

육계의 분뇨 배설량 및 분뇨 성분 조사 결과

황보 중^{1,†,a} · 홍의철^{1,a} · 정일병¹ · 강근호¹ · 박희두¹ · 서옥석¹ · 정완태¹ · 장성국²

¹농촌진흥청 국립축산과학원, ²순천대학교 동물자원학과

A Study on the Amount and Major Compositions of Excreta from Broilers

J. Hwangbo^{1,†,a}, E. C. Hong^{1,a}, I. B. Chung¹, K. H. Kang¹, H. D. Park¹, O. S. Suh¹, W. T. Chung¹ and S. K. Jang²

¹National Institute of Animal Science

²Department of Animal Science, Suncheon University

ABSTRACT This work was conducted to investigate the amount and major compositions of excreta from broilers. One hundred fifty 1-d-old male and female Ross broilers were used in this work and ten broilers were selected to measure excreta. Average amount of excreta per broiler was 85.4 g, and average moisture content was 76.9%. N, P₂O₅ and K₂O in excreta were 1.19, 0.29 and 0.49%, respectively. pH, BOD₅, COD_{mn}, and SS were 7.80, 42,134 mg/L, 52,668 mg/L, and 106,669 mg/L, respectively. Pb in poultry excreta was 0.803 mg/kg and highly lowered compared with the standard contents (150 mg/kg). Cd was not founded in excreta. Hg was founded in excreta as 0.002 mg/kg, but it was low compared with the standard level (2 mg/kg).

(Key words : broilers, manure, N, P₂O₅, K₂O, BOD₅, COD_{mn}, SS)

서 론

국내 가축 사육두수는 매년 증가되고 있으며, 이로 인한 가축 분뇨 발생량도 증가하고 있다. 2006년 국내 가축 분뇨의 총 발생량은 일일 기준으로 16만9천 톤으로, 연간 약 6,150만 톤으로 추정된다(농림수산식품부, 2009). 가축 분뇨는 악취 발생, 수질 오염 등 민원의 대상으로서 축산경영상 양축 농가들이 가장 어려워하는 문제 중의 하나이다. 특히 지구온난화 문제와 2012년부터 가축 분뇨의 해양 투기 금지(런던협약 72)로 가축 분뇨의 자원화 및 처리 방안 확보의 필요성이 시급하다. 가축의 배설물은 주로 퇴비나 액비 및 대체 에너지와 사료로서 이용되고 있으나(Inbar 등, 1993; Huh와 Jeong, 2001), 가축 분뇨의 양은 이미 사용 한계를 넘어서고 있으며, 일정 지역에 과다 사용시 토양과 수질을 오염시킨다.

가축 분뇨는 질소(N), 인산(P₂O₅), 칼리(K₂O)와 같은 비료의 3대 요소뿐만 아니라 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 구리(Cu), 나트륨(Na), 망간(Mn), 아연(Zn), 붕소(B), 몰리브덴(Mo) 등

의 화학적 성분을 다양하게 함유하고 있다. 몇몇 연구들에서 가축 분뇨의 화학적 성분이 보고되었다(Lane과 Bates, 1982; Mariakulandai와 Manickam, 1975; Martin 등, 1983). 가축 분뇨의 화학적 성분은 가축의 사료, 가축의 연령, 가축의 상태, 사양 방법, 사용된 깔짚 등과 같은 요인들에 의해 변화된다(Mariakulandai와 Manickam, 1975).

가축 경영에 있어서, 환경문제는 가축이나 가금의 생산에 있어서 끊임없이 큰 문제가 되어 왔다. 가금 생산과 관련된 환경 문제는 주로 수질과 대기의 영향에 중점을 두고 있다. 특히, 분뇨 중 과다한 질소(N)와 인(P)의 함량은 강과 호수의 부영양화의 원인이 되어 수질을 오염시키며(Correll, 1999), N의 일부분은 NH₃로 발생되어 대기를 오염시키고(Kristense와 Wathes, 2000), 이러한 환경문제에 대처하기 위한 많은 연구들이 수행되어지고 있다(Powers와 Angel, 2008).

