기가 전면 금지되면서 축산농가 경영에 어려움이 가중되고 있다. 특히, 양돈업에서 배출되는 분뇨의 양은 농지가 감당할 수 있는 한계를 넘어서고 있으며, 지역에 따라 매우 심각한 수준에 이르고 있다. 따라서, 양돈농가에서는 돈분뇨의 처리를 위해 매일 발생되는 분뇨 배설량을 파악하는 것이 필요하다.

우리나라에서는 축산과학원에서 1997년부터 2000년까지의 3년간 축종별 분·뇨 배설량, 비료성분 함량, 오염물질 함량 등을 연구소 및 농가현장에서 조사하였다 이 조사결과로부터 돼지의 사료섭취량은 평균 2.28 kg/두/일, 음수량 4.48 ℓ/두/일, 분뇨 배설량 4.22 kg/두/일(분 1.61 kg, 뇨 2.61 kg)로 각각 나타났으며, 분뇨의 BOD_5 농도는 분과 뇨가 각각 61,359, 4,976 g/L, SS가 각각 180,667, 694 mg/L 이었고, 성장단계별 분의 평균 수분 함량은 76.3%, N 성분은 0.77%, P_2O_5 0,50%, K_2O 0.25%, 뇨는 각각 0.83%, 0.07%, 0.20%였다(축산과학원, 2000; 환경부고시 제 1999-109호, 1999). 그러나, 지난 10년간 가축의 유전능력과 사육환경에 많은 변화가 있어 현장 시급 해결과제로서 재조사가 요구되고 있다.

본 연구는 국내 돼지의 성장단계별 사료섭취량, 음수량, 분뇨배

[a] First two authors equally contributed to this work
* Corresponding author : J. Hwangbo, National Institute of Animal Science, san9 Eoryong-ri, Seonghwan-eup, Cheonan-si, Chungcheong-nam-do, 330-800, Korea. Tel: 041-580-6709, E-mail: kohb@korea.kr

설량 및 분뇨특성 등에 대한 정확한 자료를 제시하여, 양돈농가에서 돈분뇨 처리의 기본 자료로 활용하고, 적절한 분뇨처리를 유도하여 장기적인 축산분뇨 정책을 수립하기 위해 수행하였다

재료 및 방법

1. 공시동물

평균체중 19.0±0.33 kg의 3원 교잡종(Yorkshire × Landrace × Duroc) 자돈 12두와 번식돈 12두를 공시하여, 육성 비육돈 성장 4단계(20, 50, 80, 110 kg)와 번식돈 2단계(임신돈, 포유돈)에 걸쳐 실시하였다. 육성 비육돈의 성장 단계에 따른 개시체중은 각각 23.4±1.5, 58.6±3.9, 83.2±3.8 및 111.4±5.4 kg이며, 비육돈의 2단계에 따른 개시체중은 204.2±11.7 kg과 193.5±17.0 kg 이었다.

2. 시험사료

시험사료는 한국돼지사양표준(2007)에 따라 육성비육돈을 체중별로 20~50 kg과 80~110 kg로 구분하여 DE 3,431 kcal/kg과 3,439 kcal/kg, CP 14.4%와 11.0%, lysine 0.84%와 0.57%, 인 0.46%와 0.43%를 함유한 사료, 번식돈을 임신돈 및 포유돈으로 구분하여 DE 3,300 kcal/kg과 3,300 kcal/kg, CP 13.0%와 14.0%, lysine 0.60%와 0.70%, 인 0.60%와 0.50%를 함유한 사료를 자체 배합하여 이용하였다(Table 1).

Table 1. Formula and chemical composition of basal diet

Ingredients (%)	Growing & Finishing Pig		Gestating Sow	Lactating Sow
	20-50 kg	80-110 kg		
Corn	82.20	88.84	84.30	81.90
Soybean meal	15.30	8.80	12.60	15.30
Monocalcium phosphate	0.70	0.70	1.37	0.97
Limestone	0.80	0.80	0.80	0.90
L-Lysine	0.30	0.16	0.13	0.13
Salt	0.30	0.30	0.30	0.25
Vitamin-mineral premix[1)]	0.30	0.30	0.40	0.40
Phytase	0.10	0.10	0.10	0.10
Antibiotics				0.05
Chemical composition[2)]				
DE (kcal/kg)	3,431	3,439	3,300	3,300
CP (%)	14.40	11.00	13.00	14.00
Lysine (%)	0.84	0.57	0.60	0.70
Phosphorus (%)	0.46	0.43	0.60	0.50

[1)] Provides per kilogram of diet: vitamin A, 11,025 IU; vitamin D_3, 1,103 IU; vitamin E, 44 IU; vitamin K(menadionic bisulfate complex), 4.4 mg; riboflavin, 8.3 mg; niacin, 50 mg; d-pantothenic acid(as d-calcium pantothenate), 29 mg; choline, 166 mg; vitamin B_{12}, 33 μg; Cu, 16 mg; Fe, 16 mg; Zn, 165 mg; Mn, 12 mg; I, 0.3 mg; Co, 1.0 mg; Se, 0.3 mg.
[2)] Analyzed values.

3. 시험방법 및 시료채취

시험사료와 물은 자유채식토록 하였으며, 1일 섭취량은 1일 2회 잔량 및 허실량을 측정하여 계산하였다. 1일 음수량은 준비된 음수 측정용 자동급수기(40 ℓ)를 이용하여 1일 1회 음수잔량을 측정하였으며, 공시돈이 흘린 물은 따로 받아 측정후 총 음수량에서 제하여 계산하였다. 일당 증체량은 시험 개시 전후에 측정하였으며, 분과 뇨 배설량은 대사케이지 및 분만 틀에서 7일간 적응기간을 거친 후 7~8일간 정밀조사를 실시하였다. 분 배설량은 자체 개발한 분뇨받이(Fig. 1)를 이용하여 전분 채취법으로 1일 4회 분의 무게를 측정하였으며, 뇨 배설량의 경우, 거세돈은 대사틀 바닥부분에 수집판을 설치한 후 1일 1회씩 일일 뇨 배설량을 측정하였고, 임신돈과 포유돈은 요도 내 2 way baloon catheter를 삽입하여 측정하였다(Fig. 2). 분석용 분과 뇨는 공시돈으로부터 직접 채취하였다.

4. 분석 항목 및 방법

(1) 수분 함량 및 pH

분과 뇨의 수분 함량과 pH는 표준사료성분분석법(2001)에 의해 측정되었다. 수분 함량은 일정량의 시료를 60~70℃의 건조기 내에서 48~72시간 예비 건조시킨 후 상온에서 24일간 방치하여 원물의 수분 함량을 측정하였고, 다시 분쇄시켜 정량함으로써 다음과 같은 공식으로 수분 함량을 측정하였다.

$$W = W_1 + \frac{(100-W_1)\times W_2}{100}$$

W = 원물의 수분 함량 (%)
W_1 = 예비건조시의 감량 (%)
W_2 = 풍건물 공시품의 수분 함량 (%)

pH는 digital pH meter(Model : Orion 520A)를 buffer 용액으로 맞춘 후 채취한 시료 원액을 100 ml 비커에 취하여 유리봉으로 저어주면서 초자 및 표준 전극을 넣고 측정하였다.

(2) 오염성분 및 비료성분

분뇨의 오염성분 농도를 나타내는 생물학적 산소요구량(Biochemical Oxygen Demand; BOD), 화학적 산소요구량(Chemical Oxygen Demand; COD), 부유물질(Suspended Solid; SS), 총

Fig. 1. Collection tool of feces and urine of growing, finishing, gestating and lactating pigs.

Fig. 2. Collection progress of excreta and urine of growing, finishing, gestating and lactating pigs.

질소(Total Nitrogen; T-N) 및 총 인(Total Phosphorus; T-P)는 수질오염 공정시험법(환경부, 2004)으로 분석하였으며, 비료성분인 질소(N), 인산(P_2O_5) 및 칼리(K_2O)의 분석은 표준사료성분분석법(2001)에 준하였다.

(3) 미량성분

분뇨의 미량성분(K, Ca, Mg, Cu, Pb, Cd 및 As)은 건식분해법에 의한 전처리 후 유도결합 플라즈마 발광광도계(Spectro Flame)에서 표준검량선을 작성하여 측정하였고, 수은분석은 수은자동분석기(Nippon Instrument : Mercury Detector MD-1, Mercuru sp)로 측정하였다. 시료의 일반성분 및 광물질 분석은 AOAC (2000)에 의해 분석하였다.

5. 통계처리

모든 자료의 통계처리는 SAS(2002-2003)의 General Linear Model procedure 이용하여 통계분석 하였으며, 처리의 평균간의 유의성 검정은 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 일당 증체량 및 사료, 물 섭취량

돼지의 육성비육단계별 사료섭취량, 일당증체량 및 음수량은

Table 2. Body weight gain, feed and water intake during the experiment*

Growth Phases	BW (kg)			BWG	FI	WI
	Starting	Finishing	Average	(kg/day)	(kg/head/day)	(kg/head/day)
20	21.4± 1.5**	25.4± 1.6	23.4± 1.5	0.68±0.12	1.17±0.11	2.26±0.38
50	55.2± 4.0	61.9± 3.9	58.6± 3.9	0.85±0.19	2.74±0.30	4.63±0.68
80	79.3± 3.8	87.0± 3.9	83.2± 3.8	0.95±0.14	3.40±0.19	4.62±0.62
110	108.1± 5.1	114.7± 6.5	111.4± 5.4	0.81±0.58	3.24±0.23	4.18±0.49
Gestating Sow	203.5±12.8	204.8±10.7	204.2±12.8	0.17±0.39	2.17±0.20	5.81±1.74
Lactating Sow	194.6±17.0	192.3±17.7	193.5±17.3	−0.33±0.39	5.49±0.68	12.63±2.36
Average					3.04±1.45	5.69±3.59

* BW, body weight; BWG, body weight gain; FI, feed intake; WI, water intake.
** Mean ± SD (standard deviation, n=12).

Table 2와 같다.

시험결과, 체중이 증가할수록 사료섭취량과 일당증체량이 증가하였으나, 출하체중 단계(110 kg)에서는 사료섭취량과 일당증체량이 감소하였다. 이는 축산과학원(2000)의 결과와 같은 경향을 보이고 있으며, 어느 정도의 체중에 도달하면 사료섭취량이 감소하여 일당 증체량도 감소한다(Whittemore, 1993).

임신기간 중 제한사양을 하게 되면 산자수의 증가 등을 가져온다(Jongbloed 등, 1991). 제한급여를 한 임신돈의 경우, 개시체중이 203.5 kg, 시험 종료시 204.8 kg, 일당 증체량은 169 g로, 육성비육돈에 비하여 증체가 적었으며, 일일 두당 음수량은 5.81 kg로 조사되었다. 분만돈의 경우에는 분만틀에서 분만 1주일 후 분뇨 배설량을 조사하여 개시체중 194.6 kg, 시험 종료시 192.3 kg으로 일당 증체량은 326 g 감소하였으며, 이런 결과는 유생산을 위한 영양소의 요구량이 사료를 통해 급여되는 양보다 높아서 그들의 체조직을 분해시키기 때문으로 사료된다(O'Grady 등, 1975). 분만돈의 일당 사료섭취량 및 음수량은 각각 5.49 ℓ/두/일과 12.63 ℓ/두/일로 조사되어 육성비육돈에 비하여 높았다.