따라서 본 연구는 육계의 성장 단계별 분뇨 발생량 및 이 화학적 특성을 조사하여 분뇨의 효율적 처리를 위한 기초 자료를 제공함과 동시에 정확한 분뇨 배출된 단위 산출을 위해 수행되었다.

^a First two authors equally contributed to this work.

[†] To whom correspondence should be addressed : kohb@rda.go.kr

재료 및 방법

1. 공시 동물 및 시험 사료

본 시험에 사용된 공시 동물은 1일령 Ross종 육계(평균체중 44.7 ± 1.5 g)를 암수 120수씩을 육계 초기(0~2주), 전기(2~4주) 및 후기(4~7주)로 나누어 7주 동안 사양시험을 실시하였다. 시험 사료는 한국사양표준(가금, 2007)에 따라 옥수수-대두박 위주의 사료를 성장 단계별로 배합하였다(Table 1). 육계 사료내 N, P, K 함량은 각각 3.09, 0.59 및 0.71%, Ca 과 Mg 함량은 각각 1.05와 0.14%, Cu, Cr, Pb, Cd, As 및 Hg 은 각각 8.98, 0.34, 0.96, 0.01, 0.45 및 0.01 mg/kg이었다.

2. 사양 관리

사료는 자유급이하였으며, 급수는 니플을 통하여 자유음수시켰다. 점등은 입추에서 출하까지 계속 점등하여 주었으며, 계사 내 온도는 병아리 입추 2시간 전부터 34 °C로 설정하였다. 주령별 계사온도는 1~2일령에 34 °C, 3~4일령에 32 °C, 5~7일령에 30~32 °C, 2주령에 28~29 °C, 3주령에 26~27 °C, 4주령에 24~25 °C, 5주령에 22~23 °C, 6주령 이후 21~22 °C로 조절하였다. 습도는 입추부터 1주령은 70%, 2주령은 65%, 이후로는 60%를 유지하였다. 육계의 백신 접종과 기타 사양 관리는 국립축산과학원의 관행에 따라 수행하였다.

3. 분뇨 채취

분뇨는 암수 각각 120수에서 매주 10수씩 선별하여 분뇨 발생량을 측정하였다. 분뇨 배설량의 정확한 측정을 위해, 0~2주령에는 5개의 대사 철제 케이지(29×30×27.5 cm)에 각각 2수씩 배치하고, 바닥에 분변틀을 깔고 분변 틀은 비닐을 깔 다음 일정 시간 동안 수집된 분뇨에서 먼지, 비듬 및 털 등을 제거하여 오전과 오후에 각각 2회씩 채취하였으며(Fig. 1), 2~7주령 분뇨는 시험계 각각의 항문에 부착된 플라스틱 분변 채취 틀(Fig. 2)을 이용하여 오전과 오후 일정한 시각에 채취하였다. 분뇨 틀과 플라스틱 분변 채취 틀에는 0.01 M 황산을 약 10 mL씩 넣어 미생물에 의한 부패와 암모니아 가스의 발생을 최소화 하였다. 채취한 분뇨는 즉시 -20 °C의 냉동고에 저장 보관하며, 일정량의 분뇨는 따로 70 °C의 건조기에서 48시간 건조시켜 1차 수분을 측정하였다. 분뇨는 60 °C의 건조기에서 72시간 건조시키고, 분쇄하여 분석에 이용하였다.