2. 분뇨배설량 및 수분 함량

육성 비육돈의 성장 단계별 분뇨 배설량 및 수분함량은 Table 3과 같다. 돼지의 평균체중이 약 23.4 kg일 때 분뇨 배설량은 총 1.33 kg/두/일(분: 0.49 kg, 뇨: 0.83 kg)이었고, 수분 함량은 각각 72.45%와 97.70%로 나타났다. 평균체중이 58.6 kg일 때 분뇨 배설량은 2.76 kg/두/일(분: 0.90 kg, 뇨: 1.85 kg), 수분 함량은 각각 70.22%와 96.97%로 조사되었다. 평균체중이 약 83.2 kg일 때 분뇨 배설량은 총 2.96 kg/두/일(분: 1.07 kg, 뇨: 1.89 kg) 이었고, 수분 함량은 각각 70.67%와 96.94% 이었다. 평균체중이 약 111.4 kg일 때 분뇨 배설량은 총 3.34 kg/두/일(분: 1.35 kg, 뇨: 2.02 kg), 수분 함량은 각각 70.52%와 96.92%로 나타났다.

사육규모 1,000두 기준(모돈 회전율 2.2)으로 평균체중이 70 kg인 경우, 총분뇨 배설량은 2.62 kg/두/일(분: 0.88 kg, 뇨: 1.74 kg)

Table 3. The daily fresh excreta excretion and water content of pig in different growth phases

Growth phases	AVBW* (kg)	Excreta production (kg/head/day)			Moisture(%)	
		Total	Feces	Urine	Feces	Urine
Piglet	23.4± 1.5**	1.33±0.32	0.49±0.10	0.83±0.33	72.5±2.8	97.70±1.15
Growing & Finishing	58.6± 3.9	2.76±0.44	0.90±0.14	1.85±0.35	70.2±1.4	96.97±0.93
	83.2± 3.8	2.96±0.45	1.07±0.14	1.89±0.37	70.7±1.6	97.69±2.28
	111.4± 5.4	3.34±0.35	1.35±0.16	2.02±0.30	70.5±1.1	96.92±1.59
Gestating Sow	204.2±11.7	4.54±1.24	0.62±0.15	3.92±1.27	69.1±0.1	96.16±1.00
Lactating Sow	193.5±17.0	5.81±1.13	1.97±0.42	3.84±0.82	70.3±2.2	98.15±1.80
Average	–	3.46±1.55 (2.62)	1.07±0.54 (0.88)	2.39±1.23 (1.74)	70.5±1.1	97.4±0.70

* AVBW : Average body weight.
** Mean ± SD (standard deviation, n=12).
( ) : recalculated value in terms of 70 kg.

로 NC State Univ. (2005)에서 발표한 총 분뇨 배설량 4.98 kg/두/일(분: 0.87 kg, 뇨: 4.10 kg)과 분 배설량은 유사하였으나, 뇨 배설량은 큰 차이를 보였다. 그 원인은 실험목적상 음수측정을 위한 급여방법의 차이 또는 돼지의 유전적인 개량 및 사료배합, 사양 환경 개선으로 인한 생산성 향상에 있다고 사료된다.

번식돈 중 임신돈(평균체중 204.5 kg)의 분뇨 배설량은 4.54 kg/두/일(분: 0.62 kg, 뇨: 3.92 kg)로 축산과학원(2000)의 5.24 kg/두/일보다 0.88 kg 적었고, American Society of Agricultural Engineers standard (ASAE, 2003)의 3.40 kg/두/일 보다 1.14 kg 많았으며, 수분 함량은 분과 뇨에서 각각 69.05%와 98.66%이었다. 포유 모돈(평균체중 193.48 kg)의 분뇨 배설량은 5.81 kg/두/일(분: 1.97 kg, 뇨: 3.84 kg)로 축산과학원(2000)의 7.49 kg/두/일 보다 1.68 kg 적었고, ASAE (2003)의 10.20 kg/두/일 보다 4.39 kg 적었으며, 수분 함량은 각각 70.31%와 98.15%로 나타났다. 지난 수십 년간 유전적 개량과 발전된 사양관리기술은 번식돈의 성장률과 체중을 증가시켜 왔다(NRC, 1979, 1998). 이런 차이는 분석방법 및 종돈의 유전적 개량으로 인한 것으로 사료된다.

3. 육성비육돈의 체중과 분뇨 배설량, 사료섭취량과 분 배설량 및 음수량과 뇨 배설량의 상관관계

육성비육돈의 체중이 증가할수록 분뇨 배설량이 증가하였고, 육성비육돈의 사료섭취량이 증가함에 따라 분 배설량이 증가하였으며, 음수량이 증가할수록 뇨 배설량이 증가하였고, 상관관계식은 Fig. 3, 4, 5와 같이 나타났다. 체중과 분뇨 배설량, 사료섭취량과 분 배설량 및 음수량과 뇨 배설량 사이에서는 고도($P<0.01$)의 상관관계가 있었다. 이는 축산과학원(2000)에서 발표한 가축분뇨 배설량 및 주요성분 조사와 같은 경향을 나타내며, 체중 증가에 따라 사료섭취량이 증가한다는 Pekas (1983)의 보고와도 일치하였다.

4. 돼지의 성장단계별 분뇨 내 비료성분 함량

가축분뇨의 가치는 식물에 영양공급, 토양의 물리화학적 성질 개선 및 토양미생물의 활성유지 등 여러 면에서 평가되며, 비료로서의 가치는 N, P_2O_5, K_2O의 3요소를 기준으로 한다(최 등, 2007).

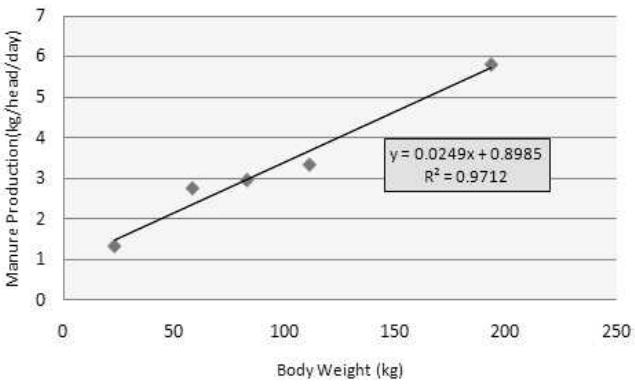

Fig. 3. Correlation between the daily amount of excreta and body weight of Swine.

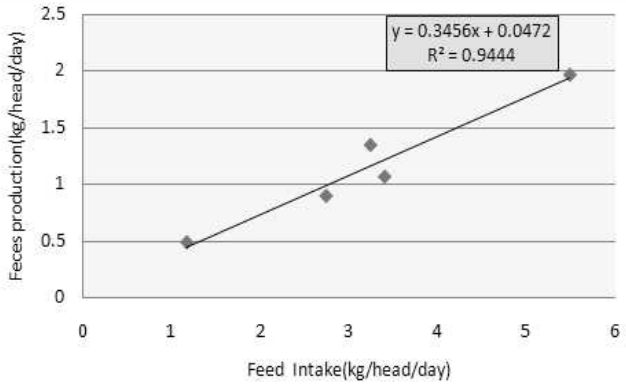

Fig. 4. Correlation between the daily amount of feces and feed intake of Swine.

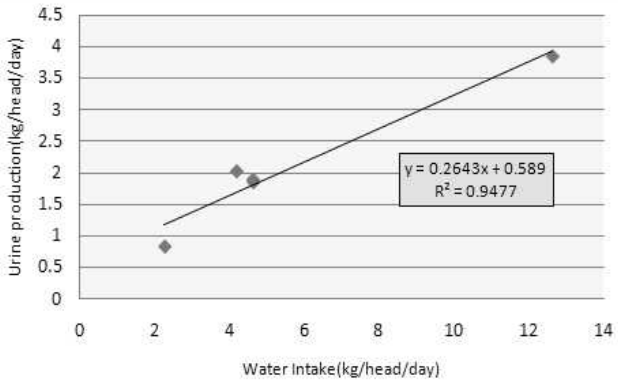

Fig. 5. Correlation between the daily amount of urine and water intake of Swine.

돈 분뇨는 유기성 물질로서 비료성분을 다량 함유하고 있으며, 토지에 적절하게 환원될 경우 토양개량 및 작물의 생산성을 증대시킬 뿐만 아니라, 화학비료를 절감시킨다. 본 시험에서 발생된 분뇨의 비료성분 함유비율은 Table 4, 5와 같다.

분뇨의 N, P_2O_5 및 K_2O의 함량은 육성비육돈(58.6 kg, 83.2 kg, 111.4 kg 돼지의 평균치 산출)의 분에서 각각 0.92%, 0.62% 및 0.39%, 뇨에서 1.25%, 0.13% 및 0.53%이었고, 임신돈의 분에서 1.06, 1.64 및 0.53%, 뇨에서는 037%, 0.01%, 및 0.29%이었으며, 포유돈의 분에서는 0.90, 0.82 및 0.45%, 뇨에서는 0.37%, 0.02 및 0.53%로 나타났다. 이런 결과는 MidWest Plan Service (MWPS, 2000)의 자돈 0.74%, 0.37%, 0.37%, 육성비육돈 0.84%, 0.52%, 0.42%, 임신돈 0.66%, 0.53%, 0.53%, 포유돈 0.80%, 0.57%, 0.62% 등과 비교하여 N와 P_2O_5에서 약간의 높은 수치를 보였고, 축산과학원(2000)의 자돈 1.08%, 1.00%, 0.25%, 육성비육돈 1.92%, 0.47%, 0.54%, 임신돈 0.61%, 0.43%, 0.20%, 포유돈 0.47%, 0.82%, 0.47% 등과 비교시, 임신돈을 제외한 모든 성장단계에서 비슷한 경향을 보였으며, NC State Univ. (2005)에서 발표한 평균 61.2 kg 돼지의 N, P_2O_5 및 K_2O가 각각

Table 4. Characteristics of pig feces in different growth phases

Growth phases	AVBW* (kg)	N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)
Piglet	23.4± 1.5**	1.02±0.12	0.67±0.09	0.36±0.10
Growing & Finishing	58.6± 3.9	1.16±0.07	0.67±0.12	0.52±0.09
	83.2± 3.8	0.82±008	0.59±0.11	0.26±0.08
	111.4± 5.4	0.77±0.14	0.61±0.12	0.41±0.06
Gestating Sow	204.2±11.7	1.06±0.18	1.64±0.38	0.53±0.17
Lactating Sow	193.5±17.0	0.90±0.09	0.82±0.20	0.45±0.08
Average	–	0.96±0.17	0.83±0.42	0.42±0.14

* AVBW : Average body weight.
** Mean ± SD (standard deviation, n=12).