4. 조사 항목 및 조사 방법

사료와 분의 일반 성분은 AOAC(2000)에 의해 분석하였

으며, 에너지 함량은 bomb calorimeter(Parr 6200 Instrument, US)를 사용하여 측정하였다. 미량 성분(K, Ca, Mg, Cu, Pb, Cd 및 As)은 건식 분해법에 의한 전처리 후 유도 결합 plasma

Table 1. Formula and chemical compositions of basal diets

Items	Starter (0~2 wk)	Earlier (2~4 wk)	Finisher (4~7 wk)
Ingredients(%)			
Corn (CP 8.3%)	53.65	58.30	64.25
Soybean meal (CP 45.0%)	30.00	28.50	26.10
Corn gluten meal	9.30	6.00	4.00
Soybean oil	3.00	3.00	2.00
Limestone	1.00	1.20	1.50
Dicalcium phosphate	1.50	1.50	1.20
Salt	0.25	0.25	0.25
L-Lysine	0.50	0.50	0.20
DL-Methionine	0.25	0.25	0.25
Vitamin-mineral premix ¹	0.50	0.50	0.25
Antibiotic	0.05	-	-
Chemical composition²			
ME (kcal/kg)	3,050	3,100	3,150
CP (%)	23.00	21.00	19.00
Lysine (%)	1.60	1.44	1.16
Non-phytate P (%)	0.46	0.46	0.39
N (%)	-	-	3.09
P (%)	-	-	0.59
K (%)	-	-	0.71
Ca (%)	-	-	1.05
Mg (%)	-	-	0.14
Cu (mg/kg)	-	-	8.98
Cr (mg/kg)	-	-	0.34
Pb (mg/kg)	-	-	0.96
Cd (mg/kg)	-	-	0.01
As (mg/kg)	-	-	0.45
Hg (mg/kg)	-	-	0.01

¹Hong et al. (2008).

²Calculated values.



Fig. 1. Excreta collection of broilers (0~2 weeks).



Fig. 2. Excreta collection of broilers (2~7 weeks).

발광광도계(Atomic absorption spectrophotometry, SPECTRO Analytical Instruments GmbH & Co. KG, Germany)로 표준검량선을 작성하여 측정하였으며, Hg 분석은 자동분석기(Nippon Instrument: Mercury Detector MD-1, Mercury sp, Japan)로 측정하였다.

5. 통계 처리

본 시험의 모든 자료는 EXCEL을 이용하여 정리하였으며, 암수 각각 10수씩을 매주 선별하여 측정된 값에 대한 평균과 표준 편차를 구하였다.

결과 및 고찰

1. 체중, 사료 섭취량, 음수량 및 분뇨 배설량

시험 기간 동안 육계의 체중, 사료 섭취량 및 음수량은 Table 2에 나타내었다. 5주령 체중은 암수 각각 1,672와 1,817 g/수/일이었고, 7주령 체중은 각각 2,663과 2,882 g/수/일이었다. 5주령 사료 섭취량은 암수 각각 160과 175 g/수/일이었으며, 음수량은 195와 264 mL/수/일이었다. 7주령 사료 섭취량은 암수 각각 195, 203 g/수/일이었으며, 음수량은 291과 347 mL/수/일이었다. 체중, 사료 섭취량 및 음수량은 암컷에 비해 수컷에서 높게 나타났다. 1주부터 7주까지의 전체 사료

Table 2. Body weight gain, feed intake, and water intake of broilers for experimental period

Weeks	Body weight (g)		Feed intake (g/bird/day)		Water intake (mL/bird/day)	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂
0	45 ± 1.6*	45 ± 1.2				
1	141 ± 7.3	147 ± 8.0	19 ± 2.4	19 ± 3.1	24 ± 3.9	27 ± 2.8
2	308 ± 29	348 ± 29	39 ± 4.8	41 ± 4.7	48 ± 3.7	53 ± 4.9
3	742 ± 65.4	807 ± 76.6	100 ± 10.5	112 ± 11.3	124 ± 16.5	175 ± 16.1
4	1,199 ± 129	1,302 ± 114	137 ± 11.3	142 ± 9.6	170 ± 15.5	236 ± 18.6
5	1,672 ± 150	1,817 ± 153	160 ± 10.9	175 ± 11.8	195 ± 18.7	264 ± 25.0
6	2,161 ± 118	2,325 ± 109	183 ± 11.0	197 ± 12.1	223 ± 40.3	301 ± 39.7
7	2,663 ± 127	2,882 ± 174	195 ± 16.0	203 ± 19.2	291 ± 30.2	347 ± 39.4
Mean ¹			119 ± 65	127 ± 70	154 ± 91	200 ± 116
Mean ²			120 ± 67		177 ± 107	

¹Mean of 1 to 7 weeks.