Table 5. Characteristics of pig urine in different growth phases

Growth phases	AVBW* (kg)	N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)
Piglet	23.4± 1.5**	0.31±0.27	0.08±0.03	0.54±0.16
Growing & Finishing	58.6± 3.9	1.19±0.54	0.12±0.03	0.70±0.10
	83.2± 3.8	1.45±0.29	0.13±0.05	0.45±0.11
	111.4± 5.4	1.11±0.60	0.15±0.04	0.65±0.11
Gestating Sow	204.2±11.7	0.37±0.18	0.01±0.01	0.29±0.08
Lactating Sow	193.5±17.0	0.37±0.08	0.02±0.02	0.53±0.12
Average	–	0.80±0.57	0.09±0.06	0.53±0.17

* AVBW : Average body weight.
** Mean ± SD (standard deviation, n=12).

평균 0.55%, 0.42% 및 0.40%로 N와 P_2O_5에서 높은 수치를 보였다. 이런 결과는 분뇨 중의 N와 P 함량은 사료로 급여되는 N와 P의 이용 효율에 따라 큰 차이가 있어서, 사료로 공급되는 함량에 크게 영향을 받은 것으로 사료된다.

5. 육성 비육돈의 성장단계별 분뇨 내 중금속 함량

돼지의 성장단계별 무기물 함량은 Table 6과 같다. 자돈의 분 중 칼슘 함량은 0.28% 이었으며, 육성비육돈은 각각 0.64%, 0.81% 및 0.93%, 임신돈과 포유돈은 각각 2.12%와 1.22%였다.

Table 6. Content of Ca, Mg and heavy metals of pig feces in different growth phases

Growth phases	AVBW* (kg)	Ca (%)	Mg (%)	Cu (mg/kg)	Pb (mg/kg)	As (mg/kg)
Piglet	23.4 ±1.5**	0.28±0.05	0.17±0.02	9.31±1.43	1.62±0.31	0.78±0.11
Growing & Finishing	58.6 ±3.9	0.64±0.12	0.30±0.03	9.77±1.00	1.69±0.24	0.82±0.08
	83.2 ±3.8	0.81±0.13	0.25±0.03	9.16±1.06	1.83±0.13	0.72±0.05
	111.4 ±5.4	0.93±0.11	0.25±0.02	8.12±1.74	2.91±0.45	1.14±0.06
Gestating Sow	204.2 ±11.7	2.12±0.58	0.30±0.02	13.07±2.05	3.58±0.63	1.64±0.40
Lactating Sow	193.48±17.0	1.22±0.14	0.28±0.04	13.40±5.47	2.97±0.62	1.04±0.21
Average	–	1.00±0.63	0.26±0.05	10.47±2.21	2.43±0.83	1.02±0.34

* AVBW : Average body weight.
** Mean ± SD (standard deviation, n=12).

마그네슘 함량은 자돈 0.17%, 육성비육돈은 각각 0.30%, 0.25% 및 0.25%, 임신돈과 포유돈은 각각 0.30%와 0.28%이었다. 납의 경우, 자돈 1.62 mg/kg, 육성비육돈에서 각각 1.69 mg/kg, 1.83 mg/kg, 2.91 mg/kg, 임신돈과 포유돈에서 각각 3.58과 2.97 mg/kg이었다. 비소는 자돈에서 0.78 mg/kg, 육성비육돈에 각각 0.82 mg/kg, 0.72 mg/kg 그리고 1.14 mg/kg, 임신돈과 포유돈에서 각각 1.64 mg/kg와 1.04 mg/kg로 나타났다. 구리의 함량은 자돈 9.31 mg/kg, 육성비육돈이 각각 9.77 mg/kg, 9.16 mg/kg, 8.12 mg/kg, 임신돈과 포유돈이 각각 13.07 mg/kg과 13.4 mg/kg 이었다. 본 시험에서 카드뮴과 수은은 모든 성장 단계에서 검출되지 않았다. 분뇨의 퇴비화시 문제가 될 수 있는 구리성분은 평균 10.47 mg/kg 정도이며, 축산과학원(2000)에서 조사한 9.42 mg/kg 보다 다소 높은 결과를 보였다. Jang 등(2007)의 결과에서는 돈사에서 배출되는 분 중 구리 농도는 자돈과 비육돈이 각각 12.44 mg/kg와 10.67 mg/kg 이었으며, 돈분 처리 형태별 조사에서 퇴비, 액비 및 정화 처리한 경우 각각 5.40 mg/kg, 3.15 mg/kg 그리고 0.33 mg/kg이 검출되었다. 비료공정규격 (농촌진흥청, 2005)에서는 유해성분의 최대 기준은 퇴비와 분뇨 잔사에서 비소 50 mg/kg, 카드뮴 2.5 mg/kg, 수은 1 mg/kg, 납 75 mg/kg, 구리 300 mg/kg으로 규정하고 있다.

6. 육성비육돈의 성장단계별 오염물질 농도

돼지의 성장단계별 분뇨의 오염물질 농도는 Table 7, 8과 같다.

Table 7. Water pollutants concentration of pig feces on different growth phases

(Unit : mg/ℓ)

Growth Phases	AVBW* (kg)	pH	BOD_5	COD_{mn}	SS	T-N	T-P
Piglet	23.4±1.5**	6.5±0.3	79,017± 8,454	78,166±14,482	187,917±25,536	9,478±1,354	2,296± 579
Growing & Finishing	58.6±3.9	7.0±0.3	105,162± 7,764	66,822±10,172	184,231±20,721	9,687±1,323	4,127± 871
	83.2±3.8	7.2±0.4	96,050± 9,919	54,560± 4,756	178,058±14,192	7,365±1,010	3,969± 808
	111.4±5.4	7.1±0.6	94,867±12,620	64,614±10,197	197,500±34,169	6,433±1,237	3,972± 296
Gestating Sow	204.2±11.7	7.0±0.3	106,977±29,856	56,304± 4,251	269,091±58,259	6,244±1,133	9,463±1,654
Lactating Sow	193.5±17.0	6.6±0.2	95,940± 6,826	45,969± 2,334	228,000±49,699	9,414± 697	1,427± 117
Average	–	6.9±0.4	96,335±17,902	61,073±13,939	207,466±47,709	8,104±1,851	4,209±2,724

* AVBW : Average body weight.
** Means ± SD (standard deviation, n=12).