²Mean of male and female.

*Means ± SD (standard deviation).

섭취량은 암수 각각 119와 120 g/수/일, 평균 120 g/수/일이었으며, 음수량은 암컷과 수컷이 각각 154와 200 mL/수/일, 평균 177 mL/수/일이었다.

Table 3은 사료 섭취량과 음수량에 따른 육계 암수의 분뇨 배설량을 나타낸 것이다. 육계의 분뇨 배설량은 사료 섭취량과 음수량이 증가함에 따라 증가하였으며, 2주까지는 암컷이 수컷보다 많았으나, 3주부터는 수컷이 암컷보다 증가하였다. 1~5주 동안의 분뇨 배설량은 암수 각각 83.6과 87.3 g/수/일, 평균 85.4 g/수/일이었으며, 1~7주 동안의 분뇨 배설량은 암수 각각 130.5와 137.7 g/수/일, 평균 134.1 g/수/일이었다. 1~5주 동안의 분뇨 배설량은 Harada(1996)가 발표한 130 g/수/일보다 적었으나, 1~7주 동안의 분뇨 배설량은 유사하게 나타났다. 또한, 농촌진흥청(1999)에서 제시한 1~5주령 분뇨 배설량은 암수 각각 73.1과 75.9 g/수/일, 1~7주령은 암수 각각 102.5와 107.5 g/수/일로 본 연구 결과보다 낮았다. 7주 동안 발생된 분뇨의 수분 함량은 주령이나 성별에 관계없이 73.7~78.5%로 유사하였으며, 1~5주 동안은 암수 76.9와 76.8%, 평균 76.9%이었다. 1~7주 동안 배설된 분뇨의 수분 함유량은 암수 각각 76.3과 76.4%, 평균 76.4%이었다. 이는 일본 축산대상전(1995)에서 보고한 77.5%, Ostrander(1965)나 North(1972)가 보고한 74~81%와 비슷하였다. 건조된 분뇨량 역시 2주까지는 암컷이 수컷에 비해 많았

나, 3주부터는 수컷의 분뇨량이 많아졌으며, 암컷과 수컷 차이에 큰 차이는 없었다. 1~5주 동안의 건조 분뇨량은 암수 각각 19.8과 20.0 g/수/일, 평균 19.9 g/수/일 이었으며, 1~7주 동안은 암컷과 수컷이 각각 암수 32.2와 33.0 g/수/일, 평균 32.6 g/수/일이었다.

본 연구에서 조사된 분뇨 배설량이 농촌진흥청(1999)의 결과보다 증가한 이유는 지난 10년 동안 육계의 유전적 형질 개선에 따라 동일한 주령의 체중이 증가하고, 체중이 증가함에 육계의 사료와 물의 섭취량도 증가한다고 사료된다. 또한, 사료의 품질 개선에 따른 섭취량도 증가하기 때문에 1999년에 비해 많은 양의 사료와 물을 섭취하여 분뇨 배설량이 증가하였다고 사료된다.

2. 체중과 분뇨 배설량의 상관관계

육계 암컷과 수컷의 분뇨 배설량은 체중의 증가에 따라 증가하고, 체중과 분뇨 배설량의 상관관계식은 Fig. 3과 같이 나타났으며, 체중과 분뇨 배설량 사이에서는 육계 암컷과 수컷 모두 고도($P<0.01$)의 상관관계가 있었다.