Table 8. Water pollutants concentration of pig urine on different growth phases

(Unit : mg/ℓ)

Growth phases	AVBW* (kg)	pH	BOD_5	COD_{mn}	SS	T-N	T-P
Piglet	23.4± 1.5**	6.5±0.3	5,456±2,583	11,701±4,785	1,288± 393	7,770±3,458	627±383
Growing & Finishing	58.6± 3.9	7.0±0.3	8,432±2,088	7,879±1,463	1,851± 233	11,157±1,455	736±258
	83.2± 3.8	7.2±0.4	5,654±3,030	3,773±2,852	1,124± 492	15,918±3,818	995±271
	111.4± 5.4	7.1±0.6	3,970±2,337	2,381±1,035	1,737± 511	10,658±2,957	606±363
Gestating Sow	204.2±11.7	7.0±0.3	6,248±2,455	4,932±1,869	2,752±2,195	5,307±2,327	712±365
Lactating Sow	193.5±17.0	6.6±0.2	14,424±2,203	12,228±2,493	7,540±4,071	9,850±1,510	6.3±3.8
Average	–	6.9±0.4	7,364±3,594	7,149±4,382	2,715±2,341	10,110±4,717	613±393

* AVBW : Average body weight.
** Means ± SD (standard deviation, n=12).

돈분의 pH는 각 평균 6.51~7.23으로 전체 평균 6.91 이었으며, 돈분의 BOD 농도는 자돈과 육성비육돈이 각각 79,017 mg/ℓ, 105,162 mg/ℓ, 96,050 mg/ℓ 및 94,867 mg/ℓ, 임신돈 106,977 mg/ℓ, 포유돈 95,940 mg/ℓ으로 전체 평균 96,335 mg/ℓ로 나타났다. COD_{mn}의 경우 자돈 78,166 mg/ℓ, 육성비육돈은 각각 66,822 mg/ℓ, 54,560 mg/ℓ 및 64,614 mg/ℓ이었고, 임신돈 56,304 mg/ℓ, 포유돈 45,969 mg/ℓ로 전체평균 61,073 mg/ℓ이었다. SS는 자돈 187,917 mg/ℓ, 육성－비육돈은 각각 184,231 mg/ℓ, 178,058 mg/ℓ 및 197,500 mg/ℓ, 임신돈 269,091 mg/ℓ, 포유돈 228,000 mg/ℓ, 전체 평균 207,466 mg/ℓ을 나타냈다.

돼지의 성장단계별 뇨의 pH는 자돈 6.60, 육성비육돈은 각각 6.58, 5.65 및 5.94, 임신돈 6.56, 포유돈 7.68으로 전체평균은 6.50을 나타냈다, BOD의 경우 자돈 5,456 mg/ℓ, 육성비육돈은 각각 8,432 mg/ℓ, 5,654 mg/ℓ 및 3,970 mg/ℓ, 임신돈 6,248 mg/ℓ, 포유돈 14,424 mg/ℓ로 전체평균은 7,364 mg/ℓ 이었으며, COD_{mn}는 자돈 11,701 mg/ℓ, 육성비육돈 각각 7,879 mg/ℓ, 3,773 mg/ℓ 및 2,381 mg/ℓ, 임신돈 49,32 mg/ℓ, 포유돈 12,228 mg/ℓ로 전체 평균 7,149 mg/ℓ 이었다. SS는 자돈 1,288 mg/ℓ, 육성-비육돈 각각 1,851 mg/ℓ, 1,124 mg/ℓ 및 1,737 mg/ℓ, 임신돈 2,752 mg/ℓ, 포유돈 7,540 mg/ℓ로 전체평균은 2,715 mg/ℓ로 나타났다. 이와 관련된 국내외 발표 자료를 보면 축산과학원(2000)에서 국내 돈분의 BOD를 자돈 65,819 mg/ℓ, 육성비육돈 74,700~107,740 mg/ℓ, 전체평균 83,522 mg/ℓ이었고, 뇨는 자돈 4,735 mg/ℓ, 육성비육돈 4,518～7,174 mg/ℓ, 전체 평균 5,465 mg/ℓ과 COD_{mn} 분 69,652 mg/ℓ, 78,940 mg/ℓ, 78,156 mg/ℓ, 93,592 mg/ℓ, 28,700 mg/ℓ 및 36,341 mg/ℓ, 임신돈 57,408 mg/ℓ, 분만돈 46,332 mg/ℓ, 전체 평균 61,140 mg/ℓ로 차이가 없었다. 또한, 축산연구소(1995)는 돼지 분뇨의 BOD와 COD가 각각 BOD 분 59,875 mg/ℓ와 뇨 4,009 mg/ℓ, COD_{mn} 분 26,926 mg/ℓ과 뇨 9,005 mg/ℓ로 유사한 결과를 나타내었다.