3. 계분의 이화학적 특성

계분은 분과 노가 혼합되어 총배설량을 통하여 배설된다. 분뇨 중의 N, P₂O₅, K₂O의 함량을 Table 4에 나타내었다. 분

Table 3. Excreta of broilers

Weeks	Fresh excreta (g/bird/day)		Moisture (%)		Dried excreta (g/bird/day)	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂
1	11.7 ± 4.3	10.8 ± 2.6	78.1 ± 3.41	77.7 ± 3.6	2.6 ± 1.1	2.4 ± 0.8
2	27.9 ± 3.7	25.1 ± 4.1	77.4 ± 3.4	75.8 ± 3.9	6.3 ± 0.8	6.1 ± 1.6
3	75.8 ± 8.1	77.1 ± 5.6	78.5 ± 2.3	77.6 ± 1.6	16.4 ± 3.1	17.2 ± 1.3
4	124.1 ± 12.6	138.4 ± 11.8	73.7 ± 2.5	75.6 ± 1.6	32.6 ± 5.3	33.8 ± 4.3
5	178.4 ± 30.5	185.1 ± 27.5	76.9 ± 2.1	77.5 ± 2.4	41.2 ± 9.2	41.6 ± 6.9
6	222.5 ± 42.7	237.0 ± 42.2	75.4 ± 1.6	76.1 ± 2.4	54.7 ± 11.7	56.6 ± 9.9
7	272.9 ± 33.6	290.3 ± 30.1	73.8 ± 1.8	74.7 ± 2.3	71.5 ± 11.3	73.5 ± 8.7
Mean ¹	83.6 ± 63.9	87.3 ± 68.4	76.9 ± 3.2	76.8 ± 2.8	19.8 ± 15.9	20.2 ± 15.8
Mean ²	85.5 ± 65.9		76.9 ± 2.9		20.0 ± 15.8	
Mean ³	130.5 ± 95.1	137.7 ± 91.6	76.3 ± 3.2	76.4 ± 2.8	32.2 ± 24.9	33.0 ± 25.2
Mean ⁴	134.1 ± 98.1		76.3 ± 2.9		32.6 ± 24.9	

¹Mean of 1 to 5 weeks, ² Mean of male and female from 1 to 5 weeks.

³Mean of 1 to 7 weeks, ⁴ Mean of male and female from 1 to 7 weeks.

*Means ± SD.

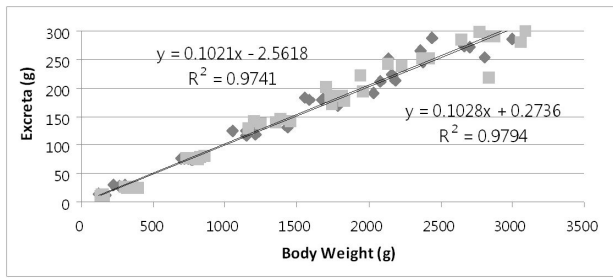


Fig. 3. Correlation between the daily amount of excreta and body weight of broilers. ◆, female ($y = 0.1021x - 2.5618$); ■, male ($y = 0.1028x + 0.2736$).

뇨의 N 함량은 평균 1.19%로서 농촌진흥청(1999)이 제시한 0.79~1.00%보다 높았으며, Kroodsm(1986)의 1.13%와 유사하였다. P₂O₅ 함량은 0.29%로서 Hileman(1962)의 3.32%, Bentz와 Rice(1958)의 2.50%, Kroodsm(1986)의 0.88%보다 낮았다. 또한, K₂O 함량은 0.50%로서 Hileman(1962)이 보고한 건

물 기준 2.41%와 Harada(1996)가 제시한 3.41%보다 낮았으며, Kroodsm(1986)의 0.55%와 유사하였다.

Table 5는 분뇨 중에 함유된 오염 물질의 농도를 나타낸 것이다. 계분뇨의 오염 물질 중 pH는 7.80, BOD₅ 농도는 42,134 mg/L, COD_{mn} 52,668 mg/L이었다. SS는 106,699 mg/L를 나타냈다. 이것은 농촌진흥청(1999)의 BOD₅ 46,779 mg/L, COD_{mn} 83,380 mg/L, SS 151,222 mg/L, 일본 중앙축산회(1986)의 BOD₅ 65,000 mg/L, SS 130,000 mg/L보다 낮은 결과를 보였으나, AWMFH(1996)에서 제시한 BOD₅ 2,315 mg/L, COD_{mn} 8,626 mg/L보다는 높았다. 이런 결과는 오래전부터 분뇨가 환경문제로 대두되어 있어, 가축 분뇨의 오염 물질을 감소시키려는 연구가 계속되어 왔기 때문이라 사료된다.