7. 돼지의 성장단계별 오염물질 부하량

돼지의 성장단계별 발생하는 일일 오염물질 부하량은 Table 9와 같다. 육성비육돈 BOD 부하량은 분의 경우 95.0~125 g/두, 뇨의 경우 8.0~15.7 g/두의 범위였다. 자돈의 BOD 부하량은 분뇨 각각 일일 38.7 g/두와 4.4 g/두 이었고, 포유돈의 경우 188.4 g/두로 가장 높았다. COD_{mn}의 경우 자돈 분뇨 각각 39.0 g/두와 8.6 g/두, 육성비육돈 분 58.6~86.6 g/두, 뇨 4.7~14.8 g/두 였으며, 포유돈에서 45.4 g/두로 BOD 부하량과 함께 가장 높았다.

SS는 자돈의 경우 분뇨 각각 91.9 g/두와 1.0 g/두 이었고, 육성비육돈은 각각 분 166.1~260.1 g/두, 뇨 2.1~3.5 g/두, 임신돈은 분 164.7 g/두, 뇨 9.6 g/두, 포유돈 분 456.1 g/두, 뇨 28.4 g/두의 범위를 보였다. T-N 부하량은 자돈은 분뇨 각각 4.7 g/두와 5.8 g/두, 육성 비육돈은 각각 분 7.9~8.8 g/두, 뇨 20.7~29.4 g/두의 범위를 보였으며, 임신돈 분 3.8 g/두, 뇨 19.5 g/두, 포유돈 분 18.6 g/두, 뇨 36.4 g/두 이었다.

T-P은 자돈 분뇨 각각 1.1 g/두와 0.4 g/두, 육성 비육돈 각각 분 뇨 3.7~5.3 g/두, 1.2~1.8 g/두, 임신돈 분 6.0 g/두, 뇨 2.7 g/두, 포유돈 분 2.8 g/두, 뇨 미량의 범위를 보였다. 이러한 결과는 축산기술연구소(2000)의 BOD(분: 104.5 g/두, 뇨: 12.9 g/두), COD_{mn}(분: 103.4 g/두, 뇨: 14.7 g/두), SS(분: 388.7 g/두, 뇨: 2.2 g/두), T-N(분: 12.7 g/두, 뇨: 8.3 g/두), T-P(분: 4.3 g/두, 뇨: 0.3 g/두)와 비교하였을 때 전체적으로 분에서는 낮은 결과를

Table 9. The daily loading amount of water pollutants in pig excreta with different growth phases

(Unit : g/head/day)

Growth phases	AVBW* (kg)	BOD		COD_{mn}		SS		T-N		T-P	
		Feces	Urine	Feces	Urine	Feces	Urine	Feces	Urine	Feces	Urine
Piglet	23.4± 1.5	38.7± 8.0	4.4± 2.9	39.0±13.4	8.6± 3.0	91.9± 18.3	1.0± 0.4	4.7±1.3	5.8± 2.0	1.1±0.3	0.4±0.2
Growing & Finishing	58.6± 3.9	95.0±14.6	15.7± 5.5	60.3±14.1	14.8± 4.7	166.1± 28.2	3.4± 0.7	8.8±1.8	20.7± 5.0	3.7±0.7	1.4±0.6
	83.2± 3.8	102.1±13.3	10.2± 5.0	58.6±11.5	7.1± 1.8	190.5± 30.8	2.1± 0.9	7.9±1.6	29.4± 5.7	4.2±0.7	1.8±0.4
	111.4± 5.4	125.4±19.6	8.0± 4.8	86.6± 2.6	4.7± 1.9	260.1± 48.7	3.5± 1.4	8.5±1.7	21.3± 6.6	5.3±0.8	1.2±0.9
Gestating Sow	204.2±11.7	62.9± 8.9	24.4±12.2	34.8± 8.1	19.3± 9.5	164.7± 43.1	9.6± 6.5	3.8±0.8	19.5± 9.7	6.0±2.2	2.7±1.6
Lactating Sow	193.5±17.0	188.4±38.9	53.3±15.4	91.2±21.6	45.4±14.9	456.1±156	28.4±17.5	18.6±4.0	36.4±10.4	2.8±0.7	trace
Average		102.1±52.1	19.3±18.0	61.8±23.4	16.7±15.1	221.6±126.9	8.0±10.4	8.7±5.3	22.2±10.3	3.9±1.8	1.3±0.8

* AVBW : Average body weight.

** Means ± SD (standard deviation, n=12)

보였으나, 뇨에서는 다소 높게 나타났다.

요 약

돼지의 성장단계별 사료섭취량, 음수량 및 분뇨 배설량과 분뇨특성 등에 대한 정확한 자료 제시로 양돈농가에서 돈분뇨 처리에 기본 자료로 활용하여 적절한 분뇨처리를 유도하고, 장기적인 축산분뇨 정책을 수립하기 위해 실시한 본 시험을 요약하면 다음과 같다. 공시돈은 평균체중 19.00±0.33 kg의 3원교잡종(Landrace × Yorkshire × Duroc) 자돈 12두와 번식돈 12두를 공시하여, 육성 비육돈 성장 4단계(20, 50, 80, 110 kg)와 번식돈 2단계(임신돈, 포유돈)에 걸쳐 실시하였다. 돼지 평균 분뇨 배설량은 자돈에서 3.46 kg/두/일(분: 1.07 kg, 뇨: 2.39 kg)이고 분과 뇨의 평균 수분함량은 각각 70.54%와 97.39%이었다. 분 중 칼슘, 마그네슘, 구리, 납 및 비소의 함량은 각각 1.00%, 0.26%, 10.47 mg/kg, 2.43 mg/kg 및 1.02 mg/kg이었다. 본 시험에서 카드뮴과 수은은 모든 성장 단계에서 검출되지 않았다. 돼지 분뇨의 BOD_5, COD_{mn}, SS, T-N, T-P의 오염물질농도는 각각 분에서 96,335 mg/ℓ, 61,073 mg/ℓ, 207,466 mg/ℓ, 8,104 mg/ℓ 및 4,209 mg/ℓ, 뇨에서 7,364 mg/ℓ, 7,149 mg/ℓ, 2,715 mg/ℓ, 10,110 mg/ℓ 및 613 mg/ℓ이었다. 돈 분뇨에서 BOD, COD_{mn}, SS, T-N 및 T-P의 오염물질 부하량은 분에서 각각 일일 두당 102.1 g, 61.8 g, 221.6 g, 8.7 g 및 3.9 g이었고, 뇨에서 19.3 g, 16.7 g, 8.0 g, 22.2 g 및 1.3 g이었다. 또한 분뇨의 비료성분인 N, P_2O_5 그리고 K_2O의 함량은 각각 분에서 0.96%, 0.83% 및 0.42% 이었으며, 뇨에서 0.80%, 0.09% 및 0.53% 이었다.

사 사

본 연구는 2007~2008년 농촌진흥청 농업현안대응기술개발 연구과제의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

인 용 문 헌

농촌진흥청. 2005. 농촌진흥청고시 제2005-1호. 비료공정규격.

최동윤, 최홍림, 곽정훈, 김재환, 최희철, 권두중, 강희설, 양창범, 안희권. 2007. 홀스타인 젖소 분뇨의 특성과 비료성분 및 오염물질 부하량 추정. 한국동물자원과학회지. 49(1):137-146.

축산연구소. 1995. 가축분뇨처리를 위한 기술 지침서.

축산기술연구소. 2000. 가축분뇨 배설량 및 주요성분 조사.

축산기술연구소. 2001. 표준사료성분분석법.

한국돼지사양표준. 2007. 농림수산식품부・농촌진흥청 국립축산과학원.

환경부. 2004. 환경부고시 제2004-188호. 수질오염공정시험방법.

ASAE. 2003. American Society of Agricultural Engineers standard.

AOAC. 2000. Official methods of analysis. 17th ed, Association Official Methoods of Analysis of AOAC International, Ch. 4. pp. 5.

Barkema, A. and Cook, M. L. 1993. The Changing U.S. Pork Industry: A Dilemma for Public Policy. Economic review. Federal Reserve Bank of Kansas City. 78(2):49.

Boucque, Ch. V., Fiems, L. O., Sommer, M., Cottyn, B. G. and Buysse, F. X. 1987. Effects of the beta-agonist cimaterol on growth, food efficiency and carcass quality of finishing Belgian white-blue bulls. In: Hanrahan, J. P. (Editor), Beta-agonists and their Effects on Animal Growth and Carcass Quality. Commission of the European Communities. Elsevier Applied Science. UK., pp. 93-10.

Chilliard, Y. 1989. Long term effects of recombinant bovine somatotrophin (rBST) on dairy cow performances: a review. In: K. Serjrsen, M. Vestergaard and A. Neimann-Sorensen (Editors), Use of Somatotrophin in Livestock Production, Commission of the European Communities. Elsevier Scientific UK.

Hanrahan, T. J. 1989. Use of somatotrophin in livestock production: growth in pigs. In: K. Serjrsen, M. Vestergaard and A. Neimann-Sorensen (Editors), Use of Somatotrophin in Livestock Production, Commission of the European Communities. Elsevier Scientific UK.

Jang, W. S., Lee, K. G., Lee, J. K. and Lee, S. R. 2007. The concentration of copper and Zinc in Swine waste from piggery. Science Society of Korea Animal Resources. Symposium.

Jongbloed, A. W., Kemme, P. A. and Mroz, I. 1991. Effect of supplementary microbial phytase in diets for pigs on digestibility of P ad phytic acid in different sections of the alimentary track. J. Anim. Sci. 69 (suppl. 2):374(Abstr.).

MWPS. 2000. Manure Characteristics. MWPS-18 Section 1. Manure Management Systems Series.

NRC. 1979. Nutrient Requirement of swine (8th Ed.). National Academy Press, Washington, D.C., USA.

NRC. 1998. Nutrient Requirement of swine (10th Ed.). National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C., USA.

NC State University. 2005. North Carolina Agricultural Chemicals Manual college of Agriculture and Life Sciences. OECD-FAO Agricultural Outlook 2008-2017.

O'Grady, J. F., Elsley, F. W. H., MacPherson, R. M. and McDonald, I. 1975. The response of lactating sows and their litters to different dietary energy allowances. Anim. Prod. 20:257.

Pekas, J. C. 1983. Effect of gastric-feeding on feed consumption, growth, organ size and body composition of swine. Appetite. 4:87.

Tyrrell, H. F., Brown, A. C. G., Reynolds, P. J., Haaland, G. L., Bauman, D. E., Peel, C. J. and Steinhour, W. D. 1988. Effect of

bovine somatotrophin on metabolism of lactating dairy cows: energy and nitrogen utilisation as determined by respiration calorimetry. J. Nutr. 118:1024-1030.

Van Weerden, E. J. 1987. Effects of clenbuterol on nitrogen deposition and carcass composition in castrated male pigs. In: Hanrahan, J. P. (Editor), Beta-agonists and their Effects on Animal Growth and Carcass Quality. Commission of the European Communities. Elsevier Applied Science. UK. pp. 152- 162.

Whittemore. C. T. 1993. The science and practice of pig production. Long man Group, UK. p. 49.

日本中央畜産會. 1989. "家畜尿汚水の處理利用技術と事例", 中央畜産會.

(접수일자 : 2010. 3. 29 / 수정일자 : 2010. 7. 22 / 채택일자 : 2010. 8. 5)