Table 6은 분뇨 중 광물질 함량을 나타낸 것이다. Ca과 Mg은 각각 0.78%와 0.03%이었으며, Cu는 7.19 mg/kg으로 Nicholson(1999)의 96.8 mg/kg보다 낮았다. Pb은 0.803 mg/kg으로 농촌진흥청(1999)의 2.2 mg/kg, Nicholson(1999)의 3.6 mg/kg보

Table 4. Compositions of broiler excreta

Weeks	N (%)		P ₂ O ₅ (%)		K ₂ O (%)	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂
5	1.20 ± 0.18*	1.26 ± 0.17	0.30 ± 0.04	0.34 ± 0.04	0.49 ± 0.09	0.65 ± 0.05
6	1.18 ± 0.16	1.25 ± 0.13	0.29 ± 0.04	0.30 ± 0.06	0.46 ± 0.05	0.52 ± 0.06
7	1.05 ± 0.16	1.17 ± 0.11	0.24 ± 0.06	0.27 ± 0.06	0.40 ± 0.08	0.45 ± 0.06
Mean ¹	1.14 ± 0.18	1.23 ± 0.14	0.28 ± 0.06	0.31 ± 0.06	0.45 ± 0.08	0.54 ± 0.10
Mean ²	1.19 ± 0.16		0.29 ± 0.06		0.49 ± 0.10	

¹Mean of 5 to 7 weeks, ² Means of male and female from 5 to 7 weeks.

*Means ± SD.

Table 5. Concentrations of water pollutants in broiler excreta

(5 weeks)

Moisture(%)	BOD ₅ (mg/L)	COD _{mn} (mg/L)	SS (mg/L)	pH
76.9 ± 2.2*	42,134 ± 4,159	52,668 ± 5,649	106,699 ± 13,262	7.80 ± 0.16

*Means ± SD.

Table 6. Ca, Mg and heavy metals in broiler excreta

N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Cu (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	As (μg/kg)	Hg (mg/kg)
1.19 ± 0.16	0.13 ± 0.03	0.41 ± 0.08	0.78 ± 0.06	0.03 ± 0.02	7.19 ± 0.69	0.292 ± 0.024	0.803 ± 0.122	NS	1.11 ± 0.12	0.002 ± 0.002

*Means ± SD.

다 낮았으며, 규제 농도인 150 mg/kg보다 크게 낮았다. Cd의 경우 농촌진흥청(1999)은 0.05 mg/kg, Nicholson(1999)은 0.42 mg/kg으로 보고하였으나, 본 연구에서는 검출되지 않았다. As는 농촌진흥청(1999)에서는 검출되지 않았으나, 본 연구에서는 0.011 mg/kg으로 검출되어, Nicholson(1999)의 9.01 mg/kg보다 낮게 나타났다. Hg은 0.002 mg/kg으로 농촌진흥청(1999)의 0.004 mg/kg 혹은 규제 농도인 2 mg/kg보다 낮았다.

적 요

육계의 분뇨 배설량과 그 특성을 구명하기 위해 국립축산과학원 환경 조절 계사에서 1일령 육계 암수 각각 150수에 서 매주 10수씩을 선별하여 배설량을 측정하였다. 수당 일일 암수 평균 분뇨 배설량(5주령)은 85.4 g이었으며, 출하일령(35일령)까지의 총 배설량은 2,900 g이었고, 계분의 평균 수분함량은 76.9%이었다. 분뇨(5~7주령)의 N, P₂O₅ 및 K₂O는 각각 1.19, 0.29 및 0.49%이었으며, 오염 물질 중 pH는 7.80, BOD₅ 42,134 mg/L, COD_{mn} 52,668 mg/L, SS 106,699 mg/L를 나타냈다. 중금속 함량을 보면, Pb은 0.803 mg/kg으로 규제 농도인 150 mg/kg보다 크게 낮았다. Cd은 검출되지 않았으며, As는 0.011 mg/kg으로 검출되었다. Hg은 0.002 mg/kg으로 규제농도인 2 mg/kg에 미치지 못하였다.

사 사

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

인용문헌

- Agricultural Waste Characteristics 1996 Agricultural Waste Management Field Handbook.
- AOAC 2000 Official Methods of Analysis. 17th ed, Association Official Methods of Analysis of AOAC International, Ch 4 pp. 5.
- Bentz FL, Rice WH 1958 Poultry manure is valuable fertilizer. Univ of Md Ext Ser Fact Sheet 39.
- Correll DL 1999. Phosphorus: a rate limiting nutrient in surface waters. *Poult Sci* 78:674-682.
- Harada Y 1996 Animal manure recycle systems and its utilization in Japan. *Proceedings of the 8th AAAP Animal Science Congress* 99-108.
- Hileman LH 1962 Chemical analysis of broiler litter. *Ark Farm Res* 11(5):12.
- Hong EC, Na JC, Chung IB, Choi YH, Park HD, Chung WT, Lee HJ, You DC, Kim HK, Hwangbo J 2008 Evaluation of laying performances in laying hens molted by dietary induction. *Korean J Poult Sci* 35(1):15-20.
- Huh D, Jeong MK 2001 Cost and return to the scale of livestock manure management. *Kor J Agric Manag Policy* 28: 364-382.
- Inbar Y, Hadar Y, Chen Y 1993 Recycling of cattle manure: the composting process and characterization of maturity. *J Environ Qual* 22:857-863.
- Kristensen HH, Watches CM 2000 Ammonia and poultry welfare: a review. *World's Poult Sci J* 56:235-245.
- Kroodsma IW 1986 Treatment of livestock manure: Air drying and composting poultry manure: In: *Odour Prevention and Control of Organic Sludge and Livestock Farming*, The Netherlands pp 166-174.
- Lane TH, Bates TE 1982 Sampling and chemical analysis manure. In: *The Manure Management Handbook*, Ont. Soil and Crop Imp. Ass., Ont. Min. of Agriculture and Food, Ont. Agricultural College, Canada, pp. B2-1 to B2-2.
- Mariakulandai A, Manickam TS 1975 *Chemistry of Fertilizers and Manures*. Asia Publ House, New York, USA, pp 224-230.
- Martin Jr JH, Loehr RC, Pilbeam TE. 1983. Animal manures as feedstuffs: Nutrient characteristics. *Agricultural Wastes*. 6: 131-166.
- Nicholson FA, Chambers BJ, Williams JR, Unwin RJ 1999 Heavy metal contents of livestock feeds and animal manures in England and Wales. *Bioresource Technology* 70:23-31.
- North MO 1972 *Commercial Chicken Production Manual*. The Avian Publishing Company Inc.
- Ostrander CE 1965 Poultry manure disposal. *Amer Soc Agr Eng Trans* 8(1):105-106.
- Powers W, Angel R 2008 A review if the capacity for nutritional strategies to address environmental challenges in poultry production. *Poult Sci* 87:1729-1938.

농림축산식품부 2009 축산분야의 바이오가스 산업 이용과
활성화 방안.

농촌진흥청 축산연구소 2002 육계의 사육기술.

농촌진흥청/농업과학기술원 1999 친환경농업을 위한 가축
분뇨 퇴비·액비 제조와 이용.

三順 昇 1992 日本畜産大辭典(家畜排泄物の利用) pp 1043-1052.

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.

한국사양표준(가금) 2007 농림수산부 농촌진흥청 국립축산
과학원.

(접수: 2009. 6. 12, 수정: 2009. 6. 29, 채택: 2009. 6. 29)